

Kunstige rev - review om formål, anvendelse og potentiale i danske farvande

Støttrup, Josianne Gatt; Stokholm, H.

Publication date:
1997

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):

Støttrup, J., & Stokholm, H. (1997). Kunstige rev - review om formål, anvendelse og potentiale i danske farvande. Hirtshals: Danmarks Fiskeriundersøgelser. (DFU-rapport; Nr. 42 og 42a-97).

DTU Library

Technical Information Center of Denmark

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Kunstige rev

Review om formål, anvendelse og potentiale i danske farvande

Bilagsrapport

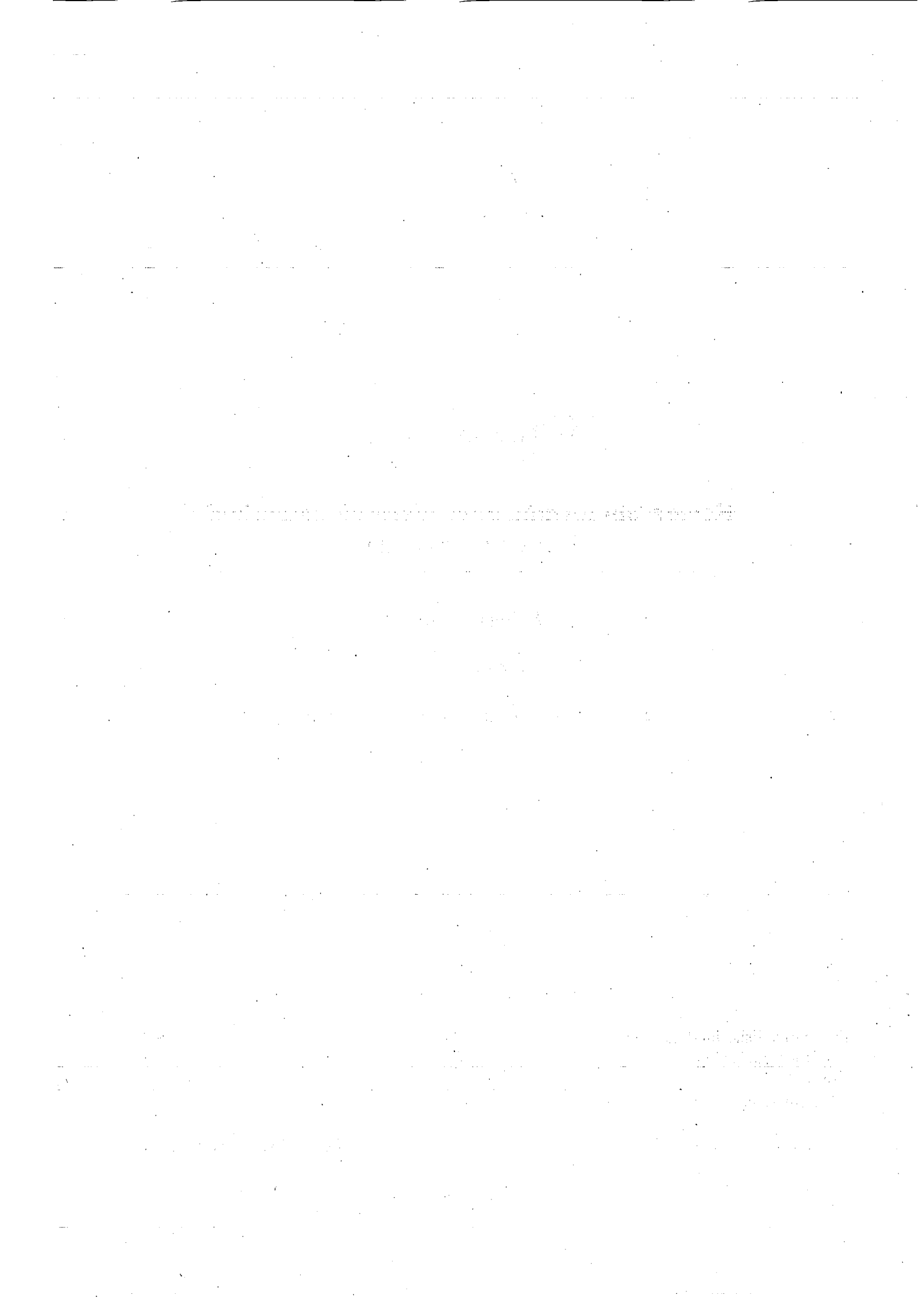
Hovedredaktører

Josianne G. Støttrup og Hanna Stokholm

Danmarks Fiskeriundersøgelser
Afd. for Fiskebiologi
Box 101
9850 Hirtshals

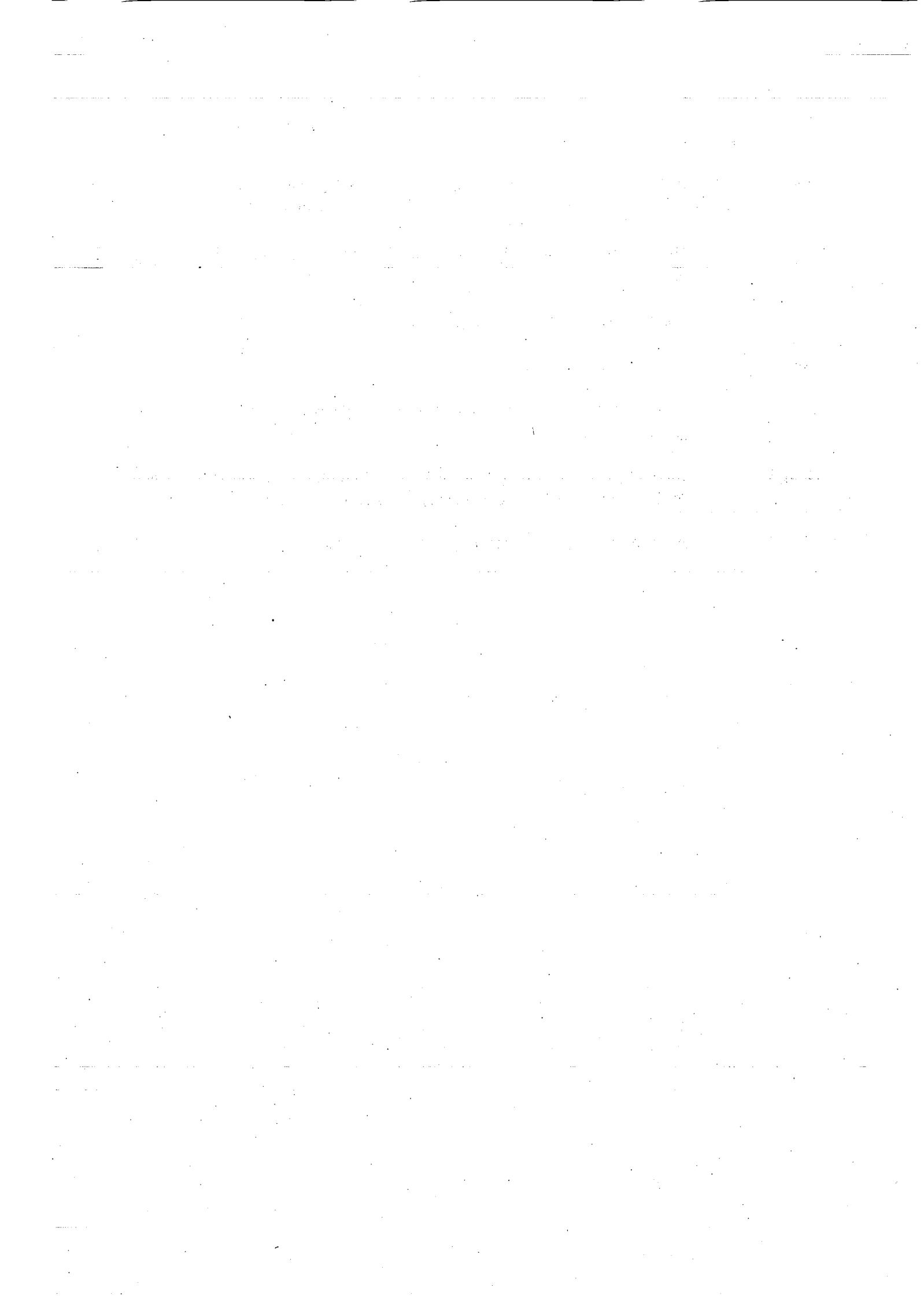
ISBN: 87-88047-52-0

DFU-Bilagsrapport nr. 42a



INDHOLD

- Bilag A:** Ib Svane & Jens Kjerulf Petersen, DMU: Om den økologiske forståelse af kunstige rev: et litteraturstudie af heterogenitet og dynamik.
- Bilag B:** Niels-Henrik Norsker, DFU: Status af forskning i fiskeribiologi på kunstige rev.
- Bilag C:** Carsten Krog: Det danske vragsfiskeri
- Bilag D:** Stig Helmig, S&N: Materialevalg.
- Bilag E:** René Zorn & Erik Asp Hansen, DHI: Kunstig Rev Projekt: Design, hydrografiske og hydrodynamiske forhold.
- Bilag F:** Jørgen Olsen, Agri Contact: Kunstig Rev: Betonkonstruktion som levested for hummere (*Homarus gammarus*) - Designmæssige aspekter.
- Bilag G:** Arne Møller, Agri Contact: Rapport fra besøg i Japan maj 1997.



Om den økologisk forståelse af kunstige rev: et litteraturstudie af heterogenitet og dynamik.

Ib Svane & Jens Kjerulf Petersen

Indledning

Etablering af kunstige rev har en traditionsrig baggrund i tropiske og subtropiske farvande. Det er specielt Japan, som på en rationel måde igennem lang tid har været foregangsland med en veludviklet tradition for aquakultur og intensiv udnyttelse af marinbiologiske ressourcer (Grove *et al.*, 1994; Yamane, 1989). På den senere tid er etableringer gjort i sydøstasien (Balgos, 1995; Chua & Chou, 1994; Looi & Thomas, 1991), Stillehavet (Bortone *et al.*, 1988) og langs USA's kyster (se McGurrin *et al.*, 1989; Murray, 1994) og omkring Australien (Branden *et al.*, 1994; Pollard, 1989). I Europa derimod er interessen for etablering af kunstige rev i større omfang begrænset til Middelhavet (se Bombace, 1989; Gomez-Buckley & Haroun, 1994; Moreno *et al.*, 1994). Denne geografiske skævhed afspejles tydeligt i litteraturen, hvor den akkumulerede økologiske viden hovedsagligt har sin baggrund fra tropiske og subtropiske områder.

Formålet med etablering af kunstige rev er især at opnå bedre fiskemuligheder, spare tid og brændstof ved lange sejlads til fiskepladserne, reducere arbejdsbyrden ved fiskeri og forbedre tilgangen for både lyst- som erhvervsfiskere. Igennem den senere tid er det tillige blevet hævdet, at kunstige rev øger den lokale biodiversitet og derfor bidrager til opretholdelsen af marinbiologiske miljøer i områder med høj udnyttelsesgrad (Seaman *et al.*, 1989). Imidlertid er de økologiske konsekvenser af etableringen af kunstige rev utilstrækkeligt dokumenteret for at få en egentlig forståelse af både strukturelle og funktionelle effekter.

Ved en gennemlæsning af litteraturen om kunstige rev kan man konstatere, at betydningen af fastsiddende og mobile epibentiske organismer kun i ringe grad er blevet behandlet, og her hovedsagligt som lokal rapportering af rekruttering og udvikling, men ikke set i en større økologisk sammenhæng (Seaman *et al.*, 1989). Udviklingen af epibenthos på et kunstigt rev er imidlertid ofte tæt knyttet til kolonisering af såvel stationære som migrerende pelagiske fisk (se fx Bailey-Brock, 1989).

Indenfor de sidste 15 år er de generelle økologiske aspekter af kunstige rev blevet grundigt behandlet flere gange - men altid udfra en fiskeribiologiske synsvinkel (Bohnsack, 1989; Bohnsack & Sutherland, 1985). Konferencer om emnet er regelmæssigt blevet afholdt, hvilket har resulteret i et stort antal tekniske afhandlinger, konferenserapporter og bøger. Af de vigtigste og seneste skal nævnes: "Artificial Reefs - Marine and Freshwater Applications, F.M. D'Itri, editor.", volumerne 44 (2) og 55 (2+3) af *Bulletin of Marine Science*, samt Vol. 10, no. 3-4 af *Chemistry and Ecology*.

Formålet med dette studie er at gennemgå de økologiske aspekter af kunstige rev med hovedvægten på betydningen af epibentisk fauna og flora. Det er yderligere formålet at belyse den biologiske udvikling af kunstige rev udfra grundlæggende viden om hårdbundsøkologiske problemstillinger, således at nye problemstillinger kan defineres i en bredere sammenhæng.

Dynamik: rekruttering, kolonisation, succession og udvikling

Mange kunstige rev bliver udlagt i områder med lav produktion og på bundtyper med ringe heterogenitet som f.eks. sand- eller mudderbunde. Det er umiddelbart indlysende at etablering af kunstige rev under disse forhold vil lede til kolonisering af revene af en række epibentiske organismer, som alene i kraft af mangel på levested (habitat) ikke før har været i området. Udviklingen af livet på og omkring et kunstigt rev er imidlertid i vid udstrækning betinget af det omgivende miljø.

Rekruttering

Rekrutteringen af organismer kan primært ske på to måder: Ved migration fra det omliggende substrat eller ved bundfældning af larver og sporer (Connell & Keough, 1985). Etableringen af kunstige rev er i de fleste tilfælde sket uden hensyntagen til påvirkning af den eksisterende biotop og dennes indflydelse på den fremtidige kolonisering (Davis *et al.*, 1982; Haroun *et al.*, 1994). Det er derfor svært at konkludere noget generelt om rekruttering på kunstige rev. Koloniseringen af rev placeret langt fra naturlige rev sker næsten udelukkende ved bundfældning af larver og sporer. Cummings (1994) erkendte dette og anvendte kunstige rev af kalksten for at teste "The theory of island biogeography" (MacArthur & Wilson, 1967), som tidligere er anvendt i studiet af rekruttering af fisk til kunstige rev. Teorien om ø-biogeografi forudsiger, at arts-diversitet på en ø er et resultat af en dynamisk balance imellem indvandring og uddød af arter og at en balance nås, når indvandringen er lig med udryddelsesraten. Cummings (1994) fandt på det studerede rev, at for fisk opnås en balance indenfor 2-2.5 måneder, hvorimod en balance for alger og invertebrater ikke kunne opnås. Dette blev forklaret med, at revet blev fastholdt i et tidligt stadie af kolonisering på grund af hyppige fysiske påvirkninger.

Rekrutteringen til kunstige rev eller andre "ø-habitater" vil være styret af havstrømme, der fører larver og sporer til revet, af revets placering (fx dybde, afstand til kysten etc) og af revets opbygning (fx materiale, heterogenitet etc). I tempererede områder vil rekrutteringen også være sæsonbestemt, hvorimod der er en mere konstant rekruttering i tropene.

Kolonisering

Der er kun få studier, som behandler kolonisering af kunstige rev af invertebrater og alger (se f. eks. Bailey-Brock, 1989; Baynes & Szmant, 1989; Carter *et al.*, 1985) og færre omhandler kolonisering af både fisk, invertebrater og alger. Buckley & Hueckel (1985) fandt, at diversiteten øgede ved forekomsten af prædation (søstjerner og nøgensnegle) på de plads-dominerende rurer. Algekolonisering var her en vigtig kilde til revenes fysiske struktur og bidrog til rekruttering af små krebsdyr (Buckley & Hueckel, 1985). Clark & Edwards (1994) studerede kolonisering på betonmoduler udlagt i et koralrevsområde på Maldiverne og fandt, at fisk hurtigt koloniserede disse rev, men at strukturen af associationerne var forskellig fra naturlige koralrev. Koloniseringen af alger og invertebrater havde et karakteristisk "succesions"-forløb begyndende med trådformede alger (7 uger), fulgt af rur (14 dage) og derefter en mere divers association (6-8 uger). Koraller koloniserede først revet efter 6-11 måneder og senere, i overensstemmelse med observationer gjort af (Schuhmacher, 1977, 1988). Imidlertid beskriver ovennævnte studier kolonisering på specifikke revstrukturer og den betydningen af observationerne er snarere af naturhistorisk karakter fremfor en belysning af generelle økologiske principper. Det samme gælder for en række andre

studier af kunstige rev (Falace & Bressan, 1994; Foster *et al.*, 1994; Jara & Cespedes, 1994; Palmer-Zwahlen & Aseltine, 1994; Relini *et al.*, 1994).

Succession og udvikling

For alger og invertebrater er studiet af succession det hyppigst publicerede emne. Problemstillingen er imidlertid, hvorvidt der finder en ægte succession sted eller ej (Carter *et al.*, 1985; Tsuda & Kami, 1973). Dette emne er tidligere blevet studeret generelt for andre substrattyper og i mange marine miljøer (Connell & Slatyer, 1977). Den generelle opfattelse er, at ved "succession" i et marint miljø forstås en serie af relativt forudsigelige successive udskiftninger af organismer som følge af, at plads bliver tilgængelig, snarere end at miljøet bliver successivt ændret som forudsætning for denne udskiftning (Dayton, 1971; Paine & Levin, 1981; Sousa, 1985). Denne form for "succession" kan eller kan ikke i artssammensætning konvergere imod et bestemt "klimaks" og følge en eller flere af de veje, som beskrevet af Connell & Slatyer (1977), uden at det sidste stadium nødvendigvis bliver en bestemt dominant. Imidlertid må kunstige rev opfattes som "foulings-objekter" og ikke naturlige substrata, og sammenligneligheden imellem foulings-associationer og associationer på naturligt substrat er endnu ikke klarlagt (Connell & Keough, 1985; Hixon & Brostoff, 1985).

Undersøgelser over udviklingen af diverse samfund på kunstige rev i et tropisk område (Det Røde Hav) igennem lange tidsperioder er blevet udført af bl.a. Schuhmacher (1977, 1988), som beskrev de økologiske udviklingsfaser igennem 20 år på en mole af granitsten. I start-fasen blev en hurtig kolonisering af "fouling" organismer (diatomere og trådformede alger) observeret. Derefter fulgte en forberedelsesperiode, med rekruttering af rørbyggende og skalbærende fastsiddende organismer, som overgik i en såkaldt "pioner-rammebyggende fase" bestående af visse koraller og muslinger, der borer i substratet og danner en sekundær heterogenitet. Den sidste periode kaldes "den rammebyggende fase" hvor døde koraller overvokses af coraline alger, alger og bryozoaer m.m. Det er tydeligt, at udviklingen af revet som Schuhmacher (1977, 1988) beskriver, følger et dynamisk successionsmønster (Connell & Slatyer, 1977) uden at et dominerende "klimaks" nås. Denne succession eller udvikling kan sandsynligvis ikke gentages og repræsenterer dermed kun sig selv i både tid og rum (Ardizzone *et al.*, 1989).

Sammenligning af dynamiske processer som kolonisering og udvikling på kunstige rev er derfor ikke mulig, hvis ikke de fysiske og biologiske karakteristika er ens. Man kan ikke forvente, at artssammensætning og den relative abundans følger samme mønstre, da bundfældning er afhængig af tilstedeværelse af kompetente larver og sporer, som kan variere betydeligt både i tid og rum (Gravina *et al.*, 1989).

Sekundære effekter af kunstige rev - det omkringliggende miljø

Udlægning af et kunstigt rev kan forventes at påvirke det omgivende miljø, som sædvanligvis er en sand- eller mudderbund (Davis *et al.*, 1982; Walton, 1982). Davis *et al.* (1982) studerede flere revtyper, bl.a. et kunstigt stenrev udfør San Diego, Californien, med det foremål at undersøge effekter på den omkringliggende sandbund og fandt, at revet ikke havde nogen målbare effekter på hverken sandets bølgemønster, kornstørrelse, organisk indehold eller infaunaens sammensætning. Imidlertid påvirkede revet det omkringliggende område ved, at fouragerende fisk påvirkede epifaunaen. I modsætning hertil fandt Davis *et al.* (1982), at olie-platforme og bropiller havde betydelig effekt på det omgivende miljø med betydelige ændringer i epifauna og infauna såvel som sedimentets kornstørrelse. Walton (1982) undersøgte effekter på en lokal bestand af fladfisk omkring et kunstigt rev bestående af sammenbundne dæk og fandt en fire til fem ganges øgning i tæthed og biomasse af fladfisk. Walton (1982) forklarede dette ved, at revet primært tilbyder beskyttelse med mulighed for orientering. Derudover skabte revet ændrede strømforhold med deraf øget rekruttering af byttedyr.

Kunstige rev - økologiske modeller

Den økologiske idé bag etableringen af kunstige rev er baseret på den observation, at fisk aggregerer omkring et rev hvilket øger fangsten (fx D'Itri, 1986). Imidlertid kan man hævde, at et kunstigt rev ikke producerer ny biomasse, men i stedet tiltrækker fisk fra omkringliggende rev uden at øge den totale biomasse (Bohnsack, 1987; Bohnsack & Sutherland, 1985; Monro & Williams, 1985; Solonsky, 1985). Dette giver anledning til en mængde spørgsmål, der med hensyn til fisk kan formuleres som to økologiske hoved-hypoteser: "Produktionshypotesen" og "Attraktionshypotesen" (Bohnsack, 1989). Produktionshypotesen antager, at kunstige rev skaber vigtige livsbetingelser, hvorved miljøets bærekraft og der skabes øget biomasse og udbredelse af fisk. Attraktions hypotesen antager, at kunstige rev udelukkende tiltrækker fisk fra andre habitater i området som et resultat af disses adfærds-betingelser, men ikke øger områdets totale biomasse. Imidlertid behøver de to ovennævnte hypoteser ikke nødvendigvis at udelukke hinanden, men kan ses som yderpunkter på en gradient. Ved at demonstrere attraktionsmekanismer afvises ikke nødvendigvis muligheden af en øget produktion. Under alle omstændigheder skaber revene ny produktion af stationære epibentiske organismer.

Produktionshypotesen

Ifølge Bohnsack (1989) kan man ud fra en fiskeribiologisk synsvinkel fremføre fem hovedargumenter for produktionshypotesen, men i litteraturen findes kun begrænset støtte for disse:

1. *Kunstige rev øger tilgængeligheden af føde.* Mange studier har vist, at fisk fouragerer på kunstige rev. Nyt tilkommet substrat tilfører uden tvivl epifauna og epiflora som fødekilde. Imidlertid savnes en entydig påvisning af, at dette medfører en øget sekundær produktion (Szedlmayer & Shipp, 1994).
2. *Kunstige rev øger fødesøgningseffektiviteten.* Som følge af større og lettere fødetilgang på det kunstige rev øges fødesøgningseffektiviteten. Forøget fødesøgningseffektivitet forudsætter imidlertid en påvisning af øget vækst og dette er kun blevet påvist i et enkelt tilfælde (Nelson, 1985).
3. *Kunstige rev skaber beskyttelse mod prædation.* Fiskelarver og juvenile er blevet observeret på kunstige rev, men disse behøver ikke overleve (Bohnsack, 1991). Beskyttelse imod prædation forudsætter dokumentation af højere grad af overlevelse i kunstige rev end i naturlige, hvilket kun i enkelte tilfælde er blevet eksperimentelt dokumenteret (Sale, 1980).
4. *Kunstige rev forøger rekrutteringen til et område igennem øget bundfældning af larver som ellers ville være gået tabt.* Dette er blevet påvist for en ottearmet blæksprutte (Polovina & Sakai, 1989), men Bohnsack (1989) hævder, at der ikke findes yderligere evidens for dette i litteraturen. Dette gælder sikkert den fiskeribiologiske litteratur, men for bentisk fauna er det klart, at isoleret substrat nås hovedsagligt igennem bundfældning af pelagiske larver, som ellers ville være gået tabt (Keough & Downes, 1982; Thorson, 1966).
5. *Kunstige rev øger produktionen af naturlige rev miljøer ved at skabe frit substrat.* Ifølge Bohnsack (1989) gælder dette argument kun i uudnyttede miljøer, hvor populationer er plads-begrænsede og eksisterer tæt på miljøets "carrying-capacity". Det gælder sandsynligvis ikke for rekrutterings-begrænsede og overudnyttede populationer. Imidlertid kan kunstige rev erstatte ødelagte naturlige rev. Med hensyn

til fastsiddende eller mobil epifauna gælder dog samme argument som vi har anført under (4).

Attraktionshypotesen

Til støtte for attraktionshypotesen anfører Bohnsack (1989) og Bohnsack *et al.* (1994), at adfærdsstudier har påvist aggregering af fisk ved kunstige rev. Attraktion anses for at være evolutionært betinget på baggrund af selektive fordele som hurtig vækst, øget overlevelse og forbedrede reproduktionsvilkår. Imidlertid kan fisks aggregeringsadfærd styres af et miljø der giver forkerte signaler, som f. eks. aggregering omkring et kølevandsudslip, der ved afbrydelse vil medføre øget mortalitet. Det er dog klart, at attraktion på ingen måde udelukker at en øget produktion finder sted. Med hensyn til fastsiddende og mobil epifauna så gælder attraktionseffekter næsten udelukkende ved bundfældning. Mange organismer kan induceres til bundfældning på et kunstgjort rev af både fysiske og biologiske faktorer. Dette gælder f. eks. effekter af lys, substrat og tilstedeværelsen af allerede etablerede individer af egen eller anden art (Burke, 1983; Burke, 1986; Crisp, 1974; Keough & Downes, 1982; Thorson, 1965). Ligeledes kan kunstige rev påvirke strømforholdene og dermed både setling, rekruttering og vækst (Baynes & Szmant, 1989; Eckman, 1983).

Spørgsmålet om heterogenitet

Et stort antal studier sammenligner fiske-associering som funktion af forskellige typer af rev, fx vrug, kunstige rev (både mindre og større og af forskellig materiale) og FAD's (fish aggregating devices). Disse sammenligninger resulterer sædvanligvis i en dokumentation for eller imod de forskellige revtyper med hensyn til tilstedeværelsen af fiske-biomasse og diversitet. De fleste er dog enige om, at de kunstige rev har en højere biomasse end naturlige rev (Bohnsack, 1991). For en feltøkolog forekommer disse sammenligninger meningsløse. Årsagen til dette er, at revtyperne har forskellig heterogenitet og at denne heterogenitet (såvel fysisk som biologisk heterogenitet) som regel ikke er målt (Bartone *et al.*, 1994; Beets & Hixon, 1994; Hair *et al.*, 1994; Potts & Hulbert, 1994; Roundtree, 1989; Rountree, 1990). Revtyper med forskellig heterogenitet kan på eksperimentelt plan kun sammenlignes, hvis heterogeniteten er kendt og kan kvantificeres. Dertil kommer, at de forskellige organismers habitatskrav og livscyklus kun i begrænset omfang er undersøgt og karakteriseret. Konsekvensen er, at informationen er specifik for de undersøgte rev og vi ved ikke om de er repræsentative lokalt, regionalt eller for større geografiske områder. Undtaget herfor er et studie af Bohnsack & Talbot (1980), der sammenlignede fiske-populationer på ens betonstensrev på henholdsvis Great Barrier Reef, Australien og ved Big Pine Key, Florida. På begge lokaliteter rekrutteredes fisk hurtigt til revene og forekom i samme totale antal arter, antal familier, arter per habitatkategori og gennemsnitlige antal per rev, på trods af, at den australske lokalitet har omkring dobbelt så mange arter som potentielle rekrutter.

Det er af vigtighed, at et kunstigt revs økologiske heterogenitet måles, således at denne egenskab kan sættes i relation til opstillede krav og forventninger. Man kan antage, at størrelse, diversitet og tæthed af organismer på og i et rev er betinget af den integrerede mængde og størrelse af nicher (simpelt defineret som den plads der beskytter et individ fra prædation) og ikke nødvendigvis tilstedeværelsen af føde. Netop strukturel kompleksitet forekommer at være forudsætningen for mange produktive og komplekse marine miljøer såsom koralrev, mangrover og ålegræsenge. Disse miljøer er produktive ikke kun fordi de som substrat har en stor omsætning, men også fordi de tilbyder høj grad af substratkompleksitet og et omfattende spektrum af niche-størrelser, som er fordelagtige for små og juvenile organismer.

Heterogenitet indenfor et rev

Der er få studier fra marine miljøer som sætter topografisk kompleksitet i relation til strukturelle og funktionelle variabler. Caddy & Stamatopoulos (1990) anvendte fraktal-teori for at beskrive niche-betingelser for kunstige og naturlige rev. Fraktal-teorien forudsætter, at naturlige substrater er funktionelt ens i forskellige skalaer og dermed, at niche-tilgængeligheden vil minke med stigende individstørrelse (Caddy & Stamatopoulos, 1990). Denne idé har konsekvenser for design af kunstige rev med henblik på at optimere deres funktion. Heterogeniteten og dermed fraktal-skalaen bør bestemmes både indenfor et enkelt revmodul og imellem moduler. Et revs heterogenitet kan influere såvel rekrutteringsrate som individstørrelse og dermed de vigtigste populationskarakteristika. En revtype som anvendes i troperne, er imidlertid ikke nødvendigvis anvendeligt i tempererede områder, fordi sæsonbegrænset rekruttering er udbredt i temperede områder, men ikke i troperne. I troperne kan en revtype med "nicher" af mange forskellige størrelser være fordelagtig, men ikke i temperede områder hvor en mere homogen nichestørrelse kan være at foretrække. Som eksempel på et variabelt niche-krav foreslår Caddy & Stamatopoulos (1990), at for langtlevende organismer med en relativ lav vækstrate (d.v.s. en lav von Bertalanffy K -værdi, $K = 0.1$) og stor afhængighed af nicher, som fx den amerikanske hummer, *Homarus americanus*, vil overlevelsen øge ved at designe revet med mange store huller. Dette giver til gengæld en begrænsning for arter med høj K -værdi og revet vil være mindre egnet som rekrutteringsbase for juvenile/små organismer. På rev med en fraktal-fordeling af hul-størrelse (mange små huller) vil arter med en høj K -værdi derfor udvise migrations adfærd, når plads-tilgængeligheden (nichen) begrænses p.gr.a. vækst. Dette er netop karakteristisk for tropiske langustere, som har en specifik migrationsadfærd, når de når kønsmoden størrelse ($K \approx 0.5$) (se Davis, 1985). Fiskere langs Mexicos kyst imod Carribien har længe udnyttet dette forhold, ved at etablere såkaldte "casitas" som sænkes ned på 4-5 meters dybde for at udgøre et habitat for de migrerende langustere (*Panulirus argus*) (Tangley, 1987; Lozano-Alvarez et al., 1994, Barshaw & Spanier, 1994; Mintz et al., 1994).

For den europæiske og amerikanske hummer gælder det, at disse sandsynligvis er niche-begrænsede og der kan være et stort potentiale for at øge produktionen ved udlægning af kunstige rev. Den amerikanske hummer (*H. americanus*), som lever langs USA's østkyst, navnlig i staten Maine, kan findes på betydeligt flere substrattyper end den europæiske hummer (*H. vulgaris*). Dette skyldes sikkert, at *H. americanus* optræder i betydeligt større tætheder, men forskel i substratpræference kan have en betydning. Jensen *et al.* (1994a) undersøgte *H. vulgaris* adfærd på et kunstigt rev af stabiliserede kul-afleget sten i Poole Bay som beskrevet nedenfor. Hummeren koloniserede de udlagte rev hurtigt, hvor de enkelte hummere blev observeret i samme individuelle habitat gennem lang tid. Jensen *et al.* (1994a) konkluderede, at *H. vulgaris* generelt var habitat-begrænset og at udlægning af rev ville øge bestanden gennem at øge habitat-tilgængeligheden.

Et revs fysiske heterogenitet påvirker også bundfældning af larver, da larver af mange benthiske organismer anvender bl. a. lys og strømforhold som en vigtig bundfældningsfaktor (Eckman, 1983; Meadows & Cambell, 1972; Thorson, 1965). Yderligere kan sedimentering påvirke mortalitetsraten hos bundfældende organismer (Svane, 1987; Young & Chia, 1984). Pamintuan *et al.* (1994) undersøgte telt-formede kunstige rev udsat ud for den nordlige kyst af Philippinerne og fandt, at positionen indenfor hvert rev havde en signifikant betydning for koloniseringen. Dette blev relateret til phototaxi hos bundfældende larver og/eller undvigelse af områder med stort sediment-indhold i vandfasen (Pamintuan *et al.*, 1994).

Heterogenitet mellem rev

Et vigtigt spørgsmål i relation til heterogenitet mellem rev er hvorledes arter, som er associeret til rev, er trofisk forbundet til omkringliggende habitater (Lindberg *et al.*, 1990; Parrish, 1989). Lindberg *et al.* (1990) foreslog, at mobil epifauna associeret til rev lever i en mosaik af ressourcer, indenfor hvilken både tilgangen af byttedyr og beskyttende habitat kan påvirke en arts populationsstruktur. Ifølge denne "resource mosaik model" skulle tætheden af blødd- eller sandbundsbyttedyr for en given prædator i området omkring et rev øge med afstanden til revet. Den funktion, hvormed tætheden af byttedyr øger, er afhængig af afstanden imellem rev og revstørrelse. Tæthedsgradienten af byttedyr som funktion af afstanden til et habitat er størst, når prædator-tætheden er størst, fordi prædatorerne deler et begrænset fourageringsområde. Dette kan medføre, at prædatorerne bliver tvunget til at øge deres fourageringsområde og dermed yderligere påvirke tæthedsgradienten. Denne effekt kaldes "eksploration depression" af Charnov *et al.* (1976) og medfører, at indenfor et vist tidsrum vil tætheden af byttedyr og prædationsraten falde, hvilket medfører reduceret prædator-tæthed på rev, som ligger relativt tæt sammen. Kurz (1995) undersøgte dette fænomen indenfor forskellige tætheds mønstre af kunstig rev (cementrør) udlagt på en sandbund på 13 meters dybde udfør Florida's vestkyst. En typisk prædator her er den grå triggerfisk (*Balistes capriscus*) og dens byttedyr er hovedsaglig søpindsvin. Kurz (1995) fandt en signifikant positiv relation imellem tæthed af søpindsvin og afstand til revene. Yderligere kunne Kurz (1995) vise, at der var en kvalitativ forskel i tætheder af søpindsvin mellem rev af forskellig spatial konfiguration. Disse observationer er i overensstemmelse med ovennævnte "resource mosaik model" og kan forklares ved "optimal forageringsmodellen" (Charnov *et al.*, 1976; MacArthur & Pianka, 1966; Sih, 1984), der forudsiger, at prædatorer vil udvise fødesøgningsmønstre som vil maksimere evolutionær egnethed ved at minimere omkostninger og maksimere indtægter.

At afstand imellem naturlige og kunstige rev også kan spille en rolle, er blevet vist af Bellan & Bellan-Santini (1991) og Bombace *et al.* (1994). I en større analyse af kolonisering på fem rev af identisk design, bestående af beton-moduler fandt Bombace *et al.* (1994), at revenes kapacitet var en funktion af revstørrelse og at artstæthed og diversitet var størst på rev med nærhed til naturlige stenrev. Bellan & Bellan-Santini (1991) fandt ligeledes, at en koloniserende polychaet-fauna på udlagte teglmoduler stammede fra to nærliggende substrata. Ligeledes påviste Bortone *et al.* (1988), at omkringliggende ålegræsenge udgør et vigtig rekrutteringsgrundlag for et kunstigt rev, idet ålegræsenge er opvækstområder for bl. a. juvenile fisk.

Effekter af heterogenitet imellem rev er blevet studeret i den nordøstlige Mexicanske Golf af Frazer & Lindberg (1994), som undersøgte forskellige placering af præfabrikerede beton-moduler placeret i forskellige mønstre på en ellers ensformig sandbund på 7 meters dybde. Revene var domineret af prædatorer som blæksprutter (*Octopus vulgaris*), krabber (*Menippe* sp.) og fisk samt byttedyr (div. echinodermer og mollusker). Resultaterne viste, at på denne skala var spredte enheder mere favorable for mobile epibentiske prædatorer, fordi dette gav tilgang til både beskyttelse og byttedyr fra den omkringliggende blødbund.

Den relative afstand imellem kunstige rev og deres individuelle heterogenitet påvirker artssammensætning og abundans. Ved design af et kunstigt rev er det nødvendigt at tage hensyn til både rev heterogenitet og heterogenitet imellem rev set i relation til de koloniserende arternes spredningsbiologi, vækst og livscyklus (Spanier, 1994). I et multi-arts kompleks som et rev udgør, kan dette være vanskeligt og kompleksiteten øges yderligere ved at fouling-organismer uvilkårligt og successivt vil forandre de fraktale karakteristika på kunstige rev.

Effekter af sekundær heterogenitet - påvækst.

Effekter af sekundær heterogenitet opnået gennem påvækst på kunstige rev er blevet påvist af Buckley & Hueckel (1985) og Patton *et al.* (1994). Patton *et al.* (1994) fandt, at relationen mellem bundrelief og tætheden af *Macrocystis* ("giant kelp") blev reguleret af intensiteten af fiske græsning. Buckley & Hueckel (1985) fandt, at kolonisering af alger på et rev, bestående af blandede betonstrukturer udlagt i Puget Sound, bidrog stærkt til en øget fysisk heterogenitet. Påvæksten af alger medførte en øget kolonisering af krebsdyr, hvilket påvirkede økosystemet. Tilsvarende iagttagelse er blevet gjort af Ohno *et al.* (1990) som udsatte flere arter af alger på kunstige rev langs kysten af syd Japan for at øge biodiversiteten. Spanier *et al.* (1990) anvendte kunstige algeplanter i det østlige Middelhav, hvor den naturlige algebestand er ringe og viste, at juvenile fisk aggregerede omkring "algerne" når disse stod tæt. Spanier *et al.* (1990) foreslog på den baggrund, at kunstige alger som FAD's på kunstige rev skulle anvendes i dette område.

Strukturen af fiske-associationer på kunstige rev påvirkes af påvækst (Hueckel & Buckley, 1989; Hueckel *et al.*, 1989; Ambrose & Swarbrick, 1989). Ambrose & Swarbrick (1989) fandt fx ved en sammenligning imellem et stort antal kunstige rev i Syd-Californien, at *Macrocystis*, som er udbredt på rev i dette område, stærkt påvirker fiske-associationerne og er en nøgelfaktor for sammensætning og tæthed af fisk (DeMartini *et al.*, 1989). Alge- og rur bevoksninger kan også påvirke forekomsten af fisk, hvor disse udgør naturlig føde for fisk (Hueckel & Buckley, 1987). Ved at anvende en liste over de hyppigst forekommende arter af epifauna og flora (24 invertebrat- og 5 algearter), kaldet "Natural Reef Indicator" (NRI) arter, fra tre produktive og naturlige tempererede hårbundshabitat i Puget Sound, kunne Hueckel & Buckley (1989) forudsige fiske-associationernes sammensætning på 11 kunstige rev i samme region.

Effekten af påvækst er en øgning af heterogeniteten og dermed habitatdiversiteten. Et kunstig revs økologiske værdi for diversitet og produktion er derfor positivt korreleret til påvækst. Tiden vil øge påvæksten såfremt substratet er stabilt og de fysiske forstyrrelser minimale.

Nogle vigtige rev og revtyper

I litteraturen er der rapporteret om anvendelse af en mængde forskellige typer af kunstige rev. Det drejer sig om rev af affaldstypen, såsom vrage, udrangeret biler og tog, olieplatforme, o.a. eller rev af præfabrikerede moduler af beton, plast eller stål m.m. (se bl.a. D'Itri, 1986; Sheehy, 1982; Sonu & Grove, 1985). Af alle disse revtyper har kun et begrænset antal været genstand for marinbiologiske studier. Da foremålet med denne rapport er at behandle kunstige revs økologi, vil kun de revtyper som er repræsenteret i den økologiske litteratur blive medtaget.

Kunstige rev: habitat forbedring eller affalds dumpning?

Anvendelsen af fast affald til kunstige rev er altid blevet mødt positivt for på den måde at udnytte spildmateriale til noget nyttigt. Imidlertid har dette også sine negative sider og man kan mistænke, at en argumenteret miljøforbedring skjuler affaldsdumpning med uoverskuelige konsekvenser (MacDonald, 1994). Affald kan, selvom det bliver indstøbt i beton, aldrig fuldstændig sikres mod lækage af toksiske substanser. I både Italien (Relini & Relini, 1989) og Californien (Waldichuk, 1988) har man regelmæssigt dumpet udrangeret automobiler som kunstige rev, og mange udrangerede olieproduktionsplatforme er i den Mexikanske Golf på lignende måde blevet omdannet til rev (Quigel & Thornton, 1989). I den senere tid er dette også blevet aktuelt i

Nordsøen, hvor flere produktionsplatforme skal udskiftes (McIntyre, 1987; Picken & McIntyre, 1989).

Stabiliseret olie-aske sten fra kul-olie kraftværker som kunstige rev

Anvendelsen af aske fra kul- eller oliekraftværker til kunstige rev er gennemført og marinbiologiske undersøgelser og monitoringsprogrammer i både USA og Storbritannien har vist, at hvis asken bliver stabiliseret ved indstøbning i cementsten, kan disse anvendes til kunstige rev (Collins *et al.*, 1992; Parker *et al.*, 1983; Breslin *et al.*, 1988; Kuo *et al.*, 1995; Meldrum *et al.*, 1995; Metz & Trefry, 1988; Relini *et al.*, 1995; Roethel & Breslin, 1995; Shieh & Duedall, 1995; Suzuki, 1995). Af de studier der omhandler disse rev, er der kun få, som berører økologiske problemstillinger, mens resten i hovedsagen beskriver kemiske forhold og en succession af påvækst for at undersøge bioakkumulering.

Nelson *et al.* (1988) undersøgte kunstige rev bestående af henholdsvis stabiliseret olie-aske fra kraftværker og tilsvarende rene cementsten som kontrol placeret langs den centrale østkyst af Florida. De fandt, at bundfældning af ruren *Balanus venustus* observeret igennem fire måneder var uafhængig af revtype. Den observerede mortalitet var relateret til fiske-prædation. Rekruttering af fisk var hurtig og der var ikke nogen statistisk forskel i udbredelsen af fisk imellem de to revtyper. Den observerede kvantitative forskel imellem revene var maksimalt 7% og prøver af den bentiske fauna omkring revene viste ingen signifikant forskel i hverken abundans eller i antallet af taxa. Nelson *et al.* (1988) konkluderede, at der kun var få forskelle imellem de udviklede bentiske faunaer, som kunne være en effekt af materialevalg. Nelson *et al.* (1994b) fortsatte undersøgelserne og kunne efter 2,5 år ikke konstatere nogen forskel i udvikling som funktion af materiale. Nelson *et al.* (1994b) konkluderede, at bortset fra problemer med overfladeforandringer af stenene, som resulterede i at rurer løsnedes fra substratet 6 til 8 måneder efter udsættelsen, var rev af stabiliseret olie-aske et egnet substrat for udvikling af fouling-associationer og fremstod i deres fysiske egenskaber som rene cementsten. På det samme rev blev der gennemført en række kemiske analyser for at bestemme lækage-hastigheder og bioakkumulering (Shieh & Duedall, 1994; Shieh & Duedall, 1995; Shieh & Roethel, 1989). Udfra disse undersøgelser kunne forfatterne konkludere, at de kemiske interaktioner imellem de stabiliserede olie-aske sten og havvand igennem den 2,5 år lange undersøgelsesperiode udelukkende fandt sted i blokkenes overflade. De analyserede spor-metaller forblev i blokkene efter disses udsætning.

I modsætning hertil fandt Woodhead & Jacobson (1985) forskelle i bundfældnings- og udviklingshastighed af påvækst på henholdsvis rev af stabiliseret olie-aske og rene cement-rev udsat på 20 meters dybde i New York bugten. Cementrevene viste hurtigere påvækst end de stabiliserede askesten, dog fandtes samme successions- og temporale variationsmønstre. Denne forskel rapporteredes at være åbenbar indtil 2 år efter udsætning.

En tilsvarende undersøgelse af rev bestående af stabiliserede cementsten med et indhold af olie/kul-aske, er blevet udført i Poole Bay i Den Engelske Kanal (Lockwood *et al.*, 1991). Før etableringen af revene undersøgte Collins *et al.* (1990) først kolonisering på test-blokke og metal-koncentrationer i de koloniserende organismer. Stenblokkene blev hurtigt koloniseret og der blev ikke fundet nogen forskel i bioakkumulering af metaller mellem organismer fra revene og tilsvarende organismer indsamlet fra omgivelserne. Koloniseringen af de udlagte rev var hurtig, specielt af fisk, og indenfor den første måned kunne mobil epifauna som hummer og krabber observeres, skønt revet var udlagt på en sandbund med stor afstand til nærliggende naturlige rev. Efter tre måneder var såvel epiflora som epifauna etableret med over 80 arter og ingen forskel imellem de forskellige materialetyper kunne konstateres.

Yderligere undersøgelser blev foretaget af samme rev i Poole Bay af Collins *et al.* (1994) og Jensen *et al.* (1994b) på rev med tre forskellige stabiliserede materiale-sammensætninger, bestående af henholdsvis pulveriseret olie-aske, flyveaske og biprodukter fra afsvovling (se Parker *et al.*, 1983) med ren cementsten som kontrol. Som tidligere rapporteret, blev der ikke fundet tegn på udvaskning af metaller, hvorimod der blev fundet indikationer på overfladeforandringer (hærdning) med tab af cadmium (mindre end 5% af den totale mængde) og en overfladeberigelse af mangan og chrom. Yderligere blev calcium erstattet af magnesium i indtil 2-4 cm dybde. En mængde af den epiflora og fauna der havde etableret sig på revene, blev undersøgt for bioakkumulering af tungmetaller og sammenlignet med påvækst på de rene cementsten og på substrat omkring revene. Der blev ikke fundet nogen forøget bioakkumulering af tungmetallerne cadmium, chrom og mangan. Jensen *et al.* (1994b) fortsatte med at undersøge de temporale aspekter af påvækstens udvikling på de udlagte rev. Der kunne ikke konstateres forskelle i udvikling som funktion af materiale. Forfatterne konkluderer, at revene har bidraget positivt ved at øge den tilgængelige hårdbundshabitat og muligvis den totale produktion i området, men yderlige evidens for dette blev ikke præsenteret.

De ovennævnte undersøgelser viser, at stabiliseret olie-aske fra olie/kul-kraftværker kan anvendes til kunstige rev, hvilket yderligere er blevet bekræftet af lignende undersøgelser fra Italien (Sampaolo & Relini, 1994). For alle de nævnte undersøgelser gælder, at sammenligningerne er gjort med rene cementsten som kontrol og kun i begrænset omfang med naturligt substrat. Rev af denne type må derfor anses for at være et kompromis snarere end det bedste materialevalg, da der ikke i særlig grad er taget hensyn til revenes udformning som økologisk habitat (Fitzhardinge & Bailey-Brock, 1989).

Rev af kasserede bildæk

Kunstige rev af kasserede dæk har været anvendt i stort omfang over det meste af verdenen (Collins *et al.*, 1995; D'Itri, 1986). Visse rev af kasserede bildæk har vist sig at være ustabile (DeWitt *et al.*, 1989), navnlig fordi de sammenholdende elementer nedbrydes, og der har været rapporteret om udvaskning af toksiske forbindelser (Nelson *et al.*, 1994a). Imidlertid anses disse problemer som mindre og et stort antal kunstige rev bestående af sammenbyggede dæk bliver anvendt verden over (Collins *et al.*, 1995). Collins *et al.* (1995) giver i et review en positiv miljømæssig bedømmelse ud fra den tidligere litteratur, men påpeger, at et problem med dæk som substrat for marin påvækst er, at gummimaterialet er bøjeligt og kan ved fysisk påvirkning, fx en storm, afkaste fastsiddende organismer. Dæk må i lighed med andre fremmede elementer i det marine miljø betragtes som påvækstsubstrat af instabil natur og store variationer af påvækst i både tid og rum må forventes. Som fysiske strukturer findes der imidlertid ingen anledning til at tro, at dæk-rev skulle adskille sig fra kunstige rev af andre materialer under forudsætningen af, at disse har samme heterogenitet (se f.eks. Campos & Gamboa, 1989; McGlennon & Branden, 1994). Feigenbaum *et al.* (1985; 1989) fandt, at de største fangster af fisk blev gjort på dæk-rev med lav struktur, hvorimod betonrør og såkaldte beton "igloos" udviste mindre fangst, fordi disse formentlig beskyttede fiskene bedre. Imidlertid udviste "igloos" bedre fangstrater to efterfølgende år. Der var bedre fangster på alle de kunstige revmoduler i forhold til kontrolområder (naturlig bund). Feigenbaum *et al.* (1989) fandt, at beton "igloos" var bedst som kunstige rev og at dæk-rev krævede en betydelig barlast for at forblive stationære.

I hvilket omfang fiskerekuttering og påvækst på rev af dæk adskiller sig fra rekruttering og påvækst på andre materialer, er kun behandlet i få afhandlinger og disse er fra tropiske eller subtropiske områder (Fitzhardinge & Bailey-Brock, 1989; Reimers & Branden, 1994; Spanier *et al.*, 1990). Spanier *et al.* (1990) studerede et kunstigt rev af bildæk ved Haifa i det oligotrofe sydøstlige Middelhav. For at øge produktionen blev

der dumpet 6 kg affaldsfisk hver uge igennem en to-årig periode. Lignende dumpning blev udført i et nærliggende kontrolområde (naturligt substrat). Spanier *et al.* (1990) studerede primært de rekrutterede fiskearter og fandt, at 42 arter rekrutteredes til revet, hvorimod kun 8 arter rekrutteredes til kontrolområdet. Desuden blev bjørnekrebsen (*Schyllarides latus*) sæsonvis rekrutteret til det kunstige rev, hvor den fouragerede om natten og anvendte revet som beskyttelse om dagen. Bjørnekrebsens primære føde var muslinger fra den omliggende sandbund. Disse muslinger blev transporteret til revet og fundet levende eller som skaller omkring bjørnekrebsenes huller.

Fitzhardinge & Bailey-Brock (1989) sammenlignede rekrutteringe af epifauna på henholdsvis beton, stål og dæk på Hawaii og fandt, at dæk var det mindst anvendelige materiale, fordi koraller kun i ringe omfang blev observeret på dette materiale. Downing *et al.* (1985) kunne heller ikke demonstrere rekruttering af koraller på bildæk, tre år efter udsætning af revene i den Persiske Golf. Det er muligt, at planula-larver fra koraller aktivt undgår settling på bildæk, da man skulle forvente en øget settling på sorte overflader (Fitzhardinge & Bailey-Brock, 1989). Rekruttering af alger dominerede over invertebrater på dæk-rev i det sydlige Australien (Reimers & Branden, 1994). Rekrutteringen var sæsonbetinget og der fandtes totalt 56 alge-arter på bildækkene (Reimers & Branden, 1994).

Olieboreplatforme

Udrangerede olieplatforme har været anvendt som kunstige rev fordi de virker som FAD's og derfor opsøges af både erhvervs- som lystfiskere (Seaman Jr. *et al.*, 1989; Stanley & Wilson, 1989; Stanley & Wilson, 1990). Da de fleste platforme er af stål, som udsættes for korrosion og henfalder igennem tiden, må sådanne strukturer anses for ustabile og vil antageligvis få en påvækst som i struktur og temporal variation vil adskille sig fra beton og stenmateriale (Bull & Kendall Jr., 1994).

Kunstige rev og vanddybde

Langt de fleste kunstige rev bliver etableret på dybder under 5 meter, således at disse ikke bliver tørlagte ved lavvande. Det skyldes et ønske om primært at tiltrække fisk. Imidlertid kan kunstige rev udemærket opfylde en funktion når disse er udlagt i tidevandszonen. Bølgebrydere og molekonstruktioner er eksempler på en sådan revtype - selvom disse sjældnet opfattes som kunstige rev - der udgør en faktor i områdets marine økologi (Cappo, 1995; Iversen & Bannerot, 1984; Pondella & Stephens Jr., 1994; Schuhmacher, 1988; Stephens Jr. *et al.*, 1994). Kun få kunstige rev er lagt på en dybde udenfor rækkevidde af SCUBA (>30 m). Shinn & Wicklund (1989) anvendte en bemannet undervandsbåd for at studere 16 kunstige rev udfør Florida's sydøstkyst på 30-120 m dybde og fandt, at fisketætheden blev reduceret med dybden, formentlig p.gr.a. en udviklet thermocline på omkring 43 meter. Dette påvirkede også epifauna, der ligeledes blev mindre i omfang som en funktion af dybde.

Konklusion

Kunstige rev kan bygges af mange typer materiale, konfiguration og størrelse. Næsten en hvilken som helst struktur som udsættes i havet, kan betragtes som et kunstigt rev. At kunstige rev, såfremt disse er konstrueret af et holdbart og sten-lignende materiale, skulle udvikle sig forskelligt fra naturlige rev i området, findes der ingen grund til at antage (Ambrose, 1994; Palmer-Zwahlen & Aseltine, 1994).

Den direkte effekt af kunstige rev er at øge antallet af habitater og evt. deres heterogenitet og kompleksitet. Den umiddelbare observation er, at strukturer med en vis heterogenitet tiltrækker fisk, formentlig som et resultat af adfærd, men de bliver også genstand for rekruttering af bentiske larver og sporer eller immigration af mobil epifauna fra omkringliggende områder. Afhængigt af rev-materialets karakter og holdbarhed, udvikles naturlig påvækst som en funktion af områdets biologiske og fysiske forhold. Den økologiske udvikling af et kunstigt rev kan kun forudsiges i relative termer, fordi tilgangen af larver, sporer og juvenile fra de frie vandmasser ikke umiddelbart er forudsigelig. Dertil kommer, at der i tempererede områder er en sæsonbetinget variation i både tilgangen af rekrutter og den efterfølgende vækst. For at få en fuldstændig forståelse af de fænomener, der regulerer udviklingen af påvækst kræves en betydelig forskningsindsats, der også inkluderer studier af enkelte arters autøkologi, for at kunne forstå reproduktions- og habitatskrav. Vigtige forskningsområder i denne sammenhæng er de dynamiske aspekter af bundfældning, rekruttering, succession og udvikling (fx Underwood & Fairweather, 1989).

Referenser

- Ambrose, R. F., 1994. Mitigating the effects of a coastal power plant on a kelp forest community: rationale and requirements for an artificial reef. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 694-708.
- Ambrose, R. F. & S. L. Swarbrick, 1989. Comparison of fish assemblages on artificial and natural reefs off the coast of Southern California. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 718-733.
- Ardizzone, G. D., M. F. Gravina & A. Belluscio, 1989. Temporal development of epibenthic communities on artificial reefs in the central Mediterranean Sea. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 592-608.
- Bailey-Brock, J. H., 1989. Fouling community development on an artificial reef in Hawaiian waters. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 580-591.
- Balgos, M. C. (1995). Evaluation of artificial reef development in the Philippines. ICLARM Conf. Proc., no. 49 Artificial reefs in the Philippines. 6-22.
- Barshaw, D. E. & E. Spanier, 1994. Anti-prædator behaviors of the Mediterranean slipper lobster, *Scyllarides latus*. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 375-382.
- Bartone, S. A., T. Martin & C. M. Bundrick, 1994. Factors affecting fish assemblage development on a modular artificial reef in a northern Gulf of Mexico estuary. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 319-332.
- Baynes, T. W. & A. M. Szmant, 1989. Effect of current on the sessile benthic community structure of an artificial reef. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 546-566.
- Beets, J. & M. A. Hixon, 1994. Distribution, persistence, and growth of groupers (Pisces: Serranidae) on artificial and natural patch reefs in the Virgin Islands. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 470-483.
- Bellan, G. & D. Bellan-Santini, 1991. Polychaetous annelids (excluding serpulidae) from artificial reefs in the Marseille area (French Mediterranean coast). *Ophelia*. Vol. 5, pp. 433-442.

- Bohnsack, J. A., 1987. The rediscovery of the free lunch and spontaneous generation: is artificial reef construction out of control. *BRIEFS*. Vol. 16, pp. 2-3
- Bohnsack, J. A., 1989. Are high densities of fishes at artificial reefs the result of habitat limitation or behavioral preference? *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 631-645.
- Bohnsack, J. A., 1991. Habitat structure and the design of artificial reefs. In: *The physical arrangement of objects in space*, edited by Bell, S. S., E. D. McCoy & P. Muchinsky. Chapman & Hall, London, pp. 412-426.
- Bohnsack, J. A., D. E. Harper, D. B. McClellan & M. Hulsbeck, 1994. Effects of reef size on colonization and assemblage structure of fishes at artificial reefs off southeastern Florida, U.S.A. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 796-823.
- Bohnsack, J. A. & D. L. Sutherland, 1985. Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 37, pp. 11-39.
- Bohnsack, J. A. & F. H. Talbot, 1980. Species-packing by reef fishes on Australian and Caribbean reefs: an experimental approach. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 30, pp. 710-723
- Bombace, G., 1989. Artificial reefs in the Mediterranean. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 1023-1032.
- Bombace, G., G. Fabi, L. Fiorentini & S. Speranza, 1994. Analysis of the efficacy of artificial reefs located in five different areas of the Adriatic Sea. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 559-580.
- Bortone, S. A., R. L. Shipp, W. P. Davis & R. D. Nester, 1988. Artificial reef development along the Atlantic coast of Guatemala. *Northeast Gulf Sci.* Vol. 10, pp. 45-48
- Branden, K. L., D. A. Pollard & H. A. Reimers, 1994. A review of recent artificial reef developments in Australia. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 982-994.
- Breslin, V. T., F. J. Roethel & V. P. Schaeperkoetter, 1988. Physical and chemical interactions of stabilized incineration residue with the marine environment. *Mar. Pol. Bull.* Vol. 19, pp. 628-632.
- Buckley, R. M. & G. J. Hueckel, 1985. Biological processes and ecological development on an artificial reef in Puget Sound, Washington. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 37, pp. 50-69.
- Bull, A. S. & J. J. Kendall Jr., 1994. An indication of the process: offshore platforms as artificial reefs in the Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 1086-1098.
- Burke, R. D., 1983. The induction of metamorphosis of marine invertebrate larvae: stimulus and response. *Can. J. Zool.* Vol. 61, pp. 1701-1719
- Burke, R. D., 1986. Pheromones and the gregarious settlement of marine invertebrate larvae. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 39, pp. 323-331.
- Caddy, J., F. & C. Stamatopoulos, 1990. Mapping growth and mortality rates of crevice-dwelling organisms onto a perforated surface: the relevance of 'cover' to the carrying capacity of natural and artificial habitats. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.* Vol. 31, pp. 87-106.

- Campos, J. A. & C. Gamboa, 1989. An artificial tire-reef in a tropical marine system: a management tool. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 757-766.
- Cappo, M., 1995. The population biology of the temperate reef fish *Cheilodactylus nigripes* in an artificial reef environment. *Transactions of the Royal Society of South Australia.* Vol. 119, pp. 113-122
- Carter, J. W., A. L. Carpenter, M. S. Foster & W. N. Jessee, 1985. Benthic succession on an artificial reef designed to support a kelp-reef community. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 37, pp. 86-113
- Charnov, E. L., G. H. Orians & K. Hyatt, 1976. Ecological implications of resource depression. *Am. Nat.* Vol. 110, pp. 247-259.
- Chua, C. Y. Y. & L. M. Chou, 1994. The use of artificial reefs in enhancing fish communities in Singapore. *Hydrobiologia.* Vol. 285, pp. 177-187
- Clark, S. & A. J. Edwards, 1994. Use of artificial reef structures to rehabilitate reef flats degraded by coral mining in the Maldives. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 724-744.
- Collins, K. J., A. C. Jensen & S. Albert, 1995. A Review of Waste Tyre Utilisation in the Marine Environment. *Chem. Ecol.* Vol. 10, pp. 205(12)
- Collins, K. J., A. C. Jensen & A. P. M. Lockwood, 1990. Fishery enhancement reef building exercise. *Chem. Ecol.* Vol. 4, pp. 179-187
- Collins, K. J., A. C. Jensen & A. P. M. Lockwood, 1992. Stability of a coal waste artificial reef. *Chem. Ecol.* Vol. 6, pp. 79-93
- Collins, K. J., A. C. Jensen, A. P. M. Lockwood & A. W. H. Turnpenny, 1994. Evaluation of stabilized coal-fired power station waste for artificial reef construction. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 1251-1262.
- Connell, J. H. & M. J. Keough, 1985. Disturbance and patch dynamics of subtidal marine animals on hard substrata. In: *The ecology of natural disturbance and patch dynamics.*, edited by Pickett, S. T. A., P. S. White, Academic Press, New York, p. 125-151.
- Connell, J. H. & R. O. Slatyer, 1977. Mechanism of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *Am. Nat.* Vol. 111, pp. 1119-1144.
- Crisp, D. J., 1974. Factors influencing the settlement of marine invertebrate larvae. In: *Chemoreception in marine organisms.*, edited by Grand, T. A. M. M., Academic Press, London, p. 177-277
- Cummings, S. L., 1994. Colonization of a nearshore artificial reef at Boca Raton (Palm Beach County), Florida. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 1193-1215.
- D'Itri, F., M. (1986). Artificial Reefs - Marine and Freshwater Applications. pp. 589.
- Davis, G. E., 1985. Artificial structures to mitigate marina construction impacts on spiny lobster, *Panulirus argus*. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 37, pp. 151-156.
- Davis, N., G. R. Vanblaricom & P. K. Dayton, 1982. Man-made structures on marine sediments effects on adjacent benthic communities. *Mar. Biol.* Vol. 70, pp. 295-304.

- Dayton, P. K., 1971. Competition, disturbance, and community organization: the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. *Ecol. Monogr.* Vol. 41, pp. 351-389.
- DeMartini, E. E., D. A. Roberts & T. W. Anderson, 1989. Contrasting patterns of fish density and abundance at an artificial rock reef and a cobble-bottom kelp forest. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 881-892.
- DeWitt, O., E. N. Myatt & W. K. Figley, 1989. New Jersey tire reef stability study. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 807-817.
- Downing, N., R. Tubb, C. El-Zahr & R. McClure, 1985. Artificial reefs in Kuwait, northern Arabian Gulf. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 37, pp. 157-178.
- Eckman, J., E., 1983. Hydrodynamic processes affecting benthic recruitment. *Limnol. Oceanogr.* Vol. 28, pp. 241-257.
- Falace, A. & G. Bressan, 1994. Some observations on periphyton colonization of artificial substrata in the Gulf of Trieste (North Adriatic Sea). *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 924-931.
- Feigenbaum, D., M. Bushing, J. Woodward & A. Friedlander, 1989. Artificial reefs in Chesapeake bay and nearby coastal waters. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 734-742.
- Feigenbaum, D., C. H. Blair, M. Bell, J. R. Martin & M. G. Kelly, 1985. Virginia's artificial reef study: description and result of year 1. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 37, pp. 179-188.
- Fitzhardinge, R. C. & J. H. Bailey-Brock, 1989. Colonization of artificial reef materials by corals and other sessile organisms. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 567-579.
- Foster, K. L., F. W. Steimle, W. C. Muir, R. K. Kropp & B. E. Conlin, 1994. Mitigation potential of habitat replacement: concrete artificial reef in Delaware Bay - preliminary results. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 783-795.
- Frazer, T. K. & W. J. Lindberg, 1994. Refuge spacing similarly affects reef-associated species from three phyla. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 388-400.
- Gascon, D. & R. A. Miller, 1981. Colonization by Nearshore Fish on Small Artificial Reefs in Barkley Sound, British Columbia. *Can. J. Zool.* Vol. 59, pp. 1635-1646.
- Gomez-Buckley, M. C. & R. J. Haroun, 1994. Artificial reefs in the Spanish coastal zone. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 1021-1028.
- Gravina, M. F., G. D. Ardizzone & A. Belluscio, 1989. Polychaetes of an artificial reef in the central Mediterranean Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* Vol. 28, pp. 161-172.
- Grove, R. S., N. Makoto, H. Kakimoto & C. J. Sonu, 1994. Aquatic habitat technology innovation in Japan. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 276-294.
- Hair, C. A., J. D. Bell & M. J. Kingsford, 1994. Effects of position in the water column, vertical movements and shade on settlement of fish to artificial habitats. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 434-444.
- Haroun, R. J., M. Gomez, J. J. Hernandez, R. Herrera, D. Montero, T. Moreno, A. Portillo, M. E. Torres & E. Soler. 1994. Environmental description of an artificial reef

- site in Gran canaria (Canary Islands, Spain) prior to reef placement. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 932-938.
- Hixon, M. A. & W. N. Brostoff, 1985. Substrate characteristics, fish grazing, and epibenthic reef assemblages off Hawaii. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 37, pp. 200-213.
- Hueckel, G. J. & R. M. Buckley, 1987. The influence of prey communities on fish species assemblages on artificial reefs in Puget sound Washington USA. *Environ. Biol. Fishes.* Vol. 19, pp. 195-214.
- Hueckel, G. J. & R. M. Buckley, 1989. Predicting fish species on artificial reefs using indicator biota from natural reefs. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 873-880.
- Hueckel, G. J., R. M. Buckley & B. L. Benson, 1989. Mitigation rocky habitat loss using artificial reefs. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 913-922.
- Iversen, E. S. & S. P. Bannerot, 1984. Artificial reefs under marina docks in southern Florida. *North Am. J. Fish.* Vol. 4, pp. 294-299
- Jara, F. & R. Cespedes, 1994. An experimental evaluation of habitat enhancement on homogeneous marine bottoms in Southern Chile. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 295-307.
- Jensen, A. C., K. J. Collins, E. K. Free & R. C. A. Bannister, 1994a. Lobster (*Homarus gammarus*) movement on an artificial reef: The potential use of artificial reefs for stock enhancement. *Crustaceana.* Vol. 67, pp. 198-211
- Jensen, A. C., K. J. Collins, A. P. M. Lockwood, J. J. Mallinson & W. H. Turnpenny, 1994b. Colonization and fishery potential of a coal-ash artificial reef, Poole Bay, United Kingdom. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 1263-1276.
- Keough, M. J. & B. J. Downes, 1982. Recruitment of marine invertebrates: the role of active larval choices and early mortality. *Oecologia.* Vol. 54, pp. 348-352
- Kuo, S.-T., T.-C. Hsu & K.-T. Shao, 1995. Experiences of coal ash artificial reefs in Taiwan. *Chem. Ecol.* Vol. 10, pp. 233-247
- Kurz, R. C., 1995. Prædator-prey interactions between Gray triggerfish (*Balistes capricus* Gmelin) and a guild of sand dollars around artificial reefs in the northeastern Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 56, pp. 150-160
- Lindberg, W. J., T. K. Frazer & G. R. Stanton, 1990. Population effects of refuge dispersion for adult stone crabs (*Xanthidae*, Menippe). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 66, pp. 239-249.
- Lockwood, P., A. Jensen, K. Collins & A. Turnpenny, 1991. The artificial reef in Poole Bay. *Ocean Challenge.* Vol. 2, pp. 35-39
- Looi, C. K. & C. Thomas. (1991). Artificial reef program in Malaysia. ICLARM Conference Proceedings. 22: 305-309.
- Lozano-Alvarez, E., P. Briones-Fourzan & F. Negrete-Soto, 1994. An evaluation of concrete block structures as shelter for juvenile Caribbean spiny lobsters, *Panulirus argus*. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 351-362.
- MacArthur, R. H. & E. R. Pianka, 1966. On optimal use of a patchy environment. *Am. Nat.* Vol. 100, pp. 603-609.

- MacArthur, R. H. & E. O. Wilson, 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, 203 pp.
- MacDonald, J. M., 1994. Artificial reef debate: Habitat enhancement or waste disposal? *Ocean Dev. Int. Law*. Vol. 25, pp. 87-118
- McGlennon, D. & K. L. Branden, 1994. Comparison of catch and recreational anglers fishing on artificial reefs and natural seabed in Gulf St. Vincent, South Australia. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 510-523.
- McGurrin, J. M., R. B. Stone & R. J. Sousa, 1989. Profiling United States artificial reef development. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 1004-1013.
- McIntyre, A. D., 1987. Rigs and reefs. *Mar. Pollut. Bull.* Vol. 18, pp. 197-198.
- Meadows, P. S. & J. I. Cambell, 1972. Habitat selection by aquatic invertebrates. *Adv. Mar. Biol.* Vol. 10, pp. 271-382
- Meldrum, W. S., I. W. Duedall & C.-S. Shieh, 1995. Chemical Behaviour of Calcium in Stabilized Oil Ash Reef Blocks After Five Years in the Ocean. *Chem. Ecol.* Vol. 10, pp. 273(21)
- Metz, S. & J. H. Trefry, 1988. Trace metal considerations in experimental oil ash reefs. *Mar. Pol. Bull.* Vol. 19, pp. 633-636.
- Mintz, J. D., R. N. Lipcius, D. B. Eggleston & M. S. Seebo, 1994. Survival of juvenile Caribbean spiny lobster: effects of shelter size, geographic location and conspecific abundance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 112, pp. 255-266.
- Monro, J. L. & D. M. Williams. (1985). Assessment and management of coral reef fisheries: biological, environmental and socio-economic aspects. 4: 544-578.
- Moreno, I., I. Roca, O. Renones, J. Coll & M. Salamanca, 1994. Artificial reef program in Balearic waters (Western Mediterranean). *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 667-671.
- Murray, J. D., 1994. A policy and management assessment of U.S. artificial reef programs. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 960-969.
- Nelson, R. S., 1985. Growth of the gray triggerfish, *Balistes capriscus*, on exploratory oil drilling platforms and natural reef areas in the northwest Gulf of Mexico (Abstract). *Bull. Mar. Sci.* Vol. 37, pp. 399.
- Nelson, S. M., G. Mueller & D. C. Hemphill, 1994a. Identification of tire leachate toxicants and a risk assessment of water quality effects using tire reefs in canals. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* Vol. 52, pp. 574-581.
- Nelson, W. G., P. M. Navratil, D. M. Savercool & F. E. Vose, 1988. Short-term effects of stabilized oil ash reefs on the marine benthos. *Mar. Pollut. Bull.* Vol. 19, pp. 623-627.
- Nelson, W. G., D. M. Savercool, T. E. Neth & J. R. Rodda, 1994b. A comparison of the fouling community development on stabilized oil-ash and concrete reefs. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 1303-1315.
- Ohno, M., S. Arai & M. Watanabe, 1990. Seaweed succession on artificial reefs on different bottom substrata. *J. Appl. Phycol.* Vol. 2, pp. 327-332

- Paine, R. T. & S. A. Levin, 1981. Intertidal landscapes: disturbance and the dynamics of patterns. *Ecol. Monogr.* Vol. 51, pp. 145-178.
- Palmer-Zwahlen, M. L. & D. A. Aseltine, 1994. Successional development of the turf community on a quarry rock artificial reef. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 902-923.
- Pamintuan, I. S., P. M. Alino, E. D. Gomez & R. N. Rollon, 1994. Early succession patterns of invertebrates in artificial reefs established at clear and silty areas in Bolinao, Pangasinan, Northern Philippines. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 867-877.
- Parker, J. H., P. M. J. Woodhead, I. W. Duedall & H. R. Carleton, 1983. Ocean disposal and construction with stabilized coal waste blocks. *Wat. Sci. Tech.* Vol. 15, pp. 83-96
- Parrish, J. D., 1989. Fish communities of interacting shallow-water habitats in tropical oceanic regions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 58, pp. 143-160.
- Patton, M. L., C. Valle, F. & R. S. Grove, 1994. Effects of bottom relief and fishing grazing on the density of the giant kelp, *Macrocystis*. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 631-644.
- Picken, G. B. & A. D. McIntyre, 1989. Rigs to reefs in the North Sea. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 782-788.
- Pollard, D. A., 1989. Artificial habitats for fisheries enhancement in the Australian region. *Mar. Fish. Rev.* Vol. 5, pp. 11-26
- Polovina, J. J. & I. Sakai, 1989. Impacts of artificial reefs on fishery production in Shimamaki, Japan. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 997-1003.
- Pondella, D. J. & J. S. Stephens Jr., 1994. Factors affecting the abundance of juvenile fish species on a temperate artificial reef. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 1216-1223.
- Potts, T. A. & A. W. Hulbert, 1994. Structural influences of artificial and natural habitats on fish aggregations in Onslow Bay, North Carolina. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 609-622.
- Quigel, J. C. & W. L. Thornton, 1989. Rigs to reefs-a case history. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 799-806.
- Reimers, H. & K. Branden, 1994. Algal colonization of a tire reef - influence of placement date. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 460-469.
- Relini, G., G. Dinelli & A. Sampaolo, 1995. Stabilised coal ash studies in Italy. *Chemistry and Ecology.* Vol. 10, pp. 217-231.
- Relini, G. & L. O. Relini. (1989). Artificial reefs in the Ligurian sea: A report on the present situation. 1. Sess. of the GFCM Working Group on the Artificial Reefs and Mariculture. 114-119.
- Relini, G., N. Zamboni, F. Tixi & G. Torchia, 1994. Patterns of sessile macrobenthic community development on an artificial reef in the Gulf of Genoa (Northwestern Mediterranean). *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 745-771.
- Roethel, F. J. & V. T. Breslin, 1995. Behaviour of dioxins, furans and metals associated with stabilized MSW combustor ash in sea water. *Chem. Ecol.* Vol. 10, pp. 259-272

- Roundtree, R. A., 1989. Association of fishes with fish aggregation devices: effects of structure size on fish abundance. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 960-972.
- Rountree, R. A., 1990. Community structure of fishes attracted to shallow water fish aggregation devices off South Carolina, U.S.A. *Environ. Biol. Fish.* Vol. 29, pp. 241-262
- Sale, P. F., 1980. The ecology of fishes on coral reefs. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* Vol. 18, pp. 367-421.
- Sale, P. F. & R. Dybdahl, 1978. Determinants of community structure for coral reef fishes in isolated coral heads at lagoonal and reef slope sites. *Oecologia.* Vol. 34, pp. 57-74.
- Sampaolo, A. & G. Relini, 1994. Coal ash for artificial habitats in Italy. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 1277-1294.
- Schuhmacher, H., 1977. Initial phases in reef development studied at artificial reef types off Eilat Red Sea. *Helgol. Wiss. Meeresunters.* Vol. 30, pp. 400-411
- Schuhmacher, H. (1988). Development of coral communities on artificial reef types over 20 years (Eilat, Red Sea). Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium. 3: 379-384.
- Schumacher, H. & L. Schillak, 1994. Integrated electrochemical and biogenic deposition of hard material - a nature-like colonization substrate. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 672-679.
- Seaman, J., W., R. M. Buckley & J. J. Polovina, 1989. Advances in knowledge and priorities for research, technology and management related to artificial aquatic habitats. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 527-532.
- Seaman Jr., W., W. J. Lindberg, C. R. Gilbert & T. K. Frazer, 1989. Fish habitat provided by obsolete petroleum platforms off Southern Florida. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 1014-1022.
- Sheehy, D. J., 1982. The use of designed and prefabricated artificial reefs in the United States. *Mar. Fish. Rev.* Vol. 44, pp. 4-15.
- Shieh, C. & I. Duedall, 1994. Chemical behaviour of stabilized oil ash artificial reef at sea. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 1295-1302.
- Shieh, C.-S. & I. W. Duedall, 1995. Possible Use of Ash Residue for the Construction of Artificial Reefs at Sea. *Chem. Ecol.* Vol. 10, pp. 295(10)
- Shieh, C.-S. & F. J. Roethel, 1989. Physical and Chemical Behavior of Stabilized Sewage Sludge Blocks in Seawater. *Environ. Sci. Technol.* Vol. 23, pp. 121(5)
- Shinn, E. A. & R. I. Wicklund, 1989. Artificial reef observation from a manned submersible off southeast Florida. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 1041-1050
- Sih, A., 1984. Optimal behavior and density-dependent predation. *Am. Nat.* Vol. 123, pp. 314-326.
- Solonsky, A. C., 1985. Fish colonization and the effect of fishing activities on two artificial reefs in Monterey Bay, California. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 37, pp. 336-347.

Sonu, C. J. & R. S. Grove, 1985. Typical Japanese reef modules. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 37, pp. 348-355.

Sousa, W. P., 1985. Disturbance and patch dynamics on rocky intertidal shores. In: *The ecology of natural disturbance and patch dynamics.*, edited by Pickett, S. T. A., P. S. White, Academic Press, New York, p. 101-124.

Spanier, E., 1994. What are the characteristics of a good artificial reef for lobsters? *Crustaceana.* Vol. 67, pp. 173-186.

Spanier, E., S. Pisanty & A.-S. G., 1990. Artificial reefs in the low productive marine environment of the southeastern Mediterranean. *P. S. Z. N. I: Mar Ecol.* Vol. 11, pp. 61-75

Stanley, D. R. & C. A. Wilson, 1989. Utilization of offshore platforms by recreational fishermen and scuba divers off the Louisiana coast. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 767-775.

Stanley, D. R. & C. A. Wilson, 1990. A fishery-dependent based study of fish species composition and associated catch rates around oil and gas structures off Louisiana. *Fish. Bull.* Vol. 88, pp. 719-730

Stephens Jr., J. S., P. A. Morris, D. J. Pondella, T. A. Koonce & G. A. Jordan, 1994. Overview of the dynamics of an urban artificial reef fish assemblage at King Harbor, California, USA, 1974-1991: a recruitment driven system. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 1224-1239.

Suzuki, T., 1995. Application of High-Volume Fly Ash Concrete to Marine Structures. *Chem. Ecol.* Vol. 10, pp. 249(10)

Svane, I., 1987. On larval behaviour and post-metamorphic mortality of *Ascidia mentula* O.F. Müller. *Ophelia.* Vol. 27, pp. 87-100.

Szedlmayer, S. T. & R. L. Shipp, 1994. Movement and growth of red snapper, *Lutjanus campechanus*, from an artificial reef area in the northeastern Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 887-896.

Tangley, L., 1987. Enhancing coastal production. *Bioscience.* Vol. 37, pp. 309-312

Thorson, G., 1965. Light as an ecological factor in the dispersal and settlement of larvae of marine bottom invertebrates. *Ophelia.* Vol. 1, pp. 167-208

Thorson, G., 1966. Some factors influencing the recruitment and establishment of marine benthic communities. *Neth. J. Sea Res.* Vol. 3, pp. 267-293

Tsuda, R. T. & H. T. Kami, 1973. Algal succession on artificial reefs in a marine lagoon environment in guam. *Journal of Phycology.* Vol. 9, pp. 260-264

Underwood, A. J. & P. G. Fairweather, 1989. Supply-side ecology and benthic marine assemblages. *Tree.* Vol. 4, pp. 16-20.

Waldichuk, M., 1988. Incineration at sea and artificial reefs: options for marine waste disposal. *Mar. Poll. Bull.* Vol. 19, pp. 589-594.

Walsh, W. J., 1985. Reef fish community dynamics on small artificial reefs: the influence of isolation, habitat structure and biogeography. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 36, pp. 357-376

Walton, J. M., 1982. The effects of an artificial reef on resident flatfish populations. *Mar. Fish. Rev.* Vol. 44, pp. 45-48

Woodhead, P. M. J. & M. E. Jacobson, 1985. Epifaunal settlement, the processes of community development and succession over two years on an artificial reef in the New York Bight. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 37, pp. 364-376

Yamane, T., 1989. Status and future plans of artificial reef projects in Japan. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 44, pp. 1038-1040.

Young, C. M. & F. S. Chia, 1984. Microhabitat-associated variability in survival and growth of subtidal solitary ascidians during the first 21 days after settlement. *Mar. Biol.* Vol. 81, pp. 61-68.



Status af forskning i fiskeribiologi på kunstige rev

Niels-Henrik Norsker

1.1.1.1.1 Status af forskningen i fiskebiologi på kunstige rev.	1
1.2 Kunstige rev - fysisk karakteristik.	13
1.2.1 Generel udformning.	13
1.2.2 Materialer brugt til kunstige rev.	13
1.2.2.1 Biler	14
1.2.2.2 Dæk	14
1.2.2.3 Skærver - natursten.	14
1.2.2.4 Beton	14
1.2.2.5 Skibe	14
1.2.3 Habitat-attraktion-fisk konceptet	15
1.2.3.1 Revfisk	15
1.2.3.1.1 Definition af revfisk	15
1.2.3.1.2 Adfærdsfaktorer der kendetegner revfisk	16
1.2.3.1.3 Eksempler på revfisk:	17
1.2.3.1.4 Sammenligninger af fiskeaggregater på kunstige rev med naturlige rev.	17
1.2.3.1.5 Danske revfisk	18
1.2.3.2 Habitat, Spatial heterogenitet, teoretisk.	18
1.2.3.2.1 Fraktal dimensionalitet.	21
1.2.3.2.2 Optimal niche sammensætning	22
1.2.3.3 Betydningen spatial heterogenitet for kunstige rev.	24
1.2.3.4 Empirisk verifikation af spatial heterogenitet?	27
1.2.3.5 Empiriske arbejder.	28
1.3 Habitat affinitet.	33
1.3.1 Aldersbetinget/ størrelsesbetinget affinitet.	35
1.3.2 Transitorisk affinitet	35
1.3.3 Fish attraction devices (FAD's)	36
1.3.3.1 Mekanismer bag funktionen af FAD's	37
1.3.4 Skellet mellem FAD's og ART's ?	39
1.4 Biologiske processer på rev - kolonisering.	40
1.4.1 Invertebrater.	41
1.4.1.1 Initiel kolonisering af epibenthiske organismer.	41
1.4.1.2 Tidlig kolonisering af kunstige koralrev.	41
1.4.2 Fiskeaggregater på kunstige rev. Kårfaktorer.	41
1.4.2.1 Mekanismer - fiskeadfærd.	44
1.4.2.2 Sensorisk range	47
1.4.2.3 Koloniseringsstudier.	47
1.4.2.4 Stående bestande på kunstige rev.	53
1.4.2.5 Naturlige rev.	56
1.4.3 Produktivitet af kunstige rev - indledning.	58
1.4.3.1 Angivelse af produktivitet	59
1.4.3.2 Produktivitet eller koncentration ?	60
1.4.3.3 Eksempler på dokumenteret produktivitet på kunstige rev.	61
1.4.3.4 Ecopath.	63
1.4.3.5 Betydning af primærproduktion.	64
1.4.3.6 Fødegrundlag på rev	68
1.4.3.7 Sekundære effekter af fiske-aggregation på kunstige rev	70
1.4.3.8 Bestande og CPUE	71
1.4.3.8.1 Kunstige rev og bæredygtig CPUE .	75
1.4.3.9 Fritidsfiskeri kontra kommercielt fiskeri.	76
1.4.3.10 Fiskepleje på kunstige rev	77
1.4.4 Økologiske gradienter på rev	77
1.4.4.1 Artsrigdom - geografi	78
1.4.4.2 Fiskeritryk.	80

1.4.4.3 Vertikal kontrol af produktivitet på rev.	81
1.4.4.4 Naturlig årsvariation.	81
1.4.4.5 Dissipation af effekt	83
1.4.4.6 Grupperede rev	85
1.4.5 Assessment	85
1.5 Hummer	87
1.5.1 Omfang af kunstig - rev projekter, involverende hummer.	87
1.5.2 Metoder	89
1.5.3 Udformning af rev	90
1.5.4 Kolonisering	90
1.5.5 Korttidsvandring	90
1.5.6 Langtids-vandring og immigration.	90
1.5.7 Betydningen af forekomster af naturlige skjul i omgivelserne	91
1.5.8 Aggregering	91
1.5.9 Bæreevne	92
1.6 Globalt aktivitetsniveau	96
1.6.1 USA.	96
1.6.1.1 Kommercielle ydelser og produkter til kunstig rev sektoren:	96
1.6.2 Amerikanske revprojekter	96
1.6.2.1 Washington	96
1.6.2.2 North Carolina	96
1.6.2.3 California	97
1.6.2.4 Florida	97
1.6.2.5 South Carolina:	97
1.6.2.6 Virginia	98
1.6.2.7 Mississippi	98
1.6.2.8 Texas	98
1.6.2.9 Alabama	98
1.6.2.10 Hawaii:	98
1.6.2.11 Virgin Islands	98
1.6.2.12 US Samoa	98
1.6.2.13 New Jersey	98
1.6.3 Andre lande i det Nordvest-atlantiske område	99
1.6.3.1 Jamaica	99
1.6.3.2 Canada	99
1.6.4 Asien.	99
1.6.4.1 Japan	99
1.6.4.1.1 Oversigt over aktiviteter	99
1.6.4.1.2 Udsætning af fisk og skaldyr:	100
1.6.4.1.3 Forskning	100
1.6.4.1.4 Engineering	100
1.6.4.1.5 Materialebrug	100
1.6.4.1.6 Monitorering af effekter	100
1.6.4.2 Brunei	101
1.6.4.3 Thailand	101
1.6.4.4 Singapore	102
1.6.4.5 Taiwan	102
1.6.4.6 Filippinerne	102
1.6.4.7 Malaysia:	104
1.6.4.8 Sydlige stillehav generelt:	105
1.6.4.9 Maldiveerne.	105
1.6.4.10 Indien	105
1.6.4.11 Fiji	105
1.6.5 SYDAMERIKA	105
1.6.5.1 Guatemala	105

1.6.5.2 Costa Rica	105
1.6.5.3 Panama	106
1.6.6 Europa.	106
1.6.6.1 Monaco	106
1.6.6.2 Italien:	106
1.6.6.3 UK	107
1.6.6.4 Frankrig:	107
1.6.6.5 Portugal.	107
1.6.6.6 Israel:	107
1.6.6.7 Spanien.	108
1.6.6.8 Norge:	108
1.6.6.9 Tyskland	108
1.6.6.10 Holland.	108
1.6.6.11 Finland.	109
1.6.6.12 Polen, Rusland og Finland	109
1.6.7 Australien	109
1.6.8 Arabiske lande	109
1.6.8.1 Kuwait	109
1.7 Cases.	109
1.7.1 Red snapper på kunstige rev i Alabama	109
1.7.2 Blæksprutter på Hokaido, Japan.	111
1.7.3 Samlet fiskeproduktion på stenrev, La Jolla, Californien.	112
1.8 Samfundsmæssig rolle af kunstige rev.	114
1.8.1 Administrativ praksis	115
1.8.2 Planlægning, teoretiske koncepter.	115
1.8.3 Rekreativt fiskeri.	118
1.8.4 Fisheries management.	118
1.8.5 Nationalplaner.	118
1.8.6 Kompensationsprincippet	120
1.8.7 Træk af planlægningen i enkelte lande	121
1.8.7.1 Japan	121
1.8.7.1.1 Statsstøtte	121
1.8.7.1.2 Planlægning og udførelse	122
1.8.7.1.3 Politiske formål	122
1.8.7.1.4 Planlægning	123
1.8.7.2 USA	123
1.8.7.3 Offentlige organer:	123
1.8.7.3.1 Universiteter	123
1.8.7.3.2 Regeringsinstitutioner i plansektoren:	123
1.8.7.3.3 Offentlige, udførende institutioner:	124
1.8.7.4 Private selskaber med kunstig rev aktiviteter.	124
1.8.7.5 Permanente fora	124
1.8.7.6 National planer for kunstig rev udvikling.	124
1.8.7.7 Konsensus linjer	125
1.8.7.8 Filippinerne.	125
1.8.7.8.1 Institutioner	126
1.8.7.8.2 National planlægnings formål:	126
1.8.7.8.3 National støtte:	127

ABSTRAKT

Indledning

Dette afsnit er et review af den eksisterende viden vedrørende biologi og produktion af hummer og fisk på kunstige rev.

Kvaliteten og arten af den eksisterende viden er meget forskellig for hummer og fisk som følge af, at selve betingelserne for at indhente viden om funktion af disse 2 dyregrupper på kunstige er vidt forskellige på grund af store forskelle i mobilitet og stedbundethed.

Hummer er bundlevende, forholdsvis let at indsamle, mærke og genudsætte i en given habitat, og mærkerne kan registreres elektronisk. I de fleste aspekter er fisk derimod betydeligt vanskeligere at håndtere. Alligevel har der været betydeligt større interesse omkring fisk på kunstige rev, hvilket er afspejlet i udbuddet af litteratur, som for fisk skønmæssigt er en størrelsesorden større end for hummer. Hummer materialet forekommer metodemæssigt mere solidt dels fordi hummeren er et teknisk lettere studieobjekt, men også fordi de rapporterede projekter primært har været egentlige forskningsprojekter, snarere en produktionsprojekter med sekundære forsknings- og dokumentationsmotiver.

Det er skønnet af eksperter på området, at der er udgivet godt 600 publikationer om kunstige rev. Dette skøn er baseret på et bredt review af Bohnsack og Sutherland i 1983, der identificerede 413 referencer vedrørende kunstige rev, hvoraf 31 % var i peer-reviewede tidsskrifter. 19 % af dem var af eksperimentel videnskabelig art. En overraskende stor del af efterfølgende artikler bliver i databasesøgninger placeret i to særnumre af Bulletin of Marine Science, hvor i alt 82 artikler var medtaget. Et forsigtigt gæt på i alt 600 "vestlige" artikler på området er derfor nok ikke meget forkert.

Nærværende review har inddraget godt 100 artikler af den nyere litteratur (flertallet fra efter 1990); de er udvalgt på grundlag af en indledende databasesøgning, og efterbestilling af de arbejder, der under gennemgang af eksisterende litteraturreviews viste sig at være væsentlige. Det er forfatterens opfattelse, at litteraturudvalget har været både autoritativt og geografisk dækkende.

Et "vis uvished" hersker der dog om den japanske litteratur. Den information, der er tilgængelig har været af generel fiskebiologisk (side 49) konstruktions-teknisk eller samfundsøkonomisk art (side 121). Der er iflg. Seaman og Sprague (1991) en betydelig litteratur på området; Grove og Sonu har 1983 reviewet 120 japansk sprogede artikler; mens et mindre tal er blevet oversat. Man kan imidlertid finde en del usubstantierede referencer til, at Japansk litteratur på området primært er af design- og ingeniørmæssig art, mens de ikke omfatter egentlige biologiske effektundersøgelser. Om dette er korrekt, skal være uafgjort her, men det er under alle omstændigheder sikkert at udtale, at den japanske litteratur kun i ubetydeligt omfang er tilgængelig for den vestlige videnskabelige verden. Det ville i have været særdeles relevant at inddrage den japanske litteratur, dels på grund af revprogrammernes størrelse, dels på et klima, der på de nordlige øer kan minde om det nordeuropæiske.

Globalt omfang af anlæggelsen af kunstige rev.

En lang række lande (side 99) har udlagt eller planlagt udlægning af kunstige rev. Der er her rapporteret om kunstig rev aktiviteter i 29 lande (USA her regnet som 1 land), og det reelle tal er næppe væsentligt højere. I USA er der dokumenteret kunstig rev projekter i 12 stater. De mest ambitiøse revprogrammer er de Japanske (side 99), der har ført til) udlægning af mere 7 300 (1987) rev med et samlet udlagt volumen på 17 mio. m³ og til en samlet omkostning af 1200 mio. US\$. En anden angivelse af 1995 status, inkl. budgetterede omkostninger i seneste 6 års periode er 3.5 mia. US\$. Ud over inddragelsen af aktiviteterne i seneste 6-års plan består forskellen på de 2 angivelser i kursudsving mellem yen og US\$ i den pågældende periode.

Formål med anlæggelsen af kunstige rev.

Revene redder sig mod i hvert fald 3 forskellige formål : Fiskeresource-skabende formål, resourceforvaltning og naturgenopretning.

Oprindeligt var formålet med anlæggelsen af kunstige rev udelukkende at skabe fiskeressourcer - i overensstemmelse med dette er alle de japanske og flertallet af de amerikanske projekter, d.v.s. revene er i bred forstand fiskeredskaber (fishery tool). Det strategiske mål i den nyere japanske revudlægning er at oprette fiskebanker, på områder, hvor der ikke nødvendigvis tidligere har været sådanne. Udlægning af kunstige rev i Japan retter sig mod kommercielt fiskeri, og i særdeleshed kystnært (artisanalt) fiskeri, med det formål at bevare arbejdspladser i erhvervet. Svarende til ambitionsniveauet har der etableret sig en praksis, hvor disse fiskebanke-skabende projekter er associeret med rev-element udlægning i meget stor skala: der påregnes udlagt: omkostninger for et sådant rev ligger i størrelsesordenen 3-4 mio. US-dollars. Mens et Japansk "normal rev størrelse" svarer til 500- 2500 m³ (et enkelt rev element er enten 1 eller 1.4 m³) er de meget store rev 20 gange normalstørrelsen, og der er endvidere en tendens i retning væk fra rev, der består af små enhedselementer mod store "unika" projekter. Enkelte af de store rev projekter (høj profil projekter) har det sekundære formål at skabe up-welling for at øge primærproduktiviteten. Det har ikke vist sig muligt at finde egentlig dokumentation af Japanske rev's funktion, og det er uvist, hvorvidt dette skyldes, at der ikke er udarbejdet en sådan dokumentation, eller den blot ikke er tilgængelig i den vestlige litteratur.

Japanske rev anlægges med statsstøtte på op til 60 %, og det øvrige deles af lokalsamfund- og fiskekooperativer. Den statslige støtteandel stiger med projekternes størrelse.

De amerikanske projekter har også overvejende resourceskabende sigte, men de er generelt rettet mod lystfiskeri, og der er flere projekter med veldokumenterede resultater i form af registrerede øgede udbytter for lystfisker. Derudover kan man konstatere, at de amerikanske rev i modsætning til de japanske i meget stort omfang har bestået af affaldsmaterialer (bildæk, bilvrag, skibsvrag, off shore installationer m.m.) så et sekundært affaldsdeponeringsformål er måske rimeligt at antage. Størst aktivitet med

hensyn til udlægning af kunstige rev findes i den mexicanske golf, alene i Alabama er flere end 6000 rev blevet udlagt. Men også i Washington (Puget Sound) er der udbredte lystfiskerorienterede revprojekter, der tillige er basis for flere gode videnskabelige studier. Nogle af de bedste amerikanske undersøgelser er imidlertid udført på 3 store naturstensrev ud for La Jolla i Californien.

Et af de amerikanske revstudier er gennemgået i detaljer, side 70.

Et ganske andet formål med udlægning af kunstige rev kan være naturgenopretning. I mange lande med forekomster af koralrev, er der sket udbredt skade på koralrevene som følge af direkte industrielle aktiviteter på revene, f.eks. dynamitfiskere, råstofindvinding på revene (kalksten) og indsamling af sjældne koraller til dekoration. I disse tilfælde kan det være relevant at reparere revformationer eller skabe erstatningshabitater for revfisk. Rev, der er orienteret mod sådanne formål, er blandt andet dokumenteret fra Sri Lanka og Maldiverne. (side 112).

Flere lande i det sydøstlige stillehavsområde, hvor der er koralrevsforekomster, har sådanne formål nævnt i statslige revprogrammer, men der er ikke fundet dokumentation for at rev med dette specifikke formål er blevet udlagt andre steder i verden.

Kunstige rev kan også være udlagt med det sekundære formål at hindre ulovligt trawlfiskeri i følsomme opvækstområder for fiskeyngel; eksempler herpå er blandt andet italienske og spanske rev i nordvestlige Middelhav og Sicilien (se side 64 og 108). I sådanne tilfælde vil man ofte kunne opleve en markant effekt på det stedlige kystfiskeri. Man kan endvidere med kunstige rev flytte en eksisterende fiskeressource og derved for eksempel reallokere den til andre brugergrupper.

Effekt af kunstige rev på fisk

Effekten af kunstige rev er i litteraturen søgt dokumenteret ved følgende størrelser:

- Stående bestande (tæthed eller biomasse angivelser)
- CPUE (Catch pr. unit effort) gennem kommercielt fiskeri, forsøgsfiskeri eller lystfiskeri.
- Egentlig biologisk produktivitet.

Der er 2 forskellige grundudformninger af installationer på havbunden, (side 13) egentlige kunstige rev og FAD's, men deres biologiske funktioner overlapper hinanden i og med, at egentlige kunstige rev også har forbigående fiskeaggregerende virkning, og en stor del af diskussionen om revenes effekter går netop på, hvorvidt revenes hovedfunktion blot kan siges at være en kortsigtet, fiskeaggregerende virkning, eller de kan tilskrives egentlig fiske produktionsfremmende effekt.

Det betragter det som en elementær konstatering, at fiskeattraktorer, eller FAD's afgjort *virker* efter hensigten (side 41).

Alene den "danske" erfaring, at en meget betydelig del af landingerne af torsk til konsum stammer fra fiskeri på vrage (formentlig mere end halvdelen, (Carsten Krog, denne rapport, andet steds)) og det forhold, at vrage genkoloniseres efter få timer, er en simpel dokumentation af denne opfattelse.

Kunstige rev og fiskeattraktion:

Givet:

- en vis tæthed af stationære fisk i et område, eller
- strømforhold, der fører fisk forbi revet i en vis minimal målestok,

-vil AR som nær en selvfølge samle tætheder af fisk, som

- er højere (i de fleste tilfælde meget) end på omliggende sand- eller blødbundsarealer
- som fornyer sig relativt hurtigt efter at revene har været befiskede.

Box 1

Det er også generelt accepteret, at der i mange tilfælde over længere perioder foregår opbygning og tilpasning af fiskefauna aggregaterne¹ på kunstige rev, og dette kan i følge grundlæggende økologiske teorier kan tolkes som udslag af habitatbegrænsning, side 42.

Stående bestande og CPUE opgørelser taler i talrige eksempler til fordel for nytteværdien af kunstige rev (side 71).

Der kan findes eksempler på kunstige rev, hvor der har dokumenteret helt op til 16 ganges forøgelse af de stående bestande af fisk.

Det dilemma, man møder i denne sammenhæng, er velkendt: hvor det videnskabelige prøv fiskeri kan veldokumenteret og give stærkt specifik information, betyder de tids- og indsatsmæssige begrænsninger på projektet at overlejlrede effekter af andre forhold er umådelig svære at skelne fra det egentlige, nemlig selve effekten af introduktionen af den kunstige habitat. Det kommercielle fiskeri, på den anden side, kan give betydeligt større materiale, både hvad tid- og indsats angår, men til gengæld er det svært at verificere data og der er i mange tilfælde mistanke om at de kan være decideret misvisende.

CPUE data er tættest på det fiskeriøkonomisk væsentlige data, men giver på den anden side ikke nødvendigvis nogen sikkerhed for, at der på det økologiske niveau er tale om egentlig øget produktivitet.

Kun hvis der er tale om, at det undersøgte område er isoleret eller den introducerede habitatmodifikation er sket på så stor skala at det overskygger den forventede migration vil CPUE data isoleret set kunne siges at dokumentere øget produktion af fisk.

Disse accepterede forhold synes i f.eks. den japanske revpolitik at være tilstrækkelige til at retfærdiggøre selv høje omkostninger til udlægning af rev, idet koncentrationseffekten i sig selv er fordelagtig i forbindelse med energiforbrug i fiskeri, forvaltning af fiskeresourcer (kan begunstige kystnært fiskeri i forhold til oceanisk fiskeri, hvilket f.eks. har været målet med mange med bistandsprojekter i u-landene. Der skal blot her referes til de Japanske programmer, hvor et meget væsentligt argument er fremme af kystfiskeri.

I det sydlige stillehav har der været forholdsvis omfattende udlægning af FAD's, og for en dels vedkommende finansieret af internationale bistandsorganisationer. (side 105).

Egentlig produktivitet.

Det fremgår klart af litteraturen, at sagkundskaben - marinbiologer, naturforvaltere m.v. ikke mener, at der findes noget generelt svar på spørgsmålet om, hvorvidt umiddelbart observerede forøgede fiskeforekomster ved kunstige rev er resultatet af en øget produktionen af fisk på revet eller blot en simpel koncentration af fisken fra omgivende områder. (side 77)

¹ Agregater er det danske ord for assemblages, der anvendes til at betegne grupperinger af fisk, der er holdt sammen af indbyrdes bånd, der er for løse til at betegnelsen samfund er rimelig.

Bag vedtagelsen af de fleste revprojekter vil der dog ligge nogle intentioner om at øge produktiviteten af fisk på det område, revet udlægges i. (se side 114). Denne påstand kan søges verificeret dels i policy dokumenter, dels i ordlyden af de effektstudier, der er tilgængelige for revprojekter.

Talrige af de artikler, der omhandler effektstudier på kunstige rev anfører således indledningsvis, at der er behov for en vurdering af, hvorvidt de øgede fangster, der kan konstateres på revene udelukkende skyldes attraktion af fisk eller der er tale om en produktion, der ikke var tilstede før.

I 1989 skriver Bohnsack, der formentlig er kunstig rev litteraturens mest anerkendte autoritet, at der kun eksisterede ét studium, der med de krav, man må stille til videnskabelig bevisførelse, havde dokumenteret egentlig produktivitetseffekt af anlæggelsen af et kunstigt rev. Det er undertegnede opfattelse, at disse krav mødes af i hvert fald 4-5 af de inddragne arbejder (se side 109) men det ændrer stadig ikke meget i Bohnsack's konklusion, at den videnskabelige dokumentation af produktionseffekt af kunstige rev er meget sparsom.

Til gengæld er det langt fra simpelt at måle sådanne effekter, både fordi der er store praktiske vanskeligheder forbundet med det, men også fordi rapporterne typer på, at der med undtagelse af nogle få tilfælde ikke kan siges at herske nogen klar opfattelse af, hvad det er for type produktionsdata, der skal tilfredsstille disse forventninger, og der kan med baggrund i de rapporter fra de dele af det internationale videnskabelige samfund, der er engageret i kunstig rev, ikke siges at herske nogen konsensus om, hvorledes sådanne effektstudier skal gennemføres for at give sammenholdelige observationer.

Følgelig er det også meget begrænset, hvad der kan findes af *veldokumenterede* kriterier for konstruktion af kunstige rev. Det skal samtidig erindres, at manglen på dokumentation ikke hermed betyder, at revene ikke har egentlig produktivitetseffekt - blot at det ikke (ofte) har været påvist at være tilfældet.

Det er på den anden side sikkert, at sige at der er enighed om, at der ikke *automatisk* vil følge øget produktion af udlægning af revstrukturer; at der ikke vil kunne gives et entydigt og generelt svar på, om udlægning af kunstige rev vil øge fiskeproduktion og at disciplinen endnu ikke er så moden, at der kan refereres til accepterede konstruktions- og udlægningkriterier for at sikre effekt på en given lokalitet.

Kunstige rev og egentlig produktion

- Der er i litteraturen flere² gode undersøgelser, der dokumenterer egentlig produktivitet fremmende effekt af kunstige rev.
- Der er talrige rapporter, der påviser øget fiskeriudbytte og øgede bestande omkring kunstige rev - det kan blot ikke med sikkerhed siges at have drejet sig om en egentlig produktionseffekt frem for blot koncentrering
- De mange rapporter om effekter af kunstige rev synes at afspejle en international mangel på konsensus om hvorledes produktivitet af fisk på kunstige rev bør dokumenteres.

Øvrige effekter på fiskeri:

Kunstige rev kan direkte bevirke ændringer i størrelsesfordelingen af fangsterne (se side 30). Nedsat størrelse på den fangne fisk vil teoretisk resultere i en øget ressource-effektivitet, idet en bestands ressourceudnyttelse er bedre jo mindre individer, der er tale om.

En følge af den fisketiltrækkende effekt af kunstige rev er at det bliver muligt at foretage reallokering af ressourcen: selvom man i mange tilfælde ikke kan konstatere øget udbytte på samlet regionalt niveau af en bestemt fiskeressource, er det muligt at "flytte" den f.eks. nærmere land, og dermed gøre den tilgængelig for det kystnære fiskeri hvis sociologiske og energipolitiske grunde taler for det.

Økologiske gradienter på kunstige rev.

Det, der forstås ved økologiske gradienter med betydning for anlæg af kunstige rev, er de funktioner, der bestemmer de biologiske og produktionsmæssige effekter på den relevante fauna, og som ideelt er under kontrol ved anlæggelse af den kunstige habitat.

Den eksisterende viden om fiskebetandes respons på de fysiske parametre, der kan varieres ved anlæggelse af kunstige rev er på trods af en ret stor dokumentationsindsats stadig meget fragmentarisk, og det betyder at det ikke er muligt at fremsætte teoretisk eller empirisk velfunderede anlægskrav for rev-konstruktionerne.

I et antal lande, blandt andet Japan, USA, Filippinerne og Thailand, er der udgivet officielle anlægsmanualer (se s. 121), der derfor i vid udstrækning referer til accepteret praksis.

Der findes faglige discipliner, impliceret i kunstig rev praksis, der kan siges at være videnskabeligt veldefinerede:

f.eks. sensoriske mekanismer /adfærd overfor revstrukturer (side 41) og aggregation, elementer af området fysisk niche - trofisk funktion / bytte/byttedyrs relationer. På

² 5-10

disse områder kan man tale om en egentlig teoridannelse og en tilsvarende praktisk implementering. Ecopathmodellen er et veldokumenteret redskab til opgørelse af trofisk struktur i et isoleret økosystem, og burde, jfr. anbefaling af Bohnsack kunne finde anvendelse i forbindelse med opgørelse af produktivitetseffekter af udlægning af kunstige rev.

Et af de centrale aksisomer på området er, at kunstige rev kan forudsiges kun at få en produktionsresultat når det rettes mod en bestand, hvis produktivitet er decideret habitatbegrænset (i modsætning til exploitationsbegrænset (side 77). Dette er fundamentalt for en konkret vurdering af hvorvidt kunstige rev er en relevant strategi i en planlægningssammenhæng, hvor ønsket eksplicit er at forøge en given fiskeressource, og burde kunne verificeres eksperimentelt.

Administrativ praksis:

Kunstige rev var oprindeligt udelukkende anlagt ud fra et forventning om at kunne forøge en fiskebestand (fisheries tool) men der sket en gradvis bevægelse mod at betragte kunstige rev som et "Fisheries management tool" (side 114), hvor de primære intentioner kan være at omfordele eller omplacere en ressource, f.eks. fremme kystfiskeriet, eller som naturgenopretning, d.v.s. kompensere for en habitat tabt, der er tabt i anden sammenhæng.

Der er et antal veldokumenterede eksempler på kunstige rev med direkte fiskeproduktionsfremmende effekt (side) og i et antal af de mange tilfælde, hvor udlægning af rev har resulteret i store fangstresultater, men hvor dette på grund af mangel på dokumentation ikke kan tages til indtægt for øget produktion, kan der godt være tale egentlige produktivitetseffekter. Kunstige rev bør derfor ikke afskrives som udelukkende management værktøjer, men som det i flere rapporter har været påpeget, er der behov for en øget fiskeribiologisk indsats på dette område. Det fiskeriøkonomiske aspekt af udlægning af kunstige rev har ikke i nogen af de beskrevne tilfælde været belyst.

Danske stenrev.

Danske naturlige rev er dannet af små og store morænensten, som under havets fremrykning er blevet vasket fri og nu ligger som sporadiske ansamlinger i Kattegat og Skagerrak, samt ved udmundingen af de danske fjorde. Der er desuden enkelte stenrev i Nordsøen. (Se side 17).

Der findes henvisninger til stenrevenes rige fiskefauna i blandt andet Danmarks Natur, men det har ikke været muligt at lokalisere egentlige videnskabelige værker om disse samfund, og det vurderes at det er forholdsvis sikkert at antage, at der ikke har været udført egentlige biologiske undersøgelser på danske stenrev.

1.2 Kunstige rev - fysisk karakteristik.

Kunstige rev er bredt defineret (Cripps, 1996) enhver struktur, der har samme funktion som naturlige rev. Det vil sige, at kunstige rev kan omfatte 2 grupper af strukturer:

- Menneskeskabte strukturer udlagt med det specifikke formål at påvirke habitater for akvatiske organismer.
- Menneskeskabte strukturer, der har en sådan funktion, men ikke er udlagt der med dette formål, f.eks. skibsvrag, off-shore installationer, kystinstallationer som moler.

Denne brede definition er helt i overensstemmelse med sprogbrugen i de videnskabelige artikler.

Det er en meget gammel observation, at installationer udsat på havbunden i kystnære områder kan virke tiltrækkende på fisk; historiske indledninger i litteraturen henviser flere gange til Japanske observationer fra slutningen af 1700 tallet af fisketiltræknings-effekt af et skibsvrag, som udmøntedes i målrettet udlægning af trækonstruktioner til attraktion af fisk. I Europa er der eksempler fra Middelhavet, hvor Sicilianske og Maltesiske fiskere har udlagt fisketiltrækkende anlæg, benævnt *incannizzati* eller *kannizzati*. (Bombace, 1989). Disse FAD's er korkflåder, der om sommeren samler blandt andet dolphin fish *Coryphaena hippurus*, pilot fish *Naucrates ductor* og amberjack, *Seriola dumerili*.

1.2.1 Generel udformning.

Der er 2 forskellige typer af den første gruppe kunstige rev (teknisk forskellige udformninger), nemlig hvad man kan betegne egentlige kunstige rev, (i artikler, der omhandler begge former ofte blot benævnt Rev (ART's, Artificial Reefs) og FAD's (Fish Attraction Devices).

De to typers biologiske funktion overlapper noget, men ART's retter sig primært mod forholdsvis stedfaste grupper af primært benthisk organismer, mens FAD's primært er installationer, anbragt midt i vandsøjlen (mid water FAD's) med det formål indenfor en kort tidshorisont (timer) at aggregere primært pelagiske fisk.

1.2.2 Materialer brugt til kunstige rev.

Listen over materialer, anvendt til kunstige rev er ganske omfangsrig:

Fly, biler, busser, sporvogne, bambus og bambus, kombineret m. bildæk, affald i containere, broer, betonblokke, byggeaffald, bilmotorer, glasfiber, plast affald, jernbanevogne, metalaffald, stenbrokker (granit, sandsten, kalksten), Polypropylen reb og kabel; olie- og gas boreplatforme; PVC rør; køleskabe, ovne, vandvarmere vaskemaskiner, skibe, både, stabiliseret aske (kul, olie- affalds-forbrændingsaske i cementmatrix; vaske, toiletter, dæk, våben, træ, tømmer.

University of West Florida sammenlignede 8 artificial reefs i Florida, og fandt at et stål-barge rev havde højst diversitet, (15 familier), mens et sten-og beton (culvert) anlæg af samme størrelse havde lavest (4 familier med i alt 7 arter).

En sammenligning af 4 typer rev på Hawaii (Japansk "concrete cube"; sammenføjede bildæk, overskuds-rør, og individuelle bildæk) gav, at betonanlægget havde størst antal arter, største middelvægt pr. rev samt højeste stående bestand.

Størst biomasser fandtes på olieplatform anlæg

Bemærkninger til listen over materialer, anvendt til kunstige rev:

1.2.2.1 Biler

Stone (1978) nævner, at bilkarosserier giver udmærkede resultater med hensyn til kolonisering, og hurtigt overbegroes af diverse organismer, men ikke kan anbefales, da de er kostbare at præparere (?) og deponere og kun holder 3-6 år i havet.

1.2.2.2 Dæk

Dæk udgør gode revelementer. Tilgængelige, lette at samle i enheder, lette at håndtere, og nærmest uforgængelige. De har stor overflade og udgør god habitat for både invertebrater og rev-fisk. Biscayne National monument revet i Florida (bildæksrev, forskningsobjekt) viste, at bæreevnen for revfisk blev fordoblet i forhold til det eksisterende naturlige rev. Der er desuden evidens for, at bildæksrev kan blive operative til decideret forøgelse af fiskeressourcerne. (Stone, 1978)

Buckley, (1986) skriver om Puget Sound revene i Washington at selvom beton eller stenrev foretrækkes af forskellige grund, bruges bildæk (i pyramideform) som for-koloniseringsredskaber.

1.2.2.3 Skærver - natursten.

Rubble, (skærver) har tendens til at settle, og giver da ikke længere den samme habitatkompleksitet. (Stone, 1978)

1.2.2.4 Beton

Beton dæk (culvert) er udmærkede materialer. (Stone, 1978) Større stykker betonaffald er godt til at dække en lavere konstruktion af overvejende mindre sten m.m. (Buckley, 1986)

1.2.2.5 Skibe

Skibe og (barges) udgør gode revmaterialer (high profile) alene, eller som tilslag til eksisterende rev. (Stone, 1978).

1.2.3 Habitat-attraktion-fisk konceptet

Som et samlet "filosofisk koncept" kan man sige, at habitat-attraktion-revfisk er forbundet i indbyrdes afhængige definitioner:

For *habitatens* vedkommende kan der opsættes visse fysiske karakteristika, der vigtige i forbindelse med karakterisering af den tiltrækning, den udøver på fisk, i særdeleshed revfisk.

Attraktion er en gammelkendt fænomen, der i sig selv blot indebærer, at fisk ofte samles og koncentrerer omkring fysiske strukturer på havbunden,

Revfisk er grupper af fisk, der enten udelukkende forekommer på stenrev, koralrev eller kunstige rev af på grund af afhængighed af de fysiske eller økologiske nicher, der er til rådighed i denne habitat, eller udviser en meget høj grad af attraktion overfor fysiske strukturer på havbunden.

1.2.3.1 Revfisk

De fisk, der i litteraturen er nævnt i forbindelse med rev - kunstige såvel som naturlige, og som påkalder sig interesse i forbindelse med fiskerimæssig udnyttelse, er knyttet mere eller mindre fast til (udviser affinitet til) revene, og vil i det følgende være omtalt som rev-fisk. Revfiskene omfatter arter, der er decideret knyttet til revstrukturene og f.eks. kun opholder sig i sprækker og nicher i revene og typisk vil være meget standfaste, lidt mere løst tilknyttede arter, hvis individer typisk vil ses vandre ind og ud af revhabitaten, og endelig løst tilknyttede arter, primært pelagiske fisk, der vil have en vis tendens til at aggregere over revstrukturer, men ikke synes at have nogen egentlig økologisk tilknytning til revene.

Der synes at være god overensstemmelse mellem fiskeaggregaterne på kunstige og naturlige rev.

Relevant information til vurdering af danske revhabitater er f.eks. eksisterende beskrivelser af aggregater på rev i Nordsøen.

1.2.3.1.1 Definition af revfisk

Der tales i litteraturen om rev-fisk ud fra 2 helt forskellige kriterier: del et adfærbaseret (fisk, der på grundlag af deres adfærd kan karakteriseres som rev-fisk); dels et empirisk (fisk, der hyppigt er observeret omkring rev-strukturer).

Adfærd, konsistent med klassifikation som rev-fisk: (Gregg, 1991):

- habitatbegrænsede
- demersale
- philopatriske
- territoriale

Japansk litteratur har identificeret 150 fiskearter, der har adfærdaffinitet i forhold til rev, mens andre arter, f.eks. de fleste tunfisk, sværdfisk, saury og pink salmon er indifferente (Grove og Yuge, 1983). Sale (1980) refererer i et meget omfattende review af fiskeøkologi på koralrev til 2 opfattelser af, hvad revfisk omfatter: en restriktiv, der

omfatter fisk, der lever af koralpolypdyrene, samt en bredere, der omfatter fisk, der optræder på eller i nærhed af koralrev. Der er med andre ord overensstemmelse mellem Sales bredere definition og den ovenfor nævnte.

1.2.3.1.2 Adfærdsfaktorer der kendetegner revfisk

Revfisk er kendetegnet ved at være sedentære og udvise habitat-affinitet. Disse karakteristika bygger blandt andet på mærkningsstudier, der har dokumenteret relativt lav mobilitet hos revfisk (Sale, 1980).

Adfærdsfaktorer hos fisk, der taler imod rev-affinitet (Greg, 1991):

- rekrutterings-begrænset
- pelagisk
- høj mobilitet
- opportunistisk

Bombace (1989) giver en artsliste over rev-arter, der er typiske på de kunstige rev i Middelhavet, og finder en økologisk begrundelse i deres habitatpræferens i de aktuelle forekomster af fødeemner.

- Pelagiske (epi-recifale) (Fr: recif: rev). Også FAD-attraherede.
- Necto-benthiske, (meso-recifale)
- Benthiske (Hyporecifale)

Koralrevsfisk producerer generelt store mængder æg, og ynglen spredes i et pelagisk stadie, i mange tilfælde ved pelagiske æg.

Der er generelt tale om gentagne gydninger over en lang sæson. (Sale, 1980).

Det er uvist, om disse generaliseringer for koralrevsfisk kan overføres på kunstige rev; til fordel for en sådan antagelse taler, at registrerede forekomster af slægter af fisk på koralrev og kunstige rev bærer mange lighedspunkter.

Mange elementer af rev-fisks reproduktionsadfærd synes at kunne karakteriseres som en strategi til at øge afkommets chancer for at kunne forlade revet og nå ud i åbent hav. (Johannes, 1978. In: Sale, 1980). Johannes opdelte revfiskene i 4 funktionelle grupper:

- arter med gydemigration og pelagiske æg
- arter med pelagiske æg
- arter med demersale æg
- levende fødende arter. (meget få).

Der er udviklet mange specialiserede typer gydemigrationsadfærd, der kan ses som adaptationer overfor prædation på nylagte æg.

Mekanismer bag larvernes opsøgen af egnet lokalitet at settle på er ukendt, men antages at være passive (Sale, 1980).

Den stærke habitatbundethed, der er karakteristisk for mange arter af rev-fisk, vurderes at resultere i, at fiskene danner sociale grupper. (Sale, 1980). Økologiske relationer mellem og indbyrdes i fiskeagregater på rev, herunder trofiske, er behandlet i kapitel 1.3: "affinitet"

1.2.3.1.3 Eksempler på revfisk:

Epirecifale

Boops boops, *Scomber scombrus*, *Scomber aponicus*, arter af *Spicara* og *Trachurus*, sporadisk *Liza aurata*, *L. ramata*, *L. saliens*, *Mugil cephalus*, *Chelon labrosus*, *Belone belone*, *Engraulis enchrasicolus*, *Sardina pilchardus*, etc.

Meso-recifale

Dentex dentex, *Diplodus annularis*, *D. puntazzo*, *D. sargos*, *D. vulgaris*, *Oblada melanura*; *Pagellus acarne*, *P. bogaraveo*, *P. erythrinus*; *Pagrus pagrus*, *Sparus aurata*, *Spondyliosoma cantharus*, *Labrus bimaculatus*, *Symphodus tinca*.

Migratoriske: *Seriola dumerili* et *Balistes carolinens*.

På jagt efter gemmesteder: *Sciaena umbra* et *Umbrina cirrosa*. I hulrum, fiskene forlader for at jage bytte: *Dicentrarchus labrax*, *Conger conger*.

Hypo-recifale

Arter, som helt overvejende opholder sig i hulrum:

Gobius cobitis, *G. niger*, *G. paganellus*; *Scorpaena porcus*, *S. hepatus* et *S. cabrilla*

(Bombace, 1991)

1.2.3.1.4 Sammenligninger af fiskeagregater på kunstige rev med naturlige rev.

Fiskene på rev benævnes i økologisk sammenhæng *agregater* (fish assemblages). *Samfund* kan også være anvendt om aggregaterne, hvor der er tale om konstaterede strukturer i disse, f.eks. Sale, 1980.

Ambrose og Swarbrick, (1989) sammenligner sammensætninger af fiskeagregater på 10 kunstige med 16 naturlige rev, og finder en udbredt overensstemmelse mellem kunstige og naturlige rev i henseende til artsrigdom, tæthed, biomassetæthed og artsdiversitet. Der var større tæthed af benthiske fisk på kunstige rev end på naturlige; ($0.425 / m^3$ mod $185 / m^3$. Artsrigdommen også i gennemsnit lidt højere på kunstige rev: i undersøgelsen 18.7 arter mod 14.2 på naturlige rev). I vandsøjlen over revet registreredes ingen forskelle.

Ambrose og Swarbrick anfører, at aggregatsammensætningen overalt på revene var meget ensartet; adskillige arter fandtes på så godt som alle revene. Der refereres til et antal andre arbejder, der har dokumenteret samme similaritet.

1.2.3.1.5 Danske revfisk

I dansk sammenhæng er naturlige stenrev udvaskede og senere oversvømmede ansamlinger af morænesten. Disse stenrev der er sporadisk forekommende i Kattegat og Skagerrak. Enkelte af stenene kan være meget store, op til flere meter, og sten- og vragrester danner grundlag for et rigt og varieret dyreliv (Larsen, 1968; Danmarks natur). En søgning efter litteratur om fiskefaunaen på danske stenrev har ikke ført til identificering af registrerede videnskabelige arbejder. (Elle, 1997). Iflg. Thorson, (1968; Danmarks Natur) svarer fiskefaunaen på de danske stenrev delvist til ålegræssamfundets og faunaen på de nordskandinaviske klippekyster.

Karakteristiske stenrevsfisk er stebider, *Cycloperus lumpus*; havkat, *Anarchichas lupus*; tangspræl, *Pholis gunellus*, ringbuge (*Liparis liparis* og *L. montagui*); de tangbeklædte stenrev har i deres karakteristiske fauna flere kommercielt vigtige arter som torsk, *Gadus Morhua* og sej, *Pollachius virens*. Knyttet til sandbunden mellem stenene fladfisk som rødspætte, *Pleuronectes platessa*; skrubbe, *Platichthys flesus*, pighvar, *Scophthalmus maximus*; slethvar *Scophthalmus rhombus*; rødtunge, *Pleuronectes microcephalus* og ålekvabbe, *Zoarches viviparus*.

Picken og McIntyre (1989) identificerer desuden fra studier i Nordsøen af fisk omkring off shore installationer følgende fisk: kuller (*Melanogrammus aeglefinus*, (ling), Molva molva, pollack, *Pollachius pollachius*, Norway pout, *Trisopterus esmarkii*, long rough dab, *Hippoglossoides platessoides*, norway haddock, *Sebastes viviparus*. Af disse fremhæves sej som den mest talrige med tætheder op til omkring 1 m^{-3} . Sej dominerede i de øverste 40 m. af vandsøjlen, mens torsk og kuller var mere almindelige på 40-80 m. vand.

Klippekystfisk som læbefiskene havkarudse, *Ctenolabrus rupestris*, savgylte, blåstak, *Labrus mixtus*, *Crenilabrus melops*, junker gylte, *Coris julis*, og undertiden berggylte, *Labrus berggylta*. Også mulle, *Mullus surmuletus*, der er en karakteristisk forekommende revfisk i Middelhavet, optræder undertiden ud på sommeren på vore stenrev.

1.2.3.2 Habitat. Spatial heterogenitet, teoretisk.

Habitat betegner de rummelige omgivelser, en organisme befinder sig i, og kan dels beskrives ved topografi, dels struktur. Topografi betegner 3 dimensional geometri på en skala betydeligt større end de pågældende organismers, mens den strukturelle kompleksitet eller spatiale heterogenitet ligger indenfor en størrelsesskala, der er i overensstemmelse med det enkelte individs størrelse, og vil altså typisk dreje sig om skjul eller fysiske nicher (crevishes) af betydning for enkelte individers overlevelse. Spatial heterogenitet eller strukturel kompleksitet antages at være en vigtig faktor til kontrol af artsfordeling og diversitet af organismerne (Brock and Kam, 1994). I enkelte situationer kan der findes en enkel definition på spatial heterogenitet - f.eks. når det drejer sig om kunstige rev, bestående af ens elementer. Gregg (1991) definerer således habitatkompleksiteten som "Number of units per area" - en umiddelbart anvendelig definition.

For naturlige habitater er det imidlertid ikke så let at finde en stringent og operativ definition på begrebet. Kvalitativt betegner den spatiale kompleksitet "mange egnede skjul pr. arealenhed, høj grad af 3 dimensional struktur (vertikal profilering), og store faktiske overflader pr. nominel arealenhed". Et antal fysiske parametre kan beskrive havbundstopografien - f.eks. profilhøjde og vurderes at være af betydning for attraktion af fisk.

Effekten af kunstige rev er hovedsageligt at tilbyde habitat (Jensen et al., 1994). Habitatkompleksitet er vist at fremme forekomsten af individer og antallet af arter op til et vist niveau (Shulman, 1984. In: (Gregg, 1991). Kunstige rev har vist gode resultater som rene habitattilbud til hummer, søpølser, østers, abalone, topshell (?), tang etc. (De Silva 1989).

Bohnsack, (1989) anfører, at forestillingen om at revfisk i meget høj grad er habitat-begrænsede, er ikke så udbredt som før. Der, hvor habitat er begrænsende, vil mængden af revhabitat, der tilføres meget vel være for beskeden til at populationsstørrelsen udviser effekt. Tilsvarende kan udlægningen kan meget ofte være svære at berettiggø økonomisk. Der er ikke i de inddragne værker fundet reference til hverken nogen generel geometrisk eller funktionel definition af begrebet spatial heterogenitet hvilket er bemærkelsesværdigt i betragtning af den store betydning, det i et stort antal af værkerne tillægges. Spatial kompleksitet kan være primær: i kunstig rev sammenhæng: den rummelige kompleksitet, der er tilstede, når revene udlægges, eller sekundær: den kompleksitet, der tilføjes, når de udlagte strukturer overbegroes af fastsiddende organismer. De mange referencer til begrebet må karakteriseres som intuitive; men ud af den kontekst, de optræder i, skal der her foreslås følgende sproglige definition af begrebet: "antal fysiske niches pr. rumenhed", hvor nicherne i fysisk afgrænsning og evt. også i størrelse opfylder den pågældende organismes behov for rumafgrænsning". Hvis man antager en sådan definition er der både tale om et arts- og stadiet specifikt element (størrelsen), samt et adfærdsspecifikt element (erkendelsen af et fysisk rum). Gladfelter og Gladfelter (1978) identificerede et antal kvalitative karakteristika af habitater, og relaterede varierende antal arter som typiske for disse karakterhabitater. Således bund, dækket af havgræs med 5 karakterarter, store huler med 1 art, vertikale flader eller overhæng med 1 art, høj energi områder med 3 arter, revflader med 2 arter, umiddelbar oceanisk adgang med 7 arter, kilder til planktonisk føde med 2 arter og kystnærhed med 2 arter.

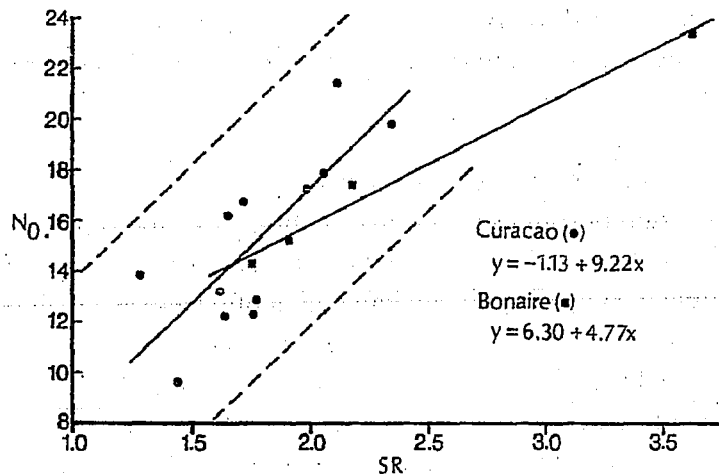
Der findes enkelte kvantitative karakteristika af spatial heterogenitet; således Risk, (1972. In: Sale, 1980), der kunne korrelere et topografisk kompleksitetsindeks med både artsrigdom og individtæthed; samt Luckhurst og Luckhurst (1978), der opstillede 2 mål for topografisk kompleksitet (ruhed og vertikal reliefhøjde) på de hollandske antiller, og viste, at disse var positivt korrelerede med artsrigdom og individtæthed. Ruheden blev målt eksperimentelt på følgende måde: en fin-leddet metalkæde, der blev lagt over havbunden i måleområdet således at kæden nøje fulgte havbundens konturer. Længden af den udstrakte kæde i forhold til nominel afstand blev brugt som ruhedsindex.

Vertikal reliefhøjde blev målt på følgende måde: fra det laveste punkt i et testkvadrat blev den største perpendikulære højde målt. Den økologiske mening med dette mål var

en iagttagelse af, at høje vertikale abscesser ofte resulterede i udbredt horisontal koralvækst, hvilket bevirkede dannelse af hulrum.

For hvert 3 x 3 m testkvadrat blev der taget 14 ruhedsmål og 49 reliefhøjder. Et antal testkvadrater blev udlagt langs transsektter på 4 forskellige dybder, og med 36 testkvadrater langs hvert af 3 transsektter på eet af 2 test områder, må materialet siges at være meget betydeligt.

I er resultatet af en undersøgelse af sammenhængen mellem artsantal og substratruhed afbildet, og resultatet viser, at artsrigdommen er lineært korreleret med substratruheden.



Figur 1. Luckhurst og Luckhurst, 1978. Antal arter på 2 revområder afbildet mod overfladeruhed. De stiplede linjer angiver 95 % konfidensintervaller for regressionen.

Som det fremgår af Figur 1 giver de 2 lokaliteter forskellige regressionskoefficienter.

Der er også flere eksempler på undersøgelser, hvor disse korrelationer har været svage. Sale (1980) citerer Molles (1978), der ikke kunne påvise forskelle i fiskediversitet på kunstige rev, der adskilte sig i topografisk kompleksitet, mens Talbot et al. (1979. In: Sale, 1980) kun kunne konstatere øget artsrigdom i een bestemt revtype ud af 4 undersøgte. Sale bemærker i øvrigt, at eksperimentelt operativ karakteristik af disse revtopografiske faktorer ville nyttig.

Caddy og Stomatopoulos (1990) har bidraget til grundlaget for opstilling af en geometrisk definition af spatial heterogenitet i naturlige og kunstige habitater og forslået anvendelse af fraktal dimensionalitet som et kriterium, men dette mål er næppe særlig anvendeligt i praktisk brug, grundet på vanskelighederne ved at gennemføre reproducerbare og ekstensive målinger i naturlige habitater.

I en kunstig habitat, hvor de fysiske nicher kan gives en ensartet struktur vil det være muligt at sætte et mål for heterogeniteten. Det er imidlertid svært at kvantificere begrebet, når der er tale om naturlige habitater. Kunstige rev tilbyder struktur, eller tilfører med andre ord habitatens strukturelle kompleksitet, mens udlægning af kunstige rev ikke kan ændre havbundens topografi i betydeligt omfang. Caddy og Stomatopoulos

arbejde er af stor værdi som koncept for opfattelse af spatial heterogenitet i naturlige og menneskeskabte habitater men en bredere praktisk implementering af sådanne sammenlignende målinger savnes.

1.2.3.2.1 Fraktal dimensionalitet.

Naturlige habitaters spatiale heterogenitet er af Caddy og Stomatopoulos (1990) forsøgt beskrevet ved en fraktal dimensionalitet og en således karakteriseret "naturlig" habitat blev i en teoretisk model sammenlignet med en genereret kunstig habitat.

Den fraktale dimensionalitet af en habitat kan opgøres på grundlag af (horisontalt ?) snit gennem en naturlig havbundstopografi.

Den fraktale dimensionalitet af habitatene blev i en modelberegning demonstreret at være bestemmende for den naturlige mortalitet under en række populationsdynamiske antagelser.

Begrundelsen for beskrivelsen som en fraktal flade var et antal referencer til påvisning af fraktal geometri af naturlige habitater, hvilket blandt andet viser sig ved repeteret geometrisk formdannelse i forskellige størrelsesordner³. Den teoretiske betydning af den fraktale kompleksitet, (dimensionalitetskoefficienten D), for naturlig mortalitet af habitatbegrænsende organismer fremgår af Figur 2 hvor den vækstratebestemte mortalitet er beregnet ved 3 forskellige værdier af D.

Figuren er blevet til gennem en modellering af bæreevne for habitat, hvis bæreevne er begrænset af antallet af tilgængelige fysiske nicher (crevishes). Ved beregning af bæreevne er det antaget, at hver fysisk niche vil være optaget af den største organisme, der kan optage den, fordi størrelse i en revir konkurrence er generelt kompetitiv fordelagtig. En sådan mekanisme er naturligvis stærkt hypotetisk, men er f.eks. observeret for hummer.

Ved at antage repeteret struktur i forskellige skalaer (fraktal karakteristisk af fysisk habitat) vil (det relative ?) antal af nicher (N) af en given størrelsesgruppe (L) være angivet ved:

$$N(L) = k / L^{D+1},$$

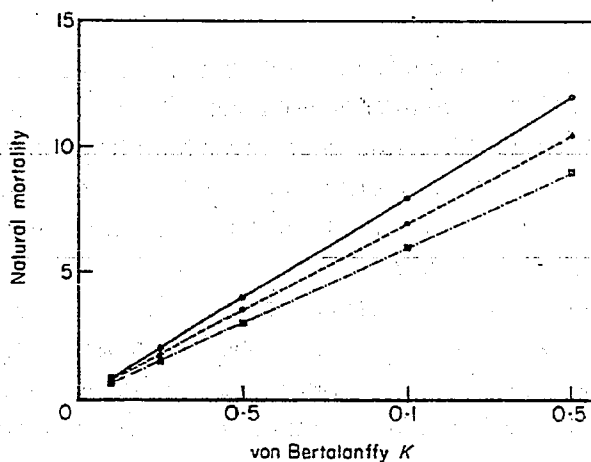
hvor k er kurveradius for de pågældende nicher
(appropriate measure of curve in dimension D).

(Caddy, 1986).

³ den fraktale dimension af et tværsnit af revstruktur benævnes D. Graden af dimensionalitet, mellem 2-dimensionel og 3-dimensionel struktur er givet ved D + 1. Korallrev er opmålt til D = 1.05 - 1.15. Meget foldede biologiske objekter kan have koefficienter >2, f.eks. endoplasmatisk retikulum: 2.72. Terrestrisk plantedække er opmålt til omkring 1.28 <D < 1.79.

Antallet af fysiske nicher i en fraktalt organiseret habitat aftager med stigende rummelig størrelse af nichen, og naturlig mortalitet af kan modelleres under iagttagelse af et antal modelforudsætninger:

- at en organisme optager en fysisk niche i hovedparten af sit liv og flytter fra små til større nicher i takt med væksten (som kan kalkuleres eksplicit på basis af vækstfunktion).
- at nichens fysiske størrelse svarer til dyrets (ovennævnte aksiom)
- at fortrængte organismer forsvinder ud af habitat
- at der er en simpel deterministisk vækstfunktion, (eks. von Bertalanffy⁴)
- at multispecies interaktioner er udelukket
- af intraspecifik populationstæthedseffekt på vækst er minimal og kan udelukkes



Figur 2. Caddy og Stomatopoulos, 1990. Beregnede værdier af den naturlige mortalitetsrate ved forskellige værdier af den fraktale koefficient : $D = 1.9$: cirkler, $D = 1.5$: stjerner, $D = 1.1$: kvadrater. Mortaliteten er afbildet mod von Bertalanffy vækstraten, og størrelsen er i alle tilfældene fastholdt i $0.7 L_{\infty}$.

1.2.3.2.2 Optimal niche sammensætning

På grundlag af disse modelforudsætninger kan der endvidere ansættes en optimal nichestørrelses-sammensætning, som er afhængig af organismens væksthastighed⁵. Ved en sådan optimeret nichestørrelses-fordeling vil så mange af nicherne som muligt være optaget gennem året, og nicheskift vil være koordineret, således at antallet af organismer, $N(t)$, der har en alder, svarende til at de netop kan udfylde en niche i kategori n , er mindre eller lig med $N'(n)$ (antallet af nicher i kategori n).

På denne måde vil mortaliteten af bestanden blive minimal (optimal nichefordeling).

Nichefordelingen må antages at være tilfældig og i praksis kunne repræsenteres ved cylindriske huller i en flade.

⁴ Længdevækst: $l_t = L_{\infty} (1 - \exp(-K(t-t_0)))$, hvor L_{∞} er artens normale maksimumslængde, og t_0 er det tidspunkt, eksemplaret størrelse i følge udtrykket teoretisk ville være 0.

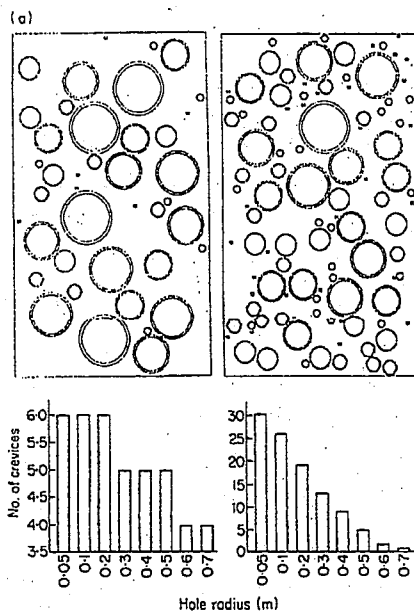
⁵ En sproglig illustrering af nichestørrelsesfordelingens sammenhæng med væksten er, at hurtigt voksende populationer hurtigere vil gro ud af de små huller, og at der derfor er behov for færre små huller i forhold til større.

For kalkulation af optimale nichestørrelses-fordeling er det imidlertid også væsentligt at se på rekrutteringsmønstret: 2 hypoteser blev undersøgt: rekrutteringen er diskontinuert (sker på et bestemt tidspunkt af året) og rekrutteringen er en kontinuert proces.

En sammenligning af modelkørsler for disse 2 scenarier, viser at sæsonbestemt rekruttering giver lavere mortalitet end kontinuerlig rekruttering.

En geometrisk illustration af optimale porestørrelsesfordelinger, (d.v.s. der minimaliserer mortaliteten) er skitseret i Figur 3.

Der er introduceret en tilsyneladende stepvis funktionalitet på grund af en involveret heltals operation i beregningerne.



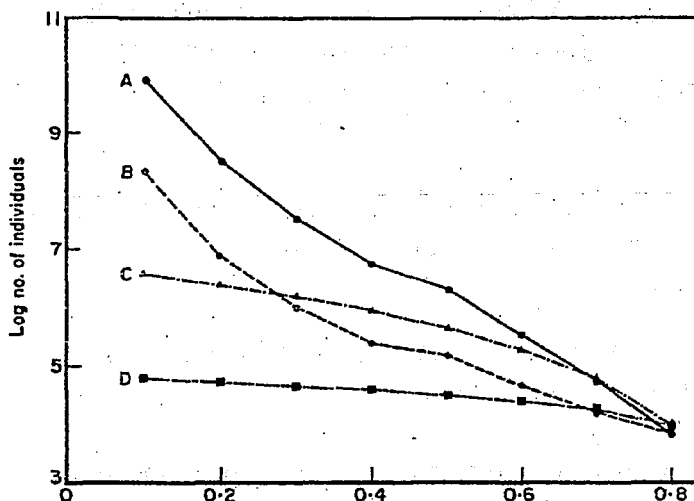
Figur 3. Caddy og Stomatopoulos, 1990. Optimal frekvensfordeling af pore- eller nichestørrelser ved 2 forskellige vækstrater. (som angivet ved grafen nedenfor) samt øverst et eksempel på en tilfældig fordeling af de givne nicher som cirkulære huller i en plan overflade på 5 x 10 m. Til venstre er der brugt en Bertalanffy koefficienten $K = 1.0$, og til højre $K = 0.1$.

Det centrale "budskab" vedrørende optimering af spatial heterogenitet, kan imidlertid bedst illustreres ved Figur 4 der viser en "tilbageberegning" af den initiale populationsstørrelse, der er påkrævet for at opnå *samme produktion* under 4 forskellige habitat- og rekrutteringsforhold

De resulterende forskelle kan således tilskrives forskellig produktionsmæssige karakteristika ved de 4 scenarier.

Det er værd at bemærke, at den "naturlige" fraktale habitat (A og B) er mindre effektiv end de "kunstigt" optimerede habitater.

Det forhold, at der i en "naturlig" habitat skal en større startantal af individer til for at det resulterer i samme produktion, er et udtryk for den ofte fremsatte hypotese, at kunstige rev giver større fiskebestande end tilsvarende naturlige, og kan betegnes som en økologisk effektivitet af habitat



Figur 4. Caddy og Stomatopoulos, 1990. Kalkulation af nødvendig størrelsesfordeling af bestande, resulterende i samme output af største individer (slutfrekvens i alle tilfælde ca. 0.4) B og D er gydeperiode-rekrutterede samfund mens A og C er kontinuert rekrutterede samfund. A og B er naturlige fraktale habitater, mens C og D er kunstige habitater med optimeret nichestørrelsesfordeling.

1.2.3.3 Betydningen spatial heterogenitet for kunstige rev.

Betydningen af Caddy og Stomatopoulos modelundersøgelser for vurderingen af kunstige rev er at de tilbyder en teoretisk mulig forklaring på gentagende fremsatte hypoteser om at kunstige revs produktivitet eller fiskebestande er højere end tilsvarende naturlige revs.

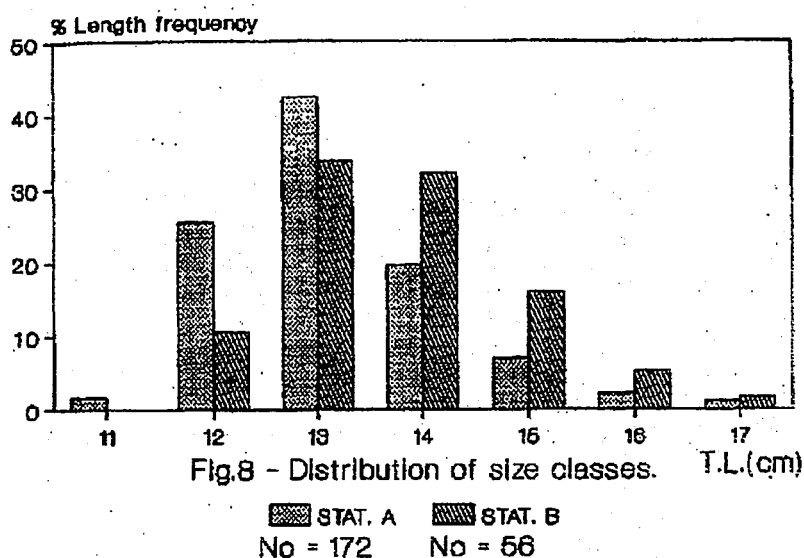
Modellerne (Caddy og Stomatopoulos, 1990) er konsistent med en hypotese om, at habitater med stor kompleksitet (høj D-værdi) er i stand til at supportere meget store populationer af individer af relativt lille størrelse, mens sådanne habitater ikke er så velegnede til at understøtte den videre opvækst. Modelberegningerne er konsistente med citerede empiriske konstateringer af, at juvenile og små fisk har større behov for skjul end større individer. (Todd et al., 1989. In: Caddy og Stomatopoulos, 1990).

Arculeo, (1989) undersøgte effekter på fiskeri af udlægning af kunstige rev i Castellamare bugten på det nordvestlige Sicilien, primært udlagt med det formål at beskytte kystnære områder mod ulovligt travlfiskeri.

Fangster af kommercielt værdifulde arter, der generelt var mere talrige på revområdet, station A omfattede *Dicentrarchus labrax*, *Diplodus spp.*, *Scorpaena porcus*, samt krebs: *Palinurus elephas*. Fangster på stat B (et referenceområde udenfor revområdet) var generelt arter af lavere kommerciel værdi.

For *Diplodus annularis* var der imidlertid en tendens til, at mindre størrelsesgrupper dominerede på revområdet, hvilket fremgår af Figur 5, hvor størrelsesfordelingen af *Diplodus annularis* viste, at små eksemplarer dominerede på A, mens større størrelsesgrupper dominerede fangsterne på referenceområdet. B.

Diplodus annularis



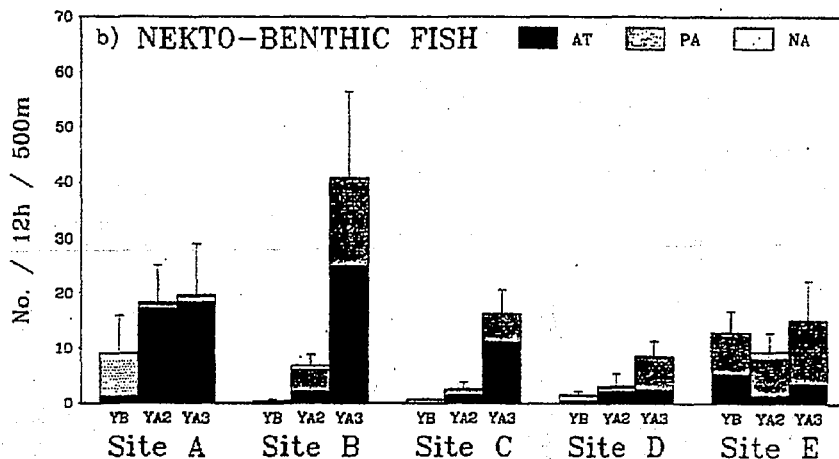
Figur 5. Arculeo, 1989.
 Størrelsesfordeling af *Diplodus annularis* på kunstigt revområde (station A) og referenceområde (station B). Det ses, at størrelsesfordelingen af højværdifisk på det kunstige rev er forskudt til fordel for mindre individer på det kunstige rev-område.

For *Pagellus erythrinus* var der ingen klar forskel. (Arculeo et al., 1989).

Bombace et al. (1994) udførte et betydeligt arbejde gennem en periode på mere en 5 år med registrering af fiskerimæssige og populationsbiologiske resultater af udlægning af et antal forsøgsrev i Adriaterhavet.

For fisks vedkommende var konklusionerne, at der ikke i forsøgsfiskeri kunne konstateres signifikant øgede fangster (fulgt 1 år før udlægningen og 3 åre efter udlægningen af revene). *Antallet* af nektobenthiske fisk i fangsterne sted imidlertid markant for de 4 af revene, der var placeret langt fra naturlige hård-bundsforekomster. Det kan heraf konkluderes, at gennemsnitsstørrelsen af fiskene må være blevet reduceret og resultatet må formodes at være i overensstemmelse med hypotesen om at høj habitatkompleksitet fremmer store forekomster af små individer.

(Se Figur 6)



Figur 6. Bombace et al. 1994. Standard fangster (12 timer trammeinet) gav betydeligt øgede talmæssige fangster af nektobenthiske fisk på de rev, der var blevet lagt på blødbunds områder (sites A-D), mens fangsterne (vægt) forblev konstante.

For bløddyr kunne der ikke konstateres nogen forskelle - hverken mellem år eller sites. for arter, som normalt regnes for bløddyr, som regnes for ikke-habitat affine, f.eks. *Sepia officinalis*.

Blandt bløddyr, der regnes for at udvise revaffinitet (primært *Rapana venosa*, men også *Colinus brandaris*, *Phyllonotis trunculus*) var der tale om fremgang på rev sites A-D, og tilbagegang på E (det rev, der lå umiddelbart ud for et naturligt hårdbundsområde. (Bombace et al., 1994)

Artsrigdom steg på site A-D gennem perioden. Maximalt på site B: fra 22-39 arter, minimalt på site D med fra 31-34 arter). Af Figur 7 neden for fremgår, at især antallet af nektobenthiske arter steg på de blødbunds-placerede rev gennem monitoringsperioden.

Den gennemsnitlige artsrigdom: steg signifikant overalt; lavest: D: 8.31-8.73; højest C: 7.65-10.39.

Også diversitet steg signifikant overalt. Mest som følge af stigninger i artsdiversiteten for pelagiske fisk. Der var ingen signifikante forskelle i diversitet revene indbyrdes. (Bombace et al., 1994)

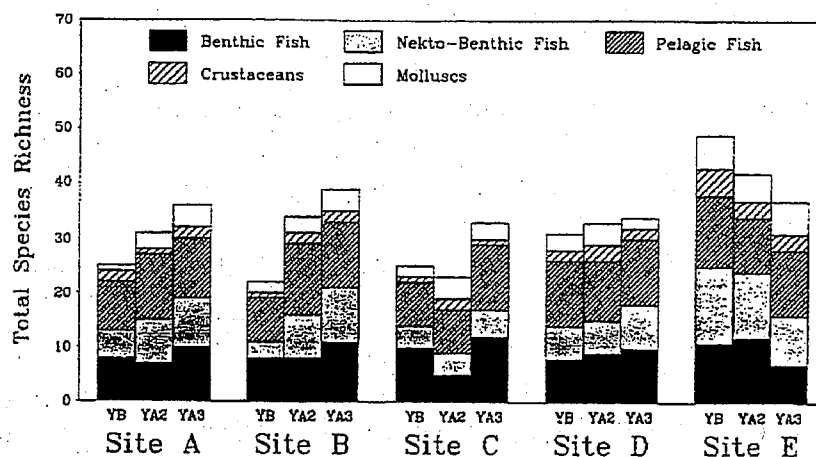


Figure 6. Total species richness in catches at each site for each year (YB = year before reef ployment; YA2 = 2nd year after; YA3 = 3rd year after.)

Figur 7. Bombace, (1994). Total artsrigdom i standardiserede prøvefangster over en 3 års periode efter udlægning af rev på henholdsvis blød bund: site A-D og en naturlig hård bunds- område (site E).

Similaritetsindeks på grundlag af artsrigdom viste, at sites A-D (blødbunds) før udlæggelsen af revet var nogenlunde ensartede, mens site E var afvigende herfra.

Dokumentation af, at E var afvigende fra de øvrige lokaliteter.

Efter rekonstruktionerne steg similariteten mellem E og de øvrige. Dette indikerer, at man ved udlæggelsen af kunstige revelementer kan bringe artssammensætningen i overensstemmelse med, hvad der vil gælde for naturlige hårdbundshabitater i området.

1.2.3.4 Empirisk verifikation af spatial heterogenitet?

Modelalgoritmen bygger på mange teoretiske antagelser, men dele af disse, f.eks. vedrørende fysisk nichestørrelse og trofiske konkurrence betydning kunne godt verificeres empirisk og kunne udgøre nyttige design kriterier for konstruktion af revelementer, og i sin helhed kunne modellen tjene til teoretisk referenceramme f.eks. ved fortolkning af akvarieforsøg til belysning af nicheeffekter m.m.

Desuden antyder modellerne, at der er teoretisk grundlag for at antage, at menneskeskabte habitater, på grundlag af rene fiskebiomasse produktivitetshensyn kan være mere effektive end de naturlige stenbundsformationer, der til formålet antages at udvise fraktal overfladegeometri, og hvis Caddy og Stomatopoulos karakteristiske diameter kunne gøres til et operativt instrument til karakterisering af habitater i felten, kunne dette muligvis blive det grundlag, der kunne gøre sådanne sammenligninger meningsfulde og bringe revdesign ud over det intuitive stadie.

Selvom der hermed måske kan siges at være fundet et teoretisk grundlag for at hævde at kunstige rev kan rumme mere artsrige og talrige fiskeaggregater end tilsvarende naturlige

rev, hviler modelalgoritmen på mange forudsætninger, som det kan være vanskeligt at verificere empirisk.

1.2.3.5 Empiriske arbejder.

Der har været foretaget en del sammenligninger af fiskeaggregater på naturlige og kunstige rev, eksempelvis i Bohnsack og Sutherlands store review (1985) anføres, at der ved sammenligning af økosystemer på kunstige og naturlige rev fandtes meget små forskelle, og at fiskebiomasserne på kunstige rev i næsten alle tilfældene er betydeligt (flere gange) højere end på naturlige rev, enkelte op til 16 gange højere; Ambrose og Swarbrick, (1989), konstaterede ved en sammenligning af 10 kunstige rev og 16 naturlige rev ud for Californiens kyst en dobbelt så stor tæthed af benthiske organismer på kunstige rev, og artsrigdommen af fisk var lidt større fordi det på kunstige rev er muligt at øge udbredelsen af benthiske (mere rige) fiskeaggregater, men derudover var der ikke væsentlig forskel på revenes populationsparametrene. Der refereres i Ambrose og Swarbrick (1989) til artikler, der demonstrerer større artsrigdom på naturlige rev end på kunstige.

Caddy og Stomatopoulos arbejde er helt teoretisk; et eksempel på et eksperimentel eftervisning af betydning af fysisk niche størrelsessammensætning kan findes i Hixon og Beets, (1989); hvor 12 betonblokke med forskellig antal og størrelse huller (skjul) blev udlagt som kunstig rev elementer ud for St. Thomas, US. Virgin Islands.

Revelementer var betonmoduler med variabel hulstørrelse og antal, jvfr. Figur 8. Forsøgsområdets karakter er væsentlig for udfaldet af et sådant forsøg. Forfatterne anfører, at det var nødvendigt at elementerne skulle udlægges i et stort, ensartet område, med få naturlige skjul. Området var en bugt, bevokset med havgræs, *Thalassia testudinalis*, der omkransede et 400 x 700 meter homogent område. Vanddybde 4-12 m.

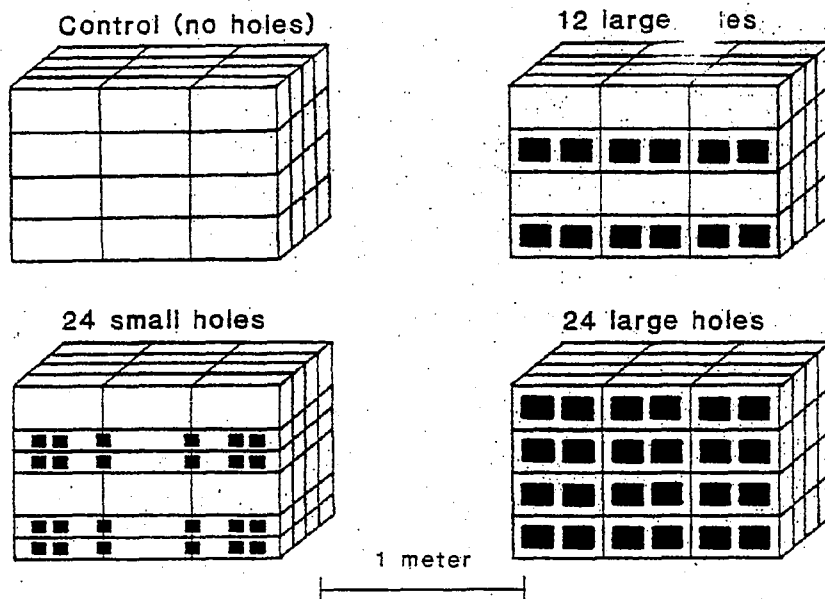


Figure 2. Designs of the concrete-block reefs. Experiments 1 and 2 involved two each of the control, 12 large-hole, and 24 large-hole structures. Experiment 3 involved two each of the control, 24 small-hole, and 24 large-hole structures.

Figur 8, Hixon og Beets. 1989. Betonblokke til undersøgelse af betydning af fysisk nichestørrelse.

Forsøgsområdet blev fulgt ved SCUBA sensus i 2 1/2 år, og der blev foretaget mærkning af enkelte fisk for at undersøge, om det var de samme fiskeaggregater, der forblev på revet. Dette konstateredes at være tilfældet.

Selvom forsøget er meget lille, var det almindeligt at finde op til 20 forskellige arter på revblokkene samtidig; og aggregaterne på revene var stabile og residente.

I Figur 9 er betydningen af antal af store huller for små og store fisk vist.

Konklusioner

1. For større fisk konstateredes det, at antallet af store fisk på revet var direkte relateret til antallet af store huller (hulstørrelse og revblokke konstante).
2. Antallet af små fisk (individer) mindskedes når antallet af små huller blev reduceret, mens antallet af større fisk forblev uændret. Dette var især tydeligt, når de små revfisk var udsat for prædation af de store revfisk
3. Forskydning af fordelingen af huller mod små huller (antal huller og revblokke konstante) fremmede forekomsten af små fisk.
4. Det kunne i almindelighed konstateres, at det var prædation af store revfisk på små revfisk, der var væsentligste reguleringsmekanisme. (se side 63)

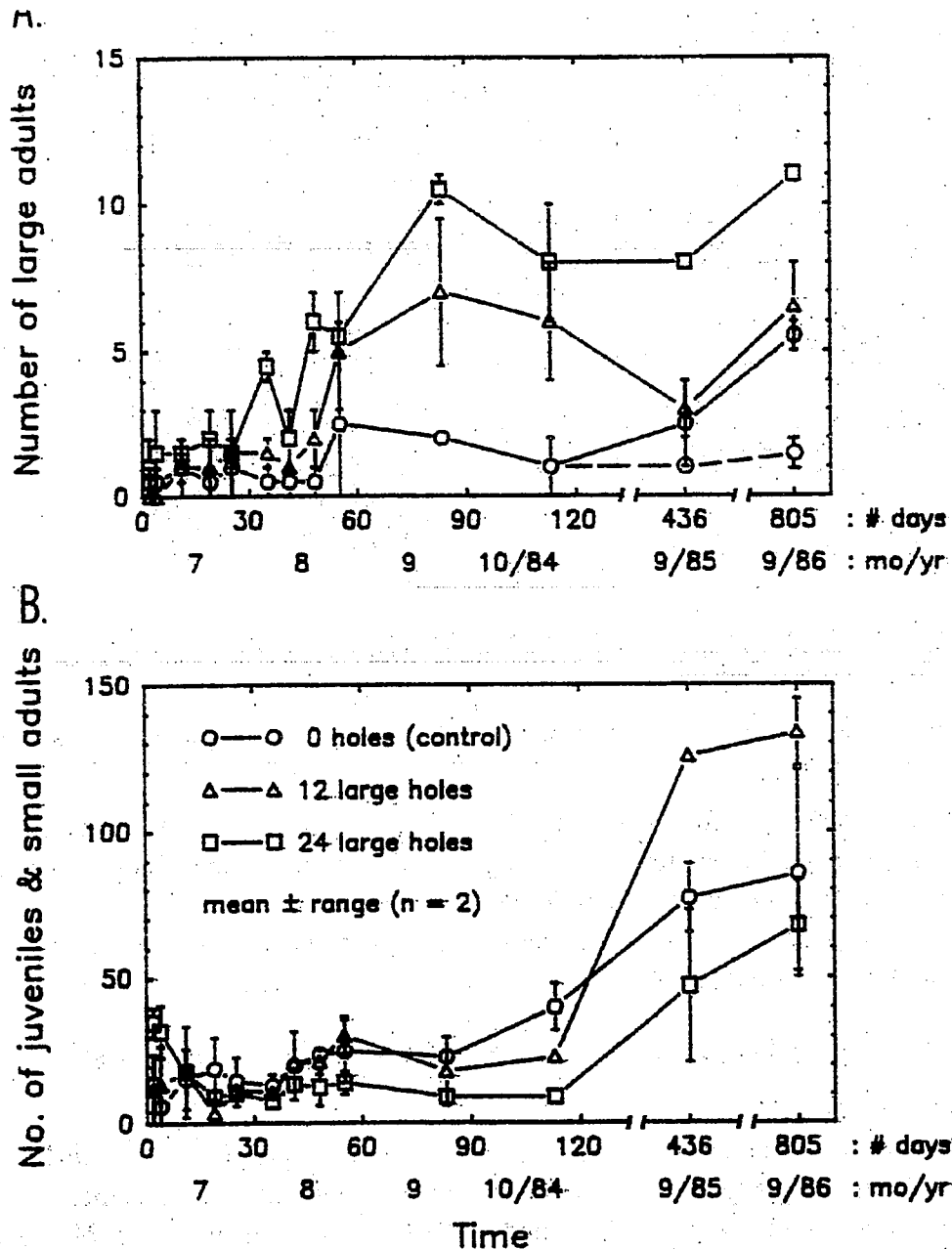


Figure 3. Experiment 1: Number of resident fish occupying six artificial reefs over 27 months (2 replicates per treatment). A, large adults which utilized only the large holes. The dashed curve excludes groupers that burrowed under the control reefs. B, juveniles and small adults which utilized gaps between blocks on all reefs.

Figur 9. Hixon og Beets, 1989. Betydning af antal af store huller for små og store fisk.

En mulig indikation af betydningen af forholdet mellem til rådighed stående nichestørrelser og bæreevne kan findes i af at høj-fraktale "brush parks" i Vestafrikanske laguner, der resulterede i meget store mængder små individer. Dette tyder på en implicit *seleksion for lille individstørrelse* ved gydemodenhed. (Iles, 1973. In: Caddy og Stomatopoulos, 1990)

Lukens (1981) undersøgte koloniseringen af et sænket Liberty skib i den mexicanske golf (Mississippi bugten) og konstaterede at yngel af flere arter, ex. grouper, *Epinephelus nigritus*, kun forekom i begyndelsen af et 18 måneders monitoringsforløb. Under forløbet blev arten mindre talrigt og individerne større.

1.3 Habitat affinitet.

Kolonisering af kunstige rev kan ofte konstateres umiddelbart efter udlægning. Stimer af fisk kan iagttages på et rev umiddelbart (få timer eller ganske få dage) efter dets udlægning. (Stone, 1978, Grove og Yuge, 1983; Stephan og Lindquist, 1989; Sale, 1980; Bohnsack og Sutherland, 1985. In: Bohnsack 1989). Ambrose og Swarbrick (1989) citerer 9 undersøgelser, hvori det blev konstateret, at kunstige rev blev koloniseret umiddelbart efter at de var blevet udlagt.

Selve denne tiltrækning af fisk til strukturer på havbunden benævnes *attraktion*. Tiltrækningen kan medføre umiddelbar kolonisering af nye strukturer, og sikre fortsat tilgang af nye individer og arter til habitatene, og på lidt længere sigt kan samfundsrelationer i fiskeaggregaterne beskrives. I kunstig rev litteraturen bruges betegnelsen *samfund* meget lidt, mens begrebet bruges i koralrevsforskningen, jvfr. Sale, (1980), hvor det blandt andet omfatter habitatkravsrelaterede udbredelsesmønstre, trofiske interspecifikke strukturer på rev, særlige former for commensalisme mellem revorganismer, f.eks. relationer mellem koralfisk og sønemoner, fisk-rejer, fisk - søpindsvin, relationer mellem revfisk og pudsefisk, der er påvist at have en kvantitativ effekt på antallet af fiskeektoparasitter, social regulering af reproduktionsadfærd, f.eks. intraspecifik påvirkning af kønsskifteproces hos sekventielle hermafroditte. Der er mange eksempler stimedannelse til gensidig forbedring af mulighederne for at finde hvile og baseret på ikke-overlappende fourageringsadfærd. Mærkede individer kunne påvises at vende tilbage til samme stime og at følges i samme grupper mellem hvilelokalitet og fourageringslokalitet. (Ogden og Ehrlich, 1977. In: Sale, 1980) (Ehrlich og Ehrlich, 1973. In: Sale, 1980).

Fisk har en varierende evne til at udsøge specielle refugier: (Sale et al. 1984) In: (Brock and Kam, 1994) påviser en forholdsvis ringe variation i de typer refugier, juvenile udvælger sig, mens Eckert, (1985) In: (Brock and Kam, 1994) modsat påviser at visse larver af koralrevsfisk udviser specifik udvælgelse af substrater til settling. Alle de her ((Brock and Kam, 1994) refererede data tyder på, at i hvert fald koralrevsfisk i en periode omkring og lige efter settlement på et rev, beror (overlevelse) på forekomsten af en korrekt type habitat. Graden af habitatkompleksitet er vigtig for distribution, diversitet og forekomster af koralrevs fisk ((Brock and Kam, 1994)

Hixon og Beets (1989) In: (Brock and Kam, 1994)) demonstrerede, at rev med små huller indeholder flere små fisk end rev med store huller.

Inter- og intraspecifikke *sociale* strukturer synes også at dannes: og endda på *individ niveau* er der indikation af, at fisk er i stand til at kende re-introducerede revfisk fra immigranter fra andre lokaliteter, og der findes en del par dannende revfiskearter, der genkender deres partner som individ (Fricke, 1973 a; Lassig, 1977 b; Thresher, 1979. In: Sale, 1980). De sociale relationer på individniveau er i øvrigt primært af negativ karakter, eksempelvis territorialadfærd. Territorialadfærd på rev synes at være rettet mod sikring af fourageringsmulighederne. Hos *Pomacentrus flavicauda* er det således påvist, at territorialadfærden primært er rettet mod andre herbivorer. (Low, 1971. In: Sale, 1980)

Der er indikation af, at den høje immigrationsrate involverer betydelige antal rev-relaterede fisk, der bevæger sig gennem (fouragerer) ikke-rev regioner, på jagt efter en lokalitet at settle. Buckley, (1986)

På et tropisk koralrevsområde, nær intakt rev, hvor kunstigt rev var blevet udlagt som kompensation for koralrev, nedbrudt til brug til byggematerialer, skete der på udlagte betonmodulrev i løbet af 10 måneder en fuldstændig restitution af fiskebiomasse og fiskediversitet, sammenlignet med nærliggende intakte rev. (Edwards, 1992). Det kunne konkluderes, at der var tale om habitat effekt, idet et forsøgsområde, hvor der var foretaget forankring af koralblokke, men ikke udlagt materialer, der var egnede til fiskeskjul, ikke genvandt sin fauna.

På 2 små bildæksrev ud for Jamaicas sydlige kyst, blev der i et hård-bundsområde (sandstens-klippebund med spredt forekomst af makrofytter og fint sand) et par år efter udlægning konstateret i alt 44 arter mod 9 før revet blev udlagt. På det ene af revene, der blev monitoreret regelmæssigt, steg artstallet lineært med 25 på knap 1 år. (Haughton og Aiken, 1989).

Eksperimenter viser, at habitat enhancement strukturer, anbragt i åbne, lavprofil områder har meget stærk umiddelbart aggregerende effekt på flere vigtige revfisk, primært *Scorpaenidae* og *Embiotocidae*, Buckley, (1986) og med tætheder, der overstiger naturlige rev's.

Økologiske faktorer, der betragtes som vigtige for succes af kunstigt rev (uden at det dermed helt klart fremgår, at det drejer sig om kolonisation?), er iflg. Gregg, (1991):

Habitat kompleksitet.

Rev højde

Horisontal versus vertikal ekstension

Revets geografiske placering

Mekanismer, se side 41

De Silva (1989) nævner 5 mekanismer, hvorigennem undervandsstrukturer kan "virke berigende" på den marine fauna:

1. yder beskyttelse mod stærke strømme og mod prædatorer
2. giver et fast substrat for "attachment"
3. tilvejebringer føde i form af alger, fastsiddende organismer og småfisk, associeret med strukturerne
4. udgør yngle - og opvækstområder
5. udgør visuelle, taktile eller auditive referencepunkter for orientering

Flere vigtige revfisk har livsstadier, knyttet til specielle habitater, hvor voksne fisk typisk er knyttet til rev, mens juvenile er knyttet til sandbund, havgræs, mangrove eller estuarier. (ex. snapper, grouper, grunt og barracuda). Rev må derfor være aldersstadie-specifikke. (Bohnsack, 1989)

Bohnsack (1989) lister en række adfærdsmæssige karakteristika hos fisk, der med høj sandsynlighed vil kunne medføre en affinitet til rev. Bohnsack anfører, at fisk med

anførte adfærds karakteristika sandsynligvis også vil kunne øge deres produktivitet på kunstige rev.

Fisk, der iflg. Bohnsack kan forventes at ville udvise revaffinitet er:

- habitatbegrænsede
- bundlevende
- philopatriske
- territoriale
- obligatoriske revfiskearter.

Forekomst af revaffiniteten kan på den ene side meget let dokumenteres, men selvom der er fremsat mange hypoteser til økologisk begrundelse fænomenet kan det på den anden side strengt taget ikke siges at være bevist at være en adaptiv mekanisme, men har karakteres som teleologisk⁶.

Andre forklaringer på revaffinitet:

Forøger overlevelse og vækst af larver og juvenile ved at tilbyde substrat, skjul og yderligere føderessourcer. (Cripps, 1996)

skaber nye food-webs ved at tilføre rum, habitat og kolonisationsmønstre. (Cripps, 1996)

beskytter havbunden og opvækstområder. (Cripps, 1996)

recycler energi ved at skabe lokale økosystemer. (Cripps, 1996)

(N.B. bl.a. baseret på hypoteser, fremsat af Bohnsack (1991) og Bohnsack & Sutherland, (1985).

1.3.1 Aldersbetinget/ størrelsesbetinget affinitet.

En undersøgelse af det Californiske Pendleton rev (Anderson et al. 1989) af forskellige arters samt aldersstadiers præferens for habitat indenfor selve revområdet.

Blandt de undersøgte arter var Blacksmith, *Chromis punctipinnis*, og barred sand bass, *Paralabrax nebulifer*, var de 2 på individantal og biomasser langt mest dominerende.

Læbefiskene rock wrasse (*Halichoeres semicinctus*) og California sheephead

Semicossyphus pulcher også kvantitativt vigtige. 5 andre arter blev også monitoreret.

Det blev konkluderet at små fisk samt mindre aldersstadiegrupper generelt har større habitatkrav (krav til skjul) end større fisk.

1.3.2 Transitorisk affinitet

Primært transitorisk affinitet over for forholdsvis nyudlagt rev (kubiske betonblokke med kaviteter) blev observeret (Zahary and Hartman, 1985). (Definition: fisk, der når dykkeren nærmer sig ikke søger ly i substrat har en transitorisk affinitet / ingen affinitet til substratet, (Molle, 1976. In: Zahary and Hartman, 1985).

⁶ Begrebet teleologisk karakteriserer et forsøg på at finde en sandsynligt nytteformål til forklaring af et konstateret fænomen.

- årsager hertil fødebetinget: zooplankton, der bevæger sig i fronter hen over revene, menes at kunne være en årsag til at bestemte aldersstadier aggregeres på rev. Kelp bass, *Paralabrax clathratus* ' affinitet til revtoppe (ex. Quast, 68b, in: Anderson et al., 1989#23) , kan tænkes forårsaget af store forekomster byttedyr som juvenile *Chromis punctipinnis* , der som vist af Anderson et al. (1989), har affinitet til revtoppe, men f.eks. også af benthiske invertebrater, der forekommer i forbindelse med alger på revtoppene. I dette tilfælde formentligt specielt i forbindelse med *Macrocystis pyrifera*, (Larsson og de Martini, 1984, In : Anderson et al., 1989)

På sandbund ved foden af rev: barred sandbass, *Paralabrax nebulifer*, kan forekomster at invertebrater: krabber, pelycypoder og i mindre omfang, mysider, være direkte årsager til habitatsmæssig affinitet. (Pendleton reef, California. Anderson et al., 1989)

1.3.3 Fish attraction devices (FAD's)

Fish attraction devices (FADS) betegner normalt lette midlertidige konstruktioner, hvis funktion er at tiltrække og derved aggregere fisk for at øge fangsteffektiviteten. De kan være udført af plastfilm udspændt på stivere, eller som lette gitter- eller tovværkskonstruktioner.

Der skal ikke gås i detaljer med dokumentation af funktion af FAD's som fiskeredskab - men rent funktionelt må kunstige rev karakteriseres som en kombination af ren habitat og fiskeattraktion (se side 39). Forholdet mellem antallet af attraktionsdevices og revinstallationer benævnes direkte *aspekt ratio*. Som udtryk for en fangstfremmende procedure, der er mål for en vis kritik for i visse tilfælde at kunne øge sårbarheden af fiskebestande overfor overfiskning, bliver det i sammenhæng med kunstige rev relevant at et vis hensyn til FAD's spørgsmålet.

Attraktionseffekten er vigtig som et redskab til at sikre hurtigt kolonisering af revet, og der er flere eksempler på undersøgelser, hvor man har undersøgt betydningen af at tilføre de kunstige rev attraktionseffekt i varierende omfang.

En undersøgelse af størrelsesfordelingen i tun (både skipjack og yellowfin) taget ved linefiskeri på henholdsvis FAD's og i åbent vand ud for amerikansk Samoa (Buckely et al. 1989) viste, at størrelsesfordelingen i fangsterne på FAD's var forskudt til fordel for mindre individer. CPUE tal viste, at FAD's var overlegne i forhold til kystnære banker, men sammenlignelige med off-shore banker (afstand 30-60 km. fra havn.)

Et forsøg med placering af fiskeattraktions-installationer (small tautline moored midwater fish aggregation devices) på et eksisterende rev på Hawaii (Brock og Grace, 19879. (In: Brock and Kam, 1994) resulterede i disproportionalt stor tillokning af juvenile fisk fra vandfasen. Disse fisk's overlevelse var ringe, og det blev tilskrevet mangel på skjul.

Fiske attraktions devices i kombination med rev gav i eksperimentelt forsøg større resultat end elementerne alene (Beets, 1989) In: (Brock and Kam, 1994).

Der kunne også konstateres attraktion (meget fast) af arter, der levede af på de små juvenile revfisk, attraktorerne var rettet mod.

Det er således stadigvæk et spørgsmål, hvad den kvantitative effekt af fiskeattraktorerne er. (Brock and Kam, 1994).

Ud over at gøre opmærksom på, at størrelsesfordelingen skal tages med i betragtning ved vurdering af FAD's, ser forfatterne dette arbejde som indikation af, at et væsentligt argument for FAD's er flytning af fiskeresourcer, så der bliver lettere adgang til bankerne. Det kan bemærkes, at disse bemærkninger kan have relevans for diskussionen af, hvorvidt FAD's introducerer større risiko for overfiskeri (forskydning i størrelsesfordeling mod mindre størrelser kan være indikation af større præferens for habitatstruktur hos mindre individer end hos større).

Undersøgelse af effekten af FAD's på fhvs. isoleret deponerede betonelementer i Florida (2 grupper i cirkler à 12 elementer af størrelse 2 x 1 x 0.5 m.) FAD's var anbragt på elementerne i den ene gruppe, mens den anden tjente som reference. FAD's var 1 m. lange optrevlede 3 tråds 1.5 cm. polypropylenreb. (Gorham og Alevizion, 1989).

FAD's resulterede i Gorham og Alevizons undersøgelse i et større samlet antal arter på revet over 1 år (første år). Desuden var der et større samlet individantal (fisk) observeret på revet, måned for måned gennem året. Se Figur 10. Det skal bemærkes, at der er tale om forholdsvis små artsantal i denne undersøgelse.

Gorham og Alevizion formoder at FAD installationerne i sig selv også kan have øget fødeudbyttet det de ret hurtigt blev begroede og fisk hyppigt blev set fouragere på epifaunaen på disse strukturer. De antager at det højere individtal i hvert fald delvist beror på nedsat prædationsrisiko samt muligvis forøget fødeudbud.

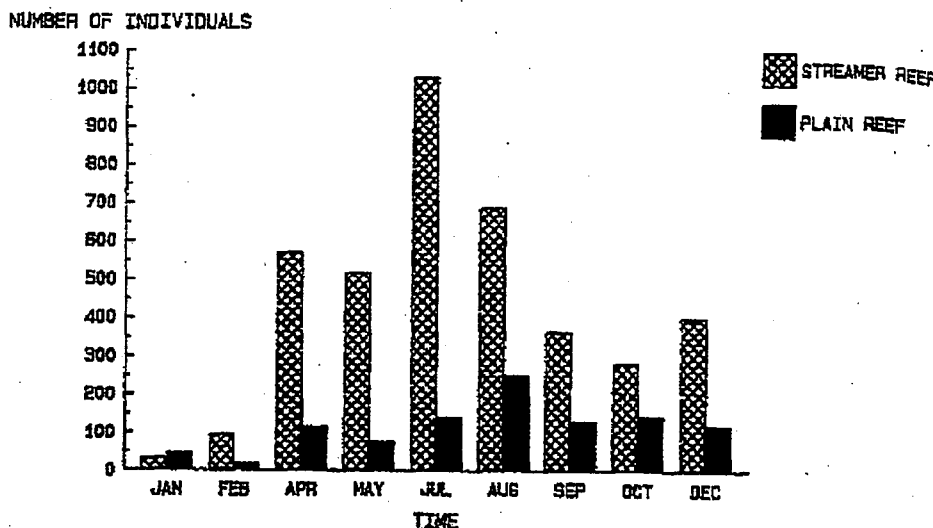


Figure 1. Juvenile fish abundance on plain and streamer reefs from January to December 1986.

Figur 10, Gorham og Alevizion. Rekruttering af arter til kunstige rev med og uden FAD's. På FAD-rev blev der i løbet af et år observeret i alt 17 arter; på non-FAD rev blev der observeret i alt 14 arter.

1.3.3.1 Mekanismer bag funktionen af FAD's

Undersøgelser af fiskeattraktion rummer dels rene adfærdsstudier, hvor der fokuseres på hvorledes fiskene reagerer og ikke hvad der måtte forekomme at være de økologiske

forklaringer på denne adfærd (se side 41), dels økologiske studier, hvor det er disse mere teleologiske spørgsmål, der er væsentlige.

En anden mulighed, der anføres, er den, at FAD's med større effektivitet kan have rekrutteret larver fra plankton eller postlarver fra tilstødende makrofytbevoksninger.

Beets, (1989) rapporterer til et rev + FAD studie udført på 26 m. vand på et meget ensformig (sandstens - grusbund) 2 km. syd for St. Thomas, USA. Nærmeste naturlige revhabitat var 500 m. fra de eksperimentelle rev.

Revene var bunker af hver 300 "queen conch" skaller (2 m. i diameter, 20-30 cm. højt), og FAD's var polyethylenmembraner, fixeret på 12 m. dybde af flydere og forankring. FAD's anbragt 5 stk. sammen i cirkel, omkring ART.

Der blev undersøgt 3 behandlinger: FAD, ART og FAD + ART. Konstruktionerne anbragt i duplikat på transsekt og der blev relateret til et non-treatment transect og udført visuelle sensus samt forsøgsfiskeri til CPUE angivelse, på transsecterne. Revene blev sensus undersøgt gennem 2 år.

Resultaterne, angivet (for hele observationsperioden) i Tabel 1, var at kombinationen af FAD og ART gav større antal observerede arter end elementerne alene, og at artsrigdom på ART's var næsten en størrelsesorden højere end FAD's (men både FAD's og ART's drog fordel af associationen med det andet redskab).

Også individtal, samt antallet af rekrutarter udviste dette mønster.

Parameter	FAD + ART	ART	FAD
Reef species	18.3	13.8	6.1
Reef individuals	<u>346.1</u>	<u>240.4</u>	65.9
Recruit species	6.4	4.8	1.2
Recruits	126.6	53.1	3.6

Parameter	FAD + ART	FAD	ART
FAD species	1.1	1.0	0
FAD individuals	<u>108.2</u>	<u>144.0</u>	0

Tabel 1 Beets, 1989. Fisk observeret på 3 typer eksperimentelle habitatsammensætninger: FAD + ART, ART og FAD, og inddelt efter karakteristisk adfærd (kriterier herfor fremgår ikke helt klart af reference).

1.3.4 Skellet mellem FAD's og ART's ?

Det er ikke muligt i de inddragne arbejder at finde belæg for eksistensen af et veldefineret funktionelt skel mellem FAD's og ART's, og under alle omstændigheder ikke ét, der synes at være udbredt konsensus om.

Hvis der på et rev forekommer usædvanligt store fangster i forhold til stående bestande, er det dokumentation for, at der er tale om attraktionsmekanismer. (Buckley og Hueckel, 1985. In: Bohnsack, 1989).

Forhold, der med høj sandsynligvis betinger et attraktionsrespons på revudlægning: (Bohnsack, 1989).

- Udbredt forekomst af naturlige rev
- Høje exploitationsrater
- Rekrutteringsbegrænsede fiskearter
- Pelagiske fiskearter
- Meget mobile fiskearter
- Delvis revaffinitet, opportunistiske arter.

Der synes på den anden side at være baggrund for den påstand, at de oprindelige intentioner bag anlæggelsen af kunstige rev primært drejede sig om at tilføre "ren" habitat: fysiske nicher, der kunne tjene som skjul for stedfast bestand revfisk, mens attraktionselementet af de kunstige rev er en senere erkendelse.

Det er det klart, at det i praksis er svært at skelne mellem habitat- og attraktionseffekt; og i debatten vedrørende den naturforvaltningsmæssige værdi af kunstige rev viser at begreberne i vidt omfang er overlappende.

Men på grundlag af de implicerede forfatteres behandling af stoffet foreslås det her at der defineres et habitatbegreb, der vil ligge tæt på det "egentlige kunstige rev begreb":

Definition: "habitat / egentligt kunstigt rev / ART's " implicerer:

- kompleks artificiel struktur med typiske kaviteter eller lignende, der med geometri og indbyrdes tæthed er målrettet mod bestemte kategorier af organismer og individstørrelser
- fiskeaggregater eller bestande af andre organismer, der har høj affinitet og fidelitet overfor habitatene.
- Høj grad af kompleksitet af inter - og intraspecifikke trofiske relationer mellem organismene i habitatene.

Box 3

1.4 Biologiske processer på rev - kolonisering.

Dette kapitel omhandler dynamikken af koloniseringsforløbet af kunstige rev. I praksis vil der hovedsageligt være tale om tidsstudier af artsrigdom og individforekomster af revorganismer på nyudlagte eller høstede kunstige rev. Enkelte elementer af relevant fiskeadfærdsforskning er medtaget.

Mens funktionen af FAD's udspilles på et meget kort tidshorisont (timer til få dage) og således udelukkende indebærer elementer af attraktion er koloniseringsmønstret et spørgsmål om initial attraktion, men i det efterfølgende tidsforløb, der strækker sig over måneder til år, trofiske og andre populationsdynamiske elementer.

Hovedpointerne i nærværende kapitel er følgende:

der kan identificeres et antal forskellige adfærdsmekanismer hos fisk, der betinger attraktion til naturlige og kunstige revstrukturer på havbunden. Disse omfatter visuelle pejlemærker, hydrauliske forhold, og en lang række økologiske årsager, der kan karakteriseres som teleologiske.

Fisk kan konstateres at opbygge langtidsstabile aggregater på naturlige eller kunstige rev, der opfylder "island in a desert" hypotesen om interspecifikke populationsdynamiske interaktioner.

1.4.1 Invertebrater.

Invertebrater i almindelighed og sessile epibentiske organismer er dækket i detaljer i et andet sektioner af rapporten, og skal her kun kort berøres i det omfang, de er af direkte betydning for andre af denne sektionens kapitler.

Biologi af hummer er dog medtaget her, og koralrev er kort berørt i det omfang, der er relevant i forbindelse på grund af den specielle interesse, de vurderes at have i forbindelse med naturgenopretningsaspekter.

1.4.1.1 Initiel kolonisering af epibentiske organismer.

Der er høj variabilitet i koloniseringsmønstret blandt fastsiddende organismer, og tidsforløbet,

hvorover et rev undersøges, er derfor meget afgørende. (Osborne, 1978. In: Palmer-Zwahlen og Aseltine, 1994.).

Riggio et al. (1986) finder over de første 2 år efter udlægning af ART en nær lineær stigning i artsrigdommen, når gennemsnitstal over et antal revelementer blev udregnet, eller i endnu højere grad en konsistent udvikling, når materialet blev grupperet efter ens eksponerede flader. Efter 24-36 måneder syntes artsrigdommen asymptotisk at nærme sig et fast niveau.

Den initiale kolonisering er meget variabel og influeres af et antal faktorer, herunder årstid, substratstabilitet (Sutherland, 1974 og Osman, 1977, In: Palmer-Zwahlen og Aseltine, 1994).

Imidlertid synes det at være den almindelige opfattelse, at nykoloniserede overflader på havbunden kan beskrives som pionerssamfund, der, givet tilstrækkeligt tid, konvergerer hen mod en given samfundstype. Osman, 1977. In: Palmer-Zwahlen og Aseltine, 1994).

Flere langtidsstudier har vist, at de tidligt koloniserende arter, opportunisterne, gradvist erstattes af mere langsomtgroende grupper. (Vance, 1988; Ardizzone et al., 1989; Wendt et al. 1989. In: Palmer-Zwahlen og Aseltine, 1994).

1.4.1.2 Tidlig kolonisering af kunstige koralrev.

Et antal eksempler på kunstige revstrukturer, der er udlagt til Genkolonisering med koraler konstateret på kubiske betonblokke, udlagt til miljøgenopretning på koralrev på Maldiverne. Andre kunstig rev-former (beton"tæpper", betontæpper med tranplanterede koraler, kæde-plade forankret koralsten) gav efter 10 måneder ingen vækst, (Edwards, 1992)

1.4.2 Fiskeaggregater på kunstige rev. Kårfaktorer.

Der er foretaget mange undersøgelser af dynamikken i koloniseringen af nyudlagte kunstige rev eller på defanererede, modne rev. Dynamikken er oftest kun dokumenteret ved udviklingsforløbet i artsrigdom.

Sale, (1980) kritiserer enkelte forfattere for på dette grundlag at fremsætte påstande om at have konstateret fuldstændig genetablering af fiskefaunaen på så kort tid som kun 3 uger efter at have defauneret koralrev med rotenon, og anfører, at en generalisering af resultaterne med rekolonisering af rev snarere synes at være, at de oprindelige sammensætninger af fiskeaggregaterne på revene sjældent eller aldrig genetableres.

Ud over de overraskende hurtige korttidseffekter i form af en næsten momentan kolonisering af udlagte rev, kan der i mange tilfælde konstateres stigende artsrigdom over en periode af op til flere år. I følge det populationsbiologiske "island in a desert" aksiom, vil økosystemet under udvikling øge sin artsrigdom asymptotisk mod en steady-state værdi, hvor antallet af nyetablerede arter modsvarer af antallet af udmanøvrerede arter. Dette billede viser sig lidt overraskende også på flere selv forholdsvis små kunstige rev, der således kan siges at udgøre et egentligt isoleret økosystem med egne interspecifikke arts-reguleringsmekanismer.

Sale, (1980) nævner, at der i mange studier er konstateret en tilsyneladende konstans i antallet af fiskearter på rev, og at der er en tendens til, at rekrutteringen til "tomme" fysiske nicher er hurtigere end til andre områder. Dette er en indikation af, at udbuddet af fysiske nicher kan være begrænsende for mængden af fisk i et område.

Luckhurst og Luckhurst (1978), samt Risk, 1972. In: Sale, 1980) har demonstreret statistisk sammenhæng mellem topografisk kompleksitet og både artstal og individtæthed på rev.

Stimer af fisk kan iagttages på et rev umiddelbart (ganske få timer) efter dets udlægning.

(Grove og Yuge, 1983; Stephan og Lindquist, 1989; Bohnsack og Sutherland, 1985. In: Bohnsack 1989).

Fisk indfinder sig inden for få dage efter konstruktionerne af et rev er færdig.

(Stone, 1978). Ambrose og Swarbrick (1989) citerer 9 undersøgelser, hvori det blev konstateret, at kunstige rev blev koloniseret umiddelbart efter at de var blevet udlagt.

Der er indikation af, at den høje immigrationsrate involverer betydelige antal rev-relaterede fisk, der bevæger sig gennem (fouragerer) ikke-rev regioner, på jagt efter en lokalitet at settle. Buckley, (1986.)

Hyppigheden af drastiske begivenheder, der påfører fiskeaggregaterne høj mortalitet vil give sig udslag i store forekomster af arter, der er gode til at kolonisere habitatet (Sale, 1980).

På et tropisk koralrevsområde, nær intakt rev, hvor kunstigt rev var blevet udlagt som kompensation for koralrev, nedbrudt til brug til byggematerialer, skete der på udlagte betonmodulrev i løbet af 10 måneder en fuldstændig restitution af fiskebiomasse og fiskediversitet, sammenlignet med nærliggende intakte rev. (Edwards, 1992). Det kunne konkluderes, at der var tale om habitat effekt, idet et forsøgsområde, hvor der var foretaget forankring af koralblokke, men ikke udlagt materialer, der var egnede til fiskeskjul, ikke genvandt sin fauna.

På 2 små bildæksrev ud for Jamaicas sydlige kyst, blev der i et hårbundsområde (sandstens-klippebund med spredt forekomst af makrofytter og fint sand) et par år efter udlægning konstateret i alt 44 arter mod 9 arter før revet. På det ene af revene, der blev monitoreret regelmæssigt, steg artstallet lineært med 25 på knap 1 år. (Haughton og Aiken, 1989).

Eksperimenter viser, at habitat enhancement strukturer, anbragt i åbne, lavprofil områder, har meget stærk umiddelbart aggregerende effekt på flere vigtige revfisk, primært Scorpaenidae og Embiotocidae, Buckley, (1986.), og med tætheder, der overstiger naturlige rev's.

Økologiske faktorer, der betragtes som vigtige for succes af kunstigt rev er iflg. Gregg (1991), Lin et al. 1994), Walton, (1982), Bohnsack, (1989)

- Habitat kompleksitet.
- En undersøgelse i Puget Sound, Washington viste, at selv fladfisk, der er blødbundsfisk og formodes at være forholdsvis indifferent overfor større geometriske komplekse installationer, blev fremmet betydeligt i forekomst af udlægning af bildækrev, placeret i tilstødende "gårde" på sandbund. Observationerne i det kunstige rev er fra dobbelt så høje som referencen til 4-5 gange så høje. Der blev observeret med samme metode på samme sted gennem et år før revet blev konstrueret. Dannelsen af "tomme rum", (vacated space) hævdes at være en mekanisme til opnåelse af øget produktivitet som følge af konstruktionen af kunstige rev. Bohnsack, (1989) anfører, at denne mekanisme er mest sandsynlig for habitatbegrænsede, ikke-udnyttede bestande, som har en størrelse nær habitatens bæreevne. Modsætningen er rekrutteringsbegrænsede, kraftigt befiskede bestande, der vil være udsat for nedsat konkurrence og derfor sandsynligvis ikke er habitatbegrænsede
- Rev højde
- Horisontal versus vertikal udstrækning
- Revets geografiske placering
- Hydrauliske effekter: En undersøgelse af et mindre beton "fiskehus" rev ud for Taiwan dokumenterede store turbulenser i isotermer omkring rev, idet varmt overfladevand kunne blive transporteret ned på middeldybder (10 m.) eller koldt bundvand transporteret op. mens høj salint bundvand blev transporteret op fra bundlagen. Disse frontzoner blev antaget at være impliceret i de gode fiskeforhold omkring rev.
- Prædationsbeskyttelse. Mange undersøgelser har påvist forekomster af larver og juvenile af revfisk på kunstige rev. Dette er imidlertid ikke i sig selv dokumentation for noget betydende bidrag til revfiskebestandene. Der er god dokumentation for at skjul for prædatorer på kunstige rev medfører øget overlevelse, men ikke nogen dokumentation af, hvorledes dette afspejles i revfiskebestandene.
- Rekruttering af yngel, der ellers ville have været gået tabt for habitatens er en postuleret for kunstige rev. Bohnsack (1989) anfører, at Polovina og Sakai 's (1989) undersøgelse af bestanden af blæksprutter og fladfisk på et kunstige ud for Hokaido er eneste dokumentation for eksistensen af en sådan mekanisme. På Great Barrier

Reef er det konstateret, at 45-75 % af alle rekrutterede juvenile fisk går tabt i løbet af de første 5 dage efter settlement på revet, hvilket tyder på en høj prædationsrate (Sale et al, 1984 In: Brock and Kam, 1994)). Det må derfor kunne antages, at tilførsel af passende udformede skjul kan reducere juvenil-mortaliteten i de tilfælde, hvor nyligt rekrutterede fisk er afhængige af benthisk habitat for tilvejebringelse af skjul for prædation. (Brock and Kam, 1994). Der er eksperimentel evidens for, at rekruttering og initial overlevelse hos et antal koralrevsfisk var stærkt afhængig af antallet af skjul tilstede (Shulman, 1984. IN: (Brock and Kam, 1994).

1.4.2.1 Mekanismer - fiskeadfærd.

Et vigtig redskab til forståelse og beskrivelse af den initiale kolonisering af kunstige rev, er viden om adfærdsmekanismer bag attraktion. Attraktion er endvidere afgørende for den gentagne kolonisering af et befisket rev, f.eks. et vrage, og for den fortsatte tilgang af nye arter/individer til et rev med eksisterende fiskeaggregater.

I dette henseende er der formentlig tale om de samme mekanismer for både ART's og FAD's. En række mekanismer til beskrivelse af attraktionen af fisk til objekter på havbunden er blevet beskrevet.

Der findes referencer til elementer af fiskeadfærd, som kan siges umiddelbart at være konsistent med klassifikation som rev -fisk:

1. Simpel lys-mørke fordeling

2. Topografisk orientering

Visse fiskearter anvender strukturer i habitatet til at orientere sig i forhold til, uden at det direkte er relateret til fødesøgning eller skjul. (Bohnsack og Sutherland, 1985).

Helvey og Smith, (1985) anfører i et studie af revstrukturers betydning for tiltrækning af fisk ud for et kølevandsindtag til et kraftværk i Santa Monica bugten i Californien, at visuelle kendemærker og især overflader, der er dækket af algevækst synes at have afgørende betydning for tiltrækning af planktoniske revfisk.

Fisk stiller sig gerne i mørke, muligvis fordi de derved bedre bliver i stand til at registrere objekter i omkringliggende belyste områder. (Helfman, 1979, In: Bohnsack, 1989).

Vertikalt udbredt heterogenitet synes i den forbindelse at være vigtigere end overfladernes generelle ruhed (skala ?)

Fisk kan almindeligvis registrere genstande på store afstande, op til 1.5 km.; men meget tyder på at fisk er meget dårlige til at opfatte geometriske strukturer. Grænsen for perception af geometriske former er måske generelt så lav som 1-2 m.

Der er tvivlsomt videnskabeligt belæg for denne påstand, men den er i hvert fald interessant i forbindelse med vurderingen af betydningen af bestemte geometriske strukturer spiller meget ind i design af revelementer i Japan. (Grove og Yuge, 1983)

Et antal studier af fiskeadfærd på kunstige rev er udført i Japan, og det registreredes, at benthiske arter på højprofilrev opholdt sig (lavt) på soklen, under 3 m. fra bunden; selv fisk, som kategoriseres som "mid water" opholdt sig under 3.5 m. fra bunden; og at maksimal revprofil som følge heraf ikke behøver at overstige 5 m.

Der er dog senere udført betydelig højere revkonstruktioner, af hydrauliske hensyn.

Den maksimale afstand, aggregerende virkning af revet kunne konstateres i, var 200 m. For enkelte arter "flounder", "sole" og "dab" kunne aggregeringseffekter dog konstateres i en afstand af op til 600 m. Flounder er observeret at svømme målrettet mellem 2 revkonstruktioner der lå i en indbyrdes afstand af 900 m. (Grove et al. 1989)

Perception af geometriske strukturer.

I Japan antages det for sandsynligt, at fisk har en bedre perception af en struktur, der har en vertikal udbredning, snarere end en gitter struktur.

Et godt eksempel er rev af bilkarosserier, der er næsten uden gitterstrukturer. Disse rev er blandt de mest effektive revkonstruktioner.

Horisontalt udbredte gitterelementer (hævet over havbunden) samt diagonalt udbredte strukturer er mere effektfulde attraktorer end vertikalt udbredte gitterelementer. Disse er også mere effektive til at generere lys-skygge effekter. (Grove og Yuge, 1983)

En empirisk parameter vedrørende spatial heterogenitet, hvis betydning for sammensætning af fiskefaunaen har været undersøgt i forbindelse med mange kunstige rev, er profilhøjden af revet.

Der synes imidlertid ikke at kunne drages nogen entydig konklusion vedrørende betydningen af profilhøjden. Downing et al. (1985) anfører, at mens et højprofilrev bygget af bildæk ud for Kuwaits kyst tiltrak større biomasser af fisk hurtigere og end 2 nærliggende, tilsvarende lavprofilrev, var biomasserne af fisk pr. enhed ydre areal af revene identiske. Enkelte fisk, f.eks. grupper havde dog en betydelig større affinitet overfor høj profil revet.

Store arealer dækket af forholdsvis lav-profil rev (under 3 m) er den mest effektive måde til at øge forekomsten af fisk (Shulman, 1984; Grove & Sonu, 1985; Bohnsack, 1989; Bohnsack et al, 1991. In : Gregg, 1991). De fleste demersale fisk forbliver under en højde af 3 m. fra havbunden og meget høje rev er der for antageligvis ikke til megen nytte (Grove og Sonu, 1985; in: (Gregg, 1991)). Ambrose og Swarbrick, (1989) anfører, at årsagen til de meget små kunstige revs evne til at tiltrække og fastholde store koncentrationer af fisk kan være afledt af, at de ofte har en høj profil til areal forhold, samt at de ofte er placeret på ikke-kompleks bund i passende afstand til andre rev-habitater.

I studiet af fiskeagregaterne omkring kølevandsindtagene i Santa Monica bugten, hvor strukturerne bestod af højprofilstrukturer (ducter) og lavprofilstrukturer, blev fiskeagregaterne på disse strukturer sammenlignet med studier af fiskeagregaterne på nærliggende kunstige rev for at afgøre, om fiskeagregaterne på de mere komplekse støttestrukturer havde særlige karakteristika. Ingen sådanne blev imidlertid konstateret. (Helvey og Smith, 1985)

3. Skjul

Der er meget udbredt accept af, at habitatkompleksitet betyder større forekomst af skjul, og resulterer dermed i en nedsættelse af prædationstrykket. (Menge og Sutherland, 1976. In: . (Bohnsack og Sutherland, 1985)

Fisk er med anvendelse af stationære akustiske redskaber konstateret at aggregeres under karakteristisk stimedannelse omkring kunstige rev om dagen, men øjeblikkelig at spredes ved dagens slutning. Lys (60 w. lampe 0.5 m. over overfladen) kunne dog

reagere spredte individer om natten. Ved daggry konstateres aggregaterne øjeblikkeligt at gendannes. (Thorne et al. 1989).

4. Nysgerrighed

Regulær nysgerrighed er ligeledes foreslået som mekanisme, med eksempler fra andre dyrearter.

5. Exploratorisk adfærd

Aktivt habitatvalg er blevet påvist hos revfisk, der også er blevet påvist at ændre habitatpræferens med alderen. (for eksempel: Starck, 1970. In: Bohnsack 1989). Det er blevet foreslået at den underliggende mekanisme beror på en proces kaldet appetitiv exploring, hvorved fisk i suboptimale miljøer har højere grad af exploratorisk adfærd end fisk i optimale miljøer.

6. Fødeattraktion

Kunstige rev er også blevet påvist at tiltrække større prædatorer p.gr. af stor føderigelighed (Ranasinghe, 1981; Koch, 1982. In: Bohnsack 1989). Underliggende psyko-mekaniske processer bag et sådan adfærdsmæssigt respons er også blevet undersøgt og beskrevet, men i denne sammenhæng er det detaljeret nok at konstatere at større prædatorer er blevet påvist at tiltrækkes af kunstige rev af rene fødesøgningårsager. Prædatorer vil fordele sig på rev (givet sensoriske afstande muliggør det) i henhold til "relative fødeindtagsfordel, forbundet hermed" (Goding og Keenleyside, 1984. In: Bohnsack 1989).

7. Hydraulik:

Strømforskel kan influere tiltrækningen til revstrukturer. Iflg. Stone, (1978) er det ofte observeret, at fisk står inde i strukturerne når der er stærk strøm, men er spredt omkring de faste revstrukturer, når der samme sted er mindre strøm. Lindquist og Pietrafesa, (1989) undersøgte betydningen af strømforskel for dannelsen af fiskestimer omkring et skibsvrag på 18 m. vand. Selve skibsvraget havde en højde over sedimentet på 5 m. Det kunne konstateres at skibsvraget dannede elipsoidiske vortexstrømninger på siderne mens strømstille zoner forefandt for enderne (af en akse, skrå i forhold til skrogets længdeakse). Det konstateredes, at den semi-pelagiske round scad (*Decapterus punctatus*) havde præferens for strøm (orienterede sig mod strømmen), og aggregeredes i tætte stimer, mens visse benthiske revarter som *Haemulon aurolineatum* og *Diplodus holbrooki* ikke havde præferens for særlige strømforskel i dette studium. Forfatterne nævner, at skibsvraget på grund af sin placering i tidevandsstrømmen ikke var egnet til en detaljeret undersøgelse af selve strømningsmønstrets betydning for fiskenes placering. Selve invertebratkoloniseringen influeres imidlertid kraftigt af strømningsmønstret, idet kraftigste begroning konstateres på de kraftigst turbulens-exponerede flader. (Baynes og Szmant, 1989).

Hvorvidt den øgede forekomst af skjul (mekanisme 3) hos de pågældende byttefisk kan dokumenteres at fungere (og give resultat) samtidig med attraktion af prædatorer

står ikke helt klart. Det er muligt, at succesfulde kunstige (eller blot det teoretiske koncept om kunstige rev) rev bygger på tilvejebringelsen af habitat til stabilisering af trofisk kompleksitet på mange niveauer på revet, hvor bytte- og byttedyrsfremmende effekter er lige vigtige, og at revets relevans blandt andet består i, at det netop derigennem er øko"system" - dannende. (Sale).

1.4.2.2. Sensorisk range

Der kan identificeres artsspecifikke forskelle hos de revaffine fisk med hensyn til, hvilken afstand, de kan opfatte revet på.

Fisk	sensorisk afstand til rev	aggregater observeret
crimson seabream	20-40 m	
red seabream	30-40 m	
seabream spp	50-60 m	
leatherfish	70 m	
rockfish (demersale)	200 m	
sole, flounder (ant. Jap.)		100-600 m
rockfish, rabbitfish		for $I < 1870$ m.: flest < 370 m.
typical range of influence	"order of hundreds of meters."	

Tabel 2. Nakamura, 1979. In: (Grove og Yuge, (1983)

1.4.2.3 Koloniseringsstudier.

På SCE's rev i Californien blev der iagttaget kolonisering af:

Efter år	Fisk	Invertebrater	Alger
1	18	22	
2	30	64	16

På et transekt, bestående af 6 grupper af eksperimentelle revhabitater beliggende på 26 m. vand på en meget ensformig grusbund ca. 500 m. fra nærmest naturlige revhabitat, undersøgte Beets (1989) indflydelse på fiskekoloniseringen af behandlingen FAD, ART og ART + FAD. Forsøgsoplægget er beskrevet på side 38. På Figur 11 er kolonisationsmønstret for de 3 typer habitater anført, både for arter (A) og for individtal (B).

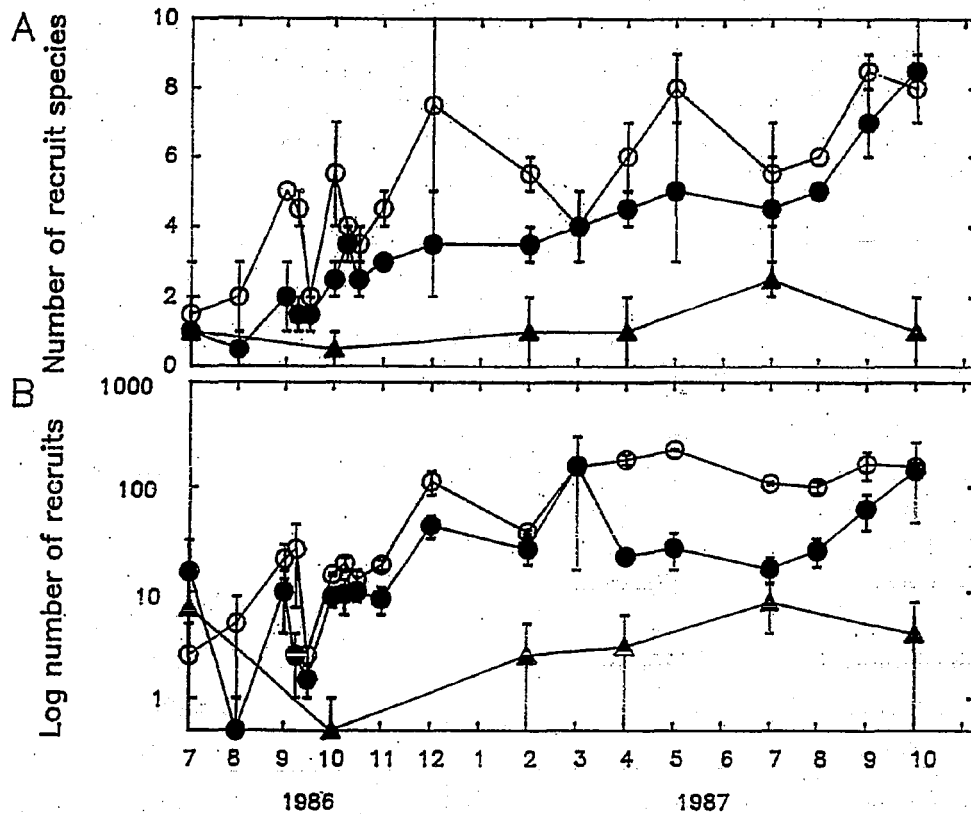
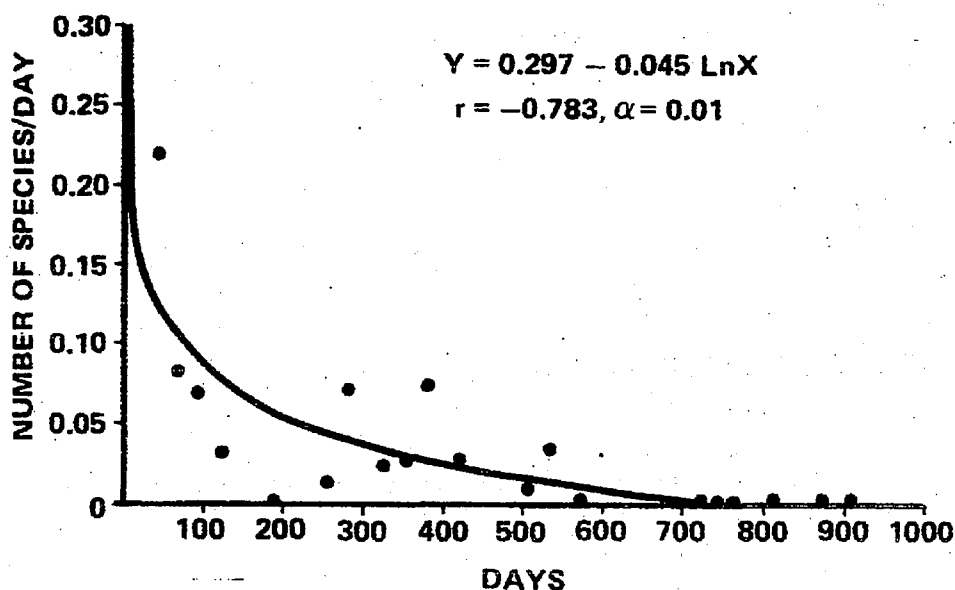


Figure 5. A. Mean number of recruit species observed for each treatment. B. Mean number of recruits observed for each treatment. Open circles—FAD+ART; closed circles—ART; closed triangles—FAD.

Figur 11. Beets, 1989. Rekruttering til 3 forskellige typer kunstige habitater; A: artsrigdom, B: indvidtal.

Det er på Beets materiale ikke helt klart, om habitaterne i slutningen af observationsperioden har nået en steady-state, hvor fiskeagregaterne er konstante i artstal, men det er påfaldende, at ART og ART + FAD tallene både hvad individ og artstal angår, er identiske i slutningen af observationsperioden. Man hvis dette materiale indikerer generelle træk af rekrutteringsmønstret, kunne man tolke det derhen, at FAD's øger rekrutteringen til kunstige rev, men taber betydningen, når stabile aggregater har udviklet sig.

Lukens (1981) med reference til Smith, (1979) undersøger koloniseringsforløbet på et sænket Liberty skib (antal primære revfiskearter). Hvis de arter, der blev konstateret at kolonisere og immigrere gentagne gange, blev udelukket, kom der et tilnærmelsesvist signifikant eksponentielt billede ud af det.

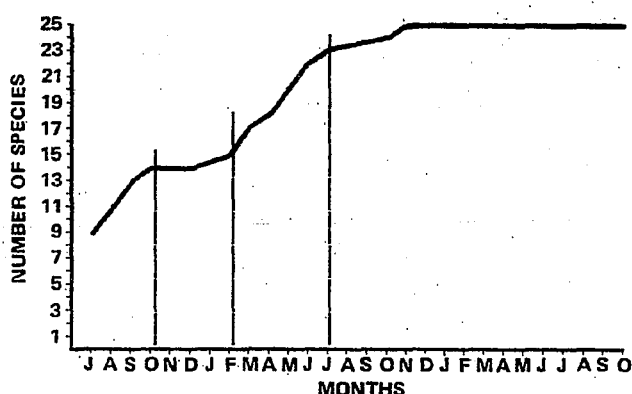


Figur 12. Lukens, 1981. Rekrutteringsraten på kunstigt rev (skibsvrag i Mississippi bugten). Antallet af nyttilkomne arter pr. dag mod tid efter udlægning.

I Figur 12, Lukens, (1981) ses den modificerede rekrutterings rate (d.v.s uden at inkludere gentagende optrædende arter) på et kunstigt rev (sænket Liberty skib) af Waterhouse Reef, Mississippi bugten. Resultatet indikerer en udvikling i artsrigdommen, der i løbet af 2 år nærmer sig asymptotisk til en steady state, hvor antallet af nyttilkomne arter modsvarer antallet af forsvundne arter, og er dermed i overensstemmelse med "island in desert" princippet.

Lukens (1981) angiver at vandtemperaturer som væsentlig omfang influerer rekrutteringshastigheden. Om vinteren var rekrutteringen enten stærkt nedsat eller fraværende, mens hastigheden steg markant, når vandtemperaturen kom over 20 grader.

Materialet er ikke omfattende, idet der kun er 2 sæsoners rekrutteringsforløb med, og revet når et tilsyneladende klimaks-artsrigdom umiddelbart efter 2. vinter. På Figur 13, der er en afbildning af udviklingen i artstal mod tid, ses fra oktober, det 1. år en ophold i tilgangen af nye arter. Dette varer indtil marts det første år et fald i tilgangen af nye arter, der udlægges som en sæsoneffekt.



Figur 13. Lukens, 1981. Artsrigdom på kunstigt rev (sænket Libertyskib) afbildet mod tid efter udlægning. De vertikale linjemarkeringer er påført af nhn.

Lukens konkluderer blandt med baggrund i den observation, at flere arter gentagende forsvandt og rekoloniserede revet, at miljøparametre spillede ind; med overvejende sandsynlighed var det temperaturen, der bestemte en arts succes på revet, og at arten kunne dukke op igen uden at andre arter med overlappende nichepræferencer tilsyneladende havde indtaget dens plads på revet.

På et skibsvrag ud for Haifa i Israel blev der udført et studium af rekoloniseringsforløbet efter at al den eksisterende fauna var blevet optaget efter rotenonfixering og registreret komplet (Diamant et al. 1986). Efter rekolonisering (fulgt med visuelle SCUBA - sensus) blev der foretaget endnu en defaunering og opgørelse af den nyetablerede fauna. Resultatet er vist i Figur 14, og logaritmisk fit til observationerne indikerer også i dette tilfælde forekomst af fiskeaggregater, der gradvist og over samme tidshorisont nærmer sig en konstant artsrigdom. Der var stor og statistisk signifikant artssimilaritet efter rekolonisering (fra 1975 til 1976) på det kunstige revn. Der var betydeligt flere individer (762 mod 547) men biomassen meget overensstemmende. Stående bestand svarer til 0.2 kg/m^2 , en tæthed, der på trods af de generelt meget lave bestandstætheder i det østlige Middelhav er på niveau med værdier rapporteret for kunstige rev fra mange andre geografiske lokaliteter (se side 53).

I Figur 15 ses endnu et eksempel på et koloniseringsforløb på et kunstigt rev, der udviser det samme tidsmæssige forløb af udviklingen i artsrigdom. Eksemplet er hentet fra Haughton og Aiken (1989), der fulgte koloniseringen på to mindre rev ud for Jamaica.

Resultatet var en betydelig stigning i artsrigdommen i forhold til situationen før revudlægningen. På 2 små indbyrdes nært beliggende rev sås således over et par år en stigning i artsrigdommen (fisk) fra 9 til 44 arter; og Figur 15 er resultatet en mere detaljeret opgørelse af det indledende kolonisationsforløb på det ene af revene.

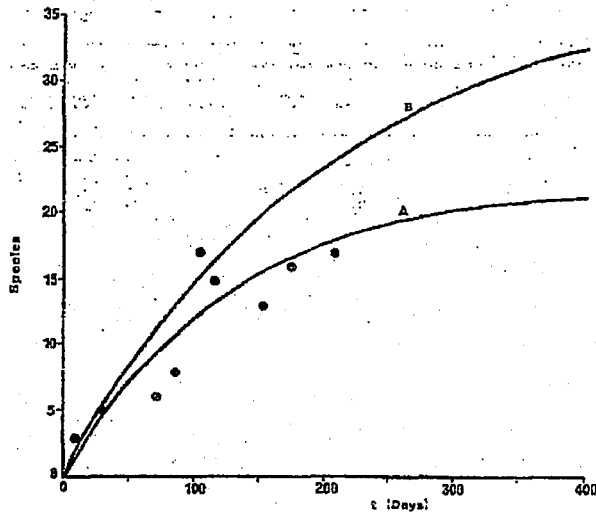
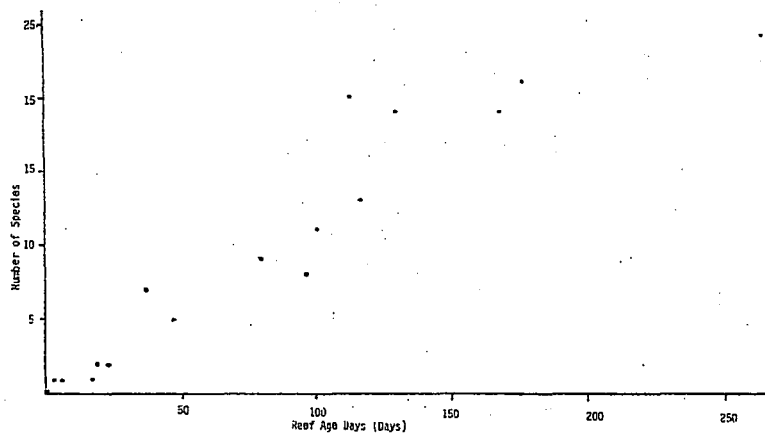


Fig. 3. Recolonization curves of the defaunated artificial reef: A, curve fitted to the visual census data (dots), $Y = 22 (1 - e^{-0.0023t})$, ($r = 0.91$), B, proposed curve of colonization, $Y = 37 (1 - e^{-0.0051t})$, based on rotenon collections of the assemblages.

Figur 14. Diamant et al. 1986. Rekolonisering af kunstigt rev (skibsvrag). Artsrigdom afbildet mod tid fra defaunering af rev. Kurve A er baseret på visuelle sensus data, mens kurve B er fittet til rotenon-op samlede prøver.



Figur 15. Houghton og Aiken, 1989. Kolonisering af et mindre bildæksrev (3000 dæk) ud for Jamaica. Antallet af arter på revet ses at stige lineært over en periode på knap et år.

Konklusion:

Ved kolonisation af kunstige rev er der tale om 2 forskellige processer:

- dels en korttidsproces, der beror på fiskenes tendens til at samle sig omkring strukturelle elementer på havbunden, og hvortil fænomener som FAD's, vragfiskeri og andre fiske-aggregationsmekanismer er relateret. Tidsperspektivet er timer til få dage. Denne mekanisme er ikke egentlig dokumenteret, men autoritative henvisninger hertil i litteraturen er talrige.
- dels en langtidsproces, der er i overensstemmelse med konceptet om forekomst trofiske og andre interspecifikke relationer på revene. Tidsperspektivet er på grundlag af de nævnte eksempler op til 3 år. Langtidsmekanismen er gentagende dokumenteret, men det er ikke afklaret, hvorvidt forklaringen på den tilsyneladende klimaksartsrigdom er en egentlig dynamisk steady state, eller der kan være andre forklaringer herpå.

Box 4

1.4.2.4 Stående bestande på kunstige rev.

De fleste kunstige rev er oprindeligt blevet udlagt af amatørfiskerforbund, der sjældent har haft interesser eller de rette forudsætninger for at dokumentere revenes effekter på fiskebestandene.

Efter at fiskeribiologer er begyndt at interessere sig for dokumentation af revenes effekter er der dels blevet indledt studier af effekterne på bestande og CPUE; men samtidig også gjort opmærksom på, at disse informationer ikke er indikative for egentlig produktion på revene. Bohnsack (1989) konkluderer på grundlag af omfattende litteraturstudier, at kunstige rev sandsynligvis påvirker de fleste implicerede fiskearter på en måde, der kan beskrives som en dualitet af ekstreme attraktion - produktionsfremme. Han argumenterer for at der bag attraktionsmekanismen må ligge specifikke konkurrencefordele, så som øget vækst, øget overlevelse og reproduktion.

Stærkt medvirkende til at sætte udlægningen af kunstige rev i gang i USA var således observationer, foretaget på nyudlagt rev af Hawaiian Department of Land and Natural Resources (div. of Fish and Game), der i 1957 undersøgte stående bestande på menneskeskabte revstrukturer. 16 ganges forøgelse af stående bestande fik Hawaiianske marinibiologier til at gå i gang med at udlægge beskadigede betonrør og bilkarosserier. (Kanayama og Onizuka, 1973. In: Stone, 1978.)

Randall byggede i 1963 betonrevs-struktur ud for St. John, og 28 måneder senere var der sket en 11 ganges forøgelse af de stående bestande. (Stone, 1978). Kunstige rev er indledningsvis blevet etableret af private organisationer - og har i mange tilfælde har været en succes alene ud fra nytteformål, de pågældende institutioner måtte have haft med revene.

Dette kapitel citerer et antal angivelser af tætheder af fisk på kunstige rev, for at give et indtryk af hvilke fisketætheder, udtalelserne om revenes evne til at tiltrække / bære store fiskebestande, er baseret på.

Der er tradition for at referere bestande på kunstige rev til både antal m^3 rev og til den nominelle overflade af revet (det areal, revet optager; eventuelt det areal, revet samlet omspænder, hvis revet består af flere tætliggende grupper. At referere til volumen er umiddelbart indlysende, når det drejer sig om udlægning af ensartede revelementer med defineret volumen, f.eks. de japanske rør eller kubelementer, hvor revudlægningen også måles i kubikmeter.

Derimod mens det giver mindre mening at anføre volumen af f.eks. et naturstensrev, hvor det samlede omspændte volumen ikke står i noget defineret forhold til det samlede fysiske nichevolumen. Ikke desto mindre er bestands- og biomassetætheder angivet pr. kubikmeter rev for f.eks. de californiske naturstens rev Torrey Pines og Pendleton i tabel Tabel 3.

Også når det drejer sig om helt åbne konstruktioner, f.eks. sænkede off-shore installationer, er det svært at opgive sammenlignelige mål for bestands- eller biomassetætheder.

Cripps (1996) anfører bestandstætheder omkring rigge i Nordsøen på 0.055-0.62 kg/m³. Disse fiskemængder er naturligvis ubetydelige i forhold til samlede bestande i Nordsøen; f.eks. ca. 1 ton standing - stock pr. 3000 m² "jacket"- installationer. (Cripps, 1996) ICIT, (1991) In: Cripps, (1996) nævner tilsvarende biomassetætheder på omkring 0.3 kg. /m³. Denne opgørelse var baseret på en bestand, der omfattede 70 000 pelagiske og 9000 demersale fisk. Ambrose og Swarbrick, (1989): fisketætheder omkring kunstige rev (10 stk) ud for Californien; gennemsnitligt 0.425 fisk /m³ på kunstige rev, mod i gennemsnit 0.185 /m³ på naturlige rev.

	Benthic, kg /1000 m ³	Benthic no / 1000m ³	Water column, kg / 1000m ³	Water column no /1000m ³
Artificial reefs				
Torrey Pines AR	44.35	732.6 (138.1)	0	0
Pendleton AR	23.92	940.0 (256.9)	0.01	0.66
Newport Beach AR	52.16	501.6 (96.6)	0	0
L.A. Harbor Breakwater—outside	31.82	235.0 (34.9)	3.49	296.22
L.A. Harbor Breakwater—inside	28.14	319.7 (62.8)	6.40	581.68
King Harbor Breakwater	16.25	562.7 (90.5)	0.26	184.10
Hermosa Beach AR	16.82	260.2 (91.2)	0	0
Marina del Rey AR	32.07	269.8 (46.0)	0	0
Pitas Point AR	41.33	208.3 (57.2)	0.63	156.86
Rincon Oil Island	14.71	222.7 (54.3)	6.51	399.48
Mean (SE)	30.16 (4.041)	425.3 (79.66)	1.73 (0.857)	162.1 (65.23)
Natural reefs				
Marine Street Reef	9.04	51.2 (11.3)	1.12	362.57
La Jolla Cove Reef	18.47	191.7 (42.5)	0.79	75.0
Del Mar Reef	11.57	87.5 (23.7)	0.08	116.92
Barn Kelp	10.92	198.6 (79.2)	0	0.02
Las Pulgas Reef	10.29	124.8 (44.3)	0	0
Box Canyon	8.64	86.1 (44.5)	0	0
San Onofre Kelp—Main	12.74	316.4 (99.6)	12.58	109.13
San Onofre Kelp—North	26.93	94.7 (35.9)	0.93	27.28
San Mateo Kelp	24.24	176.2 (94.3)	5.85	100.16
Two Man Rock	52.83	303.5 (133.1)	0.46	4.16
Laguna Beach North	14.09	153.3 (39.3)	8.27	869.09
Pelican Point	26.64	165.0 (29.5)	2.04	189.58
Pomt Vicente	33.00	571.3 (158.7)	0	0.20
Don't Dive There	61.44	280.3 (17.7)	5.09	81.46
Flat Rock	5.76	68.8 (15.2)	0.23	25.04
Rincon Kelp	21.80	87.5 (22.7)	0.19	2.28
Mean (SE)	21.78	184.9 (33.12)	2.35 (0.92)	172. (55.20)

Tabel 3. Ambrose og Swarbrick, 1989. Karakteristika af fiskeagregaterne på 10 kunstige og 14 naturlige rev, udfor Californien, fra San Diego til Ventura. Data for benthiske prøver er middelværdier med 1 SE angivet i parentes. Standard errors kunne ikke beregnes for vandsøjleprøverne.

I Malaysia fandt Wong (1988. In: Looi og Thomas, 1991), at biomassetæthederne på kunstige rev stabiliserede sig på 68 t / km².

Forekomsten af fisk i vandsøjlen var meget variabel: 25 % af de kunstige rev havde ingen fisk i vandsøjlen mod 13 % af de naturlige; og tæthederne kunne være meget høje, når der var fisk i vandsøjlen, ligesom enkelte fiskearter dominerede billedet i vandsøjlen (blacksmith). Et resume af forholdene på de californiske rev er givet i Tabel 3

Stone (1978) refererer tætheder på deciderede revarter på 1-3 fisk pr m² (tautog, *Tautoga onitis*, cunner, *Tautogolabrus adspersus* og black sea bass, *Centropristis striata*.), tætheden beroende på tidspunkt på dagen, fødetilgængelighed og andre faktorer.

Gennem 3 år blev stående bestand af revfisk på et Puget Sound-rev, (Gedney Island AR) fulgt. Det første år (1981; udlægning i 1980) var stående bestand 0.42 fisk /m²; 2. År sted gennemsnitlige tæthed til 3.42 fisk /m², 3. år til 4.36 fisk /m². Nøgletallene for dette rev er vist i tabel 1 fra Buckley (1986)

Reef Year	Dates	Average Density ^a	Standing Stock ^b	Reef year	average
				Density ^a	Standing Stock ^b
First	Apr-Jun 81	0.46	501	0.42	458
	Jul-Sep 81	0.37	403		
Second	Oct-Dec 81	11.61	12,654	3.46	3,771
	Jan-Mar 82	1.80	1,962		
	Apr-Jun 83	0.07	76		
	Jul-Sep 82	0.35	382		
Third	Oct-Dec 82	8.90	9,701	4.36	4,752
	Jan-Mar 83	6.10	6,649		
	Apr-Jun 83	1.49	1,624		
	Jul-Sep 83	0.94	1,025		
Fourth	Oct-Dec 83	13.62	14,846		

Tabel 4. Buckley, 1986. a: Fish/m². b: Numbers of Fish (i begge tilfælde > 20 cm. = min.længde).

Revet bæreevne, den ansatte værdi for fisketæthed, ved hvilken der blev åbnet for fiskeriet var 0.35 fisk/m². (Metode til ansættelse heraf er ikke præcist angivet i artikel)

Fiskeritrykket blev vurderet til at mellem 25 og 75 % af den stående bestand kunne opfiskes pr. dag. Tætheden af vigtigste fisk (Scopionider) vistes at kunne holde til fjernelse af 75 % af den stående bestand, hvilket er langt over de faktisk registrerede fiskeritryks-værdier.

Det fremgår ikke klart, om der blev gennemført reguleringer for at holde fiskeritrykket indenfor denne grænse.

Konklusioner:

På grundlag af informationerne i kapitel 1.4.2.4 forekommer en range af volumen biomassetætheden af fisk på 0.002 - 0.4 kg / m³ at være rimelig repræsentativ for de rapporterede kunstige rev - dette noteret uden at der er gjort nogen overvejelser vedrørende geografisk placering, type, etc

Box 5

1.4.2.5 Naturlige rev

Dette kapitel handler om indflydelse af forekomster af naturlige rev-habitater på kunstige rev.

Juvenile af arter med høj revaffinitet sandsynligvis vil have meget høj mortalitet i et område med lav forekomst af egnede habitater. (Munro og Williams, 1985. In: Bohnsack, (1989).

Derfor vil andelen af rev-affin yngel, der succesfuld koloniserer et nyt kunstigt rev stige, jo kortere afstanden til naturlige revforekomster er. Dette er delvist i modstrid med hypotesen om, at kunstige rev vil have størst effekt, hvor afstanden til naturlige rev er stor. Også vil rev-affine arter med præferens for fødesøgning væk fra revet, have stor sandsynlighed for at indgå i rekrutteringsgrundlaget.

I forbindelse med spørgsmålet om rekruttering til kunstige rev findes der en vis dokumentation for, at nyudlagte kunstige rev koloniseres meget hurtigt, når afstanden til eksisterende naturlige rev er lille (Alevizon et al. 1985; Matthews, 1985; Sononsky, 1985. In: (Bohnsack, 1989).

Det anføres ofte, at det er muligt at konstruere kunstige rev, således at der opnås større attraktion end naturlige rev. En iagttagelse, der taler til fordel for denne påstand, er en sammenligning af naturlige rev med kunstige rev ved hjælp af mærkning fisk, der kunne konstateres at migrere fra naturlig rev til kunstig rev, men ikke den anden vej. (Fast og Pagan, 1974, In: Bohnsack 1989).

Tilsvarende er rapporteret fra Californien (Matthews, 1985; Sononsky 1985. In: Bohnsack 1989). Samtidig fremmes immigrationen af egnede arter til et nyudlagt kunstigt rev sandsynligvis af tilstedeværelsen af nærliggende, allerede etablerede revhabitater.

I Puget Sound tiltrak 11 kunstige rev i høj grad økonomisk vigtige arter af fisk i det enhancement navnlig skete af de arter, der var karakteristiske for naturlige klipperev for omegnen. (Overensstemmelse med artsbilledet for naturlige stenrev på et site steg efter udlægning af kunstige rev. Fladfisk blev ikke fremmet af revbyggeriet. (Hueckel og Buckley, 1986)

En sandbundshabitat med sporadiske naturlige revforekomster og skibsvrag ud for Haifa, Israel, blev "defauneret" med rotenon og rekoloniseringen på kunstigt rev (skibsvrag) og naturlige rev (spredte sandstensformationer, naturlige snegleskals-rev) fulgt ved SCUBA overvågning over flere år og sammenlignet.

Det kunne ved rotenon-defaunering og rekoloniserings-studier, at det naturlige sandstensrev og det kunstige rev de første år havde meget ens sammensatte fiskeaggregater (Spearman rank koefficient = .25, $P < 0.001$); tilsvarende gjaldt for tidsserier på det kunstige rev fra år til år. (Spearman: 0.58, $P < 0.05$) I øvrigt moderat grad af similaritet (Jaccard community similarity, %-similarity index). Diversitet syntes heller ikke fundamentalt forskellige på kunstige rev og naturlige rev.

Biomasser derimod betydeligt større på ART end på NR.: 3 gange værdien på sandstensrev, og 5 gange værdien på snegleskals-revet. (Se Tabel 5)

- Site -	Census					
	date	H'	J	S	N	W (g)
Artificial reef	1975	2.7283	0.7556	37	547	10424.3
Artificial reef	1976	2.2816	0.6644	31	762	10213.7
Natural reef	1975	2.8581	0.8772	26	172	3372.0
Platform walls	1975	2.7885	0.8559	26	165	1397.5
Platform walls	1983	1.6386	0.5091	25	432	2021.1
Platform walls	1983'	2.7485	0.7485	24	175	1126.3

Tabel 5, Diamant et al. 1986. Species diversity indices and biomass data of the various rotenone-collected fish assemblages at Habonim. H': Shanon-Weaver diversity index; J, equitability; S, species richness; N, number of individuals, W: total weight.

*: Excluding *Pempheris vanicolensis*: (der i 1983 brat invaderede habitaten.)

Diamant anfører som forklaring på de øgede biomasser og artsrigdom, at det totale overfladeareal på grund af den større strukturelle kompleksitet og indeholdte volumen medfører flere microhabitater, og at det er i overensstemmelse med talrige observationer fra andre egne i verden, at sådanne revkonstruktioner rummer større fiskebiomasse end naturlige rev.

Immigration til kunstige rev fra omkringliggende naturlige rev forudsætter tilstedeværelsen af mekanismer, der bringer immigranterne ind i området. Vandstrømme er en sådan mulighed.

I Poole Bay (UK) tiltrækkes store mængder 0-gruppe "pouting" (*Trisopterus luscus*) til et hummer rev, idet populationerne bringes i forbindelse med revet gennem vandringer med tidevandsstrømmen. (Jensen et al., 1994).

Hvis der ved planlægningen af kunstige rev sigtes mod en produktion af bestemte arter, er det væsentligt at sikring af forsat rekruttering til revene har været overvejet. I dansk sammenhæng kan det anføres, der for de "kommercielt store" arter som sild, torsk, rødspætter ikke er behov for at sikre gydeområder til disse. (Cripps, 1996).

I Pool Bay (hummer - rev) er der en stor mængde rum mellem PFA-blokke, der fungerer som "nesting sites" for "male corkwing wrasse", og derved danner gydehabitat. (Jensen et al., 1994)

1.4.3 Produktivitet af kunstige rev - indledning.

Bag de fleste oprindelige revdeponeringsprojekter stod begrundede formodninger om at revene kunne resultere i en egentlig produktion af fisk, en fiskeproduktivitet, som ikke havde eksisteret før. Kun i ganske få projekter er der imidlertid blevet sat ressourcer ind på at verificere, at en sådan produktion har fundet sted. Bohnsack (1989) nævner, at han på daværende tidspunkt kun kunne identificere et enkelt studie, der sikkert havde dokumenteret produktion af fisk som direkte resultat af udlægningen af kunstigt rev - dette eksempel var et 50,000 m³ stort betonelement-rev for fladfisk og blæksprutter, beliggende vest for Hokaido. (Polovina og Sakai 1989). Her kunne det konstateres, at der for blæksprutter var tale om en forøgelse af den samlede bestand, mens der for fladfisk var tale om en attraktion af fladfisk til revet. Eksemplet gennemgås nærmere i kapitel 1.4.3.2 og kapitel 1.7.2, (side 111). Den formentlig mest solide dokumentation af produktivitet på kunstige rev er formentligt tilvejebragt af Johnson et al. kap. 1.4.3.3, side 61, der bygger på en opgørelse af produktiviteten af en meget stor del af fiskebestanden på et kunstigt rev, viser at produktiviteten er betydelig og næsten 10 gange så høj som i et nærliggende blødbunds reference område og sandsynliggør at langt den overvejende del af den inddragede fiskebestand lever af føde, afledt direkte fra revet.

Der er blevet dokumenteret egentlig produktivitet af fisk på kunstige rev i hvert fald 4-5 tilfælde. Disse er at betragte som individuelle og tilfælde uden generelle implikationer for afgørelsen af spørgsmålet om i hvilke sammenhænge, kunstige rev afstedkommer egentlig produktion af fisk. De beskedne antal positive indikationer er på den anden side heller ikke konsistent med at produktivitet kan afvises som generelt resultat af kunstige rev; spørgsmålet må i stedet karakteriseres som ufuldstændigt belyst, og principielt kan der på baggrund af isolerede case-studies ikke drages konklusioner med rækkevidde ud over det enkelte tilfælde. Det er således ikke muligt at stille en generel afgørelse af produktivitets-spørgsmålet i udsigt på baggrund heraf. Den type dokumentation, der er bedst egnet til at belyse spørgsmålet, er beskrivelse af generelle økologiske gradienter på rev; d.v.s. undersøgelser af det funktionelle forhold mellem på den ene side de fysiske og biologiske parametre, som samtidig er relevante designkriterier, og på den anden side, revenes afledte produktivitet. Denne type undersøgelser er beskrevet i kap. 1.4.4.

Der er som angivet i kapitel 1.4.2.3 dokumentation for, at kunstige rev lokalt på kan medføre øgede bestandstætheder og fangstudbytter. Kriteriet for at sådanne iagttagelser kan kvalificere til produktivitetsangivelser er som minimum, at eksport- og mortalitetsangivelser for de implicerede organismegrupper er beskrevet. Hvis disse forhold er beskrevet for den overvejende del af organismegrupperne på revet, er det

muligt at opstille fuldstændigt og afstemt budget over rev-økosystemet - f.eks. ved hjælp af massebalancemodellen ECOPATH.

ECOPATH er en statisk model til opgørelse af trofisk budget i et økosystem, baseret på massebalancer og samling af organismer i trofiske grupper.

Det er i dag en udbredt opfattelse, at en indikation af, hvorvidt udlægning af kunstige rev teoretisk vil resultere i egentlig produktion af fisk, beror på, om fiskebestandene er habitat- eller exploitationsbegrænsede. Eks. Bohnsack, (1989), Polovina, 1997).

Der er i nærværende litteraturstudium kun observeret rent teoretiske referencer til disse begreber, og det har ikke været muligt i denne sammenhæng at få afklaret hvorvidt disse to populationsbegrænsningstermer er fundamentale og verificerbare størrelser, eller om de bygger på produktivitetmålinger i studier af effekter af variation af fiskeritryks- og habitatsparametrene, og argumentet dermed er en ringslutning. Der synes hverken at eksistere nogen diskussion eller konsensus om, hvorledes spørgsmålet om egentlig produktion skal spille ind overfor vurderingen af nytteværdien af kunstige rev.

Det forekommer ikke indlysende, at egentlig produktion af fiskebiomasse er noget fuldstændigt nytteværdi kriterium for kunstige rev - produktion af kommercielt vigtige arter kunne være et rimeligt kriterium, eventuelt kombineret med et bæredygtighedskriterium: at revet netto (under hensyntagen til import og eksport af biomasse) skal resultere i en øget nettoproduktion gennem modifikationer af trofiske relationer i forhold til den oprindelige habitat.

1.4.3.1 Angivelse af produktivitet

Når der diskuteres reel produktivitet som konsekvens af deponering af kunstige rev, refereres der til den totale produktion af en given fisk (art eller gruppe) indenfor et givet areal.

Der indgår i udtrykket for produktion indgår både eksport (ved immigration: er udtrykket negativt) fiskeri og naturlig mortalitet, herunder fødekædeeffekter.

Idet der anvendes samme symboler som i den efterfølgende gennemgang af ECOPATH modellen (se kapitel Ecopath., side 63), repræsenteres produktionen (biomasse) således:

$$P = M_2 + M_1 + EX$$

hvor M_2 = fiskerimortaliteten, M_1 = anden (naturlig) mortalitet: i ECOPATH = $P_i(1 - E_{e_i})$ og EX er eksporten af biomasse fra området.

På dette niveau er der ikke taget stilling til enheder - udtrykket for produktion kunne være anført i energienheder, men vil oftest være angivet i masse.

Der er ikke i litteraturen eksempler på gennemførelse af et "komplet økologisk regnskab" i forbindelse med udlægning af kunstigt rev, hvor alle de indtrufne ændringer af økosystemet er opgjort og deres fiskeriøkonomiske implikationer vurderet.

Et sådant regnskab er netop, hvad ECOPATH modellen er udviklet til, og kunne være relevant at gennemføre for en samlet revhabitat, før og efter udlægning af revinstallationerne, hvorfor modellen nedenfor er gennemgået forholdsvis detaljeret.

1.4.3.2 Produktivitet eller koncentration ?

I dette kapitel refereres der til et antal af de studier, hvori spørgsmålet om egentlig lokal produktivitet af fisk på rev kontra aggregationseffekter er behandlet.

Antallet af yngel, der vil overleve i de initiale høj-mortalitetsfaser sandsynligvis vil kunne øges gennem udlægning af kunstige revhabitater, og Cripps (1996) anfører, at forøget overlevelse af yngel vil være konsistent med at forvente en effekt på produktionen af fisk. Jvfr. kapitel 1.2.3.1.1 har yngel af revfisk en pelagisk fase, og har muligvis generelt stor antal yngel og høj yngelmortalitet.

Buckley (1986) anfører at det er indeholdt i "findings developed from research projects" at kunstige rev både bevirker fiske aggregation og produktivitetsforøgelse".

Stone (1978) nævner, at der er indikationer af, AR baseret på bildæk vil kunne blive et realistisk redskab til forøgelse af fiskeriudbyttet.

Som forslag til region nævnes New York bugten, der har et samlet areal på 1955 km², hvoraf kun 88 km² er decideret fast bund.

Stone (1978) nævner, at det amerikanske National Marine Fisheries Service 's på baggrund af undersøgelser af kunstige rev konkluderede, at kunstige habitater (i henhold til erfaringerne fra bildæk rev) kunne øge den samlede revbiomasse, og foreslår New York bugten, der ud af et samlet areal på 1955 km² kun omfatter 88 km² hård bund, som eksempel på et hensigtsmæssigt indsatsområde.

Ambrose og Swarbrick, (1989) anfører, at kunstige revs evne til at tiltrække fisk og dermed øge fiskeriudbyttet er veldokumenteret, men at det er uklart, hvorvidt der er tale om egentlig produktivitet.

Attraktionsmekanismen som arbejdshypotese til forklaring af øgede forekomster af fisk på nyopførte rev er umiddelbart nærliggende, og bør i konkrete tilfælde modargumenteres overbevisende før den forkastes til fordel for produktivitetshypotesen (Bohnsack, 1989).

Kunstige rev kan virke fremmede på produktion af en bestemt art fisk hvis den pågældende fiskeart's byttedyr tiltrækkes til revet, og føde er den pågældende arts vækstbegrænsning. (Jensen et al., 1994).

Munro og Williams, (1985. In: Bohnsack 1989) anfører, at der er meget få beviser på at kunstige rev har øget den samlede fiskeproduktion i et område på trods af, at talrige kunstige rev er blevet konstrueret mange steder i verden. Japanske rev er talrigest og retfærdiggøres som oftest af deres popularitet og økonomisk med værdien af de fangster, de giver ophav til, set i relation til deres byggeomkostninger. (Grove og Sonu, 1985; Mottet, 1985, Nakamura, 1985. In: Bohnsack 1989)

Der er også flere eksempler på kunstige rev, der kan vises ikke at have resulteret i nogen egentlig produktivitet; eks. Moffit et al. (1989).

Ved sammenligning af fangst og CPUE data for blæksprutter og fladfisk på 2 kunstige rev af forskellig størrelse vest for Hokkaido, Japan, (se side 111) hvor der ved modelopsætning statistisk kunne skelnes mellem attraktions- og produktionsenhancement på grund af de 2 områders indbyrdes kontakt og isolation udadtil, fandt man at en volumen(rev) specifik enhancement af produktionen af blæksprutter på det store rev *bedre* forklarede fangst- og CPUE-fremgangen end en aggregationsmodel (.d.v.s. hvor fremgangen på det store rev skete på bekostning af det lille rev. Der kunne udskilles en enhancement faktor: for octopus: 4 % catch fremgang per 1000 m³ (enclosed volume) revelementer udlagt. (Polovina et al., 1989)

Grove and Sonu (1985) konkluderede, at til trods for rapporter om dramatisk øgede fangster i visse tilfælde var sammenligningen af produktiviteten før og efter konstruktionen af kunstige rev ikke entydig. Mottet (1985) konkluderer, at materialet til vurdering af effekten af mange af de Japanske rev er temmelig mangelfuldt.

En japansk forfatter, Sakai, konkluderede i 1982, på grundlag af en sammenligning af data for fiskeri ud for Hokkaido i en 5 års periode før og en 10 års periode efter konstruktionen af kunstige rev, at der ikke var betydelige økonomiske gevinster af revbyggeriet.

Johnson et al. (1994) estimerer fiskeproduktionen på et lille (0.18 ha) stenrev ud for La Jolla, Californien til 649 kg /ha/ y, sammenlignet med 73 kg. /ha / y på tilstødende sandbund.

Samtidigt konstateredes det gennem maveundersøgelser, at de 6 target-arter, undersøgt på rev, havde hentet 70-75 % af deres føde på selve revet. (Johnson et al. 1994).

Der er konstateret langtids stigninger i Japanske fangster efter konstruktion af rev, og dette er blevet tillagt udlægningen af revene, men årsagen er ikke entydig. Der mangler dokumentation af fiskeriindsats og effektivitet samt betydning af sæsonmæssige variationer. Det er ikke udelukket, at stigningen i fangsterne er sket på bekostning af tilstødene regioner eller at stigningerne kunne være sket uden konstruktion af revene. (Bohnsack, 1989).

1.4.3.3 Eksempler på dokumenteret produktivitet på kunstige rev.

Ud for La Jolla, Californien, blev produktiviteten på et kunstigt rev af Johnson et al. (1994) opgjort for et antal target arter ved hjælp af mærkning-genfangst. Samlet produktivitet af 11 arter af revfisk således estimeret til 648.8 kg. /ha.

Det blev sammenlignet med produktivitetstal på sandbund udenfor revet, baseret på prøvfiskeri med trawl og brug af fangsteffektivitet. Produktiviteten af fisk på dette referenceområde var 73 kg/ha/år., og således en klar dokumentation af øgede fiskeproduktiviteter på kunstigt rev i forhold til den habitat, der eksisterede før revet.

Species	Somatic production (older fish + YOY) (kg)	Gonadal production (kg)	Total production (kg)	Production ha ⁻¹ reef habitat (kg)
Painled Greenling	3.1	—	3.1	18.7
Kelp Bass	16.3	12.6	29.0	159.8
Barred Sand Bass	3.1	16.3	19.5	107.3
Black Perch	3.6	—	3.6	19.8
Blacksnith	25.3	6.6	31.9	181.9
Garibaldi	5.0	5.4	10.4	57.3
Rock Wrasse	1.1	3.6	4.7	26.1
Senorita	3.4	—	3.4	19.4
Sheephead	7.4	2.1	9.5	52.5
Blackeye Goby	0.7	—	0.7	4.2
Bluebanded Goby	0.3	—	0.3	1.8
Total	69.7	46.4	116.5	648.8

Tabel 6 Johnson et al. (1994). Produktion på kunstigt rev af gruppe af target-fisk, opdelt på produktion af kropsvægt, produktion af kønsprødkter, total produktion, samt samlet arealproduktivitet af de forskellige target fisk.

I de fleste vurderinger af effekt af kunstige rev på fiskeproduktionen er der kun opgørelser af stående bestande af fisk på revet, og sådanne informationer siger meget lidt om hvorvidt revene bidrager med en produktion af fisk.

Navnlig i lyset af det faktum, at diverse kunstige objekter under vandet med stor effektivitet kan tiltrække fisk hurtigt og i høje koncentrationer, bliver kravet til dokumentation af at de øgede bestande ét sted (det kunstige rev) ikke er sket på bekostning af bestande i omgivende områder, accentueret.

I nærværende undersøgelse er fiskebestanden på det kunstige rev blevet opgjort ved mærknings-undersøgelse. Forfatterne tager selv et vist forbehold for resultatet, det det anføres, at en høj migration af de udsatte, mærkede fisk vil være med til at forskyde resultatet af bestandsopgørelsen i positiv retning. De mærkede arter udgjorde en meget stor andel af den samlede bestand af revfisk på revet.

De mærkede arter var forholdsvis territorielt bundne, og forfatterne mener ikke, risikoen for betydelige forskydninger er tilstede. Mellem 30 og 70 % af de mærkede fisk blev genfanget på revet og for de mærkede arter er materialet er endvidere underbygget med en føderessource-undersøgelse, der indikerer, at revfiskenes føde næsten fuldstændigt stammer fra selve revet.

Da der endvidere er tale om et meget gammelt rev (mere end 20 år) vil der være tale om en steady state situation og omtalte, potentielle forskydning af resultaterne bliver opvejet ved immigration (fødeundersøgelsen også taget i betragtning).

Konklusionen må derfor være, at der i dette arbejde er dokumenteret en betydelig stigning i produktiviteten af revfisk som direkte følge af udlægningen af det kunstige rev.

1.4.3.4 Ecopath.

ECOPATH foreligger nu i en brugervenlig Windows-version (benævnt version 3.0), og udgives og vedligeholdes af ICLARM. (Christensen og Pauly, 1996). Nye faciliteter bliver løbende tilføjet, blandt andet rutiner til tidsmæssig animering således at der kan foretages tidsmæssige simuleringer med modellen)

Modellen benævnes statisk, hvilket betyder, at modellen resulter i en øjebliks status over et økosystem, hvor de enkelte komponenter er organismer, samlet i funktionelle grupper (op til 50 forskellige). ECOPATH er en steady-state model, baseret på massebalancer og ikke tidsafhængige beregningsalgoritmer. Modellen kan bruges til at generere et "trofisk budget" over en øjeblikstilstand af et økosystem, men altså ikke til at forudsige økosystemets fremtidige tilstande. Modellen sættes op på basis af en blanding af systemspecifikke parametre og størrelser, der enten kan være afledt af specifik information om det aktuelle økosystem eller være generelt accepterede relationer, f.eks. fødekæde-effektivitet.

Den basale antagelse i ECOPATH er at nettoproduktiviteten er konstant i den periode, modellen refererer til. Produktiviteten deles i på 3 led:

- $M2_i$: en prædationskomponent;
 $P_i (1 - EE_i)$: en non-prædations mortalitet; idet $(P_i EE_i)$ svarer til de 2 bestemte led, $(M2_i + Ex_i)$.⁷ Hele leddet $P_i (1 - EE_i)$ udtrykker er dermed del af produktionen, der ikke er gjort rede for ved de 2 øvrige led.
 EX_i : en eksportkomponent.

$$\text{Bevarende ligning: } P_i - M2_i - P_i (1 - EE_i) - EX_i = 0$$

Ved indsætning af :

- B_i = (biomasse af i'te gruppe)
- PB_i = Produktion/biomasse forhold for i'te gruppe
- QB_i = Konsumtion/biomasse ration for i'te gruppe
- DC_{ji} = Fraktion af i'te gruppe i j'te gruppes diæt

kan der opsættes et matrix udtryk med n ligninger med n ubekente; baseret på følgende ligningssystem:

- $B_1 PB_1 EE_1 - B_1 QB_1 DC_{11} - B_2 QB_2 DC_{21} - \dots - B_n QB_n DC_{n1} - EX_1 = 0$
- $B_2 PB_2 EE_2 - B_1 QB_1 DC_{12} - B_2 QB_2 DC_{22} - \dots - B_n QB_n DC_{n2} - EX_2 = 0$
-
- $B_n PB_n EE_n - B_1 QB_1 DC_{1n} - B_2 QB_2 DC_{2n} - \dots - B_n QB_n DC_{nn} - EX_n = 0$

Ved almindelig invers matrix operation kan denne matrix ligning løses.

⁷ Det ville være naturligt at forvente, at koefficienten EE_i var den den fraktion af den i-te gruppes prædation på øvrige arter, der resulterede i production i det i'te led. Men her multipliceres koefficienten med P_i ??

I denne opsætning af matricen løses altså for EX. Ex_i udtrykker fiskerimortalitet (eksport). Det vil imidlertid netop ofte være en af de kendte variable, mens f.eks. konsumtallene almindeligvis ikke vil være umiddelbart tilgængelige. Matrix ligningen stilles oftest op, således at der løses for middel-biomasse for de n forskellige organisme-grupper.

Prædationsmortalitet: Data input kan ske på grundlag af følgende 2 typer data:

- maveanalyser af alle prædatorerne i systemet, og opdeling i fraktioner på de forskellige grupper af byttedyr i systemet. Dette udføres f.eks. på vægtgrundlag.
- Fødeindtag for de indgående prædatorer:

(Polovina, 1984)

Der er desuden indbygget rutiner til reduktion af resultatfejl foranlediget af usikkerheden på de indgående observationer.

De enkelte indgående parametre (biomasser, produktions- og konsumptionsrater, samt fødekæde-effektivitet) indføres ikke nødvendigvis som enkeltværdier, men som interval, med angivelse af forventet frekvensfordeling. Modellen kan så gennem en iterativ proces udarbejde den bedste tilpasning til de indgående sandsynligheds fordelinger af parametrene.

Validering af ECOPATH modellen er f.eks. foretaget gennem sammenligning af nettoprimærproduktionen på French Frigate Shoals; (Grigg et al. 1984). Der blev opnået temmelig stor overensstemmelse mellem ECOPATH beregnede (4.3×10^6 kg(vådvægt) $\text{km}^{-2} \text{year}^{-1}$) mod feltmåling på 6.1×10^6 kg(vådvægt) $\text{km}^{-2} \text{year}^{-1}$. Max. error 50 %. (20 % fra målinger, 20 % fra omregninger og 10 % fra ekstrapolation til hele atol.

Brug af Ecopath modellen gav $4.3 \text{ kg. m}^{-2} \text{ år}^{-1}$.

Der tages i artiklen forbehold for resultatet for atollen som helhed, fordi der forekommer et mistænkeligt højt P/R tal (1.1) for lagunen (der udgør en stor del af atollen. Er P/R forholdet mindre end 1.0, vil der være tale om netto-primærproduktionstal for atollen på < 50 % af det beregnede.

1.4.3.5 Betydning af primærproduktion.

I enkelte tilfælde kan man forestille sig, at primærproduktionen også kan være relevant at overveje, f.eks. hvis der er tale om lavvandede områder hvor en betydelig produktivitet af benthiske autotrofe organismer eventuelt kan introduceres gennem ændringer i bundtopografien. Ellers er det svært at forestille sig primærproduktion influeret af udlægning af kunstige rev.

I Tabel 7 er forskellige kilder til primærproduktionen anført.

planktonisk primærprod.	benthisk primærprod.
phytoplankton	havgræs
	ålegræs
	makrofytter ("tang")
	Benthiske mikroalger

Tabel 7

Bruttoprimærproduktion kan udregnes som summen af middeirespiration (gennemsnits-nattemål) og middelnettofotosyntesen om dagen, multipliceret med antallet af dagtimer.

(Atkinson og Grigg, 1984).

I forbindelse med revproduktivitet indgår phytoplankton i som sedimenteret materiale, og i mindre målestok som planktonisk primær og sekundær produktivitet; samlet udgør disse inputs (phytoplankton) mindre end 10 % af den benthiske produktivitet på revene. (Odum og Odum, 1955; Hirota et al. 1980. In Atkinson og Grigg, 1984).

Hvis en stor del af dagslyset trænger ned på bunden på revet, f.eks. på lavvandede områder eller ikke alt for eutrofierede områder, kan den potentielle benthiske primærproduktion være betydeligt større end den planktoniske; og det er derfor teoretisk ikke umuligt at effekten af etablering af kunstige rev i visse situationer også kan ligge på primærproduktionsniveau.

Et eksempel på, hvor stor indflydelse arten af habitat kan have på bruttoprimærproduktionen kan hentes fra det meget grundigt undersøgte naturlige koralrev, French Frigate Shoals nord for Hawaii, hvor produktiviteten på revstrukturer med stor vertikal kompleksitet er op til 20 gange højere end i sandbundslagunen. En amerikansk undersøgelse af den implicerede økologi på et kunstigt rev ud for Californien (Johnson et al., 1994) viste, at omkring 70 % af revfiskenes føde stammede fra selve revet (alger fra revet udgjorde en stor del af mange af revfiskenes føde); hvorfor der er belæg for, at produktivitet af på kunstige rev i visse situationer godt kan være afledt af ny primærproduktivitet.

Forskellige typer af naturlige rev-habitater er fundet at udvise hver deres karakteristiske produktivetsmønster (Kinsey, 1979. In:)

Tabel 8, hentet fra Atkinson og Grigg, (1984) er karakteristiske værdier for bruttoprimærproduktion på forskellige naturlige revhabitater, anført. Der ses at være en størrelsesorden forskel på primærproduktionen i de centrale laguner, og i de mere komplekse og eksponerede revflader og tuer.

Følgelig kan det heller ikke afvises, at tilsvarende, kunstigt indført struktur på havbunden i visse situationer kan medføre lignende forhold.

	bruttoprimærproduktion g Cm ⁻² dag ⁻¹	Produktion/respira- tions forhold
Revflader	5-10	> 1
Laguner, (backwaters)	1	≤ 1
rev"tuer" (knolls)	10-20	~1

Tabel 8 . Atkinson og Grigg, 1984.

Fotosyntetisk koefficient kan variere noget med årstiden. Værdier var på French Frigate Shoals (nord for Hawaii) 1.01 for alle sommerdata (for alle typer habitat), men 0.8 om vinteren. Vinterværdierne var dog stærkt influeret af de laveste målet værdier. Blev de elimineret fra billedet, var der ingen større forskel på vinter- og sommerværdier af PQ.

En række nøgletal for primærproduktionen på French Frigate Shoals fremgår af Tabel 9.

Mest interessant i relation til kunstige rev er de meget store forskelle på værdierne fra de forskellige revhabitater. Mens lagunerne både har relativt lav aktivitet, (lave bruttoprimærproduktionstal og respirationstal) er tuerne (knolls) generelt betydeligt mere aktive.

Reef habitat	Reef flats	Reef flats	Lagoons	Lagoons	Knolls	Knolls
Measure (units)	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter
Gross P (g C m ⁻² d ⁻¹)	8.53	4.27	2.64	2.39	14.44	5.41
Community R (g C m ⁻² d ⁻¹)	4.87	2.56	2.49	2.14	13.21	5.08
Net P (P-R)	3.66	1.71	0.15	0.25	1.22	0.33
P/R	1.75	1.66	1.06	1.12	1.09	1.06
Calcification (kg year ⁻¹)	10.20	2.80	Not measured	1.40	12.08	6.51

Tabel 9. Atkinson og Grigg, 1984.

For en række algemåtter er der i Tabel 10 angivet produktions: respirationsforhold (P/R). Dette forhold angiver, hvor meget fiskeriøkonomiske som helhed bidrager til produktionen på revet.

P/R	Algal turf or coralline algae	Reference
1.28	Algal turf, coralline	Vooren (1981)
2.6	Dense algal turf	Wanders (1976)
3.1	Sparse algal turf	Wanders (1976)
2.4	Algal communities	Conner and Adey (1977)
3.2	Algal turf	Rogers and Salesky (1981)
	Fleshy algae	Reference
11.0	<i>Dictyota dentata</i>	Wanders (1976)
6.2	<i>Sargassum platycarpum</i>	Wanders (1976)
4.2	<i>Dictropteris justii</i>	Wanders (1976)
8.1	Macroscopic algae	Rogers and Salesky (1981)

Tabel 10

Desuden er der til sammenligning anført værdier for en række makrofyter. Tallene viser, at algemåtterne kan have P/R forhold, der er tilnærmelsesvis sammenlignelige med makrofytvegetation, og givet deres potentielt meget høje bruttoprimærproduktivitet, kan de udgøre betydelige bidrag til produktionen på naturlige (og kunstige ?) rev.

1.4.3.6 Fødegrundlag på rev

Iflg. Sale (1980) er der meget få eksempler på, at føde er direkte begrænsende for antallet af fisk på rev. Mens mange herbivorer udviser specialiseringer i både morfologi og adfærd, rettet mod at forsvare føderessourcer, der dette ikke ensbetydende med, at føderigelighed begrænser antallet af fisk. Der er enkelte eksempler på, at f.eks. specielle zooplankton komponenter af diæten kan have begrænset revfisks ynglesucces (Ralston, 1976. In: Sale, 1980), og der er eksempler på herbivore koralrevsfisk, der i så store tal koloniserer habitater af så begrænset udstrækning at det resulterer i udbredt sultedød. (Tsuda og Bryan, 1973. In: Sale, 1980).

Bohnsack (1991. In: Palmer-Zwahlen og Aseltine, 1994) nævner, at algemåtter, (turfs) på grund af deres meget betydelige andel af primærproduktionen på et rev, formentlig er betydelige fødegrundlag for revets økosystemer. I tilfældet French Frigate Shoals blev ca. 85% af nettoprimærproduktionen anslået konsumeret i de benthiske fødekæder, mens de resterende 15 % konsumeres af mobile konsumenter, herunder revfiskene, samt ved detritus eller andet organisk materiale, eksporteret til havet omkring atollen.

Visse "fouling græssere", d.v.s. revfisk, der lever af algemåtter og anden bevoksning på overflader, kan få forøgede føderessourcer ud af et kunstigt rev, således i et studie i North Carolina varierede forekomsterne af Sheepshead (*Archosargus probatocephalus*) og porgies (*Calamus* sp.) med successionerne i periphyton (ikke kvantificeret, men arterne observeret græssende på fouling samfund ved revene. (Gregg, 1991).

Algemåtter, der koloniserer rev meget hurtigt, er i sig selv med til at forme habitatene i og med at de danner yderligere nichekompleksitet (Carter, 1985 a., In Palmer-Zwahlen og Aseltine, 1994), i tillæg til fødeudbudsforøgelse.

Epifytisk vækst er også med til at cementere revkomponenterne sammen, og gøre revet mere holdbart overfor fysiske kræfter, samt mere æstetisk.

Bohnsack anfører, at kunstige rev sandsynligvis kan øge fødegrundlaget, men at der hverken er dokumentation for at kunstige rev direkte har ført til øget fiskebiomasse eller har bidraget i betydeligt omfang til den stående fiskebestand. (Bohnsack, 1989)

Øget fødesøgningseffektivitet på kunstige rev vil resultere i øget vækst i forhold til væksten på den tidligere habitat. Dette er ikke bevist som en generel tendens, men bevist for enkelte fisk (Nelson, 1985. In: Bohnsack, 1989).

På et "modent" men defauneret kunstigt rev beliggende nær et naturligt rev i det østlige Middelhav (ud for Haifa i Israel) blev der konstateret ekstraordinært stor indvandring af *Pempheris vanicolensis*, der lever af dyreplankton (Diamant et al. 1986). En sandsynlig forklaring på dette kan være at der har været en "ledig" fødeniche på den østlige Middelhavskyst på det tidspunkt.

Maveundersøgelser viste et indhold af planktoniske krebsdyr, og kun én anden fiskeart havde maveindhold, der tydede på overlappende fødenicher. Der blev konstateret affinitet til hulrum og sprækker på de naturlige snegleskals-rev, men sammenhængen med revene desangående er dog ikke klar.

På et kraftigt muslingedomineret rev (biomasser op til 25 kg/m²) i Delaware Bay fandtes ved maveundersøgelser sessile organismer, stammende fra rev (*Mytilus edulis*) i "scup" (*Stenotomus chrysops*) og "black seabass" (*Centropristis striata*). (Foster et al. 1994).

Revet var et "Waffle crete" betonrev (ornamenterede betondæk i stabler), og understøttede på det gunstigste tidspunkt af koloniseringsforløbet 24.8 kg biomasse/m² revoerverflade (overvejende *Mytilus edulis*). Dette svarer til 895 x oprindelige in-fauna; på et senere tidspunkt (sammenbrud af Muslinge-samfundene) var 0.046 kg/ m² revoerverflade, svarende til 147 x tidligere infauna (Foster et al. 1994).

Taxonomic Group	Habitat		
	Reef	Ecotone	Open sand
Algae	2,213.0	0.0	6.5
Crustaceans	166.8	32.7	7.7
Echinodermns	19.8	7.5	0.8
Fish	94.4	9.9	18.2
Molluscs	175.0	18.4	6.9
Minor phyla	2,009.0	10.3	123.5
Polychaetes	42.6	21.2	18.5
Zooplankton	11.8	11.8	11.8
Total	4,732.9	111.8	193.9

Tabel 11. Johnson et al. 1994.

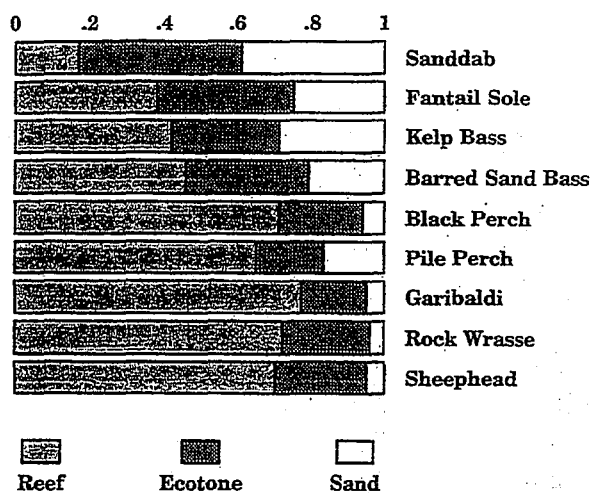
I en undersøgelse af produktiviteten af et kunstigt rev ud for la Jolla, Californien, undersøgte Johnson et al. (1994) sammensætningen af den potentielle føde på revet, ecotonen (foden af revet) og sandbunden udenfor. Tabel 11 stammer fra Johnson et al.

(1994) og dokumenterer meget store forskelle i potentiel føde for revfisk på de 3 habitater for de aktuelle revfisk. Oprindelsen af føderessourcerne er ansat på grundlag af en hyppighedssammenligning af fødeemner ved maveundersøgelser og habitat analyse.

De anførte størrelser er i biomasse i $g\ m^{-2}$ og refererer til den samlede potentielle fødebiomasse for 6 arter af revfisk under en kvadratmeter overflade, idet der taget hensyn til topografien for revet. Som det fremgår af tabellen, er der betydeligt flere føderessourcer for revfiskene på revet, generelt er forekomsten af potentielle føderessourcer mere end 2 størrelsesordner højere på revet end på sandområderne udenfor. Ressource udnyttelsen blandt revfiskene i undersøgelsen var særdeles artsspecifik og i flere tilfælde meget specialiseret. For 3 af arterne på revet udgjordes føden således af en enkelt af grupperne.

På grundlag af sammenligning af maveundersøgelser med potentielle føderessourcer på revet, kunne det konstateres, at mere end 70 % af de fleste revfisks føde efter al sandsynlighed stammede fra selve revet, og at visse arters diæt var mere end 80 % rev-associeret. Enkelte arter (primært de fiske-spisende) levede af føde, der var mindre end 70 % rev-deriveret.

For target-arterne på revet er oprindelsen af fødeemnerne angivet i Figur 16.



Figur 16. Johnson et al. 1994. Den sandsynlige oprindelse af føden fordelt på rev, ecoton og omkringliggende sandbund for et antal revfisk (target arter)

Det er klart, at dette må betegnes som et indirekte estimat af oprindelsen af føderessourcerne, men de meget store forskelle i forekomster af de flertallet af de potentielle fødeemner på rev og i omgivelser bestyrker estimatet.

1.4.3.7 Sekundære effekter af fiske-aggregation på kunstige rev

Eventuelle fangst- eller bestandsstørrelses resultater af udlægning af et kunstigt rev beror ikke nødvendigvis på en egentlig produktionsfremgang for de berørte arter, men kan være resultatet af en aggregation af fisk fra et større område. I en sådan situation er

det vanskeligt at afgøre, hvad der er revets økologiske effekt i den store geografiske sammenhæng: det kan ikke umiddelbart konkluderes, at revet ikke har haft nogen produktionseffekt: den fjernede biomasse *kan* have udløst produktionsstigning i omkringliggende områder - beroende på de populationsbegrænsende mekanismer og de trofiske relationer i de berørte områder. Dette kan formuleres således, at hvis konklusioner vedrørende produktion på et rev skal baseres på massebalanceudtryk for habitatet, er det vigtigt at kende både import og eksport til habitatet.

Alligevel kan det fiskeriøkonomisk være fordelagtigt, idet der er potentielle sekundære effekter af revene i form af lavere brændstofforbrug, større værdi af fangsten (kortere afstande, friskere fisk), samt sociologiske effekter i form af potentiel reallokering af ressource-udnyttelsen til andre bruger grupper. (d.v.s. kystnære fiskeri, små både.)

Mens aggregation i sig selv i et overordnet perspektiv forekommer at være forbundet med visse miljømæssige fordele, indebærer aggregation også risici for overfiskning (growth over exploitation.)

Aggregation eller forekomsten af større koncentrationer af fisk vil bevirke nedgang i catching effort i fiskeriet. (Cripps, 1996)

Resultatet er derfor, at revene kan blive "fiskernes management tool" snarere end fiskeriets management tool. (Cripps, 1996)

Betydningen af anvendelse af FAD's på Filippinerne for fiskeri af skipjack tun er blevet undersøgt af Aprieto, (1988) og Floyd og Pauly, (1984) In: Polovina (1991). Konklusionen var, at etableringen af FAD's havde bevirket en så stor størrelsesreduktion på tunen ved indgang i fiskeriet, at det var sandsynligt at et lavere fiskeritryk kunne give øgede landinger. Tunen lå efter indførelsen af FAD's på ca. 50 % af sin udvoksede størrelse, og ved anvendelse af yield funktion beskrevet i (Beverton og Holt, 1966: In: Polovina 1991). falder yield når fiskens størrelse ved indgang i fiskeriet bliver mindre end 50 % af den maksimale værdi. Dertil kom, at tunen ved FAD's ved maveundersøgelser kunne påvises at udvise øget kannibalisme; hvorved FAD's kunne tilskrives øget naturlig mortalitet.

Andre negative aspekter (Cripps, 1996)

- skader på trawl og andre net
- tab af fiskegrunde, med deraf følgende politiske problemer for fiskeriet.

Bohnsack, (1989) fremsætter den betænkelighed, at de umiddelbare effekter, revene har på de associerede fiskearter, ikke nødvendigvis vil vise sig at være adaptive fordele, men kan afstedkomme øget mortalitet fra prædatorer og fra fiskeri.

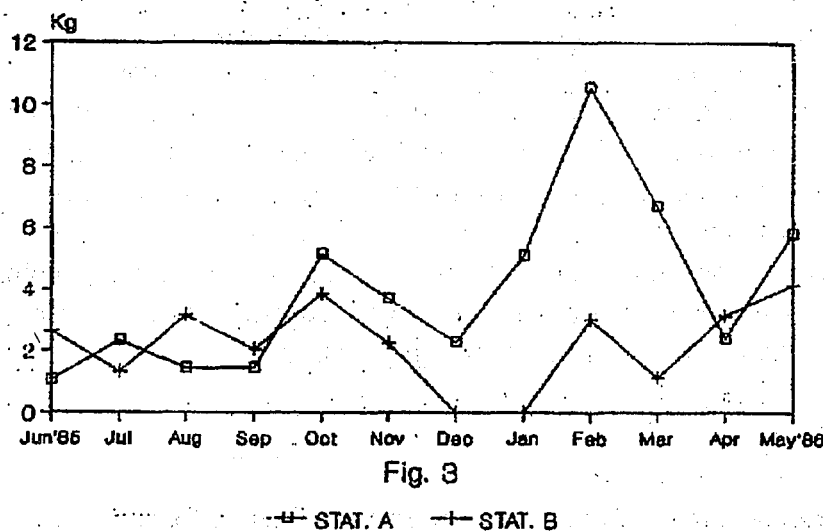
1.4.3.8 Bestande og CPUE

Fiskerieeffektiviteten, CPUE (Catch per unit effort) er en størrelse, der er specifik for en given bestand, lokalitet og fiskemetode, og lader sig umiddelbart omsætte til en lønsomhedsangivelse i forbindelse med vurdering af et konkret kunstigt rev-projekt.

Der findes i litteraturen mange eksempler på effekter i form af tilsyneladende forøgede stående bestande og værdier af CPUE som følge af udlægning af kunstige rev - men i mange af disse tilfælde er den statistiske bearbejdning af resultaterne mangelfuld. Arculeo et al., (1989) fulgte tendenserne i forsøgsfiskeri-udbytter omkring 3 rev udlagt i Castellamare golfen (NW Sicilien). I det område, revene var udlagt i var der endvidere bygget høfder. Formålene med revene var primært at hindre industri-trawlere i at ødelægge artisanalt fiskeri i kystnære, tidligere typiske havgræsområder (*Posidonia oceanica*) nu sporadiske epifyt-overgroede forekomster. Resultatet er vist i Figur 17 Arculeo et al. 1989. Effekt af udlægning af kunstigt rev (stat A) sammenholdt med referenceområde (stat B) på fangster i 800 x 1.5 m. garn med 40 mm. maskevidde. Fangsterne repræsenterer en ca. 12 timers periode. Station A angiver de kunstige rev, mens stat. B er et referenceområde udenfor revzonen.

Der blev fisket på et område A mellem revene, samt et område B, der lå uden for revområdet, men i (nogen grad) var beskyttet mod illegalt trawleri af høfder. Desværre anføres ikke, hvornår i forhold til forsøgsfiskeriprogrammet, revene er udlagt, men bemærkninger i artiklen antyder, at prøvefiskeriet fandt sted indenfor de første år efter udlægningen. Der blev foretaget omkring 20 prøvetræk hvert sted.

MEAN MONTHLY CATCHES



Resultatet var, at der konsekvent var højere artstal, og større fangster på stat. A end på B (se Figur 17); desuden var der kvalitativt (hvad angår fangstværdi) forskel på fangsterne de mellem A og B

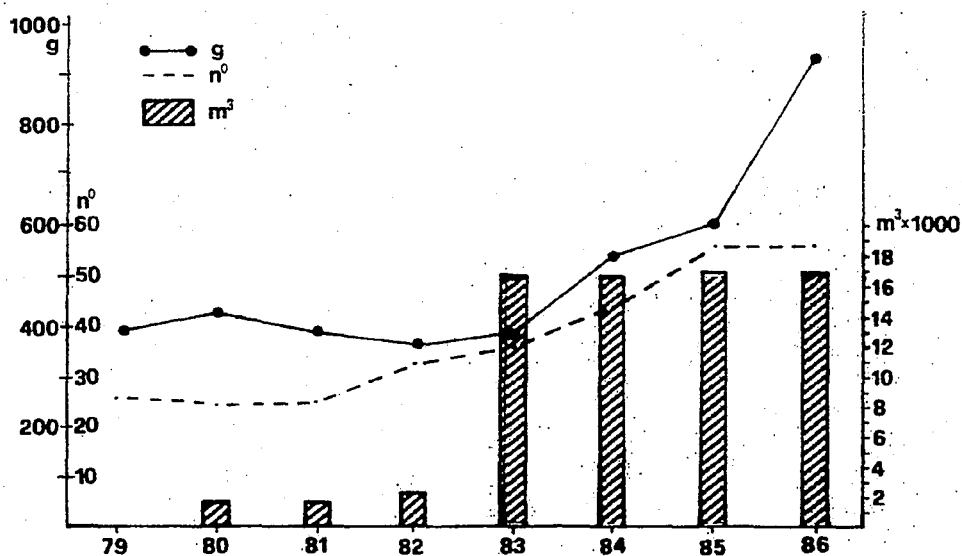
Figur 17 Arculeo et al. 1989. Effekt af udlægning af kunstigt rev (stat A) sammenholdt med referenceområde (stat B) på fangster i 800 x 1.5 m. garn med 40 mm. maskevidde. Fangsterne repræsenterer en ca. 12 timers periode. Station A angiver de kunstige rev, mens stat. B er et referenceområde udenfor revzonen. Der synes ved en umiddelbar betragtning af data at være tale om en vis parallelitet mellem data for de 2 sites som meget kan være generel årstidsvariation

Afstanden mellem sites (2 km) er formentlig stor nok til at de ikke øve nogen direkte

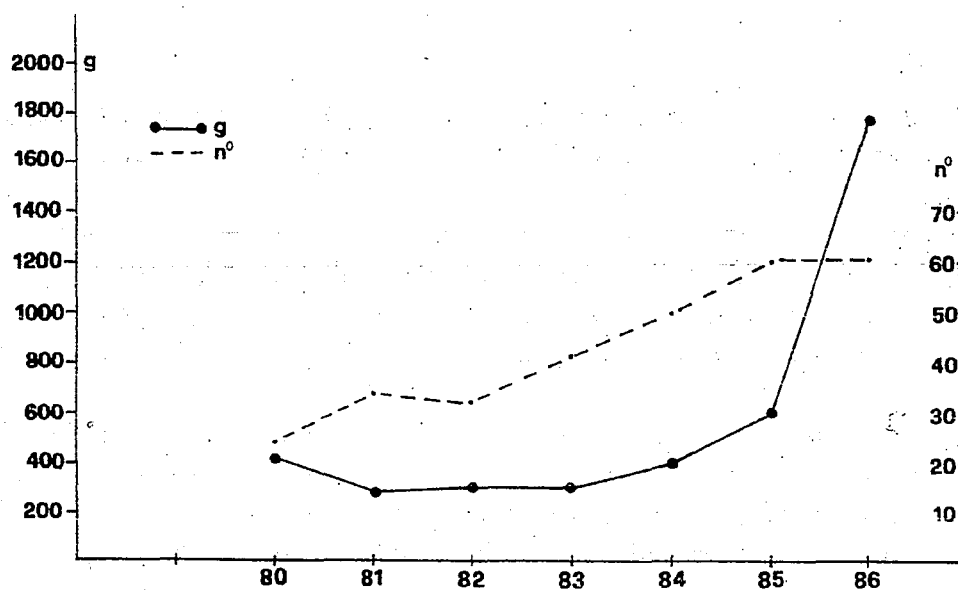
sensorisk attraktion af fisk, sites imellem. Afstanden er formentligt også stor nok til, at indbyrdes påvirkning mellem sites ikke vil give sig udslag i markante effekter på fiskeriudbyttet (om afstands-effekt på CPUE, se Lin et al. (1994) Figur 26).

Ovenstående eksempel hævdes af forfatterne at være dokumentation af øgede fiskeriudbytter som følge af revkonstruktionen. Der er imidlertid ikke statistisk dokumentation af at differensen mellem de 2 kurver er signifikant, ligesom det også må påpeges, at eventuelle statistisk signifikante forskelle ikke umiddelbart implicerer revkonstruktionen som faktor. Der er en påfaldende parallelitet mellem de 2 kurveforløb, hvilket indikerer, at fiskeriudbytterne på de 2 sites er indbyrdes påvirket af hinanden, eller er underkastet samme eksterne faktorer.

I Marconi golfen i det Liguriske hav (nord-vestlige Italien, grænsen mod franske Middelhavskyst) blev der i turistområder til fordel for lystfiskere i 1984 foretaget en betydelig udvidelse af et eksisterende (ca. 2-3000 m³) rev. Sedimentet var primært hård klippebund, ind til 15 m. dybe, og derefter blødbund med spredte klappeområder (Relini og Relini, 1989). Der var derefter udlagt i alt 16 185 m³ rev, fortrinsvis på blød bund fra 25-45 m. dybde. Resultaterne af udlægningen fremgår tydeligt af nedenstående Figur 18 og Figur 19, der er hentet fra fortegnelser fra to forskellige lystfiskerklubber, der opererer i området. Resultaterne viser meget samstemmende en betydelig fremgang i både aktiviteten (antallet af lystfiskere engageret i fiskekonkurrencer) samt resultatet (gennemsnitlig fangst pr. deltager, i gram), knyttet tidsmæssigt sammen med mængden af udlagt revvolumen.



Figur 18. Relini og Relini, 1989. Aktiviteter: n^o, antallet af deltagere i lystfisker-konkurrencer, resultat: g, gennemsnitlige fangst i gram pr. deltager og udlagte revvolumen (i m³). Materialet stammer fra lystfisker klubben "Circolo Pescatori Dilettanti".



Figur 19. Relini og Relini, 1989. Aktiviteter: n°, antallet af deltagere i lystfisker-konkurrencer, resultat: g, gennemsnitlige fangst i gram pr. Materialet stammer fra lystfisker klubben "Lega Navale Italiani".

Beets (1989) registrerede CPUE på et transect gennem 6 grupper af kunstige rev tæt på kysten udfor St. Thomas, USA, og sammenlignede værdierne med tilsvarende fangstdata for et referencetransect. De 6 grupper rev var FAD + AR, AR og FAD alene. (2 replikater).

Revet blev udlagt i juni 1986, så i 1987 kan revet betegnes som "modent".

Resultaterne er opstillet i Tabel 12.

	Fish caught	Number of strikes
<u>All months</u>		
Control transect	0.31	1.75
Treatment transect	1.50***	4.69***
<u>May - october, 1987</u>		
Control transect	0.50	2.75
Treatment transect	2.88**	7.38***

Tabel 12. Beets, 1989. Results of experimental trolling samples over treatment and control transects; Wilcoxon signed rank test. CPUE units = number per hour; N = 128 samples. ns = P > 0.05, * = P < 0.05, ** = p < 0,01, *** = P < 0.001

Resultaterne var, at fangstudbytte med linefiskeri var ca. 5-doblet (i enheden "individer") på det kunstige rev-transect, og at der tilsyneladende ikke er væsentlig ændringer i dette forhold mod slutningen af observationsperioden.

De Silva refererer størrelsen af stående bestande på et 6 bambus AR, eller bildæksrev i Filippinerne i Tabel 13 (Alcala, 1979. In: De Silva, 1989)

Table 3. Estimated standing stocks of harvestable fish in artificial reefs in the Central Visayas, Philippines. Preliminary data were gathered in 1979, 1985 and 1986.a

Locality (Province)	Standing stock (kg/1.3 m ³)	Reef volume (m ³)	Reef material
Bantayan, Dumaguete (Negros Oriental)	0.68	213	Tire
Bantayan, Dumaguete (Negros Oriental)	0.29	84	Bamboo tire
Sumaliring, Siaton (Negros Oriental)	1.07	125	Bamboo
Calag calag, Ayungon (Negros Oriental)	0.59	44	Bamboo
Bagakay, Talibon (Bohol)	1.36	29	Bamboo
Tolapos, E Villanueva (Siquipr)	2.79	107	Bamboo
Badian (Cebu)	0.92	89	Bamboo

Tabel 13 After Alcala (1979) and from unpublished data from Silliman University Marine Laboratory.

1.4.3.8.1 Kunstige rev og bæredygtig CPUE .

Grove et al. (1989) referer undersøgelser af CPUE effekter af Japanske kunstige rev, og anfører at der på fiskebanker, der er domineret af kunstige rev gennemsnitligt fiskes omkring 100 kg. /dag af et (stort) 10 ton skib; mens små både (3 ton) alm. fanger omkring 10 kg. pr. dag.

De to eksempler viser klart en betydelig CPUE effekt af udlægning af kunstige rev.

Det kan ikke antages for givet, at den øgede fangstudbytte, der ofte er dokumenteret som effekter af udlægning af kunstige rev, er resultatet af en øget *produktion* af fisk; der er intet, der udelukker, at fisken kan være *agregeret*. CPUE har i den første fase af de kunstige revs historie været betragtet som det eneste og egentlige mål for nytteværdien af revudlægningen.

Udbyttet ved af installation af kunstigt rev kan introduceres i fiskeriet på 2 forskellige måder:

- CPUE kan være steget
- Omkostningerne kan være sænket på grund af lavere brændstof- eller arbejdskraft-forbrug.

Ideelt vil man have høj catch per unit effort; (tons fisk pr. båd pr. dag)

Dette kunne være foranlediget af store stimer, der gendannes løbende i udkanten af revet.

Populationssammensætningen (størrelses-/arts - sammensætningen også af højeste kommercielle relevans. (Cripps, 1996).

På amerikansk Samoa havde kontrolområder en catch-per-unit-effort værdier fra 8.4 til 17.4, mens 40.4 til 49.8 på kunstigt rev af typen "agregating device"; 52.8 til 90.9 på en off-shore banke.

For at der skal være tale om en reel værdigevinst på lang sigt, må landingerne før og efter revudlægning være mindre end MSY (Maximum sustainable yield) og markedspriserne må være konstante. (Milon, 1989). Hvis der er kvoterestriktioner på den pågældende ressource, er det formodentligt relevant at omforme kriteriet til et krav om, at de øgede landinger ikke må udløse kvoterestriktioner.

Bæredygtigt CPUE udbytte ved udlægning af kunstigt rev:

- baserede på egentlige produktivitetsfremgang eller
- omlægning af lokal produktion fra lavværdi-arter til højværdi arter
- inkorporering af suboptimalt udnyttede ressourcer.

Box 6

1.4.3.9 Fritidsfiskeri kontra kommercielt fiskeri.

Huntsman (1981) In: Bohnsack, (1989) konkluderer, at kunstige rev kan give et bidrag til fritidsfiskeri, men at de ikke var relevante til at øge kommercielt fiskeri på baggrund af at adskillige års indsats med revbyggeri i South Carolina kun havde resulteret i et kunstigt revareal på i alt 4 acres, hvilket var ganske minimalt i forhold til eksisterende naturligt revareal.

Noget tilsvarende kunne konstateres for California i 1989. (Ambrose og Swarbrick, 1989, In: (Bohnsack, 1989).

1.4.3.10 Fiskepleje på kunstige rev

Et middel til at fremme produktiviteten af revet på økonomisk niveau kunne være fiskepleje i form af udsætning af værdifulde fiskearter på revet (Cripps, 1996).

1.4.4 Økologiske gradienter på rev

En økologisk gradient er en i princippet matematisk funktionel relation mellem en størrelse, der karakteriserer funktionen af det kunstige rev, f.eks. produktion, fangst, eller biomasse, og på den anden side en fri variabel, der typisk vil være et relevant design- eller management kriterier for revet, f.eks. revprofilhøjde, overfladeruhed, afstand til andre rev, fiskeritryk m.v.

Den resulterende funktionelle relation vil altid være af matematisk-statistisk karakter, og spørgsmålet om hvorvidt relationen kan accepteres som værende direkte kausal vil bero på anden dokumentation, f.eks. viden om fysiologiske og adfærdsmæssige responsmekanismer, direkte eksperimentelle stimulus-respons dokumentation etc.

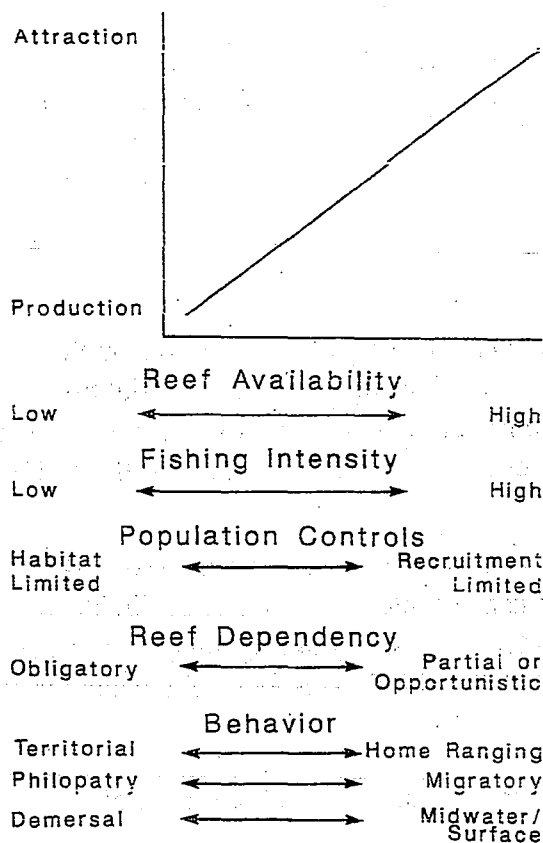
Vigtige økologiske gradienter, der begrænser populationer af revfisk er af Bohnsack (1989) foreslået til :

- Forekomster af naturligt rev. (Forøget produktion er mest sandsynligt på kunstige rev, placeret langt fra eksisterende rev).
- betydning af naturlige populationsbegrænsende mekanismer.
- exploitationstrykket
- revafhængighed
- adfærds karakteristika (artsspecifikke a.; aldersspecifikke a.).

De gradientmekanismer opstillet grafisk / skematisk af Bohnsack (se Figur 20) og antyder med linjen på grafen, at et kunstigt rev vil være karakteriserede af en attraktions- og en produktionsparameter, og der synes at være et direkte inverst forhold mellem disse karakteristika.

Hvorvidt denne funktionalitet vil kunne verificeres eksakt, er uvist (og fremstillingen skal naturligvis kun betragtes som et principforslag til en funktionalitet), men det forekommer ikke denne rapport's forfatter at være indlysende at attraktion og produktion skal være inverst relaterede størrelser.

Men under alle omstændigheder er denne oversigtsartikel særdeles hyppigt citeret, og kan siges at have haft skoledannende effekt .



Figur 20. Bohnsack, 1989. Teoretisk parameter-fremstilling af revets karakteristik som værende enten *produktions-karakteriseret* (lave "værdier" på ordinatakse) eller *attraktions-karakteriseret* (høje "værdier" på ordinatakse) og de fiskebiologiske gradienters (anført under akser) betydning for parameteren.

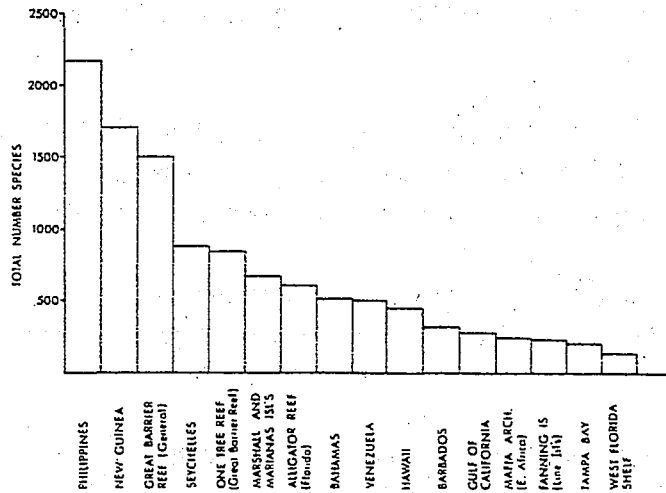
1.4.4.1 Artsrigdom - geografi

Der er store generelle geografiske forskelle på artsrigdom på rev.

Forskelle mellem resultater for forskellige egne vil iflg. Cripps, (1996) kunne bero på:

- vandtemperatur
- artsspecifikke forskelle
- fiskeritryk
- fiskeriorganisationer (politik.)
- rev konstruktion
- miljøfremmede stoffer.

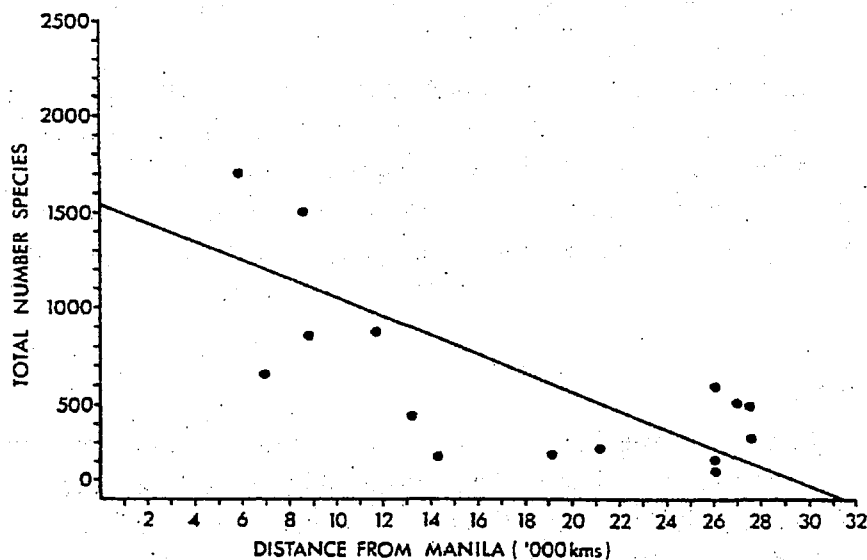
Den klart største generelle artsrigdom findes i det centrale Stillehavsområde (central Indo-West Pacific). Figur 21 viser en sammenligning af artsrigdommen på et antal rev af forskellig geografisk placeringer. De centrale Stillehavspaceringer er (Filippinerne, New Guinea, Great Barrier Reef) giver det højeste artsantal, mens artstallet falder, jo længere væk fra dette område, man bevæger sig. Sale anfører, at forholdene kan være historiske, men at der også kunne ligge habitatmæssige forskelle bag.



Figur 21. Sale, 1980. Artsantallet (fisk) på rev på 16 forskellige geografiske regioner.

I Figur 22 er artstallet på revene afbildet mod afstanden fra Manila, og en gradient synes at fremstå. Sammenhængen er signifikant på $P < 0.01$, og den lineære korrelationskoefficient (r) er -0.77 ; selvom der således ikke er nogen overbevisende lineær sammenhæng, der gradienten dog påfaldende.

Sale undersøger, om kausaliteten kan være et spørgsmål om breddegrad, men der er ingen trend i en fordeling efter breddegrad (absolut: nord eller syd for ækvator).



Figur 22. Sale, 1980. Artstallet (fisk) på rev fra 16 forskellige geografiske regioner, afbildet mod afstanden til Manila, (angivet i 1000 km.)

Der har været fremsat flere forskellige hypoteser til forklaring af dette forhold; interessant i denne sammenhæng er, om forskelle i spatial heterogenitet kan tænkes at spille ind. Connor og McCoy, (1979. In: Longhurst og Pauly, 1987) finder i en

sammenligning af den centrale stillehavsfauna med den atlantiske tropiske ingen forskelle i spatial heterogenitet.

Andre af hypoteserne til forklaring af forskelle i artsrigdom er omfatter radiationshypotesen: at det centrale stillehavsområde er fokus for adaptiv radiations i den marine fauna. Evolutionær aldersfordeling af koralarter er dog ikke i overensstemmelse hermed.

Andre hypoteser omhandler geografisk isolering som en faktor, men der er ikke en enkelt teori til forklaring af forskellene i artsrigdom, der har vundet generel tilslutning. (Longhurst og Pauly, 1989).

Sale (1980) undersøger, om de regionale artsrigdoms-forskelle i henholdsvis et atlantisk (Caribisk) og et Great Barrier Reef område kan forklares med s.k. alfa- eller beta diversitet alene. Den samlede diversitet (gamma- diversiteten) er opdelt på to faktorer, alfa- og beta diversitet. Alfa-diversitet er artsdiversitet indenfor den enkelte habitat, mens beta-diversitet udtrykker habitatsforskelle indenfor en region. Ud fra teoretiske overvejelser måles alfa diversitet på grundlag af en regression af artsrigdom kontra total størrelse af fiskeagregater på forskellige lokaliteter indenfor samme område. Hvis to områders alfa-diversitet er forskellige, vil dette afsløres i forskellige regressionskoefficienter for områderne. I tilfældet med det Atlantiske og Stillehavsområdet, var regressionskoefficient og dermed alfa-diversitet identisk, og endvidere syntes yderligere et antal sæt af artsrigdom kontra agregatstørrelses-data stammende fra andre at ligge meget tæt på de førstnævnte, hvilket er med til at bestyrke antagelsen af, at det ikke er alfa, men derfor beta-diversitet, der adskiller artsrige og mindre artsrige regioner.

Overensstemmende med hypotesen om beta-diversitet som væsentligste betingelse for høj artsrigdom, er også de mere kvalitative observationer af, at fiskefaunaen er meget varierende mellem forskellige habitater indenfor samme rev-område.

Sale (1980) afviser dog at drage generelle konklusioner vedrørende betydningen af henholdsvis alfa og beta-diversitet mellem de artsrige og de mindre artsrige områder.

1.4.4.2 Fiskeritryk.

Bestande, der befiskes nær deres MSY (svarende til en intensitet på omtrent halvdelen af den ubefiskede stående bestand pr. år) kan antages at have stærkt reduceret konkurrence- og ressource-begrænsning. Overfiskede bestande endda mindre ressourcebegrænsninger. Pr. definition medfører rekrutterings-overfiskning rekrutterings-begrænsning. Ved forekomst af overfiskning, vil bygning af kunstige rev sandsynligvis ikke føre til øget produktion. (Bohnsack, 1989)

Aggregering eller forekomsten af større koncentrationer af fisk vil kunne bevirke nedgang i catching effort i fiskeriet. (Cripps, 1996)

Resultatet er derfor, at revene kan blive "fiskernes management tool" snarere end fiskeriets management tool. (Cripps, 1996). Se endvidere side 114. En høj rekoloniseringsrate kan betyde, at revet kan befiskes oftere. Iflg. Cripps, er der et stort

behov for estimering og kvantificering af denne faktor, og tagging studier kunne afsløre attraktionseffekt overfor fisk, udvandring og tilvandring fra revet til omkringliggende regioner amt genbesætning efter fjernelse af bestand.

Hvis fiskeri er intensivt, kan kunstige rev bevirke øget fiskemortalitet, og positive effekter af revet elimineres. Udbyttet af et rev hænger direkte sammen med fiskeriintensiteten.

(Gregg, 1995).

1.4.4.3 Vertikal kontrol af produktivitet på rev.

På et rev (koralrev eller kunstigt rev) er det et spørgsmål, hvad der egentlig kontrollerer produktionen: er kontrollen generelt ovenfra og ned eller omvendt ?

Dette ville f.eks. i 1. konsumentled være synonymt med spørgsmålet: er det næringsstoffer og sollys, der begrænser primærproduktionen, eller er det græsningen af zooplankton ?

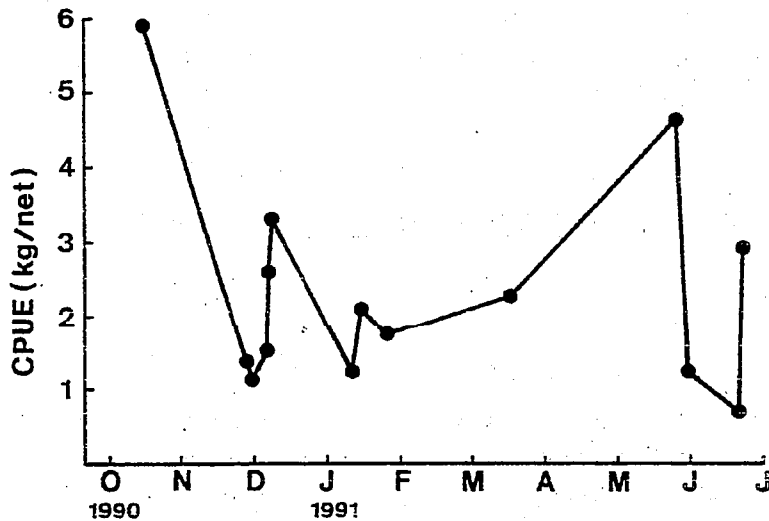
Koralrevet, French Frigate Shoals nævnes i Grigg et al. (1984) på grundlag af teoretiske overvejelser at være reguleret oppefra- ned.

Også Hixon og Beets (1989) finder i en undersøgelse af betydningen af fysisk nichestørrelse for reguleringen af bestande af små (bytte) og større (prædator) fisk på kunstige rev, at styringsmekanismen er prædation på revet, og at man med fordelingen af hulstørrelser i vid udstrækning kan styre størrelserne af grupperne små og store fisk.

1.4.4.4 Naturlig årsvariation.

Lin et al. (1994) fulgte variationen i CPUE over et år efter udlægning af et lille kunstigt rev (150 m³ omspændt volumen). Forfatterne hævder i dette tilfælde *ikke* at have dokumenteret en tendens i tidsforløb efter en revudlægning (der i dette tilfælde heller ikke udviser noget monotont forløb) men fangstdata tolkes i stedet som sæsonvariation af CPUE. Se Figur 23. Lin et al. 1994.

I Johnson et al. (1994) noterer store sæsonvariationer i forekomster af revfisk på "modent" rev ud for LaJolla, Californien; således op til 150 % for f.eks. Black perch fra maj til november -



Figur 23. Lin et al. 1994. CPUE fulgt over 12 måneder umiddelbart efter udlægning af et lille kunstigt rev.

En undersøgelse af årstidsvariationen i artsrigdom på 3 kunstige habitater ud for Cape Fear, Onslow Bay, North Carolina: en gammel pram (dredge), en nysænket slæbebåd og nyudlagte FAD's viste ingen væsentlig temporal variation i artsrigdom. (Stephan og Lindquist, 1989). Figur 24 viser en meget stabil artsrigdom på de 3 habitater.

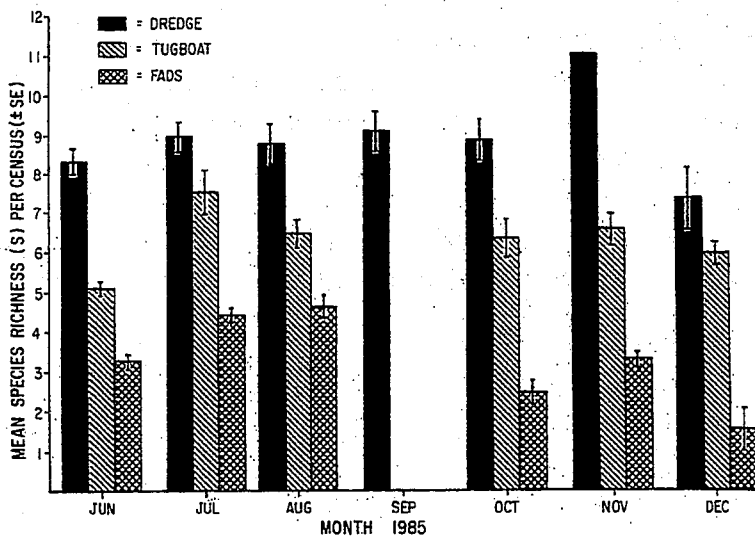
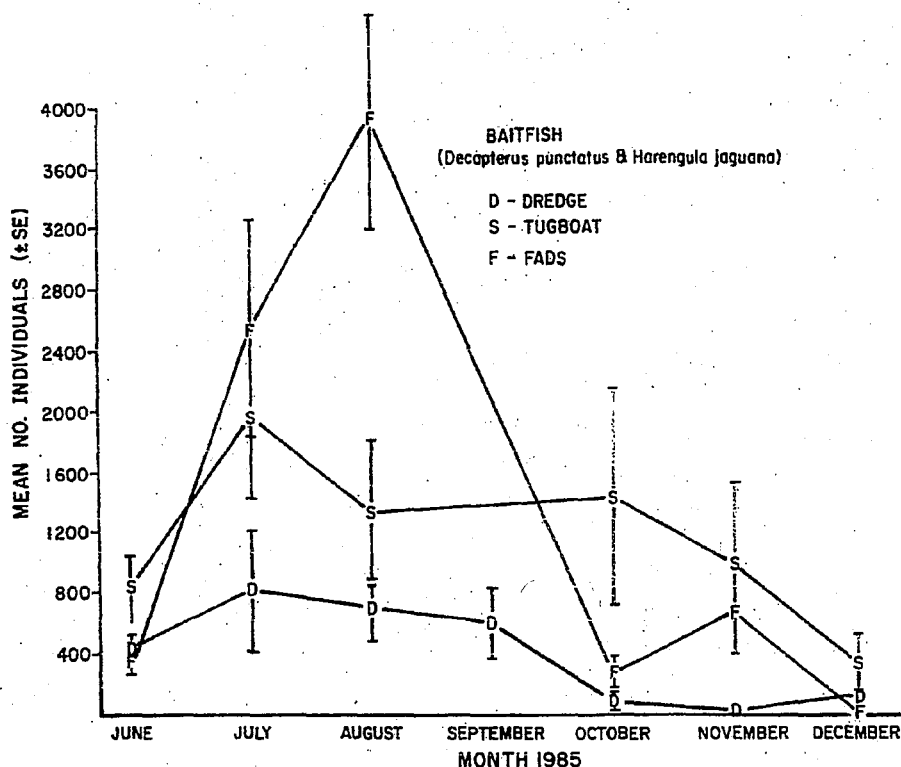


Figure 3. Mean species richness per census \pm SE at each site for each month.

Figur 24. Stephan og Lindquist. 1989. Tidsserie visende artsrigdom på 3 kunstige habitater ud for Cape Fear.

Når individtallene af de implicerede arter blev registreret (i Figur 25 er et enkelt eksempel, s.k. baitfish, anført) viste der sig imidlertid betydelige variationer over tid;

for enkelte af fiskene med samme tendens på de 3 habitater, og for andre viste temporalvariationen sig mere udtalt på enkelt(e) af habitaterne.

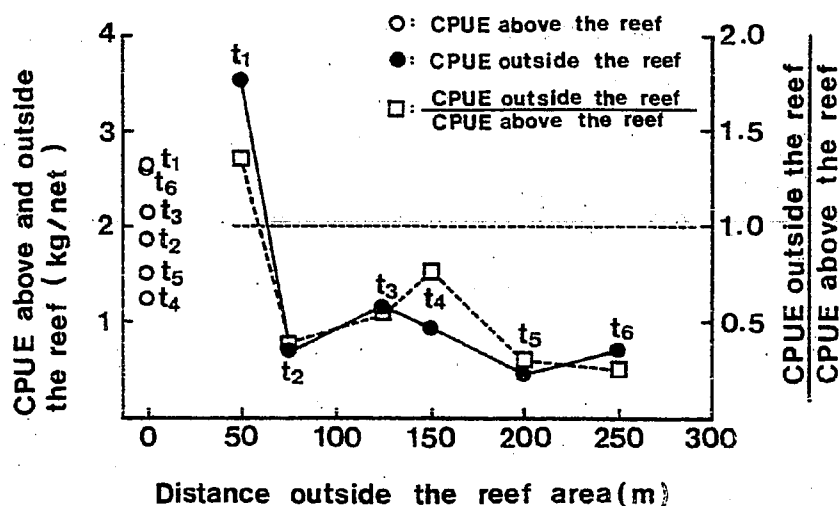


Figur 25. Stephan og Lindquist, 1989. Sæsonvariabilitet i middelforekomst af "baitfish", *Decapterus punctatus* og *Harengula jaguana* på 3 kunstige habitater.

1.4.4.5 Dissipation af effekt

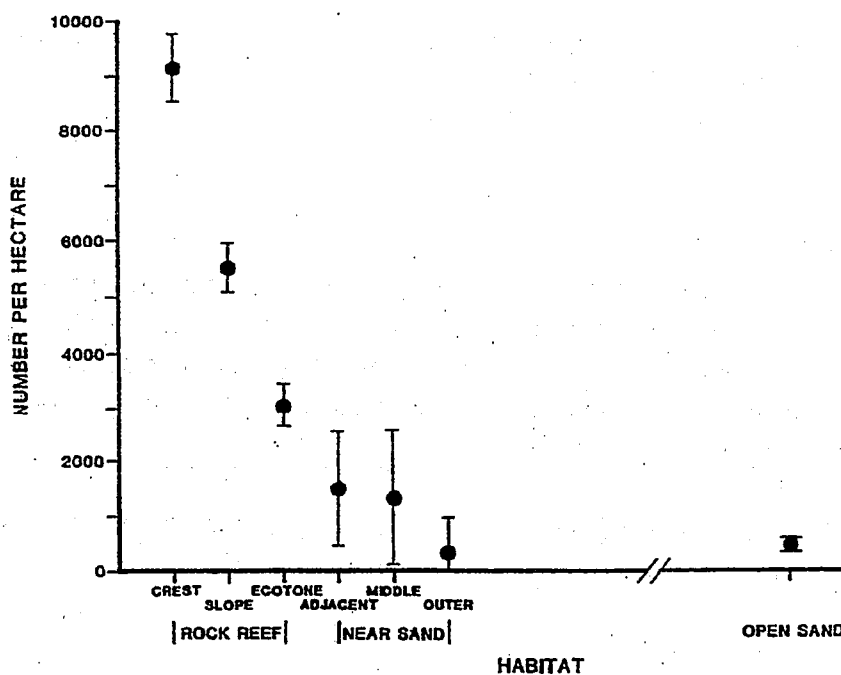
Lin et al. (1994) undersøgte rækkevidden af effekten af et kunstigt rev ud for det sydvestlige Taiwan på CPUE (standardfangster opnået med bundgarn indenfor og i varierende afstand fra revet. Revet bestod af 80 betonblokke, udformet som åbne gitre. Resultaterne, der er vist i Figur 26 nedenfor var, at fangsterne i alle retninger fra revet toppede i afstand af 50 m.

Fangsterne er stabile i en afstand af over 200 m. fra revet, men det fremgår ikke af artiklen, om disse værdier svarer til forventelige baggrundsværdier.



Figur 26. Lin et al. 1994. Catch pr. unit effort mod afstand fra foden af kunstigt rev.

Tilsvarende billede ses i fig. Figur 27. Johnson et al. 1994. Tæthed af revfisk mod afstand fra selve revet langs transect ud fra kunstigt rev ud for la Jolla i Californien.



Figur 27. Johnson et al. 1994. Tæthed af revfisk mod afstand fra selve revet.

Det fremgår af Figur 27 at tætheden aftager særdeles hurtigt med afstanden til revet. Tallene tyder på, at baggrundsværdier (svarende til zone "open sand") er nået et par hundrede meter (= zone "middle") fra revet. Iflg. tekst svarer "outer" til 500-1000 m. fra rev. "Ecotone" svarer til 0 - 3 m. fra rev.

Grove et al. (1989) refererer til et antal biologiske studier af fiskeforekomsterne på kunstige rev, og anfører at observerede fiskeaggregerende effekter på revene kan iagttages indtil et par hundrede meter fra revet.

1.4.4.6 Grupperede rev

2 rev med en indbyrdes afstand af ikke over 1000 m. kan konstateres at påvirke koloniseringen af hinanden. Den maksimale biomasse-fremmende effekt af juxtapositionering af rev opstår for "rock dwelling" fisk når regrupperne er mindre end 400 m. fra hinanden. (Grove et al. 1989).

1.4.5 Assesment

Metoder omfatter både destruktive og non-destruktive metoder.

destruktive metoder:

- totaloptagninger af fiskefaunaen, ved
 - gifte (rotenon)
 - bedøvende midler (qunaldine)
 - eksplosiver
- fiskeri med net,
- linefiskeri,

non-destruktive metoder:

- dykker observationer (visuelle sensus),
- elektronisk fisketælling,
- videooptagelser og
- sportsfisker rapporter
- fiskemærkning,

Sale (1980).

Visuelle sensus refererer til SCUBA undersøgelser, hvor dykkere optæller synlige fisk efter nøje fastlagt observationsstrategi, der skal sikre repeterbarhed i assay'et. Det "klassiske" visuelle sensus er beskrevet i Brock, (1954. In: Sale, 1980), hvorefter 2 dykkere svømmer mod hinanden langs et 450 m (1500 fod) langt transsekt, og registrerer alle fisk, de observerer i hver sin 6 m. brede (20 fod) korridor, på hver side af transsektet.

Der er udviklet talrige modifikationer af denne oprindelige sensus teknik, samt hurtigere teknikker, f.eks. Jones og Thompson, (1978. In: Sale, 1980), hvor der gennemføres et antal (>8) 50 minutters sensus på en lokalitet, og fiskearterne registreres i den rækkefølge, i hvilken de observeres på lokaliteten. Den relative frekvens af en art udregnes efterfølgende på grundlag af placering i rækkefølgen på artsliste-replikaterne.

Også forsøg på total registreringer i visuelle sensus er udføret (på rev af ringe udstrækning).

Dykkerens tendens til at overse/registrere fisk i sensus kan undersøges ved hjælp af manipulering af transsekt-længde, scanning tid m.m. (Sale, 1980).

1.5 Hummer

1.5.1 Omfang af kunstig - rev projekter, involverende hummer.

Selvom antallet af hummerarbejder formentlig andrager mindre end en 1/10 af antallet af kunstig-rev undersøgelser, der involverer fisk, er der udført et forholdsvist stort antal studier af flere forskellige arter af hummer på kunstige rev. Generelt forekommer studierne mere "solide" dels fordi de primært har været videnskabeligt baserede fra begyndelsen, dels fordi hummeres habitat-adfærd er lettere at undersøge.

En anden grund til at kunstige rev rettet mod hummer forekommer interessant i forhold til fisk, er, at den fiskeriøkonomiske rentabilitet af et kunstigt rev rent teoretisk kan forventes at kunne blive større, hvis det retter sig mod hummer end hvis det er rettet mod fisk, fordi flere arter af hummer kendt for at udvise "homing"-adfærd: daglig tilbagevenden til samme eller nærtliggende skjul efter fouragering på et forholdsvist stort område. Hvis tilgang til egnede skjul har en betydning for hummerens vækst og overlevelse af samme størrelsesorden som tilgang af føderessourcer, vil udlægning af egnede kunstige skjul i et område, hvor der er gode fourageringsmuligheder men er fattigt på naturlige skjul, teoretisk kunne give et forholdsvist stort udbytte af investeringen.

Det er formålet med nedenstående litteraturgennemgang at søge at fastslå, om der er direkte eller indirekte holdepunkter for denne antagelse.

For *Panulirus argus* - den almindelige languster, antages forekomsten af egnede skjul nær ved fourageringsområder at være væsentligste begrænsning på vækst og overlevelse i juvenilstadiet (Davis et al. 1985).

De undersøgte arter omfatter:

- sort hummer, *Homarus gammarus*, (Europa)
- amerikansk hummer, *Homarus americanus*, (Nordamerika)
- *Scyllarides latus*, bl.a. østlige Middelhav
- Languster, *Panulirus argus* bl.a. vestlige Atlant (caribiske område)
- Rock lobster, *Panulirus cygnus*, sydlige Stillehav

I en dansk sammenhæng er sort hummer og den nært beslægtede amerikanske hummer af primær relevans, men de udførte arbejder har primært involveret *Panulirus* arterne, der er af overordentlig stor økonomiske betydning i flere lande i det Caribiske område. men både på grundlag af visse adfærdsmæssige lighedspunkter og på grund af at der er en række metodiske erfaringer, der kan være af værdi for et eventuelt dansk hummerprojekt, er *Panulirus* og *Scyllarides* arter også inddraget. Spanier (1993) anfører, at adulte fra de 3 hummerfamilier, Nephropidae: klobærende, *Panuliridae* (langusterne) og *Scyllaridae* (slipper lobsters) kan formodes at være nogenlunde økologisk analoge på grund af ens størrelse, habitater og adfærd.

Homarus gammarus og *Homarus americanus* er generelt karakteriseret ved samme type habitat, substrat og skjul (Spanier, 1993). Juvenile af begge arter er i modsætning

til Palinuriderne solitære selvom der er observeret forholdsvis høje tætheder af *H. americanus* - skjul under samme rev-element.

Palinurus argus, den caribiske languster, er i øvrigt også genstand for en meget udbredt og voksende praksis med konstruktion af kunstige individuelle skjul, såkaldte "casitas cubanas". I følge Briones et al. (1994) udgør casitas fangst 26 % af den mexicanske fangst af languster, og CPUE for denne metode er i følge Seijo (1991), In: Briones et al. (1994) højest blandt de anvendte metoder til langusterfangst (tejner, dykning og netfangst). I Bahia de la Ascencion i Mexico (740 km²) 20 000 casitas. På Bahamas er der på et par år siden 1990 vokset et betydeligt casitasfiskeri op, så der på det nordlige Bahamas alene nu er mere end 200 000 casitas udlagt. CPUE i det mexicanske casitasfiskeri er af Seijo et al. (1991) anført til 31.9 kg langusterhaler / båd / dag i starten af sæsonen, (1989) men falder efter en måned til 16 kg / båd / dag.

Casitas fiskeriet er primært en attraktionsmekanisme på linje med FAD's og så effektivt, at der i fiskersamfundene er en selv-administreret resource-forvaltning. I Mexico tilhører brugsrettigheder til et antal marine ressourcer, herunder languster, fiskekooperativerne.

Der er i Israel udført en del undersøgelser af mulighederne for at fremme bestandene af "slipper lobster", *Scyllarides latus* i det lav-produktive, østlige Middelhav.

Scyllarides latus er en forholdsvis stor hummerart, op til 35 cm. total længde og vægt 1 kg. og har tidligere været vidt udbredt i Middelhavet. Der er sket en voldsom reduktion i bestandene de fleste lokaliteter (Maigret, 1978. In: Spanier, 1991. #53). Hummernes præferens for skjul formodes at være deres primære beskyttelse mod prædatorer (Balistes og Octopus), idet de ikke har morfologiske karakteristika med forsvarsformål, som klør eller tornbesatte antenner. De foretrækker skjul med 2 udgange. Naturlige skjul af denne type er temmelig sparsomme på den lavvandede kontinental sokkel i det østlige Middelhav, hvilket er med til at gøre *S. latus* til et oplagt emne for kunstig rev projekter.

Den biologiske viden, der er væsentlig for vurdering af de rent produktionsmæssige interesser ("kommercielle") i kunstige rev til fremme af produktion hummer, falder i følgende kategorier:

- revtrofasthed: eventuelt udsatte dyrs tilbøjelighed til at blive i udsætnings-området til de eventuelt senere indgår i et fiskeri. Dette er mest relevant i forbindelse med udsætning af yngel på revet og særlige brugergrupperes interesser på området.
- territorial optræden: hvad er de rent adfærdsmæssige begrænsninger på tætheden af hummer på et kunstigt rev, givet at de hummer potent vandre forholdsvis langt i fouragerings-øjemed
- fouragerings-relaterede begrænsninger på tætheden af hummer på revet. Den generelle bæreevne med hensyn til føde af de omkringliggende områder spiller ind ligesom omfanget af hummernes fouragerings-vandringer.
- prædatorbeskyttelse, økologiske konsekvenser: giver de kunstige skjul hummerne bedre beskyttelse overfor prædatorer, eller tiltrækker en resulterende koncentration prædatorer ?

1.5.2 Metoder

Sort hummers adfærd på kunstige rev er blandt andet blevet undersøgt over en lang årrække (fra 1989 til nu) af en gruppe på Southamptons universitet. Der er blevet udført feltundersøgelser af blandt andet mobilitet og fødesøgnings-adfærd på et lille eksperimentalrev i det vestlige Poole Bay, syd vest for Southampton. Revet bestod af 8 grupper af tilfældigt stablede PFA (pulverized fuel ash) blokke, hver bunke var ca. 1 m. høj og havde en udstrækning på ca. 4-5 m.

Indledningsvis blev koloniseringen af revelementerne med epibenthiske organismer undersøgt, og der var ingen karakteristiske forskellen i kolonisering af 4 forskellige typer elementer: beton, beton + PFA+ 2 forskellige tilsatser af gips, og beton + PFA + gips + afsvovlingslam.

Hummernes aktivitet (vandring) er blevet undersøgt med både elektronisk mærkning (akustiske transmittere) og med konventionelle mærker (floy tags eller streamere) i Pool Bay projektet. Mærkerne blev indsat i vævet, således at de ikke gik tabt ved skalskifte. Indfangning af hummere på revet skete ved hummertejner på og omkring revet. Udenfor revet var også genfangster af mærkede hummer også baseret på assistance fra erhvervsfiskere. Antallet af mærkede hummere var 25-35 om året.

De akustiske mærkeforsøg var meget små forsøg (kun 2 transmittere) og blev brugt til at kortlægge korttids vandringsaktivitet indenfor revet.

Hvis tætheden af hummere indenfor et forsøgsrev er tilstrækkelig stor kan simpel fysisk mærkning ved at fjerne et stykke af en antenne (Cobb, 1981) også anvendes i korttidsundersøgelser på rev.

Jernakoff et al. (1987) undersøgte vandringsmønstrene for *Panulirus cygnus* (australsk rock lobster) i på et revområde på 2-3 m vand ud for det vestlige Australien ved hjælp af mærkning med elektromagnetiske mærker og registrering af dyrenes bevægelser med 50 ring antenner, der omkredsede arealer på ca. 100 x 150 m. Antennerne bestod af el-ledninger, udlagt på havbunden, og blev skannet på skift af en computerstyret sensor. Dyrene indentificeres på grundlag af deres bevægelsesmønster, og metoden synes anvendelig i dansk sammenhæng. Vanskeligheder bestod i reparation af beskadigede antenner og statistisk håndtering af problemet med dyr, der bevægede sig udenfor sensorområdet.

Prædator-relationer kan undersøges ved at eksponere hummere for prædation under eksperimentelt fastholdte situationer (tethering). Eggleston et al. (1990, 1992) undersøgte på denne måde funktionen af "casitas cubanas" som beskyttelse mod prædation af langustere (*Panulirus argus*) i Bahia de la Ascension i Mexico. Langusterne blev fixeret i de situationer, hvis betydning for prædation skulle undersøges, og den dertil svarende prædationsrisiko forbundet med den inducerede eksponering kunne umiddelbart registreres på grundlag af udfaldet af situationen. Da hummerne er fastholdt i en bestemt situation, siger udfaldet ikke noget om den konkrete prædation, dyrene er udsat for, men den relative prædationsrisiko i forskellige situationer kan med statistisk tilfredsstillende eksperimentelle serier umiddelbart måles. De resultater, der blev opnået i dette forsøg, dokumenterede, at casitas i flere forskellige situationer faktisk udgør en betydelig prædationsbeskyttelse for juvenile langustere i områder med sparsom makrofytvegetation.

Derimod betød casitas relativt øget mortalitet for større juvenile, fikserede i bestemte afstande fra casitas på grund af øget prædatortiltrækning (grey snappers).

1.5.3 Udformning af rev

Det er ikke hensigten her at gå i detaljer med de studier i krav til udformning af hummer habitat elementer, da dette er belyst i detaljer i en anden delrapport. Det skal blot nævnes, at der især for languster er udført talrige undersøgelser af hensigtsmæssig konstruktion af kunstige skjul. Lozado Alvarez et al. (1994) undersøgte f.eks. betydningen af hulstørrelser og vertikal placering i betonelement rev til forskellige størrelser af juvenile *P. argus*, men fandt inden statistisk sikre holdepunkter for, at hverken de undersøgte hulstørrelser eller vertikal placering i elementerne have betydning for forskellige størrelsesgruppes kolonisering af revet. Mintz et al. (1994) undersøgte blandt andet betydningen af størrelsen af casitas, og fandt at tætheden af dyr under beboede casitas i praksis var proportional med deres størrelse.

1.5.4 Kolonisering

Der konstateredes ved dykkerundersøgelser i Pool Bay kolonisering med hummer allerede 3 uger efter udlægning af revelementerne, d.v.s. lang tid før epibenthos kolonisering af elementerne var indtruffet. (Jensen et al. 1994)
Afstanden til anden habitat, hvor hummer var observeret, var 3 km.

1.5.5 Korttidsvandringer

Undersøgelsen af korttidsvandringer hos sort hummer i Pool Bay (gennem 3 måneder) for henholdsvis han og hun viste, at hummerne vandrede en del frem og tilbage mellem stenbunkerne; i et 48 timers studie konstateredes det, at hunnen forblev i den stenbunke, den ved den lejlighed var i, mens hannen i den samme periode vandrede mellem 4 forskellige bunker. (Collins og Jensen, 1992).
Jernakoff et al. (1987), at den typiske afstand, juvenile *Panulirus cygnus* bevægede sig væk fra deres skjul, var 150 meter, tilbagelagt i nogenlunde lineær vandring; således at den samlede tilbagelagte afstand fra 300 m pr. nat. Meget få dyr bevægede sig længere væk end 800 meter. Juvenil *Panulirus cygnus* udviste ligesom sort hummer i hvert fald indenfor en kort tidshorisont en adfærd med natlig fouragering og tilbagevenden til samme eller nærliggende skjul.
Cobb, (1981) konstaterer tilsvarende, at *P. cygnus* har tendens til at vende tilbage til samme område af et rev efter de natlige fourageringsvandring, men ikke nødvendigvis til samme skjul.

1.5.6 Langtids-vandringer og immigration.

I Jensens et al.'s (1994) undersøgelse af sort hummer kunne det konstateres, at der på lang sigt var en høj grad af trofasthed overfor revhabitatet hos de mærkede hummere - i 1992 var statistikken af der af i alt 888 mærkede hummere blev genfanget 1/3 på revet (1 eller flere gange) (Collins et al., 1992). Der sker en gradvis udvandring (eller

mortalitet) men 3. året efter mærkningen kunne der stadig genfindes op til 20 % af de mærkede dyr (genfanget 1 eller flere gange).

Der var mindre alders- og kønsbestemte vandringsforskelle; således bevægede hunner med carapaxlængde mindre end 70 mm. samt hanner med carapaxlængde større end 75 mm. sig længere væk fra revet end øvrige grupper. (Collins et al. 1992)

Vandringer væk fra revet syntes relateret til tidevandsretningen, idet genfangster uden for revet var koncentreret på en NE-SW akse.

Den tilbagelagte afstand var ikke korreleret med forløben tid fra forrige genfangst, hvilket kan tyde på et forholdsvist tilfældigt vandringmønster. Gennemsnitlig længde var 5-7 km. (lidt længere for hunner end for hanner)

Ud for Haifa, på 20 m. vand på en habitat af groft sand og lavprofil klippebund blev der afprøvet kunstige rev med 4 forskellige konfigurationer af bildæk (Spanier et al., 1990) . 231 hummere blev mærket, og 28.5 % af dem blev genfanget én til flere gange, heraf blev 12.1 % genfanget samme sted og i op til flere sæsoner efter mærkningen.

Scyllarides latus har i det østlige Middelhav en karakteristisk migrationsadfærd, der betyder at den går ud på dybere vand fra juli til december men vender tilbage til sin oprindelige habitat i januar.

Enkelte hummere kunne genfindes på habitatet op til 3 år efter mærkningen.

I en Canadisk undersøgelse af koloniseringen af et 2740 m² stort rev for amerikansk hummer, bygget af klippeblokke og keramikrør, var nærmeste bestand af hummere ved deponeringen 2.5 km. fra revet. 7 uger efter deponeringen blev 13 hummere observeret på revet, på et tidspunkt, hvor revet kun var dækket af en lav bevoksning af alger, bryozoer (mosdyr) og hydroider (havsvampe). I alt 21 hummere blev observeret det første år, 17 heraf mærket og kun een genfanget, hvilket lader formode, at det faktiske antal indvandrede dyr på revet var betydelig større. (Scarrat, 1968).

1.5.7 Betydningen af forekomster af naturlige skjul i omgivelserne

Der er foretaget enkelte undersøgelser, der tyder på, at forekomsten af naturlige skjul (makrofytvegetation) i omgivelserne af kunstige skjul (casitas) til languster, nedsætter tætheden og hyppigheden af languster i casitas. (Mintz et al. 1994).

1.5.8 Aggregering

Øget tæthed af langustere i et område vil bevirke uforholdsmæssigt øget belægning i casitas på grund af langusterens tilbøjelighed til at aggregerer (samles mange individer i samme skjul, selvom der ikke er mangel på frie skjul). (Mintz et al., 1994).

Den økologiske betydning af denne reaktion er ukendt, teoretisk kan det både have prædationsbeskyttende og prædationsforøgende effekt: det "mekaniske" forsvar (tombesatte antenner) kan tænkes at blive mere effektivt som følge af aggregationen; på den anden side kan koncentrationen af individer også tiltrække prædatorer.

Palinuriderne kan forekomme i samme skjul i antal på op til 100 og de kan stå så tæt i skjulene, at det kan være rent fysisk vanskeligt for tilkommere at komme ind.

Palinurus cygnus udviser visse sociale riter i forbindelse med indgang i et beboet skjul (Cobb, 1981), men Cobb formoder, at aggregeringen ikke er adfærdsbetinget (gregariousnes), men miljøbetinget (f.eks. kemisk attraktionsfaktor).

P. cygnus er i akvarieforsøg vist at vokse hurtigere, når flere individer er i samme akvarium, i modsætning til den solitære *Homarus americanus*.

1.5.9 Bæreevne

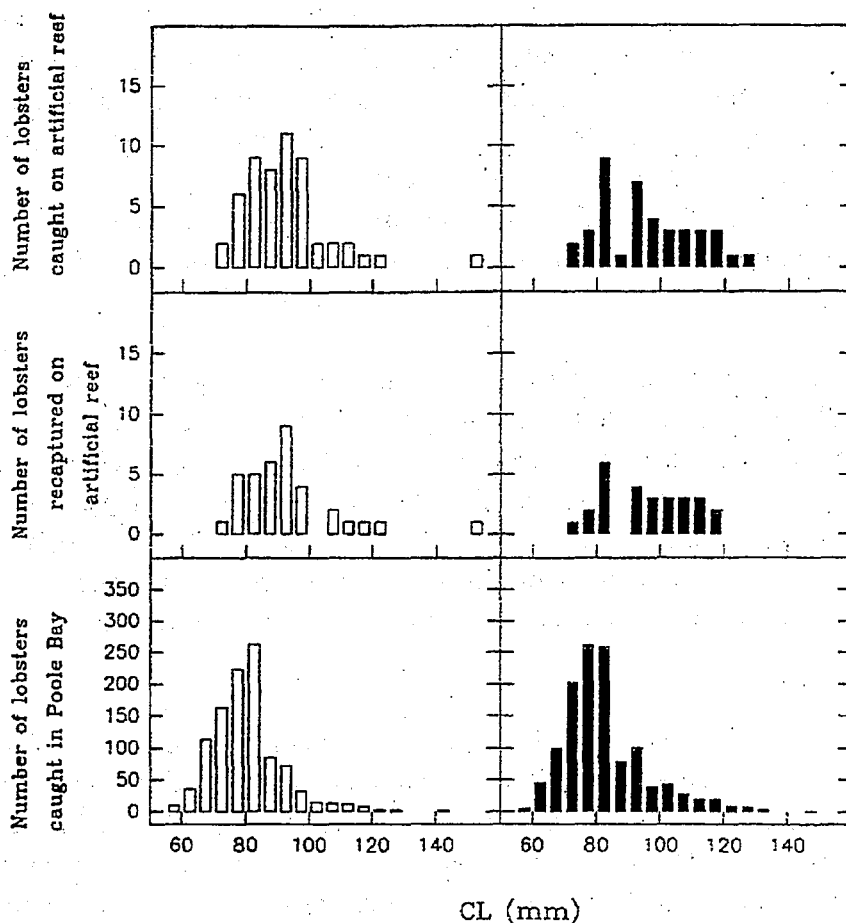
Som det er tilfældet med fisk på kunstige rev, pointeres det i så godt som alle rapporter af marinbiologerne, at det er uvist i hvilket omfang, de bestande, der kan konstateres at indfinde sig på de udlagte strukturer er udtryk for egentlig resulterende produktion og ikke blot er tiltrukket fra andre lokaliteter.

I Briones et al. (1994) citeres Lipcius og Eggleston (in press) for i Florida at have demonstreret en egentlig produktionsresultat for *Panulirus argus* af udlægning af casitas. Dette på grundlag af en bestand i forsøgsområdet, der øgedes asymptotisk over 6-12 måneder, og et referenceområde, hvor bestanden var konstant.

I modsætning hertil refereredes der til et område i Exuma Cays, Bahamas, hvor stærkt øgede forekomster blev opnået ved at placere casitas nær en vandringsrute for langusterne fra et opvækstområde til voksenaliteten.

Der er rapporteret vidt forskellige bestandstætheder på kunstige rev. I Pool Bay projektet blev revets bestand (alle 8 stenbunker) ved en Schnabels multiple sensus metode på grundlag af genfangster ansat til omkring 50, og revets overflade blev vurderet til omkring 100 m². (estimeret baseret på det samlede optagne havbundsareal). Det således vurderede antal hummere på revet varierede de 3 år fra 50 til 80. Det største antal hummere, der blev observeret på revet på samme lejlighed, var 15. Størrelsesfordeling i genfangsterne ændredes ikke set i forhold til den oprindelige mærkede gruppe, hvilket indikerer, at revet har lige god bæreevne for alle de implicerede størrelsesgrupper.

Revets hummere havde en overvægt af store dyr (> 90 mm carapax længde) end på det nærliggende område i Pool Bay, hvor der var kommercielt hummerfiskeri (se nedenstående figur). Dette forhold peger på, at revets betydning som habitat for hummerpopulationen er vigtig for dens vækst og overlevelse. Også et studie af habitatens betydning for størrelsesfordelingen på Englands østkyst (Howard 1990: In Jensen et al. 1994) støtter denne antagelse. Jensen et al. nævner andre mulige forklaringer på den observerede størrelsesforskel (fiskeritryk, forskellig fangsteffektivitet overfor store dyr og særlige lokale vandringsmønstre), men anfører, at i hvert fald de 2 sidstnævnte kan ignoreres i det aktuelle tilfælde.



Figur 28. Jensen et al. 1993. Størrelsesfordeling af hummer fanget på det kunstige rev (første gangs fangst og genfangster) samt i Poole Bay. Åbne søjler (venstre): hunner, lukkede søjler (højre) hanner

Det er stadig et spørgsmål, hvorledes revets bæreevne er relateret til fourageringsmuligheder og epifaunadække på revet.

Chittleborough (1979) anfører at juvenile (op til 4-5 år gl.) *Panulirus cygnus* primært er fødebegrænsede på de lavvandede vestaustralske opvækstrev, og at der trods nedgang gydebestandene er så stort rekrutteringsgrundlag, at rekrutteringen ikke har været påvirket. Chittleborough anfører, at de juvenile primært fouragerer på mollusker, men at fisk, krabber og søpindsvin og koralalger i små mængder også kan indgå i diæten.

Naturlige bestandsregulerings-mekanismer omfatter blandt andet tæthedsafhængig gydning, som er dokumenteret i akvarieforsøg, hvor 77 % af velfodrede ikke-tæthedsstressede hunner kunne gyde 2 gange på et år, mens dette kun var tilfældet for 12 % af hunnerne under samme temperaturforhold i en tæt bestand på revet.

Antallet af æg er vist at være lineært relateret til carapaxlængde, som igen er et resultat af dyrets vækstrate. Øget fækunditet kan således have kompenseret for nedgang i gydebestanden. (Chittleborough, 1979).

Chittleborough angiver både føde og adgang til skjul som begrænsende faktorer for juvenile *Panulirus cygnus* på vestaustralske rev. Antagelsen er baseret på den jagttagelse, at store årgange nysettlede juvenile vokser langsommere og forbliver længere tid i opvækstområderne. På forsøgsområdet (Seven Mile Beach, 29 °S) var der efter en stor "settlerårgang" negativ vækst, som det i mærkningsforsøg konstateredes, ikke var en følge af dispersion, men formodedes at skyldes utilstrækkelig fødetilgang.

I Northumberland strædet ud for New Brunswick, Canada (Scarratt, 1968) blev der kort tid efter udlægning af et 2740 m² sten- og keramikrørs-rev, observeret 21 hummere på revet; det følgende år blev den samlede bestand estimeret til ca. 60 dyr; det 3. år blev ca. 40 dyr fundet på revet, uden at det dog vurderedes at svare til den samlede bestand. Der kunne konstateres en fortsat indvandring på revet. Epifaunaen var det 3. år kompleks og at dømme efter beskrivelserne, "moden" tilstand. Indtrykket er således at bæreevnen ikke stiger mærkbart med den stigende epifauna begroning.

Scarratt, (1968) anfører biomasseestimer på revet på mellem 4.3 og 13.1 g våd vægt pr. m² det 3. år med et gennemsnit på 9.6 og sammenligner dette tilsvarende estimer for naturlige hummerlokaliteter i nærheden på 12.6 g våd vægt pr. m². Ved at antage en hummerbiomasse på et fuldt udviklet rev svarende til det naturlige revs, opnås et biomasseestimat for det samlede rev på 34 kg. Scarratt angiver ikke tætheden, men af hensyn til sammenligningen med tallene i de øvrige undersøgelser, kan den groft skønnes til at være mindre en 0.03 dyr / m².

Også Scarratt anfører, at carapax-størrelsen hos hummerne fra det kunstige rev er større end for bestandene på de naturlige rev. Scarratt formoder, at der er en sammenhæng mellem carapaxstørrelse og størrelsen af klippestykkerne på revene, idet der på rev, bestående af små sten- og klippefragmenter, vil være forholdsvis få skjul af stor størrelse. Det skal bemærkes, at sammenhængen beror på spekulationer.

Et 50 x 25 m område (1250 m²) med i alt 150 pyramider af 9 små cementblokke (hver ca. 20 x 20 x 30 cm) blev fundet særligt egnede som skjul til juvenil (60 mm. carapaxlængde) *Panulirus argus* i Biscayne Bay i Florida (Davis, 1985) i sammenligning med flere andre konstellationer. Langusterne opholdt sig i strukturerne fra carapaxlængde 35 til 85 mm. Strukturerne husede fra 3 til 21 hummere pr. pyramide i en periode på over 2 år. Mellem 50 og 95 % af pyramiderne var beboede, og området rummede i den bedste halvdel af tiden typisk mellem 1 og 2 langustere pr. m² areal.

Month	Total lobsters in ghetto	% of occupied	# lobsters / occ.structur	Temperatur (° C)
Sep 1976	316	51	4.2	30
Ocl 1976	947	89	7.1	26
Nov 1976	971	91	6.7	24
Dec 1976	990	94	6.9	17
Jan 1977	1,007	96	7.0	16
Feb 1977	1,227	97	8.4	18
Mar 1977	776	92	5.6	23
Apr 1977	340	72	3.2	25
May 1977	222	59	2.5	26
Jun 1977	390	57	4.6	28
Jul 1977	1,511	90	11.2	32
Aug 1977	2,854	98	19.4	32
Sep 1977	2,273	90	16.8	30
Oct 1977	1,273	92	12.5	27
Mean	1,110	83	8.3	25

Tabel 14. Davis, 1985. Monthly summaries of lobster occupancy in the "ghetto-" structures, Biscayne Bay, Florida.

viser statistik på langusterbestanden på det 1250 m² store kunstige revområde. Der er en bemærkelsesværdig forskel på tætheden af hummere i dette rev og de øvrige, rapporterede.

I Lozano Alvarez et al. (1994), der undersøgte *P. argus* i den Mexicanske bugt, Bahia de la Ascension, et område, der er kendt som opvækstområde for *P. argus*, var de resulterende bestandstætheder betydeligt mindre. Elementerne var her grupper (gårde med åbent areal i midten, +/- overdækning) af betonelementer med 3 huller i hvert element. Hver gruppe dækkede ca. 2 m² og havde et samlet element-volumen på 0.4 m³.

Her opnåedes bestandstætheder på typisk 3 langustere pr. gruppe, svarende til 1.5 hummer /m² eller 8 pr. m³ elementvolumen.

1.6 Globalt aktivitetsniveau

1.6.1 USA.

1.6.1.1 Kommercielle ydelser og produkter til kunstig rev sektoren:

Der er i USA en lille branche, der leverer til kunstig rev sektoren, selvom branchen ikke kan sammenlignes med den Japanske. Et par produkter skal omtales her, da de hyppigt nævnes i forbindelse med kunstig rev projekter:

Kunstig rev elementer:

- Terraced atrium

Geometri "Waffle crete". Sandwich struktur af betonflader med indskæringer, huller og tværvalke. (Foster et al.; 1994. #21)

- Reef Balls:

Geometri: Perforerede kugleskals-strukturer, laves som skalstøbning. Patenteret process fra Reef ball Development Group, Ltd. Der nævnes i følgebrev til brochurer over reefballs (pr. juli 1996) at 40 forskellige revprojekter med reefballs er blevet realiseret og over 5000 enheder er udlagt. Reef balls blev undersøgt i et projekt i North Carolina (se side 96) og de specifikke omkostninger sammenlignet med andre rev-elementtyper.

1.6.2 Amerikanske revprojekter

1.6.2.1 Washington

Puget Sound: Forskningsrev: bildæk bundtet sammen i stjerneform og udlagt i kvadratiske "gårde", der kunne samples (visuelt efter "harvning") for bl.a. fladfisk. (Walton, 1982)

antal 11. (Hueckel and Buckley, 1986. #26, Hueckel et al., 1989.#27)

Resultat: Gårdene øgede forekomsten af fladfisk (antal og estimeret biomasse)

1.6.2.2 North Carolina

Onslow Bay Et test projekt for revelementer: sammenligning af 3 typer elementer: Cubes (~japanske fiskehuse), rør og domes. Resulterende omkostninger: per areal: Rør: 15.97 US\$/m², kuber: 32.07 US\$/m², domer: 30.13 US\$/m²

Det konstateres, at der ikke er de store forskelle i effekter mellem materialerne; en enkelt art *Mycteroperca microlepis* foretrak rør for kuber; (Gregg, 1995)

1.6.2.3 California

Trods stor revbyggeindsats meget beskedent revareal i forhold til naturligt revareal. (Ambrose og Swarbrick, 1989. In: Bohnsack, 1989)

1. projekt: Flyve aske fra kulfyrede kraftværker undersøgt som tilslag til beton brugt til kunstige rev. Undersøgt af Southern California Edison (elektricitetselskab) (Grove og Yuge, 1983). Uvist om også praktiseret.

Betonmaterialer og quarry stone fra mole (breakwater). Lagt ud i 6 patches med stor geometrisk kompleksitet. Resultat: varierende algekolonisering var afspejlet i immigration af 0-gruppe rockfish (*Balistes* spp.) (Wilson and Krenn, 1986).

2. Pendleton Artificial Reef:

Pentagoner: 2.5 m. i diameter, (lave), men rum indeni og vandstrøms-reflektorer. (Grove og Yuge, 1983, Anderson et al., 1989). Lagt i 8 bunker på 30 x 12 m x 3 m. Bunkerne er 18 m. fra hinanden. Største rev i Californien til dato (artikels: 1983). Er blevet undersøgt for udviklingen af sessile samfund (invertebrater) Palmer-Zwahlen og Aseltine), hvor det konstateredes, at der var en langsom udvikling hen mod de samme klimakssamfund som på reference rev i nærheden (Torrey Pines og Las Pulgas revene), hvad angår sammensætningen af samfundene (assemblages) men at forekomsterne af flere vigtige grupper var meget anderledes, og at forskelle i rev lokalisering og design formentligt var involverede.

3. Torrey Pines Artificial Reef

Stenbruds - klippestykker, langt i et stort, fhvs. højt rev. Samlet areal 1800 m² Højde 7 m. Lagt på 14 m. vand. Udlagt 1975. 500 m. fra kyst. La Jolla. (Johnson et al. 1994.)

1.6.2.4 Florida

status i aug. 1995: 33 aktive støttede revprojekter, støttet gennem federal funds: 300 000 US\$, samt 600 000 US\$ saltvandsfiskerilicens-penge. Et enkelt program omfattede konstruktion af 10 rev af præfabrikerede moduler, og kostede over 200000 US\$.

1.6.2.5 South Carolina:

Et enkelt projekt med 800 reef balls; et andet (nær en mole) med 200 reefballs. Militære ønsker om udlægning af gamle tanks og skibe, PCB monitoringsprogram. Side scan sonar ønsket anvendt for at monitorere effekt af udlægning af rev, stillet til rådighed af samme militære program (som ønskede tanks udlagt) Huntsman, (1981. In: Bohnsack, 1989). anfører, at trods adskillige års intenst revbyggeri var der aktuelt i alt 4 acres kunstigt rev; et areal, der var ganske ubetydeligt i forhold til det eksisterende naturlige revareal.)

1.6.2.6 Virginia

Chesapeake Bay

Nyligt etableret 2 nye rev, med 1600 tetraedere af beton. 18-44 fod vand. Senere yderligere 2000 tetraedre. (efterår 95). Virginia vil opdatere side-scan sonar overvågning primært af, om konstruktionerne har flyttet sig.

1.6.2.7 Mississippi

Program undervejs, (Department of Marine Resources) for in-shore reefs, baseret på små-diameter kalksten. Desuden officielle ønsker om udlægning af beton-affald nær kysten. Disse planer møder betænkelighed p.gr. af ansvarsproblematik mht. småbådstrafik.

1.6.2.8 Texas

Et medlem af National Research Council ønsker at iværksætte et program vedrørende placering af borerigge m.m. som kunstige rev. Bl.a. kan nedskæring af borerigge på søterritoriet være en gunstig mulighed. (høj profil, høj stabilitet).

Texas har bl.a. sænket 12 Liberty skibe i slutningen af 70'erne, desuden andre både fra tid til anden.

1.6.2.9 Alabama

Vidtgående praksis med tilladelse til sænkning af udtjente skibe som kunstige rev i dertil udpegede områder. Praksis med inspektion af skibe og udstedelse af tjenlighedscertifikat til formålet.

Omfang 6000 kendte (tilladte) udlægninger af kunstige rev, de fleste affaldsmaterialer. 280 af dem er offentligt funderede. (Szedlmayer and Shipp, 1994)

Projekter startede 50-erne

1.6.2.10 Hawaii:

Moffit et al. (1989)

1.6.2.11 Virgin Islands

1.6.2.12 US Samoa

1.6.2.13 New Jersey

New Jerseys Division of Fish, Game and Wildlife's Marine Fisheries Administration begyndte at bygge og udlægge kunstige rev i 1983. Har blandt andet gennemført et projekt til test af bildæk rev modulers stabilitet i forskellige konstruktioner. (DeWitt et al. 1989).

1.6.3 Andre lande i det Nordvest-atlantiske område

1.6.3.1 Jamaica

Mindre revprogram i regi af fiskeri- og landbrugsministeriet, initieret i 1973. Formål var at øge ressourcegrundlaget for fiskeriet. 2 revprojekter gennemført på den sydøstlige kyst, Jackson's Bay og South Cay med udlægning af henholdsvis 3000 og 1000 bildæk. Monitoring: Dykkersensus før og efter udlægning af rev. Sites: under 20 meter; sediment: Sandstens-klippebund med spredte forekomster af sandbund og makrofytevegetation (*Thalasia testudinum*) og bløde koraller (*Plexauridae*). Resultater: Betydeligt øget artsrigdom (45 arter af fisk listede med forekomst efter udlægning, hvoraf kun 9 forekom før udlægning. (Haughton og Aiken, 1989).

1.6.3.2 Canada

Hummerprojekt

1.6.4 Asien.

1.6.4.1 Japan

Japan er det land, der har investeret langt de største ressourcer i byggeri af kunstige rev. Alene den statslige støtte til rev-udlægningsprojekter andrager betydelige størrelser.

1.6.4.1.1 Oversigt over aktiviteter

Perioden 1952-1970: 10 mia. yen, = 33 mio. US\$ (Stone et al. 1991).⁸

I perioden fra 1950 til 1970 blev der overvejende udlagt 2 typer revelementer:

- små kuber eller rør, vol. 1 m³,
- store kuber eller rør, vol 1.4 m³. (Stone et al. 1991)

typisk revstørrelse i den første periode var omkring 500 m².

Perioden 1962-1970: 30 mio. US\$ brugt i tilskud (Stone, 1978. Ino, 1974. In:

aktiviteter	920 000 m ³ små blokke på 3427 lokaliteter
i perioden	1 320 000 m ³ store blokke på 439 lokaliteter.
	(Stone et al. 1991)

⁸ En rimelig sammenligningskurs er således 303 ¥/US\$.

Nye tendenser i rev-anlæggelsen: Nutrient upwelling:

Der eksperimenteres med meget store strukturer, der skal bevirke upwelling af næringsrigt bundvand. Det er de ekstremt store "unika" projekter, der er anlagt med sådanne formål.

1.6.4.1.2 Udsætning af fisk og skaldyr:

Hummer, Abalone, flyndere, rejer, div. andre fiskearter. (Per Jahren, pers. comm)

1.6.4.1.3 Forskning

Vid. skab. projekt: Osaka, Tokyo. (Per Jahren, pers. comm)

1.6.4.1.4 Engineering

Aktiviteter: træk- tryk- og shear stres statik; i både basal elementer og endelig kubestruktur; påvirkning (når modulet rammer havbunden); stabilitet i omgivelser og lang tids holdbarhed.

1.6.4.1.5 Materialebrug

Alle anvendte materialer i Japan er "prime", d.v.s. ikke affaldsmaterialer (Jensen et al. 1994)

1.6.4.1.6 Monitering af effekter

Det er (i 1991) stadig for tidligt at sige noget om de registreret store mængder fisk tiltrukket af revene.

Der findes meget lidt statistisk dokumentation af revenes effektivitet (nursery reefs) eller af deres design kriterier. (Brock and Kam, 1994)

Eksempel: Polovina og Sakai, 1989. CPUE målt på to nærliggende områder; det ene med lille rev, det andet med stort rev. Modellering af produktionsforøgelse som beroende enten på reel enhancement eller på attraktion (aggregationsmodel) fra nærliggende områder, her kun den andet rev.

1.6.4.2 Brunei

Bildæksrev, 9394 stk. dækkende ca. 40 % af 25 x 25 m. område.

prøvefiskeri m. traps. Referenceområde udenfor revområde.

Resultater var gennemsnit på 12.1 kg./trap; størsteparten heraf højværdifisk.

Referenceområde i forsøgene havde ingen fangster. (De Silva, 1989)

1.6.4.3 Thailand

Thailand har et velorganiseret revbyggeri og af et vist format.

Department of Fisheries har i eget regi siden 1978 bygget 34 kunstige rev af betonelementer og bildæk, med det kombinerede formål at bevare naturlige habitater og øge kystfiskeriet. (Stone et al., 1991)

(Parnchsuke et al., 1988).

1. projekt 1979. Beton-fiskehuse: tetraeder og gitterkonstruktion, elementerne 80 x 80 cm. Udlagt over et areal på 2500 m²; dybde 5.5- 6 m.

Der blev foretaget dykkersensus og tejnefangst på rev og udenfor område.

Resultat: fangster i tejn. 141 kg. i periode marts-jun. 1985 sammenlignet med 18.2

kg. udenfor område. 27 arter mod 18 arter udenfor område. Dog kun få store

eksemplarer af kommercielt vigtige arter.

2. projekt 1984

8 forskellige rev undersøgt. Sungthong, (1988). Revene dækkede fra 1200 til 45000 kvadratmeter hver, og var placeret på 4-18 m. vand.

Diverse: De anvendte materialer omfattede: bildæk, beton blokke, betonringe, beton rør, sten og træ.

3. projekt, 1985

Rev udlagt over 12 square miles; = 18 kvadratkilometer på dybde 10-15 m (3 delområder.) betonringe + bildæk. Alle konstruktioner dog forsvundet året efter på grund af mangel på viden om konstruktioner.

Formål:

- naturbevaring;
- (obstruktion af ulovligt fiskeri)
- øge kystzonefiskeri og produktion i kystnære fiskeresourcer.
- øge indtægt i small- scale fiskerisamfund
- formindske konflikter mellem small-scale fiskere og kommercielle fiskere.

Resultaterne af revudlægningen i området illustreres med nedenstående CPUE angivelser

Rev	Samlet fangst	Fangst pr. tur
Før revudlægning.	1 746.2 kg.	4.71 kg.
Efter revudlægning	5 562.3 kg.	8.33 kg.

1.6.4.4 Singapore

Aktuelle informationer ikke til rådighed; i 1988 var kunstig rev projekter på planlægningsniveau. På 2 sites planlagt udlagt 50 stk. kubiske beton-gitterblokke; dækkende 60 m² hvert sted. Bildækrev desuden på 2 andre steder; dækkende hvert sted 840 m². (Hsu et al., 1988)

1.6.4.5 Taiwan

Et rev bestående af 80 stk. 1.9 m³ omspændt volumen udlagt på et 900 m² område på 20 meters vand.

et stærkt variabelt (tidsmæssigt) fiskeri over revet. Fiskeriudbytte (CPUE) kraftigt faldende langs transekter (i alle retninger) ud fra rev, formentligt ned til et basalniveau i afstand 250 m. fra rev.

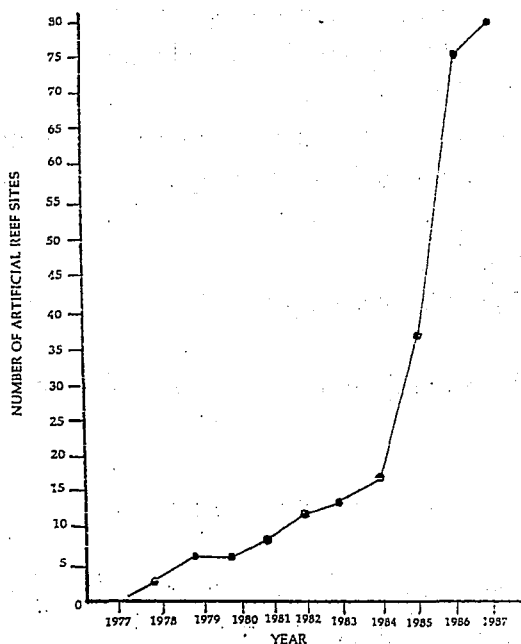
(Lin et al. 1994).

1.6.4.6 Filippinerne

Kunstig revudvikling på Filippinerne har været genstand for en voldsom udvikling, assisteret af et nationalt rådgivningsprogram, og er derfor værd at gå i detaljer med. Filippinerne er et af de lande, hvor der er gjort forsøg på at opstille en national plan for styring og udvikling af kunstig revudviklingen.

Efter institutionalisering og national planlægning to byggeriet af AR voldsom fart. Figur 29 viser udviklingsforløbet i revbyggeriet.

Iflg. Miclat er den almindeligste revkonstruktion bambus-rev eller bildækrev. Et small scale rev består sædvanligvis af 10-15 bildæksmoduler, eller i alt 500 dæk. Ofte kombineres bildæk med bambus.



Figur 29. Miclat, 1989.

Den lokale økonomi bag anlæggelsen af et kunstigt rev ser ud som følger:

Et 254 m² stor revkonstruktion i bambus var indenfor et år koloniseret af 88 arter fisk; heraf 46 med kommerciel værdi. 4 måneders fiskeri (formodentlig svarende til indsats af 1 fisker) indbragte 963.4 kg. fisk; fiskemetoder var gællenet, spyd og liner. Revet kostede i materialer kun 63 US\$, mens værdien af fangsten var 563 US\$. Værdi af arbejde ikke indregnet, da det blev tilvejebragt af lokale fiskersamfund. I en ikke udpræget pengeorienteret økonomi synes anlæggelse af kunstige fiskerev således at være en udmærket erhvervsmæssig disposition.

På eet af de større rev, et 1000 m² bildækrev, (36 dækpyramider) blev der registreret 112 arter; heraf 41 kommercielt vigtige.

Samlet fangst i 13 måneder var 804 kg. til en værdi af 1200 US \$. Samlede konstruktionsomkostninger var 900 US\$.

I korte træk så den Filippinske revpraksis således ud i 1988:

- Revformål: Der var i 1988 kun bygget rev til fiskeri, ikke til genopretning.
- Ejerskabsforhold: Visse private gjorde krav på eneret til revene. Revene blev i disses øjne set som fiskeredskaber, i højere grad end forlængelser af naturlige ressourcer.
- Management ansvar for revene var i visse kommuner ikke helt afklaret.
- Vidensspredning: eksempler på lokale konflikter som følge af mangel på konsensus.

- Site selektion: visse lokale placeringer bør genovervejes på grund af interesseskonflikter med andre aktiviteter (baby trawling; milkfish yngel koncessioner, koraler)
- Teknologi begrænset til bambus og bildæk. Behov for afprøvning af andre materialer. Behov for bedre dykkerviden, og konstruktionsteknik. (kollapsede rev.)
- Funding minimal, især hvad angår dataindsamling.
- Legal status Behov for bedre afklaret legal status af rev.

Af anbefalinger, vedrørende fremtidig revplanlægning, af mere generel værdi, kan nævnes:

- Zonering af de berørte vande bør foretages, med henblik på at eliminere konflikter med andre fiskeriformer.
- Udlægning af rev bør følges op med midler til tilsvarende forskningsaktiviteter.
- Der bør skabes forbindelser mellem regeringsinstitutioner, NGO's og fiskeriforeninger.
- Der bør følges op med et regionalt (ASEAN) informations udvekslingsprogram

1.6.4.7 Malaysia:

Den Malaysiske udvikling af kunstige rev har ligesom den Filippinske været guidet af et statsligt, men mindre ambitiøst planlægnings- og udviklingsprogram. Der ligger også visse naturbeskyttelses-momenter i den Malaysiske planlægning, blandt andet med det specifikke formål at kompensere for nedbrydning af naturlige tropiske koralrev.

Implicerede kommercielle arter omfatter blandt andet hummer, (Per Jahren, pers. oplysning)

Planlægning Plan fra 1984: Intakte koralrevsområder på hovedlandet (halvøen) erklæres beskyttede områder; en forløber til egentlig marinpark-status. Sideløbende hermed en initiering af kunstige rev på den af halvøen, hvor revet har taget skade.

Der er 2 revprogrammer i gang: ét under Department of Fisheries (DOF), med sigte på at beskytte truede bestande af fisk, et andet under Fisheries Development Authority, der tager sigte på at forbedre kystfiskeriets indtægtsmuligheder. (Looi og Thomas, 1991).

En voldsom nedgang i landingerne (55 % i catch rate (~CPUE) accelererede udviklingen af kunstige rev : 65 kunstige rev blev konstrueret i 1987 for 3.4 mio. US\$. FDA-programmet tilføjede yderligere rev, så der i Malaysia i 1987 var udlagt 144 rev.

1.6.4.8 Sydlige stillehav generelt:

Der har været rapporteret om en betydelig FAD udvikling i såstaterne i det sydlige Stillehav. 431 FAD's rapporteret udlagt i regionen af Gates, fordelt på 15 lande (1990. In: Stone et al., 1991).

1.6.4.9 Maldiverne.

Rev til reparation af koralrev beskadiget efter dynamitfiskeri., samt tilkystbeskyttelse I alt (1992) udlagt for US\$ 14 mio. strukturer til kystbeskyttelse på en 1.5 km. langt kystområde ud for Male (hovedstaden på Maldiverne) (Størstedelen af landarealet på Maldiverne ligger meget lavt og kystbeskyttelse er vigtig aktivitet.

Vedtagelse af statsligt program til installering af FADs i 1989. (Stone et al., 1991)
Internationale udviklingsbistands-organisationer (FAO, Verdenbanken og Bread for the World) impliceret.

1.6.4.10 Indien

Mindre revprojekter, fortrinsvis til fremme af artisanalt fiskeri.
Materialer anvendt er bambus og betonfliser.

2 forskningsinstitutioner initierede AR-aktiviteter på Madras kysten. Fra 1986 foranledigede workshops, afholdt i regionen, stor interesse og aktivitet indenfor kunstigt rev-byggeri.
(Stone et al., 1991)

1.6.4.11 Fiji

Hummer (Per Jahren, pers. comm)

1.6.5 SYDAMERIKA

1.6.5.1 Guatemala

(Bortone et al., 1988)

Affaldsrev: biler, metalaffald, m.m, areal 2000 m². Bahia de Amatique, i en forholdsvis lukket bugt på 8 meters vanddybde. (Bortone et al., 1988)

Placeret nær (5 km. fra) udstrakt "grass bed community", primært *Thalassia testudinata*.

1.6.5.2 Costa Rica

Enkelt rev, dybde, 7-10 m. 0.7 km. ud fra kysten ud for Punta Leona. areal : 50x 25 m. 4-5000 dæk. Fiskeadfærdsstudium omkring rev studeret.

(Thorne et al. 1989)

1.6.5.3 Panama

Der er foretaget videnskabelige undersøgelser af dække af epibenthos, og resident fiskefauna på et antal sænkede pramme ud for Panama City. Chandler et al. (1985)

1.6.6 Europa.

Iflg. Jensen et al. (1994) må aktiviteterne vedrørende udlægning af kunstige rev i Europa stadig betegnes som forskning.

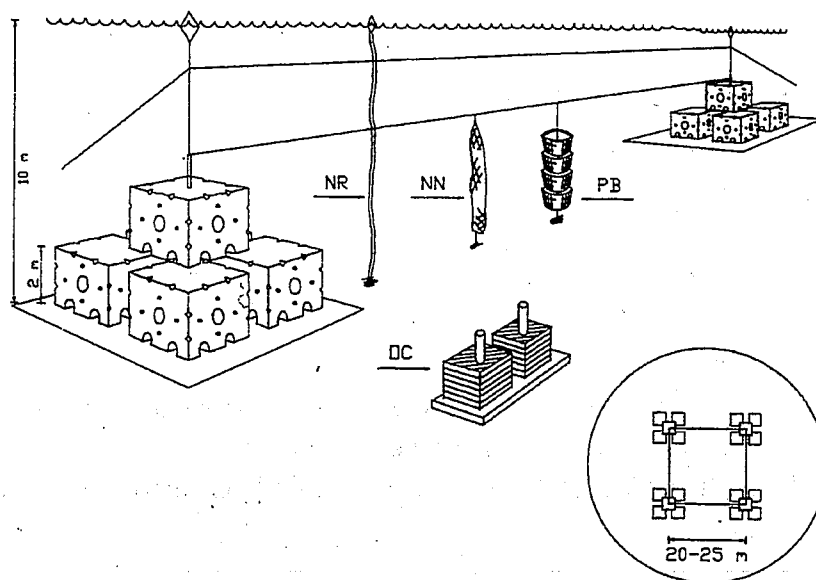
Italien, Frankrig og Spanien er de lande, hvor der har været størst aktiviteter. Af disse er Spanien nu langt det mest aktive land (Jensen et al. 1994) Italien, Spanien Frankrig og Israel interesserer sig især for forbedringsmuligheder af fiskeri efter fisk. Canada, Israel og UK har undersøgt effekt på hummer. (Jensen et al. 1994) Holland, Tyrkiet, Monaco Spanien og Portugal har undersøgt epifauna kolonisation samt potentialer for naturbevaring. En Italiensk forsker association på området eksister (Jensen et al. 1994)

1.6.6.1 Monaco

Meget store betonblokke udlagt som led i habitat-restaureringsprogram. Succes med formering af krebs (*Palinurus vulgaris*) mjslinger og Scorpionfisk, *Scorpaena porcus*).

1.6.6.2 Italien:

34 kunstige rev planlagt udlagt. I 1987 var 7 rev fuldført, 15 var på vej. (Bombace, 1989. In: Stone et al., 1991). Der er i Italien gjort forsøg på at kombinere skaldyrskultur /kunstige fiskerev med kunstig rev med effekt overfor fisk. Nedenstående Figur 30 viser et eksempel på et sådant design. Særlige ophængte undervandsstrukturer, til akvakultur produktion af muslinger og østers.



Figur 30. Stone et al. 1991. Figuren er hentet fra Fabi et al. 1989 og viser 2 betonmoduler for fisk og skaldyrshabitater, med nylon reb (NR), nylon net (NN), østers spat kollektorer (OC) og plastbakker (PB) for musling- og østersdyrkning i kystnære områder af Italiensk Adriaterhav. Indsatte cirkel viser indbyrdes placering af klynger af betonblokke.

For fisks vedkommende var resultaterne i korthed, at der ikke kunne konstateres signifikante øgede fangster (i kg) for nogen af grupperne (benthiske, nekto-benthiske og pelagiske fisk) På 3 af sites var der udtalte øgede talmæssige forekomster af nekto-benthiske fisk. Se side 25 for gennemgang af resultaterne.

1.6.6.3 UK

Enkelte hummerprojekter.

Kolonisering og materialacceptabilitet undersøges.

(Jensen et al. 1994)

1.6.6.4 Frankrig:

Et antal betonblok rev udlagt i Middelhavet i 70'erne og 80'erne (Stone et al., 1991)

Lokaliteter omfatter:

- Beaudoc (> 600 m³), Cote bleue (2500 m³),
- La Ciotat (460 m³). Antitrawling funktion var ønsket af "inshore" fiskere.

Ref: Charbonnel, E. 1990.

- Alpes-Maritimes: str. unævnt. Orienteret primært mod forbedring ; resultater ikke nævnt.
- Languedoc-Roussillon: (Areal: > 6000 m³). Golfe du Lion.

Kommercielt fiskeri undersøgt 16 mdr. før og efter udlægning: Ingen generel stigning i fangsterne. Har medført nedgang i IFREMERS villighed til at investere i området.

Disse værker er siden blevet kritisk reviewet af andre forskere. Nye revarbejder (nye rev!) er blevet initieret i Golfe du Lion, med primært fokus på skaldyrsproduktion.

1.6.6.5 Portugal.

2 programmer:

- Ud for Madeira, Træbåde, gummidæk og gamle biler udlagt. P.T. pågår arbejder på at følge resultaterne.
- Ria formosa, Algarve) Betonblokke. Meget få relevante resultater.

1.6.6.6 Israel:

Hummer (Slipper lobster, *Scyllarides latus*), vigtig kommerciel ressource.

Bildæk, bl.a.. Formål med rev primært forskning

- ud for Haifa; 20 m. vand; groft sand + lavproduktiv klippehabitat. bildæk, FAD's af tovværk. For hummer (slipper lobster, *Scyllarides latus*): konstruktionstype-præferens forsøg. Procent huller optaget. (Spanier et al., 1990) Se endvidere hummerafsnittet.

1.6.6.7 Spanien.

Dannelse af et antal *Reservas Marinas* (Bacallado et al.; 1989)

47 rev er blevet udlagt, hvoraf 4 har dannet grundlag for videnskabelige observationer. (Guillen, J.E. et al. 1994, Moreno: 1994)

Anti - trawling rev til beskyttelse af *Posidonia oceanica* meadows. (for eksempel ved de Baleariske øer i det vestlige Middelhav.

Eksempler:

- El Campello: anti trawling foranstaltning (mod nedslidning af *Posidonia* - meadows) (betydelig økologisk værdi i opvækstbeskyttelse).

Et areal på i alt 5.4 km² *Posidonia* areal er beskyttet, hvoraf 45 % var dækket af *Posidonia* forinden. Ingen videre resultater dokumenteret, men trawl-aktiviteten er helt ophørt indenfor området.

- Tabarca Island. Også til beskyttelse af havgræs-enge. (sea-grass meadows). En række oceanografiske parametre undersøgt, fiske populationer, plankton populationer, sea grass recovery. (ingen resultater nævnt i referencen).
- Galicia, ria de Arousa. 2 års kunstigt rev- program fra august. 1993. Væsentligst et videns-genererende projekt: dybde, eksponering, organisk materiale-niveau'er. 2 rev udlagt: de ene på 20 meter, det andet på 12 m. s dybde.

- Mallorca (eg. Baleariske øer: M, Minorca og Ibiza. Antitrawling foranstaltning, *Posidonia* områder. (Moreno et al., 1994)

2 typer, begge beton, bygget til formålet (ikke affald) (Moreno et al., 1994)

- Kanariske øer. (Bortone et al. 1994)

Lille forskningsprojekt: Undersøgelse af effektivitet af rev, FAD's og kombinationen af rev + FAD til opnåelse af øgede bestande af fisk.

Rev: Cinderblokke, 20 x 20 x 40 cm. Udlagt i løse, lave bunker, 100 stk. ;

FAD's: kommercielt produkt: som et "tennisnet", udspændt i vandet.

1.6.6.8 Norge:

1 forsøgsprojekt realiseret i Lofoten, 2 yderligere under vejs. (Hummer) (ref. Arne Møller/ Per Jahren 1997 Pers. comm)

1.6.6.9 Tyskland

Forsøg med materialkvaliteter til kunstigt rev. (flodbredsførstærkninger), ovnslagger. (blast furnace)

1.6.6.10 Holland.

Fra september 1992 1 forsøg med kunstige revudlæggelser.

Stadigt stigende biomasse og diversitet på revet. Monitorering vil fortsætte indtil 1997.

1.6.6.11 Finland.

Et p.t. teoretisk program, knyttet til Russiske programmer til reduktion af problemer med eutrofieringskontrol af akvakultur. Der eksperimenteres med substrater der egner sig til opvækst af filamentøse alger, og rekruttering, vækst rate og næringsoptagelses-effektivitet monitoreres.

System massebalancer og brug af biomasse som foder bliver undersøgt. Programmet løber indtil 1997.

1.6.6.12 Polen, Rusland og Finland

Polen, Rusland og Finland interesserer sig for rev til rensning af vand i forbindelse med akvakulturaktiviteter. (Jensen et al. 1994)

1.6.7 Australien

Sydaustralien: stort projekt med brug af gamle bildæk (1992). (Jensen et al., 1994)

Generelt har Australien anvendt forhåndenværende materialer, og formålet har været rekreative (fiskeri og SCUBA)

1.6.8 Arabiske lande

1.6.8.1 Kuwait

3 mindre bildæksrev udlagt på 10 meters vand ud for den Kuwaitiske kyst i 1981. Effekt af høj- og lavprofil udlægninger på artsrigdom af fisk undersøgt.

1.7 Cases.

De 3 cases, der er omtalt i denne sektion, er et kort referat af kunstig rev projekter med god dokumentation af produktionseffekter og samtidig indikation af egentlig produktionsresultater, snarere koncentrationseffekter.

Der er i disse projekter ikke nødvendigvis lagt vægt på at produktionen skal kunne dokumenteres på fiskeriøkonomisk niveau - det vil sige hvorvidt udlægning af kunstige rev alt i alt er en sund erhvervsmæssig disposition, men disse projekter dokumenterer på tilstrækkeligt sikkert grundlag, at kunstig rev projekter *kan* være associeret med egentlig produktion af fisk.

1.7.1 Red snapper på kunstige rev i Alabama

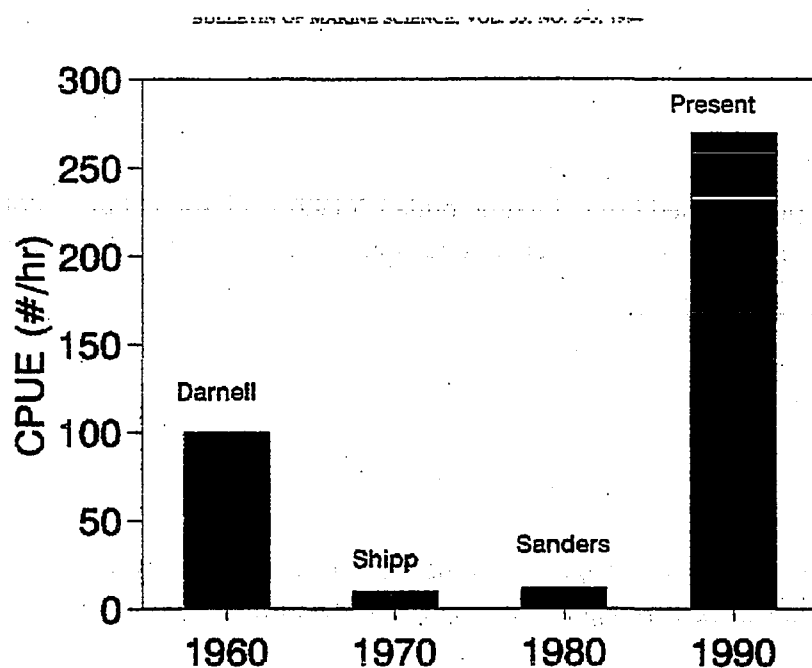
Eksemplet er en gennemgang af et arbejde af Szedlmayer og Shipp, (1994), der dokumenterede effekten på snapper fiskeriet (lystfiskeri) af udlægningen af mere end 6000 kunstige rev (tallet baseret på udstedte tilladelser); de fleste heraf er affaldsmaterialer bilder, olieplatforme, både etc.

Target species var Red snapper, *Lutjanus campechanus*, og udgangspunktet var observationen af at fangsterne i revområdet er forblevet høje på trods af betydelig generel nedgang i områderne omkring Alabama. Fiskerifangsterne er primært rekreativt fiskeri; i 1990 var fangsterne mere end 600 000 pund; over 1/3 af de samlede US fangster i den mexikanske golf.

En anden snapper, *L. synagris* blev ligeledes inddraget i undersøgelsen.

CPUE (Catch per unit effort) er blevet undersøgt i 1960, 1970 1980 nu i 1990.

Viser stigende trend - se men med lavere værdier i de 2 mellemliggende undersøgelser, så resultaterne skal vurderes lidt mere detaljeret.



Figur 31. Szedlmayer og Ship, 1994. Catch per unit effort (antal per time) af red snapper ved lystfiskeri; undersøgelser udført i 4 forskellige 10-år.

Den største aktivitet i revudlægningen skete i 1980'erne, så resultatet på CPUE, der fremgår af Figur 31, er i overensstemmelse med dette.

Specielt hvis man giver et passende forsinkelse til opbygningen af bestanden, viser de forholdsvis høje CPUE i 60'erne formentlig effekten af udlægningen af bilkarosserier i 50'erne, mens de nuværende høje fangsttal er afspejlingen af revudlægningen i 80'erne. Et spørgsmål er, hvorfor fangsterne atter går ned nogen tid efter udlægningen i 60'erne. Szedlmayer og Skip giver ingen forslag til forklaring på dette men man regner med at bilkarosserier kan bliver nedbrudt på 3-5 år, og dette kan meget vel være forklaringen på den midlertidige effekt af udlægningen.

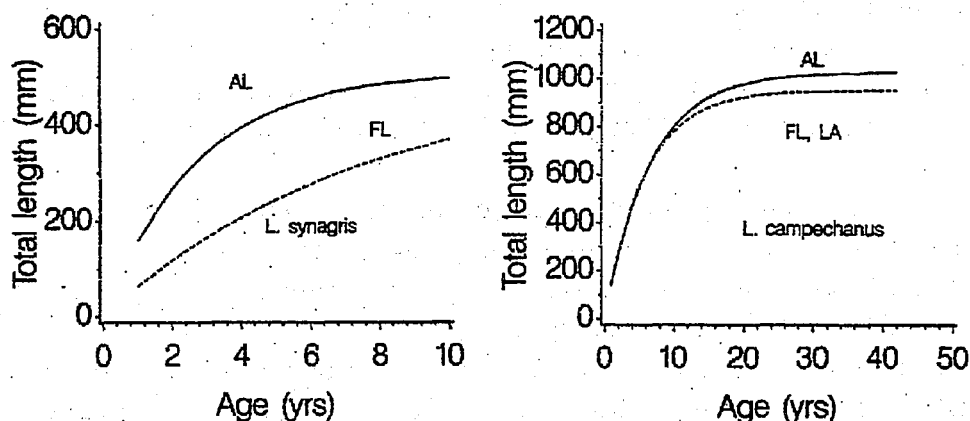
Stærke data (baseret på tagging) viser, at fisken bliver meget tæt på udsætningsstedet, og derfor er en meget resident art. Langt den største del af genfangsterne (76 %) var

taget indenfor 2 km. fra udsætningsstedet, og der var ingen sammenhæng mellem tid efter udsætning og vandringslængde. d.v.s. ingen drift af bestanden.

Vækst (af udsatte, genfangne fisk) viste god overensstemmelse med opsat von Bertalanffy vækstmodel (ørestens-analyser), 1. gang fanget fisk. D.v.s. man kan antage, at den genudsatte fisk har haft det godt, og ikke taget skade af mærkningen. Også bekræftet af et hold mærkede fisk, holdt i akvarier for at checke eventuel mortalitet og infektionsfølger af mærkningen. (intet observeret). Væksten i fiskene fra Alabamaområdet blev sammenlignet med tilsvarende Florida - tal. Væksten i specielt *L. synagris* var betydeligt højere i Alabama end Florida. (von Bertalanffy's model i begge tilfælde). Også for *L. campechanus* var væksten højere i de ældre fisk.

Se Figur 32

Dette kan i korthed summeres til, at der er tale om en isoleret og standfast bestand af snapper på revområdet; at dens vækst indikerer, at den er i samme eller bedre stand end tilsvarende kendte bestande, og at den øgede CPUE der følger revudlægningerne, derfor kan tilskrives en øget produktion i området.



Figur 32. Szedlmayer og Skip, 1994. Venstre: *L. synagris*. Von Bertalanffy model af vækst for Alabama og Florida sites. Højre: *L. campechanus*. Von Bertalanffy vækstmodel for Alabama site og for Florida og Louisiana sites.

1.7.2 Blæksprutter på Hokaido, Japan.

(Polovina et al., 1989)

Projektet er et erhvervsfiskeri-orienteret projekt på et 27 km. kystlinje-område ud for landsbyen Shimamaki på sydvestlige side af Hokaido, Japan.

Revene befiskes af små (<10 ton) både med krogliner, langliner og gill-nets. Ingen større trawlere i området.

Revudlægningen bestod af et stort revområde med 36, 614 betoncylindre med et samlet indeholdt volumen på 40766 m³ på den vestlige banke, der omfatter 15 km. af kystlinjen. Udlagt over en periode fra 1960-76, samt igen i 76-79.

Desuden et lille revområde, bestående af 6812 cylindriske moduler med et indeholdt volumen på i alt 8645 m³, udlagt på østlige banke, svarende til resterende 12 km. af kystlinjen. Der er ingen angivelser af udstrækningen af deponeringsarealerne. Udlagt fra 1963-1975, og igen fra 77-85.

Target species var Stillehavsblæksprutte, *Octopus dofleini*, diverse fladfisk: bastard halibut, *Paralichthys loivaceus*, pointhead flounder, *Cleithrogenes pinetorum* Herzensstein; smallmouth sole, *Limanda herzensteini*, flathead flounder, *Hippoglossoides dubius*.

Enhver ændring mellem de 2 områder i CPUE og aktuelle fangster og som kan relateres til forskellen i udstrækning af de 2 rev, er derfor sandsynligvis direkte forårsaget af rev-installationerne. Man må således antage, at der ikke er nærtliggende betydende fiskebanker, der kan have influeret resultaterne.

Resultater: Fangststatikker for blæksprutter tilgængelige fra 1942 til 1985. Der indgår *estimer* af skibstonnage fra 1965 til 1984 til opsætning af CPUE udtrykkene. Det blev undersøgt, om tilvæksten i fiskeri på revene skyldtes attraktion eller produktion gennem opsætning og test af 2 modeller for disse mekanismer, kaldet *aggregering* og *enhancement*. I begge modeller var størrelsen af revet den fri variabel.

Modeller opsat som tidsserie-modeller idet revvolumen varierer over tid, og relaterer lineært stigninger i rev-volumen til stigninger i fangst. Denne parameter kaldet, B findes for blæksprutter for CPUE at svare til 4×10^{-5} , svarende til en 4 % øgning i fangst pr. båd for en 1000 m³ revvolumen øgning.

Estimatet på B giver ved indsætning i ligningerne for absolut fangst en fangstøgning pr. m³ udlagt revvolumen på 0.018 kg/ton fiskebåds tonnage, (der i dette tilfælde er estimeret til ca. 100 ton for perioden, altså 1.8 kg. pr m³ revenhed udlagt.

For fladfisk kunne der ikke opstilles statistisk signifikante (P<0.1) modeller for fladfisk, p.gr. af for stor variation,

1.7.3 Samlet fiskeproduktion på stenrev, La Jolla, Californien.

Johnson et al. 1994.

Johnson et al. estimerede den samlede produktion af 11 arter af stenrevsfisk over den 7 måneder lange vækstsæson på et lille kunstigt stenrev på 0.18 ha på Torrey Pines Artificial Reef, (TPAR) ud for La Jolla, Californien.

Fiskene udgjorde en betydelig del af den samlede fiskebestand på revet.

Den somatiske vækst blev målt ved hjælp af mærkning-genfangster, størrelses fordelinger og ved hjælp af kendte værdier af for Produktion/biomasse. Også produktionen af kønsprodukter blev inkluderet på grundlag af litteraturværdier. Den samlede produktion af de 11 arter af revfisk blev for hele revet på 116.5 kg/år, eller 649 kg/ha/år.

Dette kunne sammenlignes med et produktionstal opnået ved forsøgsfiskeri for sandbunds fisk fra et nærliggende sandbundsområde. Dette produktions-estimat var på 73 kg/ha/år. Det niveau, produktionsforøgelsen hermed kan bekræftes på, er, de 11 betydende fiskearter på det kunstige rev havde en samlet produktion, der var næsten 10 gange højere, en fiskeagregaterne kunne forventes at ville have haft. Det kan derimod ikke afgøres, hvad ville have været den alternative økologiske betydning af de føderesourcer, de 649 kg. fiskeproduktion pr. ha. var baseret på.

Hvis fiskene hentede deres føde fra omgivelserne, er det muligt de 649 kg. ikke repræsenterede reel produktion af fisk.

For at kunne fastslå, om denne produktionsforøgelse var baseret på fødeemner, der hovedsagen var afledt fra revet, blev der udført maveundersøgelser på targetfisk, og lavet en potentiel fødudbudliste for henholdsvis rev, ecoton og sandbund omkring revet. På grundlag af fordelingen af fødeemner i target fiskenes maver, kunne der etableres en sandsynlig fordeling af oprindelsen af targetfiskenes føde.

Resultaterne for 9 targetfisk er vist i fig. Figur 16, og det fremgår heraf, at de 8 af fiskene hentede fra 40 til 70 % af deres føde fra selve revet.

Det kan dermed konkluderes, at den føde, fiskene omsætter til vækst primært var afledt fra revet, og at der dermed er tale om egentlig produktion af fisk, som ikke ville have været resulteret andetsteds omgivelserne.

1.8 Samfundsmæssig rolle af kunstige rev.

Motivationen for at bygge kunstige rev er oprindelig at de skulle fungere som *fiskeredskaber*, d.v.s. som anlæg, der på sundt erhvervmæssigt grundlag skal give udbytter i form af fisk.

Der er ikke noget bæredygtigheds-kriterie i den definition - hvorvidt fisken stammer fra koncentration af eksisterende ressourcer eller er egentlig ny produktion er en senere tilkommen betragtning, men det forekommer vel rimeligt at antage, at de tidlige fiskeribiologiske foregangsmænd på området ud fra forventning om habitatbegrænsninger har haft grund til at forvente at udbyttet på revene har repræsenteret ny produktion. Kunstige rev er et nyopdaget redskab i den vestlige verden; og efter en introduktionsperiode, hvor manglen på dokumentation hverken har kunnet dæmpe entusiasmen i revudlægnings-programmerne (primært amerikanske forhold!) eller de optimistiske forventninger til resultaterne af revdeponering, er "den vestlige marinibiologiske offentlighed" nu nærmere inde i en meget kritisk fase, hvor manglen på dokumentation af resultaterne fremhæves snarere end mulighederne. (Seaman og Sprague, 1991, Bohnsack et al. 1991, Milon, 1991)

Bæredygtigheds-debatten i 80'erne og en stigende bevidsthed om at det ikke er svært at nedfiske ressourcerne i havet, har også sat fokus på bæredygtigheden af kunstige rev, hvor spørgsmålet om koncentration kontra egentlig produktion er kommet til som et yderligere kriterium for beslutningen om at anlægge revene.

Dette har ført til en tilsyneladende endeløs praksis med at referere til denne problematik som en væsentlig begrundelse for at initiere forskningsprojekter - og derfor forekommer der konsekvent referencer til denne problematik i indledningen af rapporterne, uden at rapporterne dog kan siges at have bidraget i væsentligt omfang til belysningen af spørgsmålet.

En anden tendens som følge af ovennævnte bæredygtigheds-udvikling er at se på, hvorvidt der kunne være andre fordele forbundet med deponering af kunstige rev, selv under den antagelse, at de kun resulterede i koncentration af fisk. Resultatet af dette er konceptet om kunstige rev som et *fisheries management tool*, et fiskeriforvaltnings-redskab.

I dette koncept fokuseres der på at der ved deponering af kunstige rev opstår mulighed for at allokere fiskeresourcer til bestemte regionale samfund og brugergrupper, at foretage mere målrettet beskyttelse af fiskeresourcer, foretage bestandspleje i form af udsætninger, lokalisere og sætte ind overfor bestemte flaskehalse i rekrutteringen, spare brændstofressourcer i fiskeriet, give kystnære fiskersamfund med mindre industrialiseringsgrad af fiskeriet adgang til fiskeresourcer, kvalitetsforbedringer via kortere landingsveje etc., en lang række af potentielle effekter af deponering af kunstige rev, som ikke nødvendigvis er af fiskeribiologisk art. Der er varierende opfattelser af, hvad der ligger i udtrykket kan findes. Om "Fisheries Management Tool"; TCC Artificial Reef Subcommittee, 1995). Se nærmere om amerikansk konsensus indenfor kunstig revområdet side 125.

Kunstige rev betragtes som "fishery management tool" på grundlag af opfyldelse af mindst én af 2 funktioner:

- sanktuarium for gydebestande eller juvenile
- reducerer driftsomkostningerne for fiskerne.

(Haughton og Aiken, 1989)

Ud over disse muligheder er det forfatteren af nærværende rapports opfattelse, at kunstige rev kan være associeret med muligheder for at påvirke fiskebestandenes økologi, og dermed den artssammensætning, der resulterer af fiskeriet.

Det er givet en fiskeribiologisk særdeles krævende opgave at dokumentere sådanne økologiske konsekvenser på empirisk grundlag - et nærliggende redskab hertil er den såkaldte ECOPATH model, der er en økologisk regnemodel for økologisk struktur af det marine fødekædenet i et afgrænset rum - og kunne bruges til dokumentere fødekæde-relaterede effekter i et system, før og efter deponeringen af et kunstigt rev.

Der kan findes gode eksempler, der dokumenterer flytning af ressourcer fra én brugergruppe til en anden, eksempelvis fra Thailand, hvor udlægning af kunstige rev flyttede en ressource fra trawlere til småbådsfiskere (Sinanuwong, 1988)

Den japanske praksis i vid udstrækning retfærdiggjort af et politisk ønske om at tilføre fiskeresourcer til det kystnære fiskeri (Yamane, 1989) (Polovina, 1997, pers. komm).

1.8.1 Administrativ praksis

1.8.2 Planlægning, teoretiske koncepter.

Forvaltningspolitik bygger på 3 niveauer af koncepter:

- juridiske koncepter
- fordelingsprincipper
- redskaber til at gennemføre fordeling

Forudsætninger for engagement - statsligt eller privat - i kunstige rev, er at der er etableret en passende legal status for deres anvendelse.

I følge Eckert, 1979. mfl. (In (Stone et al., 1991) forekommer der 3 typer rettigheder til kystzonen:

- "Tenurial rights" titulær anvendelsesrettigheder hos individer og grupper til kystzonen, herunder myndighed til at afgøre, hvem og hvorledes der skal opereres indenfor en given zone. "Full tenurial rights" er i vid udstrækning praksis i Japan, hvor fiskekooperativer har ret til at oprøbere efter egen forvaltning. Et andet eksempel er Mexico, hvor fiskekooperativer har eksklusivitet på et antal marine ressourcer (arter), herunder langustere. Kooperativerne regulerer selv fiskeriet, og drager i fællesskab forholdsregler for at sikre rekrutteringen til ressourcerne. (Briones et al. 1994).
- "De facto tenurial rights" hævde princip. Gælder f.eks. i Filippinerne og Indonesien.

- EEZ.

Givet, at der er etableret et system for lov og ret på området, er det næste behov, at der er etableret et forvaltningsprincip.

Der er flere forskellige principper for forvaltning af fiskeressourcerne:

Der nævnes i Samples (1989):

1) "Incremental approach":

Nye ressourcer skal tildeles den brugergruppe, hvori de giver den højeste nettoyndelse⁹.
 "highest value use should receive (given previous allocations) each additional fish".

Man kan beskrive fordelingspolitikken som en art auktion, hvor brugergrupper "byder" på en nyttilkommen ressource, og en central myndighed tildeler ressourcen til den brugergruppe, hvori den generer den højeste værdi. Hvis værdien af en yderligere fangst i det kommercielt fiskeri's værditilvækst er meget udbuds-følsom, kan en optimal strategi være først at tildele det kommercielle fiskeri den pulje, der ikke udløser fald i markedspriser, og så allokere resten til lystfiskeri.

2) "Optimale bæredygtige fiskeri"

Det alternative fordelingsprincip er, at udbyttet ved en udnyttelse af en given ressource skal ses i forhold til den maksimale bæredygtige udnyttelsesgrad af ressourcen. I modsætning til det første princip, er hensigten ikke at sikre størst nettoværdi af fiskeressourcerne, men at sikre langtids-stabil høj ressourceudnyttelse.

Der anbefales vurdering af effekter på andre brugergrupperes Sustained CPUE's, når effekten af en installation på en given brugergruppe skal vurderes. (Samples, 1989)

Til at realisere fordelingspolitikken findes der 4 typer redskaber

- 1) Selektiv adgang til revene
- 2) Redskabs- og fangstrestriktioner
- 3) Temporal adskillelse af brugergrupper/brugere
- 4) Rummelig adskillelse af brugere

(Samples, 1989)

Som kommentarer til ovenstående fordelingsredskaber og værdifastsættelses-principper kan måske medtages, at Samples også kan have end tendens til bekymring over for den lokale effektivitet af fiskeattraktions-anlæg: Indikation af at kommercielle line-både fisker omkring FAD's og kan tage hele stimer af f.eks. skipjacks fra omkring en FAD. Fangster falder dermed til 0 omkring en bestemt FAD indtil nye stimer dannes. (Samples, 1989).

"De stærkes ret" behøver ikke kun at være noget, industrielle grupper underkaster småfiskere: Intenst lystfiskeri omkring kunstige rev (Florida, South Carolina) har

⁹ Værdien af lystfiskeri vurderes som direkte afhængig af catch-rate; og dermed positivt relateret catch-rate til størrelsen af stående bestand. (Samples, 1989)

afhold kommercielle fiskere fra at befiske revene. (Buchanan, et al. 1974; Schug, 1978. In: Samples, 1989).

Seaman og Sprague, (1991) anfører, at der i dag intetsteds i verden findes en grundlæggende opstilling af koncepter eller vejledninger i planlægning af kunstige rev, og fremholder den japanske og amerikanske nationale revplan som de eneste kilder til grundlæggende information af denne art.

Seaman og Sprague opsætter en ideel sekvens af begivenheder fra planlægning til effektmonitoring, Se Figur 33, nedenfor.



Figur 33, Seaman og Sprague, 1991. Denne administrative model synes måske i en dansk (veladministreret) tradition forholdsvis indlysende, og samtidig forudsætter den også eksistensen af den teoretiske økologiske viden om revhabitat og effekter på fiskebestandene for at kunne fungere hensigtsmæssigt.

Så det kan påpeges, at det mest akutte behov stadig er en konsensus eller etableret myndighedsholdning - den være sig så data underbygget, som det er muligt - vedrørende fiskebiologiske og fiskeriologiske effekter af kunstige rev.

Det kan eksemplificeres fra modellen i Figur 33: definition af formål og brugere i kasse 1 kan kun rent arbitrært føres videre til kasse 2, hvis der ikke eksisterer brugbare formaliserede funktionelle relationer den anden vej, d.v.s. mellem design, site parametre m.m. og forventet resultater på fiskebestande, fiskeriudbytter m.v.

Et aktuelt billede, d.v.s. baseret på information fra 90'erne, af den forvaltningsmæssige status af kunstige rev, viser at der globalt er administrativ interesse i kunstige rev på 3 områder:

Formål med udlægning af kunstigt rev	Referencehyppighed (subjektivt skøn)
Som redskab til fiskeriforvaltning	***
Som redskab til naturgenopretning	**
Som redskab til at forøge fiskeriudbytte	*

1.8.3 Rekreativt fiskeri.

En danske tradition er noget fremmed overfor voldsomme hensyn til rekreativt fiskeri.

Buckley angiver, at kunstige rev i Puget Sound er opført som led i "urban recreational fishery program". (Buckley, 1986)

Nærhed af fiskepladser til storby samfund var een af de grunde til etablering af kunstige rev, der ofte optræder. Afhjælpning af marine miljøpåvirkninger en anden (ex. erstatnings gydeområde for pacific herring (*Clupea harengus passasi*) i det nordvestlige stillehavsområde, ved etablering af algebevoksede kunstige rev på meget lavt vand.

1.8.4 Fisheries management.

Buckley (1986) anfører, at der for hvert af de 11 rev, der er opført i Puget Sound området, er udfærdiget specifik fiskerimanagement strategi. Revne monitoreres efter "strip sensus teknikken, (Brock 1954. In: Buckley, (1986) for at konstatere, hvornår revene har opnået en evne til at bære fiskeri. Det anføres, at bæreevnen kan efterprøves eksperimentelt ved forsøgsfiskeri + rekoloniserings-monitoring. (men det nævnes ikke, om det i alle tilfældene har været gjort. Der fjernes ved harpunering en fastsat procentdel af de vigtigste arter. Revene er rettet mod lystfiskere, og er markerede med særlige bøjler.

Der foretages udbyttmålinger på revene både for at følge selve nytteværdien af revene og for at konstatere, om det teoretiske udbytte rent faktisk realiseres. (Buckley, 1986)

1.8.5 Nationalplaner.

Nationale planer for AR udlægning i adskillige lande: Japan, USA, Thailand, Indien, Taiwan, Malaysia, Australien og de sydlige stillehavsøer.

Det pointeres, at der er stor forskel på nationale planer og nationale programmer: mens Japan anvender milliarder af yen hvert år på national tilskud til revudlægning, har USA en rev-plan, men brugen af statslige midler er minimal. (Stone et al., 1991)

Tabel 15 (White, 1991) sammenligner de 6 Asean - landes management strategier på området.

Beskyttelse af koralrev i mange sydøstlige lande (Brunei, Malaysia, Filippinerne, Thailand, Singapore) omfatter på nuværende tidspunkt forskellig grader af regulering af human aktivitet med indflydelse på revene (industri, urbanisme, turisme, artisanalt fiskeri, destruktivt fiskeri), administrativt gennem udlægning af kystnære områder til marin parker (White, 1991), men ikke i kendt omfang endnu reparation / kunstige revkonstruktioner.

Table 1. Comparison of coral reef management issues among the five ASEAN/US CRMP sites.

	B	M	P	S	T
Fishing					
Blasting	X	X	X		X
Poison			X		
Overfishing			X		X
Anchors	X				X
Shoreline or upland development					
Land reclamation/sedimentation				X	
Deforestation/sedimentation		X	X		X
Mining/sedimentation			X		
Unregulated building		X			X
Waste disposal		X			X
Recreation					
Anchors	X	X		X	X
Collecting/spearfishing		X	X	X	X
Information/Institutional					
Low public awareness	X		X	X	X
Poor law enforcement			X		X
Cultural erosion			X		
Low priority in policy	X			X	
Economic					
Low income			X		
Lack of alternatives			X		

B = Brunei Darussalam
 M = Malaysia
 P = Philippines
 S = Singapore
 T = Thailand

Tabel 15. White, 1991.

Et land som Sri Lanka har en høj udnyttelse af de omliggende koralrev, og koralrevsfiskeri tilvejebringer omkring 15 % af de landede fangster. Fisk udgør over 65 % af befolkningens animalske proteinindtag. Koralrevene er basis for flere erhvervs mæssige aktiviteter: turisme, udvinding af kalksten, fiskeri efter prydfisk. Hvis den industrielle udvikling fortsætter, vil koralrevene i de berørte områder være kraftigt decimeret i løbet af en kort årrække. (Rajasuriya et al. 1995)

I 1994 blev der indført forbud mod kystzone minering; der eksisterer et par beskyttede rev - områder, hvor destruktiv aktiviteter er forbudt.

1.8.6 Kompensationsprincippet

Kompensation for "man-caused loss of rocky habitats in Puget Sound, Washington (Hueckel et al., 1989). Udfører: Seattle havn; kompensation for 2.83 ha klippekyst, der blev anvendt til opfyldningsformål. Mål med revet var på grund af denne foranledning, at skabe et miljø med værdifulde fisk af et omfang, mindst på niveau med det tabte. Der blev lavet rev i form af af 14 bunker af klippeblokke, à 615 m², i alt 8.6 ha.

Resultat var på det site, revet blev konstrueret, samt på 3 andre rev, der var blevet i området, at tætheden af indikatorfisk (klippekystrfisk) i det 2. år lå mellem 1.5 og 1.8 x tætheden på det område, revene skulle kompensere for. På det aktuelle område steg tætheden af rev-indikator fiskearter 3 gange. Dette dokumenterer at der:

- er opnået en reel habitatforbedring på lokaliteten
- at denne habitatsforbedring er stor nok til at kompensere for habitattab ved opfyldningen.

Netop i denne situation kommer man uden om attraktions-produktionsdilemma'et: ved tab af kompleks habitat kan det dokumenteres ved simple surveys, at erstatningshabitat er tilvejebragt, og det eventuelle "produktionsgevinst"-faktor bliver elimineret i regnestykket.

1.8.7 Træk af planlægningen i enkelte lande

Der skal nedenfor gennemgås nogle konkrete aspekter af kunstig revpolitikken i - herunder hovedsageligt, hvorledes de enkelte landes myndigheder assisterer/kontrollerer sektoren.

1.8.7.1 Japan

I Japan ligger statsstøtten til kunstig rev bygning i regi af Fisheries Agency (Grove et al. 1989)

1.8.7.1.1 Statsstøtte

Nedenstående Tabel 17 er en oversigt over de samlede japanske statsstøtte til byggeri af kunstige rev siden aktiviteterne begyndte i 50'erne.

Disse midler brugt til projekter i form af 30-50 % støtte. For 1994 udgør investeringerne samlet ca. 7 mia. Dkr. Mindste projekter i ordren 2-4 mio. Dkr.

Den statslig støtte: max. 70 % af samlede projektomkostninger
i praksis 60 % af meget store rev.
50 % af normal størrelse rev.

Den første fase af Japansk statsstøttet revbyggeri faldt i perioden 1952-70, hvor der brugtes 33 mio. US\$ (Stone 1991) Siden har der etableret sig et princip med 6-års programmer.

3 programmer (6 års planer), for denne periode blev udført:

	1: 1976-81	2: 1982-87	3: 1988-94
budget, mia yen	200 mia. yen	400 mia	480 mia
mio. US \$ (303 ¥/\$)	660	1320	1584
areal berørt, km ²	779	1257	
Andel af fiskebanker (kystnære)		9.3 % (af banker < 200 m. dybe)	
Antal projekter	3409	3902	

Tabel 16 (kompileret fra Yamane, 1989 og Jensen et al. 1994.)

1 fiskebanke kan lavet for 3-4 mio. US\$. Dette svarer til ca. 20 gange størrelsen for "normale" AR.

(Stone et al. 1991)

I 1990 var omkostningerne ved udlægning af 50 000 m³ rev 327 000 US\$

1.8.7.1.2 Planlægning og udførelse

Coastal Fishing Ground Development Act, meget ambitiøst program med det formål at skabe egentlige nye fiskebanker, på områder, hvor der ikke tidligere kunne fiskes.

Der var følgelig tendens til at favorisere meget store projekterne. Nedenstående Tabel 17 er viser aktiviteterne i de 2 6-års planer, opdelt på enkelte år

Fiscal year	Construction costs (\$ million)	Reef volume (1,000 m ³)
1976	27.3	410
77	52.0	780
78	75.3	1,130
79	92.0	1 380
80	97.3	1 460
1981	100.7	1,510
82	102.7	1,540
83	106.7	1 600
84	114.0	1,765
1986	126.7	1900
87	130.7	1960
Total	1,135.4	17,030
Averag e	94.6	1.419

Tabel 17 (Grove et al. 1989)

Det skal bemærkes, at tallene i Tabel 17 ikke stemmer helt overens ved krydsrevideres med andre oplysninger.

I 1988 alene: 150 mio. US\$. (Jensen et al. 1994), svarende til konstruktion af 2.2 mio. m³ revstrukturer.

Stone et al. (1991) anfører 700 mia. yen for de 2 første 6-års planer samlet.

Der brugtes (1989) omkring 10 mio. US\$ årligt på rev. (Polovina og Sakai, 1989.)

1.8.7.1.3 Politiske formål

Den japanske støttepolitik sigter primært mod at fremme kystfiskeri generelt, samt fremme bestande af høj-værdi fisk. Rekreativt fiskeri og turisme er også vigtige aspekter.

Politiske mål bag høje statslige investeringer i rev (tilskud) og forskning i revfunktion er motiveret med forureningsproblematik og fiskerirestriktioner, spec. i kraft af nabolandene ekspansive EEC politik.

Der regnes officielt med en fangstforøgelse på 16-20 kg. /m³ rev udlagt (Sato, 1985, In: (Polovina og Sakai, 1989), men beløbets eksakte størrelse er ikke dokumenteret.

1.8.7.1.4 Planlægning

Planlægning Coastal Fishing ground Development Act i 1974 havde i 1988 affødt flere tusind kunstigt rev projekter

Fisheries Agency har udgivet (via et halvoffentligt institut, "Japan Coastal Fisheries Promotion Association" 2 guides med vejledninger i konstruktion af kunstige rev.

"Structural design guide", 1984, samt "Planning Guide" i 1986. Disse rummer krav til design af fysiske strukturer, der skal opfyldes for at revet kan opnå statsstøtte. (Grove et al. 1989).

Fisheries Agency certificerer de enkelte revmoduler, der må anvendes til statsstøttede rev.

1.8.7.2 USA

1.8.7.3 Offentlige organer:

1.8.7.3.1 Universiteter

Mange universiteter, både i USA og andre lande, udfører praktisk forskning i kunstige rev.

1.8.7.3.2 Regeringsinstitutioner i plansektoren:

- Atlantic States Marine Fisheries Commission (ASMFC) herunder Artificial Reef Advisory Committee.
- Gulf States Marine Fisheries Commission
- National Marine Fisheries Service, (NMFS) (Department of Commerce).
- Artificial Reef Development Center, Sport Fishing Institute, 10010 Massachusetts Avenue, Suite 100, Washington DC, 20001; (202) 989-0770.
- California Department of Fish and Game (Stone, 1978)
- Division of Fish and Game of Hawaii Department of Land and Natural Resources (Stone, 1978)
- Alabama Department of Conservation (Stone, 1978)
- Texas Parks and Wildlife Department (Stone, 1978)
- South Carolina Wildlife Resources Department (Stone, 1978)
- Artificial Reef Development Center Sport Fishing Institute (Washington DC),
- Washington Department of Fisheries (urban recreational fishery enhancement program) (Buckley)

Kommentarer til ovenstående institutioner:

NMFS var den organisation, der udarbejdede den ofte citerede "National Plan". (ansvarlig for udarbejdelsen: Dick Stone, NMFS Head quarter).

NMFS begyndte forskning i AR i 1966. Indtil da meget lidt videnskabelig information om kunstige rev. Formålet var at etablere et antal eksperimentelle rev ved Atlanterhavskysten. Formålet var at belyse følgende:

- hvilke typer materialer, kunne anvendes,
- omkostninger ved revbyggeri,
- hvorledes kunne revene bruges til fiskeriforvaltningen, og
- hvilke typer rev var mest effektive.

Washington Department of Fisheries udført byggeri af 12 Kunstige rev (9 fiskerev for bådfiskere + 3 offentlige fiskemoler. (Buckley, 1986).

Disse aktiviteter har affødt lokale aktiviteter i mindre skala.

1.8.7.3.3 Offentlige, udførende institutioner:

United States Army Corps of Engineers (USACE) (Foster et al., 1994. #21)

Opgaver i forbindelse med kunstige rev: "in-kind mitigation" for konstruktion af "diked, dredged material disposal area", der fyldte nogle vådområder op.

(Stone, 1978)

10 rev blev bygget og der blev ydet assistance og rådgivning til bygning af mange flere.

Kun 2 rev blev dog underkastet egentlig forskning:

- 1) I South Carolina, ud for Murrells Inlet,
- 2) Lille tire- and patch reef ud for Biscayne National Monument

1.8.7.4 Private selskaber med kunstig rev aktiviteter.

- Private Southern California Edison Company (elektricitetselskab): Formål: råde bod på resultaterne af elselskabets negative miljøeffekter på tilsvarende områder. Tilsvarende interesse fra havnemyngighedens side.
- The Artificial Reef Development Center: subsidiær af Sport Fishing Institute, Washington DC. Udbreder viden til offentligheden om kunstige rev.

1.8.7.5 Permanente fora

International Conference on Artificial Habitats for Fisheries.

- Et 4 årligt mødeforum, hvor forskere og forvaltere mødes. (forskere og administratorer)

eksempler:

nr. 4: Miami, 1989; (350 partcipanter fra 26 lande.

nr. 5: Long Beach, Calif.

1.8.7.6 National planer for kunstig rev udvikling.

National Artificial Reef Plan (the National Plan) blev udarbejdet som led i National Fishing Enhancement Act i 1984. The National Plan er udarbejdet på Forbundsstats-

niveau af National Marine Fisheries Service, under Department of Commerce og er funderet juridisk på Dingell-Hohnson Act + amendments.

Planen er mere teknisk og administrativ vejledning end navnet lader formode; incl. vejledning i teknisk design; hjælp til administrativ bearbejdning af ansøgninger om tilladelser til myndighederne; informationer om andre rev. På det tidspunkt, den blev udarbejdet, var der stort set ingen "national reef management plans" udarbejdet. Mange kunstige rev indenfor federal EEC.

Finansiering i 1987: mere end 140 mio. UK\$ i føderal støtte.

Siden Nationalplanens vedtagelse, blev der "adopteret" et betydeligt antal statslige rev-management planer.

Eksempler:

NC. North Carolina Artificial Reef Master Plan

1.8.7.7 Konsensus linjer

Der er en generel tendens til at kunstige rev i stigende grad bliver betragtet som et "fisheries management tool", d.v.s. et redskab til fordeling, forvaltning og pleje af fiskeressourcer, mere end et redskab til direkte at øge fiskeressourcerne. (fisheries tool).

Et administrativt problem i denne sammenhæng er dog, at den amerikanske fiskeripolitik ikke går i detaljer med regionale og lokale forhold, hvorfor kunstig rev byggeri er placeret lidt perifert i forhold til national fiskeripolitik.

Der er en generel konsensus om, at "produktion versus aggregation debatten" ikke er en frugtbar debat på generelt niveau. I stedet skulle spørgsmålene stilles på basis af den enkelte case, og spørgsmålet om potentielle produktionsgevinster er givetvis også artsspecifikt.

Med hensyn til den udbredte praksis med brug af "materials of convenience", kan det anføres, at kunstig revprojekter i USA (1991) er i et stadie, hvor stigende politisk uvilje mod brug sådanne materialer har begrænset udbredelsen af projekterne (#3)

Amerikanske kunstig rev aktiviteter er ofte motiveret af ønsker hos sportsfiskere, SCUBA dykkere og andre rekreative interesser (Jensen et al. 1994)

1.8.7.8 Filippinerne.

1.8.7.8.1 Institutioner

Bureau of Fisheries and Aquatic Resources (BUFAR): herunder afdelinger med koral revs forskning.

Ministry of Natural Resources. Oprindelige resort ministerium for rev-forskning. BFAR sidenhen flyttet til Ministry of Agriculture and Food, MAF.

Planlægning i 1985: national plan for udbygning af rev gennem et "memorandum of agrenes":

4 års nationwide AR development program: lokalsamfundsprojekt.

ARDP (AR development plan) blev støttet økonomisk af landbrugsministeriet.

1.8.7.8.2 National planlægnings formål:

BFAR's formålsplaner omfattede:

- afgøre mest hensigtsmæssige valg af materialer, konstruktioner baseret på lokal tilgængelighed og effektivitet i forbindelse med fiskekolonisering.
- Forbedre metoder til AR konstruktion.
- Fastlægge kriterier for sites selektion.
- Monitere rekruttering og successioner af fisk og benthiske organismer, navnlig kommercielt vigtige arter.
- Undersøge AR som redskab til supplering af fiskeriressourcerne og til erhvervsfremme for fiskere.
- Teste effektiviteten af forskellige traditionelle redskaber til fiskeri i AR: garn, multikrog og liner, tejner og spyd).
- Ultimativt etablere national program for AR- udvikling.

Disse formål blev opnået i perioden fra 1979 til 1984. Beslutningen om at overføre BFAR til MAF i 1985 blev ledsaget af en klar overgang fra etablering af "base line information" til applikation af teknologier.

Formålet med etableringen af den nationale revplan, (ARDP) i landbrugsministerielt regi, var:

- koordinere alle AR aktiviteter i Filippinerne i et enkelt, sammenhængende nationalt program, med etablering af en National AR development committee;
- bruge ARDP som et redskab til at støtte national fødevarerproduktion, miljøbeskyttelse og fremme af forvaltningseffektivitet.
- etablere AR i alle kystsamfund og ekspandere eksisterende small-scale kunstige rev for at støtte bæredygtigt fiskeri.
- etablere pilot- kunstige rev for at fremme habitat forbedring og restaurering. (en aktivitet, med et formål, helt separat fra fiskeri-orienterede kunstige rev.)
- fremme overførsel af teknologi til alle kystsamfund i landet gennem fælles lokalsamfundsindsats og som redskab til kyst fiskeri management.

- organisere ARDP hold i alle 12 regioner i landet for at forberede regional styring af alle de centralt initierede projekter.
- sammensætte en national ARDP committe for effektiv koordination af programmet.

1.8.7.8.3 National støtte:

En del af den nationale støtte til regionerne sker i form af donationer af brugte bildæk, der er en mangelvare !

International Verdensbank støtte til programmet blev opnået i form af lån til ansættelse af fremmede udviklingsbistands-konsulenter til assistance af de lokale konsulenter.

Organisation BFAR har forestået den praktiske gennemførelse af planlægningen. Dette er effektueret gennem lokal landbrugsministerielle kontorer, hvor der har været placeret en lokalt ansvarlig for AR. (AR projektledere). Regionale projektledere samlet i hold, ledet af ARD program leder. Denne programleder placeret i regionalt landbrugsministeriet kontor. (DA regional office).

Funding og teknisk rådgivning af de enkelte regionale projektlederegrupper sker fra DA (koordineret af BFAR).

Udbytte af det Filippinske revprogram, set ud fra en fiskeriforvaltningssynsvinkel er:

- Revene kan placeres tæt på lokalsamfundene, og gøre ikke-motoriseret adgang til fiskeresourcer let.
- Der kan tilbydes tilgang til helt nye fiskeresourcer (arter af fisk) der ellers ikke er tilgængelige for lokalsamfundene.
- Der kan fiskes i perioder, hvor meteorologiske forhold umuliggør traditionelt fiskeri.
- Organisering af fiskeriindsats bedre (full-time på kunstige rev)
- AR skaber udvikling af samarbejds-mæssige relationer på familjeniveau og lokalsamfundsniveau.

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice. This ensures transparency and allows for easy verification of the data.

In the second section, the author outlines the various methods used to collect and analyze the data. This includes both primary and secondary data collection techniques. The primary data was gathered through direct observation and interviews, while secondary data was obtained from existing reports and databases.

The third section details the statistical analysis performed on the collected data. It describes the use of descriptive statistics to summarize the data and inferential statistics to test hypotheses. The results indicate a significant correlation between the variables being studied, which supports the initial research objectives.

Finally, the document concludes with a summary of the findings and their implications. It suggests that the results can be used to inform decision-making and to identify areas for further research. The author also acknowledges the limitations of the study and provides recommendations for future work.

Referenceliste

- Alevizon, W. S.; Gorham J.C., 1989. Effects of artificial reef deployment on nearby resident fishes. *Bull. Mar. Sci.*, 44 (2): 646-661.
- Alevizon, W. S.; Gorham, J. C.; Richardson, R.; McCarthy, S. A., 1985. Use of man-made reefs to concentrate snapper (*Lutjanidae*) and grunts (*Haemulidae*) in Bahamian waters. *Bull. Mar. Sci.*, 37: 3-10.
- Ambrose, R. F.; Swarbrick, S. L., 1989. Comparison of fish assemblages on artificial and natural reefs off the coast of southern California. *Bull. Mar. Sci.*, 44: 718-733.
- Ambrose, Richard F.; Swarbrick, Susan L., 1989. Comparison of fish assemblages on artificial and natural reefs off the coast of southern California. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 718-733.
- Anderson, Todd W.; DeMartini, Edward E.; Roberts, Dale A., 1989. The Relationship between habitat structure, body size and Distribution of Fishes at a Temperate Artificial Reef. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 681-697.
- Arculeo, M.; Bombace, G.; D'Anna G.; Riggio, S., 1989. Evaluation of fishing yields in a protected and an unprotected coastal area off N/W Sicily. *FAO Fish. Rep.*, 1. sess. of the GFCM Working group on artificial reefs and mariculture; Ancona (Italy); 27-30 Nov. 1989 (428): 70-83.
- Ardizzone, G. D.; Gavina, M. F.; Belluscio, A., 1989. Temporal development of epibenthic communities on artificial reefs in the central Mediterranean Sea. *Bull. Mar. Sci.*, 44: 718-733.
- Ardizzone, G. D.; Gravina, M. F.; Belluscio, A., 1989. Temporal development of epibenthic communities on artificial reefs in the central Mediterranean sea. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 592-608.
- Atkinson, Marlin J.; Grigg, Richard W., 1984. Model of a Coral Reef Ecosystem II. Gross and Net Benthic Primary Production at French Frigate Shoals, Hawaii. *Coral Reefs*, 3: 13-22.
- Baynes, Tracy W.; Szmant, Alina M., 1989. Effect of current on the sessile benthic community structure of an artificial reef. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 545-566.
- Beets, J., 1989. Experimental evaluation of fish recruitment to combinations of fish aggregating devices and benthic artificial reefs. *bull. Mar. Sci.*: 973-983.
- Beets, Jim, 1989. Experimental evaluation of fish recruitment to combinations of fish aggregating devices and benthic artificial reefs. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 973-983.

- Bohnsack, J. A.; Johnson, D. L.; Ambrose, R. F., 1991. Ecology of Artificial Habitats and Fishes. In: Seaman, W.; Sprague, L.M. (eds) Artificial habitats for marine and freshwater fisheries., Academic Press, San Diego, California : 61-107.
- Bohnsack, J. A.; Johnson, D. L.; Ambrose, R. F., 1991. Ecology of artificial reef habitat and fishes. In: Seaman, W., Sprague, L. eds. Artificial habitats for marine and freshwater fisheries., Academic Press, Inc., San Diego, California : 61-107.
- Bohnsack, J. A. Sutherland, D.L., 1985. Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities. *Bull. Mar. Sci*, 37 (1)
- Bohnsack, James A., 1989. Are high densities of fishes at artificial reefs the result of habitat limitation or behavioral preference ? *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 631-645.
- Bombace, G., 1991. Les poissons recifaux.: 84-85.
- Bombace, G.; Fabi, G.; Fiorentini, L.; Speranza, S., 1994. Analysis of the Efficacy of Artificial Reefs located in five different areas of the Adriatic Sea. *Bulletin of Marine Science*, 55 (2/3): 559-580.
- Bombace, Giovanni, 1989. Artificial reefs in the Mediterranean Sea. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 1023-1032.
- Bortone, S. A.; Shipp, R. L.; Davis, W. L.; Nester, R. D. Artificial reef Development along the Atlantic Coast of Guatemala. *Northeast Gulf Science*, 10 (1): 45-48.
- Bortone, Stephen A.; Van Tassel, James; Brito, Alberto; Falcón, Jesús M.; Mena, Javier; Bundrick, Charles M., 1994. Enhancement of the Nearshore Fish Assemblage in the Canary Islands with Artificial Habitats. *Bulletin of Marine Science*, 55 (2/3): 602-608.
- Briones, P.; Lozano, E.; Eggleston, D. B., 1994. The use of Artificial shelters (casitas) in Research and Harvesting of Caribbean Spiny lobsters In Mexico.: 340-361.
- Brock, R. E.; Norris, J. E., 1989. An analysis of the efficacy of four artificial reef designs in tropical waters. *Bull. Mar. Sci.*, 44 (2): 934-941.
- Brock, Richard E.; Kam, Alan K. H., 1994. Focusing the Recruitment of juvenile Fishes on Coral Reefs. *Bulletin of Marine Science*, 55 (2/3): 623-630.
- Buckley, Raymond M., 1986. Habitat enhancement and urban recreational fishing. In: Frank M. D'Itri (ed) *Artificial Reefs - marine and Freshwater Applications*, Lewis Publishers, Inc. : 365-382.
- Buckley, Raymond M.; Itano, David G.; Buckley, Troy W., 1989. Fish aggregation device (FAD) enhancement of offshore fisheries in American Samoa. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 942-949.

Buckley, R. M., 1982. Marine habitat enhancement and urban recreational fishing in Washington. *Mar. Fish Rev.*, 44 : 28-37.

Buckley, R. M.; Hueckel, G. J., 1985. Biological and ecological development on an artificial reef in Puget Sound, Washington. *Bull. Mar. Sci.*, : 50-69.

Caddy, J. F., 1986. Modelling Stock- Recruitment Processes in Crustacea: Some Practical and theoretical Perspectives. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 43 : 2330-2344.

Caddy, J. F.; Stomatopoulos, C., 1990. Mapping Growth and mortality rates of crevice-dwelling organisms onto a perforated surface: The relevance of 'cover' to the carrying capacity of natural and artificial habitats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 31 : 87-106.

Chandler, C. R.; Sanders R.M.; Landry, A. M., 1985. Effects of three substrate variables on tow artificial reef fish communities. *Bull. Mar. Sci.*, 37 : 129-143.

Chittleborough R.G., 1979. Natural Regulation of the Population of *Panulirus longipes cygnus* George and responses to fishing pressure. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer.*, 175 : 217 - 221.

Christensen, Villy; Pauly, Daniel, 1996. Ecological modeling for all. *Fish Byte*, (April): 1-4.

Christensen, Villy; Pauly, Daniel, 1995. Fish Production, Catches and the Carrying Capacity of the World Oceans. *ICLARM Quarterly*, 18 (3): 34-40.

Cobb, Stanley J., 1981. Behaviour of the Western Australian Spiny Lobster, *Panulirus Cygnus* George, in the Field and Laboratory. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 32 : 399-409.

Collins, K. J.; Free, E. K.; Jensen, A. C.; Thompson, S., 1993. Analysis of Poole Bay, U.K. lobster data. ICES 81. Statutory Meeting, 23-sept.-1 oct. 1993, Dublin, (C.M.1993/K:48 Theme sess.T): 1-8.

Collins, K. J.; Free, E. K.; Jensen, A. C., 1992. Lobster (*homarus gammarus*) Behaviour and movement in Poole Bay, Dorset, U.K. 1992, International Council for the exploration of the Sea (C.M. 1992/K:42): 1-10.

Collins, K. J. Jensen, A.C., 1992. Acoustic tagging of lobsters on the Poole Bay artificial reef. *Wild life telemetry*, Priede and Swift (eds), Ellis Horwood, : 354-358.

Collins, K. J.; Jensen, A. C.; Rurnpenny, A. W. H., 1991. The artificial reef project, Poole Bay: A fishery enhancement Experiment. *EAS SPECIAL PUBLICATION*, (14): 76.

Collins, K. J.; Jensen, A. C.; Lockwood, A. P. M., 1994. Artificial reefs: using coal fired power station wastes constructively for fishery enhancement. *Oceanologica Acta*, (11): 225-229.

Collins, K. J.; Jensen, A. C.; Lockwood, A. P. M., 1990. Fishery Enhancement reef building exercise. *Chemistry and Ecology*, 4 : 179-187.

Connor, E. F.; McCoy, E. D., 1979. The statistics and biology of the species-area relationship. *Am. Nat.*, 113 : 791-833.

Cripps, Simon J.; Aabel, Jens Petter; Kjeilen, Grethe, 1996. Using Artificial Reefs as Fishermen's Management Tools. Proceedings of the Safety and Environmental Management in Abandonment Conference, 31. Jan. - 1. Feb. 1996, Aberdeen, UK. Euroforum: London., : 1-18.

Cruz, Raúl; Brito, Roberto, 1986. Ecología de la langosta (*Panulirus argus*) al SE de la Isla de la Juventud. I. Colonización de arrecifes artificiales. *Revista de Investigaciones Marinas*, vii (3): 3-17.

Davis, G. E., 1985. Artificial structures to mitigate marina construction impacts on spiny lobster *Panulirus argus*. *Bulletin of Marine Science*, 37 (1): 151-156.

De Silva, M. W. R.N., 1989. Artificial Reefs. A practical means to enhance living marine resources. In: T.E.Chua & D. Pauley (Eds) Coastal Area Management in SE Asia: Policies, Management Strategies and Case Studies., ICLARM Conference proceedings 19. 254 p.: 173-180.

Diamant, A.; Tuvia, A. Ben; Golani, D., 1986. An analysis of rocky coastal eastern mediterranean fish assemblages and a comparison with an adjacent small artificial reef. *J.Exp. Mar. Biol.Ecol.*, 97 : 269-285.

Driessen, P. K., 1985. Studying "Neptune's Gallery". *Sea Technol*, 26 (9): 34-48.

Duedall, Iver W.; Champ, Michael A., 1991. Artificial Reefs: Emerging Science and technology. *Oceanis*, 34 (1): 94-101.

Eckert, G. J., 1985. Settlement of coral reef fishes to different natural substrata and at different depths. *Proc. 5th. Int. Coral Reef Congr.*, 5 : 385-390.

Edwards, A.; Clark, S., 1992. Rehabilitation of coral reef flats using precast concrete. *Concrete*, (1): 26.

Edwards, Alasdair; Clark, Susan, 1992. Rehabilitation of coral reef flats using precast concrete. *Concrete*, 1992 (January/February): 16-18.

Eggleston, D. B.; Lipcius, R.; Miller, D. L., 1992. Artificial shelters and survival of juvenile Caribbean spiny lobster *Panulirus argus*: Spatial, habitat and lobster size effects. *Fishery Bulletin*, 90 : 691-702.

Evans, Christopher R.; Evans, Arthur J., 1996. A practical field technique for the assessment of spiny lobster resources of tropical islands. *Fisheries Research*, 26 : 149-169.

Foster, Karen L.; Steimle, Frank W.; Muir, William C.; Kropp, Roy K.; Conlin, Barbara E., 1994. Mitigation potential of Habitat Replacement: Concrete Artificial Reef in Delaware Bay - Preliminary Results. *Bulletin of Marine Science*, 55 (2/3): 783-795.

Fricke, H. W., 1973. *Z. Tierpsychol.*, 32 : 225-256.

Fujisawa, Wajiro, 1990. Technical Manual for Resource Enhancement. Seafdec, TD/RES/25 : 1-122.

Gladfelter, W. B. , Gladfelter, E.H., 1978. Fish community structure as a function of habitat structure on West Indian patch reefs. *Rev. Biol. Trop.*, 26 (1. suppl.): 65-84.

Godin, J. G. J.; Keenleyside, M. H. A., 1984. Foraging on patchily distributed prey by a cichlid fish (Teleostei, Cichlidae): a test of the ideal free distribution theory. *Animal Behaviour*, 32: 120-131.

Gorham, Jonathan C.; Alevizon, William S., 1989. Habitat complexity and the abundance of juvenile fishes residing on small scale artificial reefs. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 662-665.

Gregg, Kurtis L., 1995. Comparisons of Three Manufactured Artificial Reef Units in Onslow Bay, North Carolina. *North American Journal of Fisheries Management*, 15: 316-324.

Grove, Robert S.; Sonu, Choule J.; Nakamura, Makoto, 1989. Recent Japanese trends in fishing reef design and planning. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 984-996.

Grove, Robert S.; Yuge, Jennifer E., 1983. Artificial Reef Technology: a Strategy for Active Impact Mitigation.: 951-956.

Grove, R. S.; Sonu C.J., 1985. Fishing reef planning in Japan. D'Itri, F.M. ed.: Artificial reefs, marine and freshwater applications., Lewis publishers, Inc.

Chelsea, Michigan. 589 pp : 187-251. Hefman, G. S., 1979. Fish attraction to floating objects in lakes. Johnson, D.L. og Stein, R.A. (eds) Response of fish to habitat structures in standing water. North Central Division, American Fisheries Society, Special Publication 6 : 49-57

Hixon, Mark A.; Beets, James P., 1989. Shelter characteristics and caribbean fish assemblages: Experiments with artificial reefs. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 666-680.

Houghton, Milton Oswald; Aiken, Karl Anthony, 1989. Biological notes on artificial reefs in Jamaican Waters. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 1033-1037.

- Hsu, Lillian H. L.; Chou, L. M.; Ling, K. H., 1988. Role of artificial reef in living resources enrichment. ASEAN / UNDP / FAO: Regional Small-scale coastal fisheries development project, : 52 - 62.
- Hueckel, Gregory J.; Buckley, Raymond M., 1986. The mitigation on artificial reefs in Puget Sound, Washington. OCEANS 86 Conference Record. Science-Engineering-Adventure. Washington D.C. Section of the Marine Technology Society, 2 (Washington D.C. September 23-25, 1986): 542-546.
- Hueckel, Gregory J.; Buckley, Raymond M.; Benson, Brian L., 1989. Mitigation of Rocky Habitat loss using artificial Reefs. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 913-922.
- Jensen, A. C.; Collins, K. J.; Free, E. K.; Bannister, R. C. A., 1994. Lobster (*Homarus gammarus*) movement on an artificial reef: the potential use of artificial reefs for stock enhancement. *Crustaceana*, 67 (2): 198-211.
- Jensen, A. C.; Collins, K. J.; Free, E. K., 1994. The potential use of artificial reefs in stock enhancement strategies. ICES, Paper given to ICES workshop, Charlottenlund Castle, Copenhagen, Denmark 18-24 may, 1994. : 1-7.
- Jernakoff, P. Phillips, B.F.; Maller, R. A., 1987. A quantitative study of nocturnal foraging distances of the western rock lobster, *Panulirus cygnus* George. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 113 : 9-21.
- Johnson, T. D.; Barnett, A. M.; DeMartini, E. E.; Craft, L. L.; Ambrose, R. F.; Purcell, L. J., 1994. Fish Production and habitat utilization on a southern California artificial reef. *Bull. Mar. Sci.*, 55 (2/3): 709-723.
- Jones, G. P., 1987. Competitive interactions among adults and juveniles in coral reef fish. *Ecology*, 68 : 1534-1547.
- Koch, R. L., 1982. Patterns of abundance variation in reef fishes near an artificial reef at Guam. *Env. Biol. Fish.*, 7 : 121-136.
- Lassig, B. R., 1977. *Mar. Biol.*, 42 : 85-92.
- Leewis, R. J.; Waardenburg, H. W.; Meijer, A. J. M., 1989. Active management on an artificial rocky coast. *Hydrobiol. Bull.*, 23 : 91-99.
- Lin, Jiun-Chern, Su, Wei-Cheng, 1994. Early phase of fish habitation around a new artificial reef off southwestern Taiwan. *Bulletin of Marine Science*, 55 (2/3): 1112-1121.
- Lindquist, David G.; Pietrafesa, Leonard J., 1989. Current vortices and fish aggregations: the current field and associated fishes around a tugboat wreck in Onslow Bay, North Carolina. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 533-544.

- Longhurst, Alan R.; Pauly, Daniel, 1987. Ecology of Tropical Oceans. Academic Press.: 407 pp.
- Looi, Kim Ch'ng; Thomas, Christy, 1991. Artificial reef program in Malaysia. In: Chou, L.M. et al: (eds) Towards an integrated management of tropical coastal resources. ICLARM conference Proceedings, 22 : 305-309.
- Low, R. M., 1971. Ecology, 52 : 648-654.
- Lozano-Alvarez, E.; Briones-Fourzán; Negrete-Soto, Fernando, 1994. An evaluation fo concrete block structures as shelter for juyvenile Caribbean spiny lobsters, *Panulirus argus*. Bulletin of Marine Science, 55 (2-3): 351-362.
- Luckhurst, B. E.; Luckhurst K., 1978. Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. Mar. Biol., 49 : 317-323.
- Luckhurst, B. E.; Luckhurst, K., 1978. Analyses of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. Mar. Biol., 49 : 317-324.
- Lukens, Ronald R., 1981. Ichtyofaunal colonization of a new artificial reef in the northern gulf of Mexico. Gulf Research Reports, 7 (1): 41-46.
- MacFarland, W. N.; Ogden J.C., 1985. Recruitment of young coral reef fishes from the plankton. Reaka, M.L. (ed) The Ecology of coral reefs. NOAA symposium Series. Undersea Res.,: 37-51.
- Mayat, DeWitt O.; Mayat, Evelyn N.; Figgley, Wi9lliam, K., 1989. New Jersey tire reef stability study. Bulletin of Marine Science, 44 (2): 817-817.
- Menge, M.; Sutherland, J. P., 1976. Species diversity gradients: synthesis of the roles of predation, competition and temporal heterogeneity. Am.Nat., 110 : 351-369.
- Miclat, Ramon I., 1988. Artificial reef development - the Philippine experience. Proceedings, Regional Workshop on artificial Reefs Development and Management, Penang, Malaysia, 13-16 sept. 1988.,: 63-86.
- Milon, Walter J., 1989. Economic evaluation of artificial habitat for fisheries: progress and challenges. Bulletin of Marine Science, 44 (2): 831-843.
- Mintz, Jonathan D.; Lipcius, R. N.; Eggleston, D. B.; Seebo, Michael S., 1994. Survival of juvenile Caribbean spiny lobster: effects of shelter size, geographic location and conspecific abundance. Marine Ecology progress series, 112 : 255-266.
- Molles, Jr M. C., 1978. Ecol. Monogr., 48 : 289-305.

- Molles, M. C., 1978. Fish species diversity on medel and natural reef patches: experimental insular biogeography. *Ecol. Mogr.*, 48 : 289-305.
- Moreno, Isabel; Roca, Isabel; Renores, Olga; Coll, José; Balearic Waters (Western Mediterranean). *Bulletin of Marine Science*, 55 (2/3): 667-671.
- Mottet, M. G., 1985. Enhancement of the Marine Environment for Fisheries and Aquaculture in Japan. D'Itri, F. (ed) *Artificial Reefs: marine and freshwater applications*. Lewis Publishers Inc. Chelsee, Michigan, : 13-112.
- Munro, J. L.; Williams, D. McB, 1985. Assesment and management of coral reef fisheries: biological, environmental and socio-economic aspects. *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti.*, 4 : 544-578.
- Nakamura, M., 1985. Evolution of artificial fishing reef concepts in Japan. *Bull. Mar. Sci.*, 37: 171-178.
- Ogden, J. C.; Ehrlich, P. R., 1977. *Mar. Biol.*, 42 : 273-280.
- Olsen, S.; Valdemarsen, J. W., 1977. Fish distribution studies around offshore installations. ICES (mimeo), C.M. B41
- Palmer-Zwahlen, Melodie L.; Asetline, Deborah A., 1994. Successional Development of the Turf Community on a Quarry Rock Artificial Reef. *Bulletin of Marine Science*, 55 (2-3): 902-923.
- Parnichsuke, Poossin; Predalumaburt, Youngyut; Tunvilai Dusit; Songsangjinda, Putth, 1988. Experiment on artificial fish shelter at National Institute of Coastal Aquaculture, Songkhla, in 1984 and 1985. Asean; UNDP, FAO : *Regional Small Scale Coastal Fisheries Development Projects*, : 149 - 154.
- Pauly, Daniel; Christensen, Villy, 1995. Coral reef systems and their exploitation: Towards a global account. *Reef Encounter*, 18 (dec. 1995): 6-7.
- Pearce, John B.; Chan, S., 1982. The Efficacy of various Materials in Artificial Reef Construction. ICES, C.M. 1982/E: 64 : 1-12.
- Picken, G. G.; McIntyre, A. D., 1989. Rigs to reefs in the North Sea. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 782-788.
- Polovina, Jeffrey J., 1991. Fisheries Applications and Biological Impacts of Artificial Habitats. In: Seaman W. Jr.; Sprague, L.M. (eds) *Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries.*, Academic Press, Inc. San Diego : 153-176.
- Polovina, Jeffrey J.; Sakai, Ichiro, 1989. Impacts of Artificial Reefs on Fishery Production in Shimamaki, Japan. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 997-1003.

Polovina, J. J., 1984. Model of a coral reef ecosystem I. The ECOPATH model and its application to French Frigate Shoals. *Coral Reefs*, 3 : 1-11.

Polovina, J. J., 1997. Personal communication. Polovina, J. J.; Ralston, S. eds), 1987. Tropical snappers and groupers: biology and fisheries management. Westview Press Inc. Boulder and London.,: 659 pp.

Proceedings of the EARNN conference sept. 1996.

Quast, J. C., 1968. Observations on the food and biology of kelp bass, *Paralabrax clathratus* with notes on its sportfishery at San Diego, California. IN : North, W.J. and Hubbs, C.L. (eds) Utilization of kelp-bed resources in southern California. Calif. Dep. Fish Game. Fish bull. 139.,

Rajasuriya, A.; Ranjith, M. W.; De Silva, N.; Ohman, M. C., 1995. Coral reefs of Sri Lanka: Human Disturbance and Management Issues. *Ambio*, 24 (7/8): 428-437.

Ralston, S., 1976. *Pacif. Sci.*, 30 : 395-403. Ranasinghe, J. A., 1981. Biological aspects of artificial reefs. in : Aska, D.Y. (ed) Artificial reefs: conference proceedings. Florida Sea Grant, Rep. 41 : 14-1

Relini, G.; Relini, Orsi L., 1989. Artificial reefs in the Ligurian sea (North Western Mediterranean): aims and results. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 743-751.

Richards, W. J.; Lindeman, K. C., 1987. Recruitment dynamics of reef fishes: planktonic processes, settlement and demersal ecologies and fishery analysis. *Bull. Mar. Sci.*, 41 : 392-410.

Ricker, W. E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Fish. Res. Bd. Can. Bull.*, 191 : 1-300.

Riggio, S.; Badalamenti, F.; Chemello, R.; Gristina, M., 1986. Zoobenthic colonization of a small artificial reef in the Southern Tyrrhenian: results of a three-year survey. *FAO Fisheries Report*, (357): 109-119.

Risk, M. J., 1972. *Atoll Res. Bull.*, (152): 6 pp.

Risk, M. J., 1972. Fish diversity on a coral reef in the Virgin Islands. *Atoll Research Bulletin*, 153 : 1-6.

Ross, Stephen T., 1986. Resource partitioning in fish assemblages: a review of field studies. *Copeia*, 1989 (2): 352-388.

Russel, B. C.; Talbot, F. H.; Domm, S., 1974. Patterns of colonization of artificial reefs by coral reef fishes. IN: Cameron, M. et al. (eds) Proceedings of the second international symposium on Coral Reefs., I : 207-215.

- Sale, P. F., 1980. The ecology of fishes on coral reefs. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 18 : 367-421.
- Sale, P. F., 1978. Co-existence of coral reef fishes - a lottery for living space. *Environ. Biol. Fish.*, 3 : 85-102.
- Sale, P. F., 1977. Maintenance of high diversity in coral reef fish communities. *Am. Nat.*, 111 : 337-359.
- Sale, P. F.; Douglas, W. A., 1984. Temporal variability in the community structure of fish on coral patch reefs and the relation of community structure to reef structure. *Ecology*, 65 : 409-422.
- Sale, P. F.; Dybdahl, R., 1975. Determinants of community structure for coral reef fishes in an experimental habitat. *Ecology*, 56 : 1343-1355.
- Samples, Karl C., 1989. Assessing recreational and commercial conflicts over Artificial Fishery Habitat: Theory and Practice. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 844-852.
- Samples, Karl C.; Sproul, J. T., 1985. Fish aggregating devices and open-access commercial fisheries: a theoretical inquiry. *Bull. Mar. Sci.*, 37 : 305-317.
- Sato, O., 1985. Scientific rationales for fishing reef design. *Bull. Mar. Sci.*, 37 : 329-335.
- Scarratt, D. J., 1968. An artificial reef for lobsters (*homarus americanus*). *Journal Fisheries Research Board*, 25 (12): 2683-2690.
- Seaman, W.; Buckley, R. M.; Polovina, J. J., 1989. Advances in knowledge and priorities for research, technology and management related to artificial aquatic habitats. *Bulletin of Marine Science*, 44 : 427-532.
- Shulman, M. J., 1984. Resource limitation and recruitment patterns in a coral reef fish assemblage. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 74 : 85-109.
- Shulman, M. J., 1984. Resource limitation and recruitment patterns in a coral reef fish assemblage. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 74 : 85-109.
- Shulman, M. J.; Ogden, J. C., 1987. What controls tropical reef fish populations: recruitment or benthic mortality? An example in the Caribbean reef fish *Haemulon flavolineatum*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 39
- Sinanuwong, Khian, 1988. Artificial Reefs construction in Nakornsri Thammarat province. ASEAN/UNDP/FAO. Proceedings of the Regional workshop on artificial Reefs Development and Management, 13-16 september 1988, Penang, Malaysia, : 130-134.

Smith, C. L.; Tyler, J. C., 1975. Succession and stability in fish communities of dome-shaped patch reefs in the West Indies. *Am. Mus. Novit.*, (2572): 18 pp.

Spanier, E., 1991. Artificial reefs to insure protection of the adult mediterranean slipper lobster, *Scyllarides latus* (Latreille, 1803). GIS Posidonie Publication, Fr.,: 179-185.

Spanier, E.; Tom, M.; Pisanty, S.; Almog-Shtayer, G., 1989. Artificial Reefs in the low productive Marine Environments of the Southeastern Mediterranean. *Marine Ecology*, 11 (1): 61-75.

Spanier, Ehud, 1991. Artificial Reefs to insure protection of the adult Mediterranean Slipper lobster, *Scyllarides latus* (Latreille, 1803). In: Boudouresque, C.F.; Avon, M.; Graves, V. (eds.). *LES espèces Marines à protéger en Méditerranée.*, GIS Posidonie publ. Fr. 1991 : 179-185.

Spanier, Ehud, 1993. What are the characteristics of a good artificial reef for lobsters? *Proceedings of the Fourth International Workshop on Lobster Biology and Management*, 1993.,: 173-186.

Spanier, Ehud, 1993. What are the characteristics of a good artificial reef for lobsters? *Proceedings of the Fourth International Workshop on Lobster Biology and Management*, 1993.,: 173-186.

Starck, W. A., 1970. Biology of the gray snapper, *Lutjanus griseus* (Linnaeus) in the Florida Keys. *Stud. Trop. Oceanogr.*, 10: 1-150.

Stephan, Dianne C.; Lindquist, David G., 1989. A comparative analysis of the fish assemblages associated with old and new shipwrecks and fish aggregating devices in Onslow Bay, North Carolina. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 698-717.

Stone, R. B., 1985. National Artificial Reef Plan. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, NOAA Tech. Memorandum NMFS OF.6 : 39 + app.

Stone, Richard B., 1978. Artificial reefs and fishery management. *Fisheries*, 3 (1): 2-4.

Sungthong, Santi, 1988. Evaluation of artificial reef installed in Rayong, Thailand 1978-1987. ASEAN/UNDP/FAO: Regional Small-scale coastal Fisheries Development Project.,: 135-148.

Szedlmayer, Stephen T.; Shipp, Robert L., 1994. Movement and Growth of Red Snapper, *Lutjanus campechanus*, from an Artificial Reef in the Northeastern Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 55 (2/3): 887-896.

Talbot, F. H.; Russell, B. C.; Anderson G.R.V., 1979. *Ecol. Monogr.*, 49 : 425-440.

Tangley, Laura, 1987. Enhancing coastal production. *BioScience*, 37 (5): 309-312.

TCC Artificial Reef Subcommittee, 1995. Discussion of National Artificial Reef Plan. <http://www.southwind.com/gsmfc/minsa-r.html>, 1-6.

Thorne, Richard E.; Hedgepeth, John B.; Campos, Jorge, 1989. Hydroacoustic observations of fish abundance and behaviour around an artificial reef in Costa Rica. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 1058-1064.

Thresher, R. E., 1979. *Mar. Behav. Physio.*, 6 : 83-94. Todd, C. D. & Bentley, M.G., 1991. Torness artificial reef project 1(1988-1991) : Report for sampling years two and three and summary three year comparison. Internal report for SOFAD, Aberdeen, May 1991. Internal Report, SOFA,

Tsuda, R. T.; Bryan, P. G., 1973. *Copeia*, 1973 : 604-606.

Vance, R. R., 1988. Ecological succession and the climax community on a marine subtidal rock wall. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 48 : 125-136.

Walton, James, 1982. The effects of an Artificial Reef on Resident Flatfish Populations. *Marine Fisheries Review*, 44 (6/7): 45-48.

Wendt, P. H.; Knott, D. A.; Van Dolah, R. F., 1989. Community structure of the sessile biota on five artificial reefs of different ages. *Bull. Mar. Sci.*, 44 : 1106-1122.

White, A. T., 1991. Coral reef management in the ASEAN/ US Coastal Resources Management Project. ? , ? : 343-353.

Wilson, T.; Krenn, S. J., 1986. Construction and evaluation of an Artificial Reef designed to enhance nearshore rockfish production. *Proceedings of the Science-Engineering-Adventure Conference. Marine Technology Society*, 2 : 547-551.

Wong, m. F. H., 1988. Artificial reefs development and management in Malaysia. Paper presented at the ASEAN Workshop on Artificial Reef Development and Management. 13-16sept. 1988, Penang, Malaysia,

Yamane, Takamiki, 1989. Status and future plans of artificial reef projects in Japan. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2): 1038-1040.

Zahary, R. G.; Hartman, Margaret J., 1985. Artificial Marine Reefs off Catalina Island: Recruitment, habitat specificity and population dynamics. *Bulletin of Marine Science*, 37 (1): 387-395.

INDHOLD

1. Indledning	2
2. Fiskeriområder	2
3. Fiskerietsforløb	2
4. Garnfiskerietsomfang og vragenes placering	4
5. Fremskaffelse af yderligere oplysninger	7
6. Fiskeriøkonomiske betragtninger	7

Det danske vragsfiskeri

Carsten Krog

Danmarks Fiskeriforening

1. Indledning

Den eksisterende, dokumenterede viden om effekten af kunstige rev på fiskebestandene i de nordøst atlantiske farvande er meget sparsom. Det har imidlertid i mange år været almen viden blandt fiskerne, at visse fiskearter med fordel kan fiskes på stenrev eller nær vragsolieinstallationer og andre genstande på havbunden.

Indtil omkring 1970 foregik det meste fiskeri på vrage med kroge og eventuelt med snurrevod og trawl, som særligt "modige" og erfarne fiskere kunne få til at stryge helt tæt op ad genstande på havbunden. Udviklingen i fiskeriet på vrags med videre tog rigtig fart med udviklingen af nøjagtige positioneringssystemer og af sonaren, som gør det muligt præcist at placere garn på eller helt tæt på vrage. Især danske garnfiskere har således opbygget en stor viden og ekspertise med hensyn til fiskeri på vrags og andre genstande på havbunden.

I det følgende er der på baggrund af oplysninger fra 15 fiskere givet en summarisk beskrivelse af dette fiskeri. Fire fiskere har indvilliget i at udlevere deres registreringer af vrags, som er opgjort for hvert farvandsafsnit (inddelingen er baseret på ICES kvadratsystemet).

2. Fiskeriområde

Der fiskes på vrags, olieinstallationer og rørledninger, herunder på stensikringer over rør, overalt i Nordsøen lige fra Kanal-området ved Holland og langt op i den nordlige Nordsø. Den største del af fiskeriet foregår dog på vanddybder under 40 favne (cirka 75 meter). I Skagerak på den danske side af Norske Renden er der også et betydeligt vragsfiskeri. Her kan fiskeriet undtagelsesvist foregå på vanddybder ned til 150 meter. Også i Kattegat foregår der et vist vragsfiskeri, der i højere grad end i de øvrige farvande foregår med trawl. I Østersøen foregår der kun et meget begrænset fiskeri på vrags. Erfarne vragsfiskere fra Hvide Sande har forsøgt sig i Østersøen (øst for Bornholm) med ringe held - muligvis på grund af mindre strøm og større vanddybder i Østersøen sammenlignet med Nordsøen. Der foregår dog et beskedent krogfiskeri på vrags NV for Bornholm.

3. Fiskeriets forløb

Tidligere foregik der et vist krog/pilke-fiskeri på vrags. Dette er nu stærkt reduceret som et selvstændigt fiskeri, men adskillige garnfiskere har installeret moderne pilkemaskiner som anvendes på vej til og fra deres garnfiskeri-områder.

På de fleste vrags er det torsk *Gadus morhua*, som dominerer. Der er dog på visse vrags, især i den dybere nordlige del af Nordsøen og i Skagerak udelukkende mørksej *Pollachius virens*,

lyssej *Pollachius pollachius* eller langer *Molva molva*. Fisk, fanget på dybt vand, er i gennemsnit større end fisk fanget på lavere vand på sten/glat bund. Lyssej og langer er mere knyttede til vrage end torsk og mørksej.

Garnfiskerne har hver især stedfæstet flere tusinde vrage og andre genstande på havbunden, som der fiskes på efter bestemte mønstre og efter indbyrdes aftaler. De fleste af positionerne er kendt af mange fiskere. Her ud over har hver fisker nogle få lokaliteter, som kun han kender, og som der værnes meget om, efter som "nye" eller mindre kendte vrage giver et større udbytte end gammelkendte vrage. Eksempelvis har en fisker fra Hvide Sande i februar 1997 lokaliseret et "nyt" vrage på størrelse med en robåd og alene her fanget 20 tons torsk i løbet af 2 måneder. Fra Kattegat er der en cirka 15 år gammel beretning om fangst af mere end 200 tons torsk på et vrage i løbet af en måned.

Det er særdeles vigtigt for udbyttet, at garnene sættes så tæt som overhovedet muligt på vraget og helst lige oven i. En afstand fra vraget på ganske få meter kan betyde, at fiskeriet ikke giver noget væsentligt merudbytte. Den stærke strøm i Nordsøen betyder, at det på dybder større end 40-50 meter er vanskeligt at placere garnene tilstrækkeligt præcist, hvorfor fiskeri på store vanddybder ikke er særligt udbredt.

Fiskeri langs de efterhånden mange kilometer rørledninger kan være særdeles givtigt - en fisker beretter om fangst af 10 tons torsk på mindre end et døgn. Fra Store- og Lillebælt berettes om gode torskefangster omkring bropillerne.

På hvert vrage sættes 4-8 garn som står i 8-18 timer inden røgtning, kortest tid om sommeren. I den nordlige/centrale del af Nordsøen er det almindeligt, at garnene sættes i 2 rækker med hver 3 garn, mens der i den sydlige del ofte anvendes rækker med 2 garn i hver, som så til gengæld står mere udstrakt. Dette skyldes, at de gennemsnitligt større torsk i den nordlige Nordsø bedst fastholdes, hvis der er megen bus (net) at filtrere sig ind i.

Hver fangstrejse varer 3-5 døgn og der sættes garn på op til 15 vrage på hver fangstrejse. Vragfiskeri er forbundet med relativt store omkostninger, da garnene ofte rives i stykker, men også fordi trawlerne undertiden sejler garnene ned. Vragfiskeriets omfang afhænger også af torskepriser samt af øvrige fiskerimuligheder. Det skal bemærkes, at de meget kraftige overtæller (min. 10 mm) så godt som altid gør det muligt at rykke garnene fri af forhindringer, selv om busen naturligvis ødelægges herved.

Garnene placeres normalt i vrages/genstandens læ side, hvor fiskene erfaringsvis står i læ for den ofte stærke strøm. Store torsk står dog ofte oven på vraget. Mange vrage dækkes i øvrigt meget hurtigt til med sand, som dog undertiden fjernes lige så hurtigt igen. Eksempelvis kan det nævnes, at det forliste engelske krigsskib "King George" ud for Thorsminde på cirka 10 meter vand en dag kan være helt dækket af sand, for den næste dag at stikke 2 meter op over havbunden.

Udbyttets størrelse afhænger ikke nødvendigvis af vrages størrelse - sandsynligvis er placeringen i forhold til strøm og fiskenes vandringsruter den vigtigste parameter. I januar-februar vandrer torskene meget og vrage fyldes hurtigt op. Derfor kan der fiskes stort set uafbrudt på disse vrage. Vragfiskeriet foregår i øvrigt året rundt og mange vrage udnyttes

nærmest hele tiden. Det tager normalt et par år efter et forlis, inden fangsterne udvikler sig på vraget.

I år, hvor torskekvoten er lille, er vragfiskeriet ikke så omfattende som i år med store kvoter. Dette hænger sammen med, at det i år med lille torskekvote er nødvendigt at supplere med andre fiskearter for at gøre det samlede fiskeri rentabelt. I de seneste par år er torskefiskeriet således i højere grad foregået på stenbund end på vrag i modsætning til for 5-10 år siden, hvor hovedparten af garnfangsten af torsk i Nordsøen skete på vrag og andre genstande på havbunden.

4. Garnfiskeriets omfang og vragenes placering

Torskekvoten har været faldende igennem en længere årrække. De samlede danske fangster i begyndelsen af 1980'erne var tre gange større end nu (1980'erne: cirka 180.000 tons, 1996: cirka 45.000 tons). Fra Nordsøen blev der i 1996 landet cirka 20.000 tons, hvoraf godt halvdelen blev fanget med garn. I Skagerak fiskes kun godt en fjerdedel af torskene med garn. I Kattegat udgør andelen af garnfangede torsk kun 15% (se tabel 1).

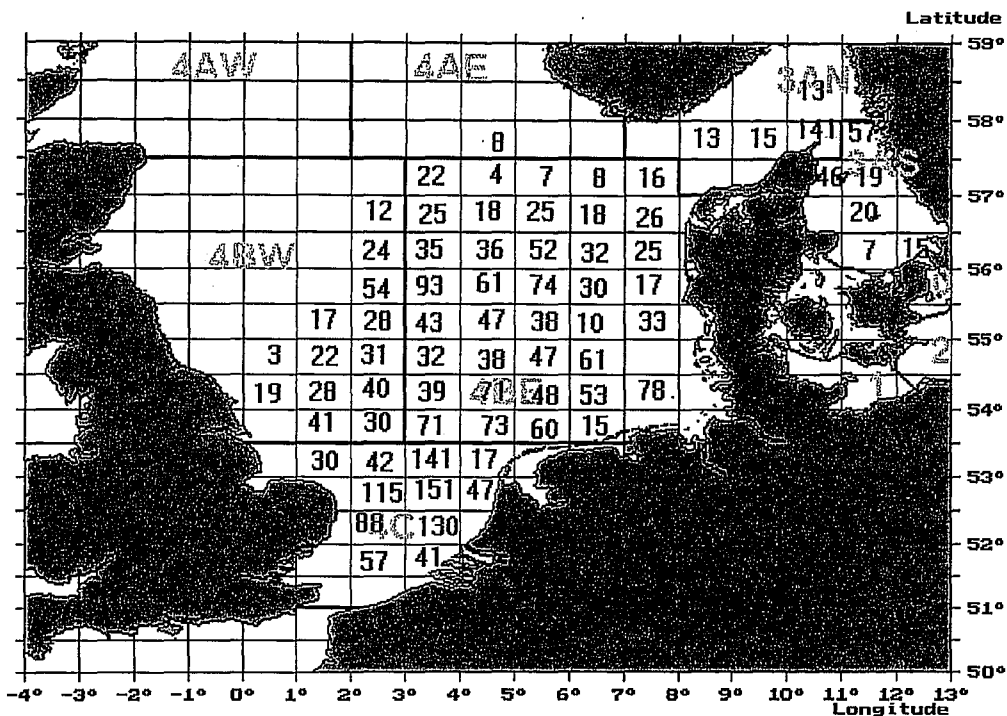
		Trawl	Garn	Total
Nordsøen				
	1994	7.211	8.532	15.919
	1995	10.060	9.452	19.632
	1996	8.107	10.948	19.173
Skagerak				
	1994	6.007	2.714	8.769
	1995	9.051	2.751	11.849
	1996	6.960	3.736	10.783
Kattegat				
	1994	1.711	437	2.158
	1995	1.905	319	2.235
	1996	2.311	344	2.677

Tabel 1. Danske fiskeres fangster af torsk (tons) i perioden 1994-1996 fordelt på redskabstype og farvand.

Skønsmæssigt anslået blev tre fjerdedele af de garnfangede torsk i Nordsøen for 10 år siden gjort på vrag og andre "kunstige rev" svarende til cirka 15.000 tons. I 1996 er denne andel

som oven for beskrevet reduceret til skønsmæssigt anslået mindre end halvdelen, hvilket svarer til max. 5.000 tons.

Hvis garnfangsterne på vrug i de øvrige farvandsområder medtages udgør de samlede danske torskefangster i 1996 skønsmæssigt 7.000 tons (max.) og målt i værdi cirka 80 mio. kr (1993) - tal, der naturligvis skal tages med al mulig forbehold.



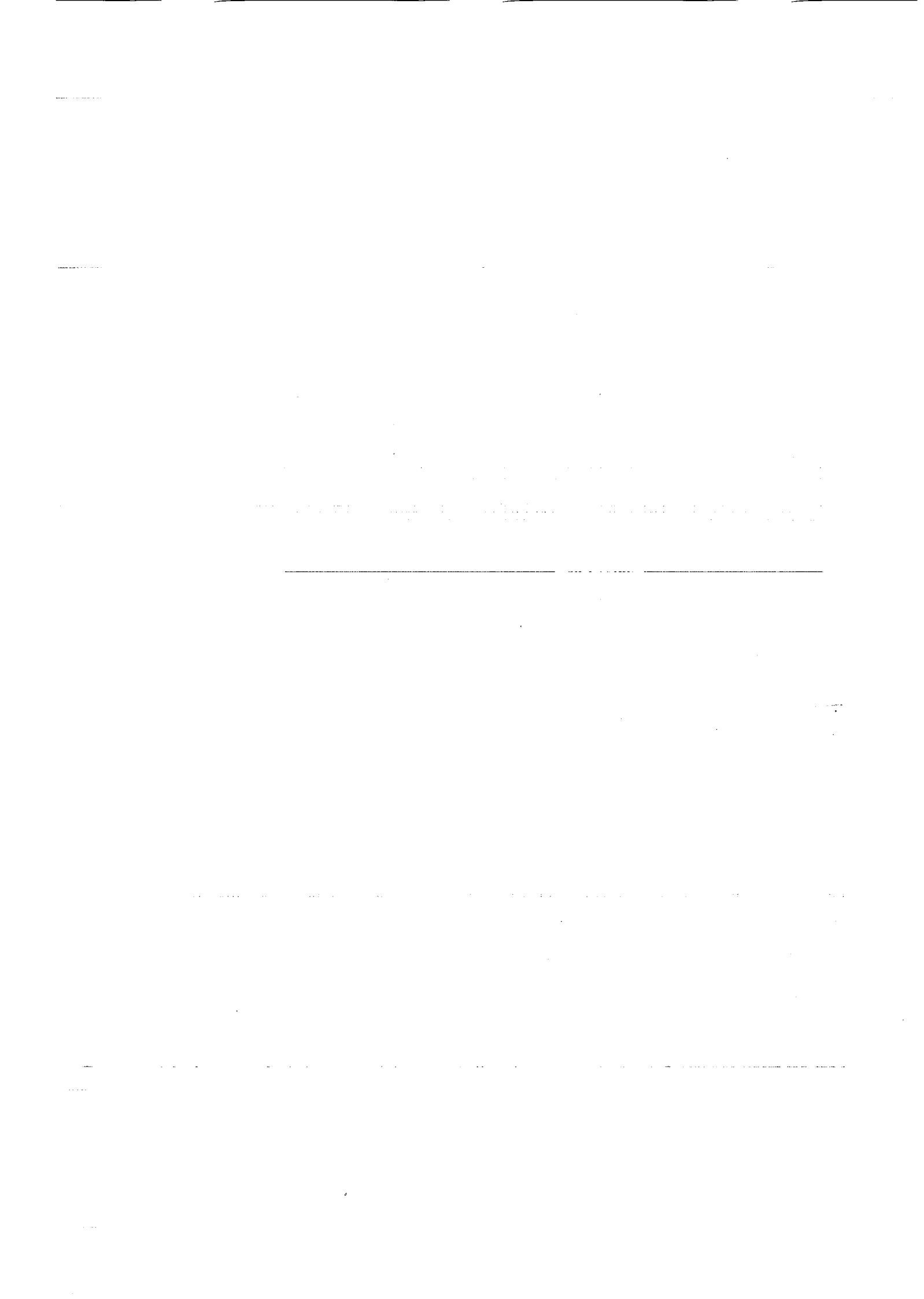
Figur 1 Fiskernes registrering af vrug fordelt på ICES-kvadrater. Tomme kvadrater betyder ikke nødvendigvis, at der ingen vrug findes her men blot at oplysninger mangler.

Figur 1 viser fordelingen af vrug i danske fiskeres fiskeriområde. I alt er der registreret knap 3.200 vrug. Oplysningerne stammer fra fire fiskere og kan således ikke betragtes som fuldstændigt dækkende, men efter som de fleste vrug er kendt af alle vrugfiskerne giver kortet alligevel et indtryk af den overvældende mængde vrug og deres fordeling.

På Figur 2 er der, baseret på de samme fiskeres oplysninger, angivet antal og fordeling af sten/stenrev, som ligeledes er vigtige fiskepladser for garnfiskere.

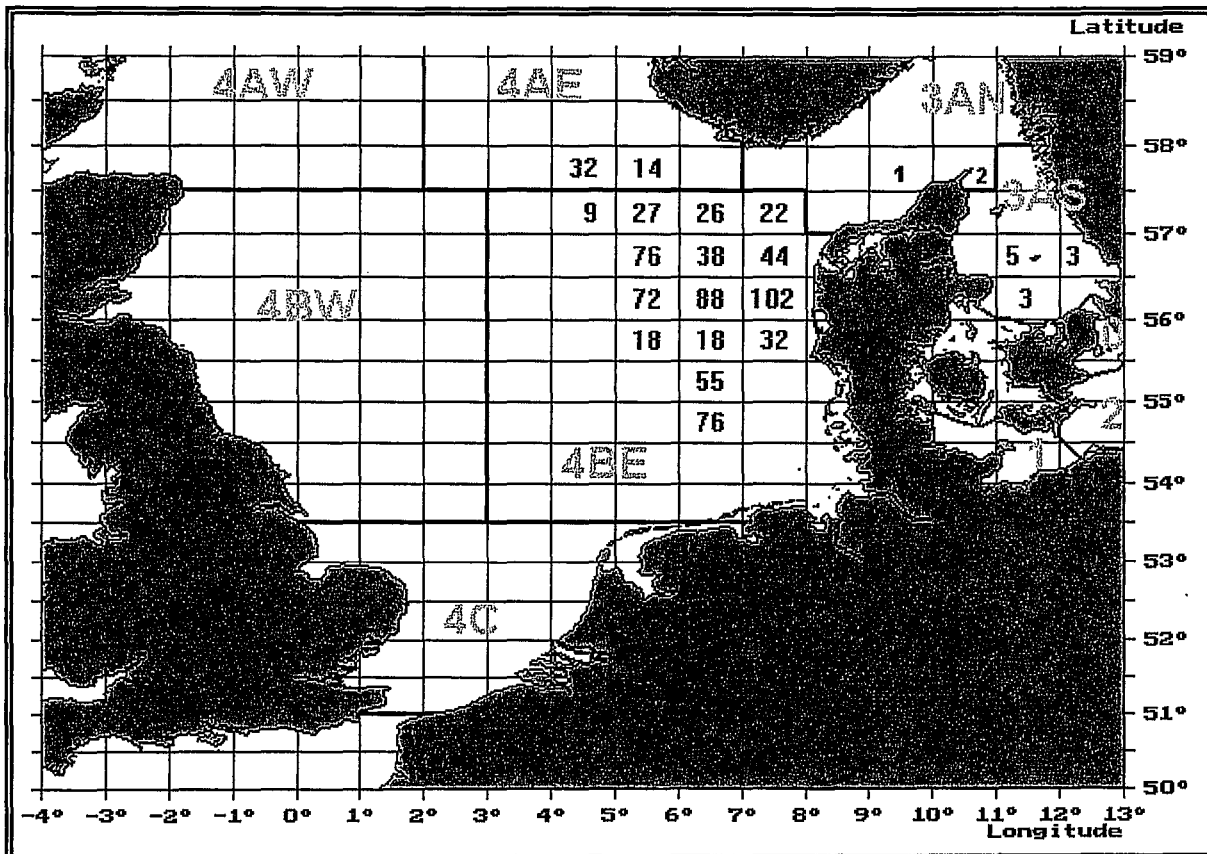
Ud fra logbogsoplysninger indberettet til Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri er det muligt at udarbejde et kort som viser i hvilke ICES kvadrater torskefangsterne gøres. Af Figur 3 og Figur 4 fremgår i hvilke områder fangsterne af torsk i perioden 1994-1996 er gjort med henholdsvis garn og trawl.

Som det fremgår heraf, fisker både garn- og trawlfiskere torsk i stort set hele den centrale del



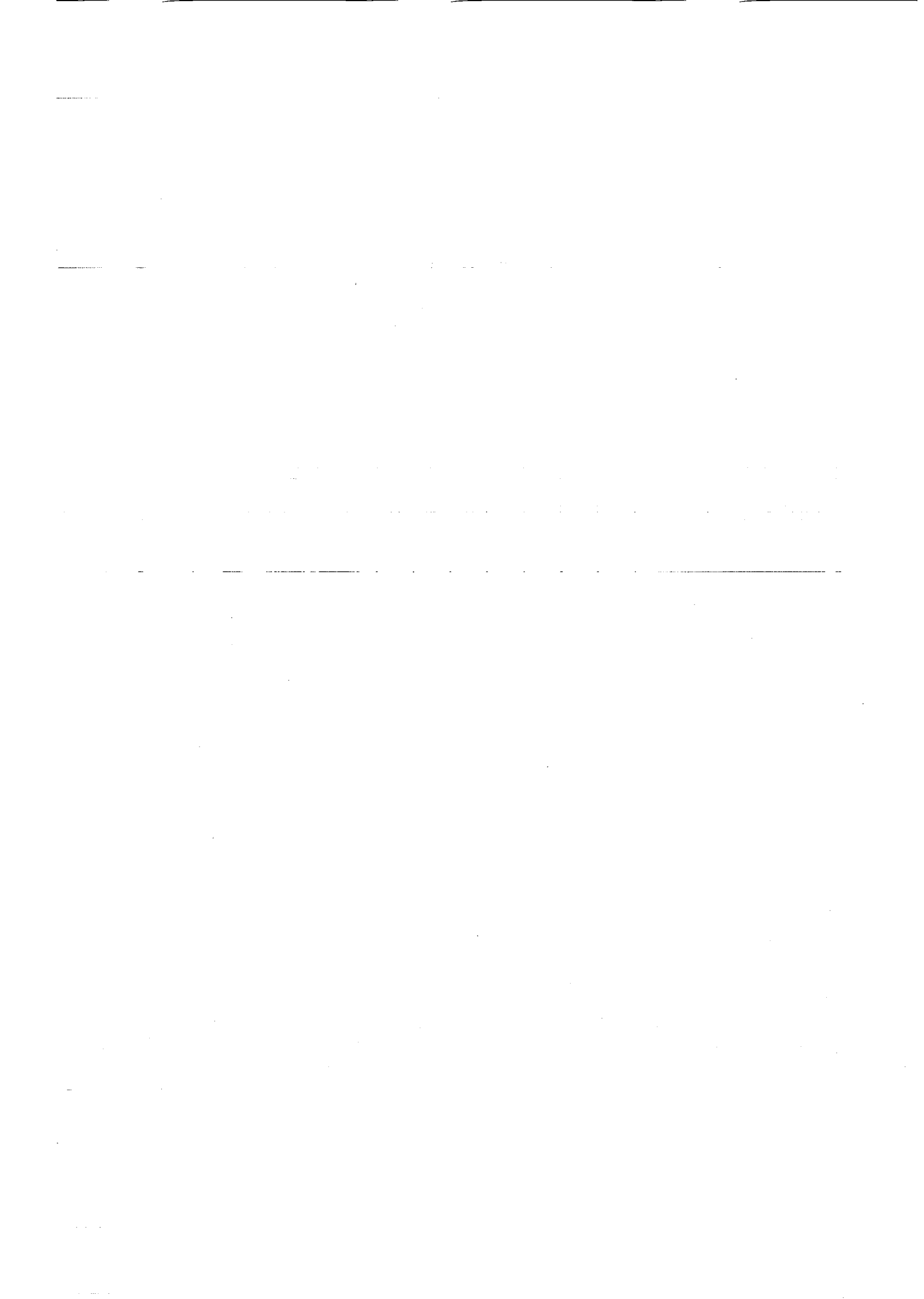
af Nordsøen (IVb), Skagerak (IIIaN) og i hele Kattegat (IIIaS). Trawlfiskerene fisker modsætning til garnfiskerne stort set ikke i den sydlige Nordsø (IVc), til gengæld fisker de i en større del af den nordlige Nordsø (IVA) end garnfiskerne gør. De vigtigste fangstområder for de to fiskeriformer er til dels sammenfaldende og ligger hovedsageligt i den østlige del af den centrale Nordsø samt i den Sydlige del af Skagerak og i den centrale/sydlige del af Kattegat.

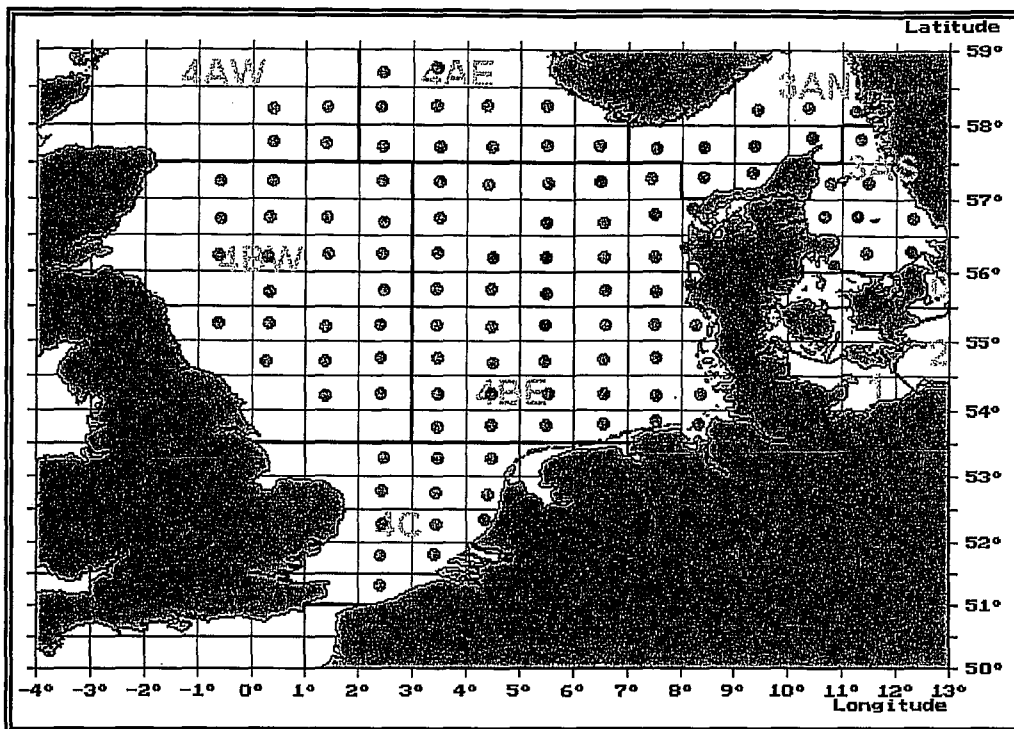
I betragtning af den store betydning fiskerne tillægger tilstedeværelsen af vrage og andre genstande på havbunden burde det teoretisk være muligt at konstatere et sammenfald mellem antallet af vrage med videre, og torskefangster gjort med garn i de enkelte ICES kvadrater.



Figur 2 Fiskernes registreringer af sten/stenrev ¹Det gule rev ²Herthas Flak.

Dette er ikke i alle tilfælde muligt, men der er dog i de fleste af de vigtigste ICES kvadrater en stor hyppighed af vrage med videre og af sten/stenrev. Grunden til at der ikke kan spores en tydeligere sammenhæng skyldes - ud over det begrænsede datagrundlag - det forhold, at de enkelte vrags betydning som fiskepladser er meget forskellige. Antallet af vrage er således ikke den eneste parameter, der er bestemmende for torskefangsternes størrelse - også vrages alder, størrelse, udformning og placering i forhold til strøm og fiskenes vandringsruter er afgørende faktorer.





Figur 3 Kvadrater (røde cirkler) hvori der i perioder 1994-1996 er registreret fangst af torsk i garn. Vigtigste områder (blå cirkler) for garnfiskeriet (områder hvor mere end 1% af de samlede fangster er gjort med garn).

5. Fremskaffelse af yderligere oplysninger

Det vil være muligt at fremskaffe yderligere oplysninger om garnfiskeriet, som kan supplere ovenstående summariske gennemgang af vragsfiskeriet, men det vil kræve en ikke ubetydelig indsats, efter som fiskerne normalt ikke er særligt villige til - eller interesserede i - at strukturere/videregive oplysninger, som kan betragtes som "produktionshemmeligheder". Oplysninger om fangster på enkelte vrags kan i et vist omfang fremskaffes. Men problemet er, at hovedparten af vrage befiskes af et større antal fiskere, fra hvem fangstjournalerne så skal fremskaffes og gennemgås.

6. Fiskeriøkonomiske betragtninger

Hvorvidt etableringen af kunstige rev vil være en fordel eller ej for det samlede fiskeri afhænger først og fremmest af, om sådanne konstruktioner vil give en øget samlet produktion i det pågældende havområde.

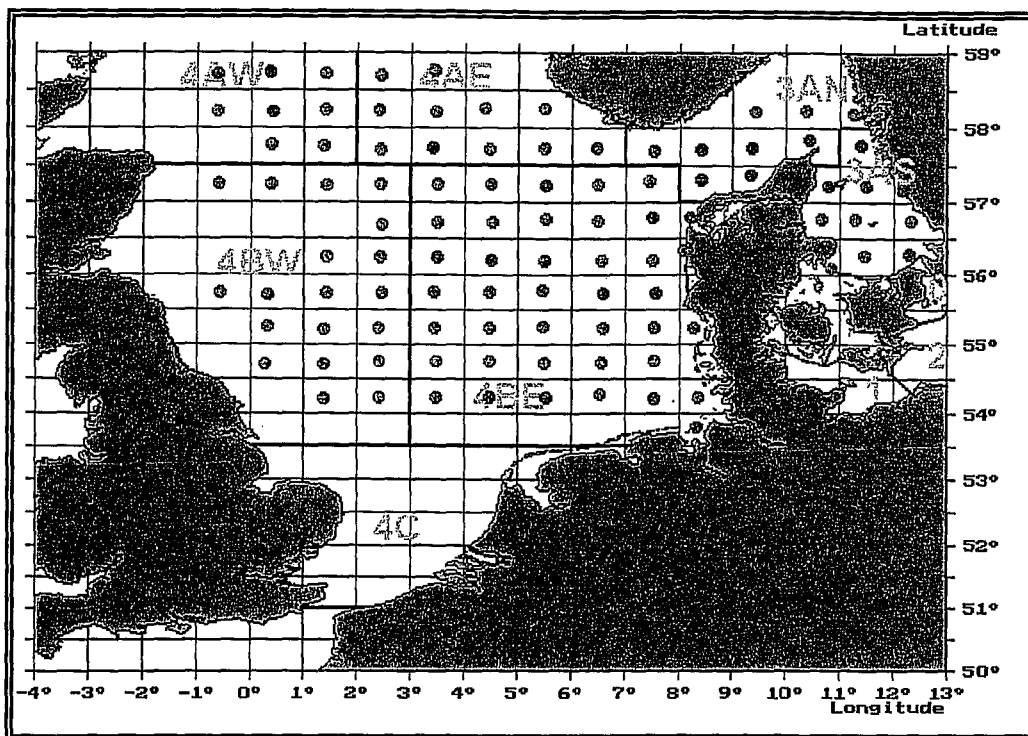
Hvis revene alene har en tiltræknings-effekt vil fiskeri med faststående/ikke-bundsløbende redskaber (garn, krog, pilk, tejner) blive favoriseret i forhold til andre fiskeriformer. Dette kan i sig selv udgøre en energiøkonomisk fordel efter som fiskeri med ikke-bundsløbende redskaber er meget brændstoføkonomisk. Hvis revene ydermere placeres nær fiskerihavnene vil fordelene blive endnu større. Omvendt kan uhensigtsmæssigt placerede rev være til stor gene for fiskeri med bundsløbende redskaber (trawl og snurrevod) ved dels at øge risikoen for skader på redskaberne og dels ved at umuliggøre fiskeri i det pågældende område. Garnfiskeri er som nævnt meget brændstoføkonomisk men er samtidig forbundet med relativt store udgifter til

1

2

3

4



Figur 4 Kvadrater (røde cirkler) hvori der i perioden 1994-1996 er registreret fangst af torsk i trawl. Vigtigste områder (blå prikker) for trawl i fiskeriet (områder hvor mere end 1% af de samlede fangster er gjort med trawl).

redskaber og mandskab.

Den større koncentration af fisk/skaldyr som et kunstigt rev vil give anledning til kan danne basis for landing af fisk af høj kvalitet, efter som fiskene vil kunne fiskes med krog/pilk/tejner som giver den optimale friskhed/kvalitet. Der vil endvidere være en økonomisk gevinst forbundet med at fisk fanget på re/vrag generelt er større en fisk fanget i andre områder (kiloprisen på store fisk er højere end på mindre fisk).

Fiskeri med garn og kroge/pilke/tejner er stærkt selektive fiskeriformer, hvor fangst af undermålsfisk og af ikke-målarter er særdeles begrænset. Dette sikrer, at der ud fra en biologisk synsvinkel - men ikke nødvendigvis ud fra en fiskerøkonomisk synsvinkel - sker en optimaludnyttelse af fiskerressourcerne.

De høje omkostningsniveau i Danmark kombineret med de relativt lave fiskepriser, der i høj grad styres af verdensmarkedsprisen på fisk, gør at fiskeriet skal være særdeles effektivt og kræver store fangstmængder, hvis det skal være rentabelt. Dette aspekt er det særdeles vigtigt at have for øje, når nyttevirkningen af kunstige rev for det erhvervmæssige fiskeri skal vurderes.

Revenes placering i forhold til andre fiskepladser/rev og i forhold til fiskenes vandringsruter er afgørende for, hvor stor betydning de kunstige rev vil kunne få som fiskepladser. Det skal endvidere bemærkes, at rev kun er periodisk interessante for erhvervsfiskeriet, efter som tiltrækningen af fisk (primært torsk) er årstidsbestemt.

[The page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. The text is scattered across the page and does not form any recognizable words or sentences.]

Etableringen af kunstige rev vil efter al sandsynlighed kunne give en øget produktion af hummere - hvorvidt denne produktion kan blive så stor og stabil, at det kan have nogen væsentlig økonomisk betydning for fiskeriet er uafklaret.

Det forhold at trawlfiskeri vil kunne reduceres til fordel for fiskeri med faststående redskaber fremføres undertiden af miljømyndigheder/-organisationer som en positiv effekt ved etableringen af kunstige rev - en effekt som teoretisk set skulle kunne være til økonomisk fordel for det samlede fiskeri. Denne påstand hviler imidlertid på en ikke-underbygget opfattelse af, at anvendelse af bundsløbende redskaber skulle "ødelægge" havbunden. Det skal i den forbindelse bemærkes, at brug af bomtrawl ikke er tilladt i Kattegat/indre farvande. Endvidere har det ikke hidtil været på tale at placere kunstige rev andre steder end hvor der allerede eksisterer rev/sten, som i forvejen gør det umuligt at fiske med trawl.

En beregning over udgifter ved etablering af forskellige kunstige revtyper sammenholdt med et teoretisk mulige merudbytte (fisk/skaldyr) er, set ud fra en fiskeriøkonomisk synsvinkel, stærkt savnet.



Materialevalg

Stig Helmig

Baggrund

Etablering af kunstige rev i danske farvande har allerede vist, at formålene og ønskerne til disse rev er mangeartede. I dette kapitel ses specielt på formålet naturgenopretning, fordi indvinding af natursten fra havbunden har fundet sted gennem mange år og dermed løbende har medvirket til at mindske arealet af hård bund i danske farvande - specielt den stenede bund på de lavere vanddybder langs kysten eller på flak og puller, hvor vanddybden er mindre end 10 meter, har været særlig attraktiv for stenfiskerne.

I 1992 fik rev en særlig status, idet denne naturtype specifikt blev nævnt i EU-direktivet om bevaring af arter og levesteder, Rådets direktiv 92/43/EØF, i daglig tale kaldet Habitat-direktivet. Medlemslandene forpligtiger sig til at beskytte blandt andet naturtypen rev og til at udpege habitatområder samt overvåge plante- og dyrelivet på de udvalgte områder. Fra dansk side er 15 stenrev indstillet til udpegning.

Rev defineres under danske forhold som hårdbundsarealer bestående af samlinger af sten og blokke i størrelsesfraktionerne fra 2 - 5 cm og op til fraktionen > 60 cm dog således, at alle fraktioner er tilstede og fraktionerne 10 - 30 cm, 30- 60 cm og > 60 cm er dominerende.

Den Danske definition af rev er særegen i international sammenhæng. Internationalt er rev klipper, eventuelt undersøiske skær eller koralrev. Stenrevene i vore farvande er udvaskede postglaciale randmoræner. Kort over de danske stenrev viser da også, at revene ligger som større eller mindre øer i undersøiske buer svarende til formen på den afsmeltende istunge.

Netop fordi klipper og klippekyst er så godt som ukendt i Danmark har udnyttelsen af de undersøiske stenrev være stor. Stenene er anvendt til etablering af beskyttelsesværker først og fremmest i forbindelse med havneanlæg.

Indvinding af sten fra havbunden har fundet sted i årtier og det er i dag kun muligt at give en skønsmæssig vurdering af, hvor store stenmængder, der er fisket op fra havbunden. Antages det totale stenfiskeri i perioden 1950 - 2000 at være på 1.4 millioner m³ (tabel 1) og antages gennemsnitsstørrelsen på de opfiskede sten at være på 30 cm. i diameter og stenene i øvrigt at ligge enkeltvis på havbunden som halvkugler er der skønsmæssigt opfisket et hårdbundsareal svarende til ca. 15 km² indenfor de seneste knap 50 år. Antages den gennemsnitlige stendiameter til 50 cm bliver det fjernede areal på ca. 9 km² siden 1950. Inden for de seneste 20 år er indvindingen faldet markant

og samme beregning vil derfor give arealer på henholdsvis 1.3 km² og 1 km². Formel:
 $V \times 3 / r \times 2 = \text{areal} \quad (V \times 3 \times 4 \times \pi \times r / 4 \times \pi \times r)$.

Vi kender ikke den arealmæssige udbredelse af stenrev i danske farvande. Først i 1990'erne er der påbegyndt en detaljeret indsamling af viden om de danske stenrev. Flere stenrev er kortlagt akustisk ved side scanning og efterfølgende undersøgt biologisk ved en række punktdykninger. Omfattende artslistor over specielt algevegetationen på revene, beregninger af stentætheder og mængder samt kilometer af undervandsvideo er væsentlige dele af det datagrundlag, der på mindre end 10 år er indsamlet systematisk - et datamateriale, der endnu er under bearbejdning.

Med baggrund i råstofindvindingen af søsten og Habitatdirektivets naturtypeudpegning kan der være god grund til at undersøge mulighederne for naturgenopretning af stenrev på udvalgte steder i danske farvande.

Den eksisterende viden fra stenfiskerne, de geologiske og biologiske undersøgelser og viden fra erhvervsfiskerne om eksempelvis gode lokaliteter for fiskeri efter sorthummer udgør den viden, der i dag er grundlag for at udpege områder, hvor naturgenopretning i form af kunstige rev vil øge områdets økologiske værdi.

Tabel 1. Indvinding af søsten fra den danske havbund.

Periode (år)	grundlag	volumen (t)
1950'erne	skønnet	400.000
1960'erne	skønnet	400.000
1970'erne	beregnet	450.000
1980'erne	beregnet	96.000
1990'erne	beregnet	78.000
I alt for perioden		1424.000

Indledning

Etablering af kunstige rev er almindelig kendt måske nok især i de sydøstasiatiske lande, mens udviklingen i Europa og Amerika er af noget nyere oprindelse. De sydøstasiatiske rev er i et vist omfang konstrueret af naturligt forekommende materiale - bambus og palmeblade - alene med det sigte at fremme livsbetingelserne for især fisk i det lokale område, hvorimod de vestlige rev er konstrueret med det sigte at kombinere forbedrede livsbetingelser for havets planter og dyr, også her især for fisk, med et stadigt stigende affaldsproblem eller i kombination med det sigte at beskytte havbundens planter og dyr mod en stadig stigende fysiske trusler i form af bundslæbende fiskeredskeer.

Som det fremgår af kapitel 13 om lovgivning og regulering er der ikke i dag vedtagne retningslinier (guidelines) for etablering af kunstige rev. Der eksisterer således ikke retningslinier for med hvilket formål, der kan gives tilladelse til etablering af et kunstigt rev eller retningslinier for hvilke materialer, der må indgå i konstruktionen af et kunstigt rev.

"Given the present uncertainty of the impact of many anthropogenic substances in the marine environment and the risks they may present to important resources, precautionary approaches are clearly needed in determining the amounts of many substances that should be allowed to enter the oceans and the priorities for the implementation of control measures". MacDonald, 1994.

Overvejelserne i forbindelse med etablering af kunstige rev i danske farvande må derfor indeholde væsentlige etiske betragtninger. John M. MacDonald understreger *"There is, as yet, no certain future for the precautionary principle as its requirements remain open for interpretation and are not considered controlling international law"*. MacDonald, 1994. The Precautionary Principle - Forsigtighedsprincip er netop internationalt vedtaget for at fastholde sund fornuft, hvor videnskabelige resultater mangler eller hvor lovgivning er utilstrækkelig.

Raymond Buckley beskriver 5 fakta som må holdes for øje i en ansvarlig udvikling af kunstige rev.

- Artificial reefs are long-term, if not permanent, perturbations of the benthic habitat.*
- Artificial reefs have impacts on the biota which are immediate and far reaching in both time and area.*
- Artificial reefs trigger the aggregation and production of important resources at locations which are atypical to the natural balance in the ecosystem.*
- Artificial reefs cause a redistribution of the fisheries utilizing these resources.*
- Artificial reefs are intended to replicate productive natural reefs - the most complex and the least understood habitat in the aquatic ecosystem.*

Raymond Buckley konkluderer "*We are irresponsible if we continue to allow the development of artificial reefs for reason other than for research or resource enhancement*". Buckley, 1989.

Materialer

I gennemgangen af de forskellige materialer, der er anvendt til konstruktioner af kunstige rev beskrevet i den internationale litteratur er der i denne gennemgang lagt afgørende vægt på fysiske og kemiske analyser af materialerne, materialernes og konstruktionernes holdbarhed samt længden af forsøgsperioderne.

De enkelte materialer eller materialegrupper:

- 1 Natursten.
- 2 Beton.
- 3 Træ, bambus o.l.
- 4 Stålkonstruktioner.
- 5 Flyveakse og slagger fra kulfyrede kraft-/kraftvarmeværker.
- 6 Stabiliseret aske fra oliefyrede kraftværker.
- 7 Stabiliseret aske fra affaldsforbrændingsanlæg.
- 8 Bildæk eller kombinationer hvor bildæk er hovedkomponent
- 9 Plast, PVC.

1. Natursten.

Som udgangspunkt antages natursten at være miljømæssigt uproblematisk. Der er dog ikke i litteraturen beskrevet kemiske analyser af eventuel udsivning af tungmetaller fra natursten i havvand. Umiddelbart forekommer sådanne undersøgelser heller ikke relevante.

2. Beton.

Specielt armeret beton er velegnet til marine konstruktioner. Undersøgelser har vist, at jernarmeringen skal være omgivet af mindst 5 cm beton for at undgå at jernet rustet og konstruktionen derved svækkes. I undersøgelsen opereres med en holdbarhed på 30 år. Fujisawa, 1990. Til Storebæltsforbindelsen har GBC (Great Belt Contractors) anvendt en dækning af armeringen på 5.5 - 7.5 cm beton. Holdbarheden er fastsat til 100 år. Hartung, 1997.

Den væsentligste forskel mellem blokke af beton og blokke af stabiliseret aske er sand, der er hovedkomponenten i beton, mens aske er hovedkomponenten i askeblokke. MacDonald, 1994.

Den principielle faktor i tryk- og trækstyrken i beton er vand-cement forholdet. I henhold til japanske retningslinier angivet i designmanualen JCFPA fra 1984, anbefales et vand-cement forhold på 60% for konstruktioner udenfor surfzonen og på 55% indenfor denne zone, som defineres som vanddybden divideret med bølgehøjden. De maksimale trykstyrker fastsættes til 55 kg/cm² for ikke armeret beton og 60 kg/cm² for armeret beton. Grove et al., ??.

100 hule betonblokke på 1 m³ med "vinduer" på 90×90 cm danner et kunstigt rev syd for Singapore. Styrken af blokkene er efter 4 ugers hærkning 280 kg/cm². Hsu et al., 1988.

Undersøgelser af tryk- og trækstyrke hos henholdsvis askeblokke og betonblokke viser, at styrken hos askeblokke er halvdelen af styrken hos betonblokke efter samme eksponeringstid. Sampaolo et Relini, 1994. Netop dette forhold at overfladen på betonblokke er hårdere og dermed mere stabil benyttes som begrundelse for, at den samlede epifauna på betonblokke er større sammenlignet med epifaunaen på askeblokke. Humphries et al., 1983.

3. Træ, bambus o.l.

Træ og bambus er naturlige materialer dog med en kortere levetid en eksempelvis beton. Et Philippinsk bambusrev har overlevet 4 år uden at blive ødelagt af tyfoner. Quigel et Thornton, 1989. Konkrete fysiske og kemiske undersøgelser af materialerne træ, bambus palmeblade m.v. foreligger ikke i det tilgængelige kildemateriale.

4. Stålkonstruktioner

Omfattende japanske undersøgelser af marine konstruktioner herunder kunstige rev har vist, at jern og armeret beton er de mest egnede konstruktionsmaterialer. Quigel et Thornton, 1989.

Væltede olieproduktionsplatforme som kunstige rev - Rigs to Reefs - er kendt fra bl.a. Louisiana, USA. Der foreligger ikke kemiske analyser af konstruktionerne over tid, men alene oplysninger om holdbarheden. En konservativ vurdering giver en levealder på ca. 300 år. Quigel et Thornton, 1989. Undersøgelsen oplyser ikke om den lange levealder forudsætter udskiftning af zinkanoder.

Japanske undersøgelser har vist at korrosionsraten for en jernkonstruktion neddykket i havvand er af størrelsesordenen 0.03 mm pr. år. I de japanske retningslinier, JCFPA, fra 1984 og i de specifikke retningslinier for revkonstruktioner af jern, JCFPA, 1982 anbefales svejsede konstruktioner frem for nittede konstruktioner. Grove et al., ??.

5. Flyveaske og slagger fra kulfyrede kraft/varmeverker.

Konstruktioner af stabiliseret flyveaske og slagger er udgangspunkt for en lang række undersøgelser indenfor de seneste 10-20 år. Interessen for nyttiggørelse af restprodukter fra kraft-/varme produktionen er åbenlys. Der er tale om ganske betydelige mængder, således skønnedes "lageret" i Italien i 1994 at være på 1.5 millioner tons. Sampaolo et Relini, 1994. Den danske produktion af flyveaske var i 1995 på 1.3 millioner tons. pers. kom. Miljøstyrelsen.

De væsentligste spørgsmål i forbindelse med miljøvurdering af kunstige rev etableret af restprodukter fra kraftvarme produktionen er om sporelementerne (metalioner) fra restprodukterne fikseret i de støbte blokke eller om de hurtigt eller langsomt udvaskes til det omgivende vand eller bioakkumuleres i de organismer, der etablerer sig på revet. Det andet væsentlige spørgsmål er blokkenes stabilitet overfor havvand og havets dynamiske kræfter.

Udgangspunkt for de refererede undersøgelser er støbte blokke hvor restprodukterne indgår i forskellige koncentrationer med cement og eller kalkhydrat som stabilisator. Forskellige blandingsforhold er vist i tabel 2 og tabel 3. Blokkene er massive og varierer kun lidt i størrelse, 20×20×20 cm. Sampaolo et Relini, 1994. eller 20×20×40 cm. Collins et al., 1991., Parker et al., 1983., Woodhead et al., 1982 og 1985 og Humphries et al., 1983.

Tabel 2. Sammensætning af komponenter i de 2 blandingsforhold, der indgår i analyserne i Sampaolo et Relini, 1994.

Sammensætning	Blanding I	Blanding II
Flyveaske	49.4%	73.1%
Slagger	24.7%	-
Cement	-	-
Kalkhydrat	4.9%	5.3%
Vand	21.0%	21.6%

Tabel 3. Sammensætning af komponenter i 3 blandingsforhold, Collins et al., 1991 og 1992.

Sammensætning	Blanding 1	Blanding 2	Blanding 3
PFA	40%	50%	40%
Gibs	20%	10%	17.5%
FGD	-	-	2.5%
Cement	10%	10%	10%
ral	30%	30%	30%

PFA. pulverised fuel ash.

FGD. flue gas desulphurisation (afsvovlningsprodukt fra røggasrensning)

The coal-waste artificial reef program begyndte i 1976 i USA en række laboratorieforsøg, Parker et al., 1983, og Woodhead et al., 1982. Omfattende laboratorieforsøg og tankforsøg blev indledt i Italien i 1994. Sampaolo et Relini, 1994, og egentlige feltforsøg blev iværksat i 1989 i England. Collins et al., 1991, og Collins et al., 1992.

Kemiske analyser og resultater

Analysen af metalionkoncentrationer i blokke af de 3 blandinger jf. tabel 3 samt tilsvarende analyser i referenceblokke af rent beton viser som ventet, at koncentrationerne for alle metalioner er højere i de 3 blandingsblokke end i referenceblokkene.

Som mål for en eventuel udsivning af metalioner blev stykker af blokkene slået af til fornyet analyse. Blokkene havde da været eksponeret i havvand i henholdsvis 2 og 5 måneder. Med undtagelse af cadmium, der viser et fald i overfladekoncentrationen, er koncentrationerne af de øvrige metalioner uændret efter 5 måneders eksponering. Der kan med andre ord ikke påvises en signifikant udsivning af metalioner fra de stabiliserede blokke til det omgivende havvand indenfor den korte forsøgsperiode.

Laboratorieforsøg med én 20×20×20 cm blok i 20 liter vand i 180 dage viser, at en udsivning af Al på i alt 7 mg, Si på i alt 140 mg og Ca, hvor værdien dog ikke er oplyst. Heller ikke for As, Cr, Se og Tl er der angivet de eksakte værdier, men oplyst, at de er på ppb-niveau. Sampaolo et Relini, 1994. Al er inaktiv i det marine miljø.

Shieh et Duedall. 1994. Si er ligeledes et inaktivt stof i blokkene, Shieh et Duedall. 1994.

Efterfølgende tankforsøg viser, at der i prøver fra blokke eksponeret for havvand i en 2-årig forsøgsperiode kan påvises en øget Na-koncentration i overfladen af blokkene og at denne stigende koncentration er korreleret med eksponeringstiden. Undersøgelsen viser også stigende koncentrationer af Mg og Mn i overfladen af blokkene. Stigningen i Mg-koncentrationen følger et tilsvarende fald i Ca-koncentrationen. Sampaolo et Relini. 1994 og Parker et al., 1983. For alle de øvrige komponenter Cu, Zn, Fe, Cd, Pb, As, Tl, Cr, Se, Sb og Be er der ikke påvist ændringer i overfladekoncentrationen. Sampaolo et Relini. 1994. Denne undersøgelse bekræfter således ikke, at Cd udvaskes fra blokooverfladen jf. Collins et al., 1991.

Analysen af vandfasen i tankene kunne ikke påvise udsivning af sporelementer.

Fysisk-mekaniske analyser

Aske- og betonblokke er undersøgt for trykstyrke, trækstyrke, ændring i densitet, lydtransmissionshastighed. Sampaolo et Relini. 1994. Parker et al., 1983. Woodhead et al., 1982. og MacDonald. 1994. Den positive korrelation mellem ultralydstransmission og trykstyrke medfører, at blokkens styrke kan overvåges i felten af en dykker med ultralydsudstyr. Woodhead et al., 1982.

Tryk- og trækstyrken stiger med eksponeringstiden i havvand. Sampaolo et Relini. 1994. Parker et al., 1983. Woodhead et al., 1982. og MacDonald. 1994. I et forsøg over 90 dage stiger trykstyrken i askeblokke fra 10 Mpa til 31.4 Mpa (1 Pa = 1 Newton/m²) og for betonblokkene er den tilsvarende stigning fra 51.7 Mpa til 72.0 Mpa. Disse værdier skal sammenlignes med udgangskravet for blokstyrken på 5 Mpa. Sampaolo et Relini. 1994.

Askeblokke bestående af flyveaske og FDG (flue-gas desulfurization, afsvovningsprodukt fra røggasrensning) i blandingsforhold 3:1 og 1.5:1 med en udgangsstyrke på ca. 2 Mpa vil efter 417 ugers (8 år) eksponering i havvand have en trykstyrke på henholdsvis 7.5 Mpa og 4.9 Mpa. Den største styrke er målt efter 367 uger (7 år). Der er kun en måling efter 7 år og det er således ikke muligt at vurdere om styrken falder i de efterfølgende år. Woodhead et al., 1982. Tilsvarende blokke med et blandingsforhold på 2.9:1 er stabiliseret med kalk og cement og har en udgangsstyrke på 4-6 Mpa. Humphries et al., 1983.

6. Stabiliseret aske fra oliefyrede kraftværker.

Produktionen af aske fra oliefyrede kraftværker svarer til 1% af olieforbruget. Tabel 4 viser de væsentligste komponenter i denne asketype sammenholdt med flyveaske fra kulfyrede kraftværker. Duedall et al., 1985.

Tabel 4. Sammensætning i $\mu\text{g/g}$ i aske fra henholdsvis et oliefyret og et kulfyret kraftværk.

Oliefyret kraftværk	10.600	53.000	560	325	13.000	608
Kulfyret kraftværk	9.400 \pm 100	300	220 \pm 10	118 \pm 3	127 \pm 4	190

Overfladeprøver (1 cm dybe) fra 20 \times 20 \times 40 cm blokke er analyseret for Ca, Al, Si, Mg, V, Zn, Pb og Cu. Fald i overfladekoncentrationen af et stof tages som udtryk for udsivning af stoffet fra blokken.

Da Al danner Al(OH)₃ en gibsforbindelse, forventes Al koncentrationen stabil i undersøgelsesperioden, der er på 2½ år. Resultaterne bekræfter denne antagelse. Koncentrationerne af Si, Cu, Zn og Pb er ligeledes uændret i forsøgsperioden. Ca-koncentrationen falder gennem perioden med i alt 30% efter 2½ år. Mg-koncentrationen stiger med i alt 97% i løbet af de 2½ år og Vanadium-koncentrationen falder med ca. 5% på 2½ år. Shieh et Duedall, 1994.

7. Stabiliseret aske fra affaldsforbrændingsanlæg.

I USA er kunstige rev af dette materiale sat i værk i "*Long Island Considers Plan to Dump Incinerator Ash Bricks off New York Coast*". Aske fra de affaldsforbrændingsanlæg indeholder høje niveauer af Pb, Cd, Hg og dioxin. MacDonald, 1994.

8. Bildæk eller kombinationer, hvor bildæk er hovedkomponent.

Anvendelse af brugte bildæk til konstruktioner af kunstige rev er bl.a. gennemført på Filippinerne, ref. 5 og i Malaysia. Hsu et al., 1988. Der er dog ikke i disse referencer redegjort for kemiske undersøgelser til belysning af eventuelle udsivende stoffer fra bildæk eksponeret for havvand.

Den fysiske stabilitet af rev opbygget af dæk og cement viser i en undersøgelse fra New Jersey, at enhederne skal have en undersøisk densitet på mindst 275 kg/m³, en mindste ballast/gummi-forhold på 10 kg beton til 1 kg gummi og et mindste ballast/dæk-forhold på 11 kg beton pr. dæk. Revene er placeret i dybdeintervallet 18 - 25 meter. Myatt et al., 1989.

John M. MacDonald finder, at brugte bildæk er relativt harmløse i det marine miljø. MacDonald, 1994. Wapiro Fujisawa fraråder anvendelse af brugte bildæk på grund af de mangeartede kemiske stoffer, der anvendes i dækproduktionen, eksempelvis vulkaniserings acceleratore, stabilisatorer m.fl. Der er tale om forurenende stoffer.

der fysisk og ikke kemisk er bundet til gummiet, og som derfor let opløse i havvandet og endelig er der tale om stoffer og mængder omgærdet af produktionshemmeligheder. Fujisawa. 1990.

9. Plastik, PVC

Kunstige rev af PVC er bl.a. etableret i Malaysia. Der foreligger ikke oplysninger om kemiske analyser af udgangsmaterialet eller analyser efter en eksponeringsperiode i havvand. Der foreligger heller ikke analyser om holdbarhed af de anvendte rørkonstruktioner, dog har de vist sit sårbare overfor fiskeredskaber. Omar et al., 1994.

Bioakkumulation

Afbrænding af kul koncentrerer tungmetalindholdet i asken. Ved at sammenligne tungmetalindholdet i søpunge, rurere og rørboende orm, der er settlet på askeblokke med tilsvarende organismer settlet på blokke af beton, er der ikke påvist nogen forskel i indholdet af tungmetaller efter 2 måneder. Analysen omfattede Cu, Cd, Cr, Pb, Mg, Ni og Zn. Collins et al., 1990. Tilsvarende analyser på organismer knyttet til de blokke, der er vist i tabel 3 har givet samme resultat. Collins et al., 1991 og 1992.

I et forsøg med *Mytilus edulis*, der i 3 uger blev udsat for forskellige koncentrationer af opslemmet flyveaske i vandet viste alene en øget vævskoncentration af jern. Vævsanalyserne viste således ingen forøgelse i koncentrationerne af Zn, Pb, Ni, Mg, eller Cd. Woodhead et al., 1982.

Miljøvurdering

Som grundlag for den miljømæssig vurdering af de materialer, der i dag er indgået i forsøg eller i egentlige kunstige rev i naturen, er kriterier lagt til grund.

Manglende viden om langtidseffekter herunder holdbarhed er generel for alle de omtalte materialer bortset fra natursten. For en række materialer er der ikke gennemført kemiske analyser af udgangsmaterialet og heller ikke gennemført analyser af materialet efter eksponering i havvand. De længste eksponeringsperioder er 3 år og omhandler måling af udsivning fra blokke indeholdende forbrændingsaske.

Blokke af armeret beton vurderes at holde i ca. 30 år. Undersøgelser af tryk- og trækstyrke hos henholdsvis askeblokke og betonblokke viser, at styrken hos askeblokke er halvdelen af styrken hos betonblokke efter samme eksponeringstid, ref. 1. Der er næppe grundlag for at antage at blokke indeholdende forbrændingsaske

holder længere end betonblokke. Immobiliseret eller stabiliseret forbrændingsaske er formodentlig kun forhindret i at frigøres til havvandet fra askeblokken så længe blokken er intakt. ved netbrydning frigøres tungmetaller m.v. i deres oprindelige struktur og med deres oprindelige miljøeffekt. MacDonald. 1994. Olieproduktionsplatforme af stål vurderes at holde i havvand i mindst 300 år. Fujisawa. 1990. Holdbarhedsforsøg kendes ikke fra andre materialer.

Kriterier for en miljømæssig vurdering:

- materiale af naturlig geologisk oprindelse antages miljømæssigt uproblematisk
- udsivning af miljøfremmede stoffer fra materialet må ikke overskride nationale eller internationale grænseværdier for stoffets udledning i det marine miljø.
- materialet skal være formstabilt i mindst 50 år.
- materialet må ikke på noget tidspunkt efter udlægning i havet nedbrydes under frigivelse af forurenende stoffer. tungmetaller m.m. i koncentrationer. der afviger signifikant fra områdets baggrundsværdier af de samme stoffer.

konklusion

På det foreliggende videngrundlag kan arbejdsgruppen alene anbefale kunstige rev af rent beton. armeret beton eller natursten.

Referencer

- Buckley, R.. 1989. A Debate on Responsible Artificial Reef Development. Part II. Artificial Reefs Should Only Be Built By Fishery Managers and Researchers. Bulletin of Marine Science. Vol. 44. No. 2. pp. 1054-1057.
- Collins, K.J., Jensen, A.C. og Lockwood, P.M..1990. Fishery enhancement reef building-exercise. Chemistry and Ecology, vol. 4: pp. 179-187.
- Collins, K.J., Jensen, A.C. og Lockwood, P.M..1991. Artificial reefs: Using coal-fired power station wastes constructively for fishery enhancement. Proceedings of the International Colloquium on the environment of epicontinenral seas. 20-22 March 1990. Lille. Oceanologica Acta, vol.sp. n. 11: pp. 225-229.
- Collins, K.J., Jensen, A.C. og Lockwood, P.M..1992. Stability of a coal waste artificial reef. Chemistry and Ecology, vol. 6: pp. 79-93.
- Duedall, I.W., Kester, D.R., Park, P.K. og Ketchum, B.H.. 1985. Energy wastes in the marine environment: An overview. In: I.W. Duedall, B.H. Ketchum, P.K. Park og D.R. Kester. Wastes in the Ocean. Wiley-Interscience, New York, vol. 4: pp. 13- 42.
- Fujisawa, W.. 1990. Technical manual for resource enhancement. Training Department, Southeast Asian Fisheries Development Center. ?. ?pp.
- Habitat-direktivet. 1992. Rådets Direktiv 92/43/EOF af 21. maj 1992 om bevaring af naturtyper samt af vilde dyr og planter.
- Hartung, A.. 1997. Storebælt. Tema. Ingeniøren. Nr. 21.
- Humphries, E.M., Duedall, I.W. og Jordan, S.J.. 1983. Coal-Waste blocks as a fouling substrate in estuarine water. In: I.W. Duedall, B.H. Ketchum, P.K. Park og D.R. Kester. Wastes in the Ocean. Wiley-Interscience, New York, pp.614-649.
- Grove, R.S., Nakamura, M. og Sonu, C.J., ?. Materials. In: Design and engineering of manufactured habitats. ?. pp. 124-126.
- Hsu, L.H.L., Chou, L.M. og Ling, K.H., 1988. Country review paper (Singapore). role of artificial reef in living resources enrichment. In: ASEAN/SF/88/GEN/8. report of the workshop on artificial reefs development and Management. Penang, Malaysia. 13-18-September 1988.
- MacDonald, John M., 1994. Artificial reef debate: Habitat enhancemant or waste disposal?. Ocean Development and International Law, vol. 25: pp. 87-118.

Myatt, dW. O., Myatt, E.N. og Figley, W.K., 1989. New Jersey tire reefs stability study. *Bulletin of Marine Science*. 44(2): pp 807-817.

Omar, R.M.N.R., Kean, C.E., Wagiman, S.H., Hassan, A.M.M., Hussein, M., Hassan, R.B.R. og Hussin, C.O.M., 1994. Design and construction of artificial reefs in Malaysia. *Bulletin of Marine Science*. 55(2-3): pp. 1050-1061.

Parker, J.H., Woodhead, M.J., Duedall, I.W. og Carleton, H.R., 1983. Ocean disposal and construction with stabilized coal waste blocks. *Nat. Sci. Tech.*, vol. 15:83-95.

Sampaolo, Armando og Relini Giulio, 1994. Coal ash for artificial habitats in Italy. *Bulletin of Marine Science*. 55(2-3):1277-1294.

Quigel, J.C. og Thornton, W.L., 1989. Rigs to reefs - a case history. *Bulletin of Marine Science*. 44(2): pp. 799-806.

Ramon, I.M., 1988. Country review paper (Philippines). Artificial reef development - the Philippine experience. Paper contributed to regional workshop on artificial reefs development and Management, Penang, Malaysia, 13-18-September 1988.

Shieh, C.-S. og Duedall, I.W., 1994. Chemical behavior of stabilized oil ash artificial reef at sea. *Bulletin of Marine Science*. 55(2-3): pp. 1295-1302.

Woodhead, P.M.J., Jeffrey, H.P. og Duedall, I.W., 1982. The coal-waste artificial reef Program (C-WARP): A new resource potential for fishing reef construction. *Marine Fisheries Review*, 44(6-7): pp. 16-23.

Woodhead, P.M.J., Jeffrey, H.P., 1985. Biological compatibility of a coal-waste block reef in the ocean. In: I.W. Duedall, B.H. Ketchum, P.K. Park og D.R. Kester, *Wastes in the Ocean*. Wiley-Interscience, New York, pp.557-572.



Dansk Hydraulisk Institut

Kunstig Rev Projekt
Design, hydrografiske og
hydrodynamiske forhold

Juni 1997

Agern Allé 5, 2970 Hørsholm

Telefon: 45 76 95 55

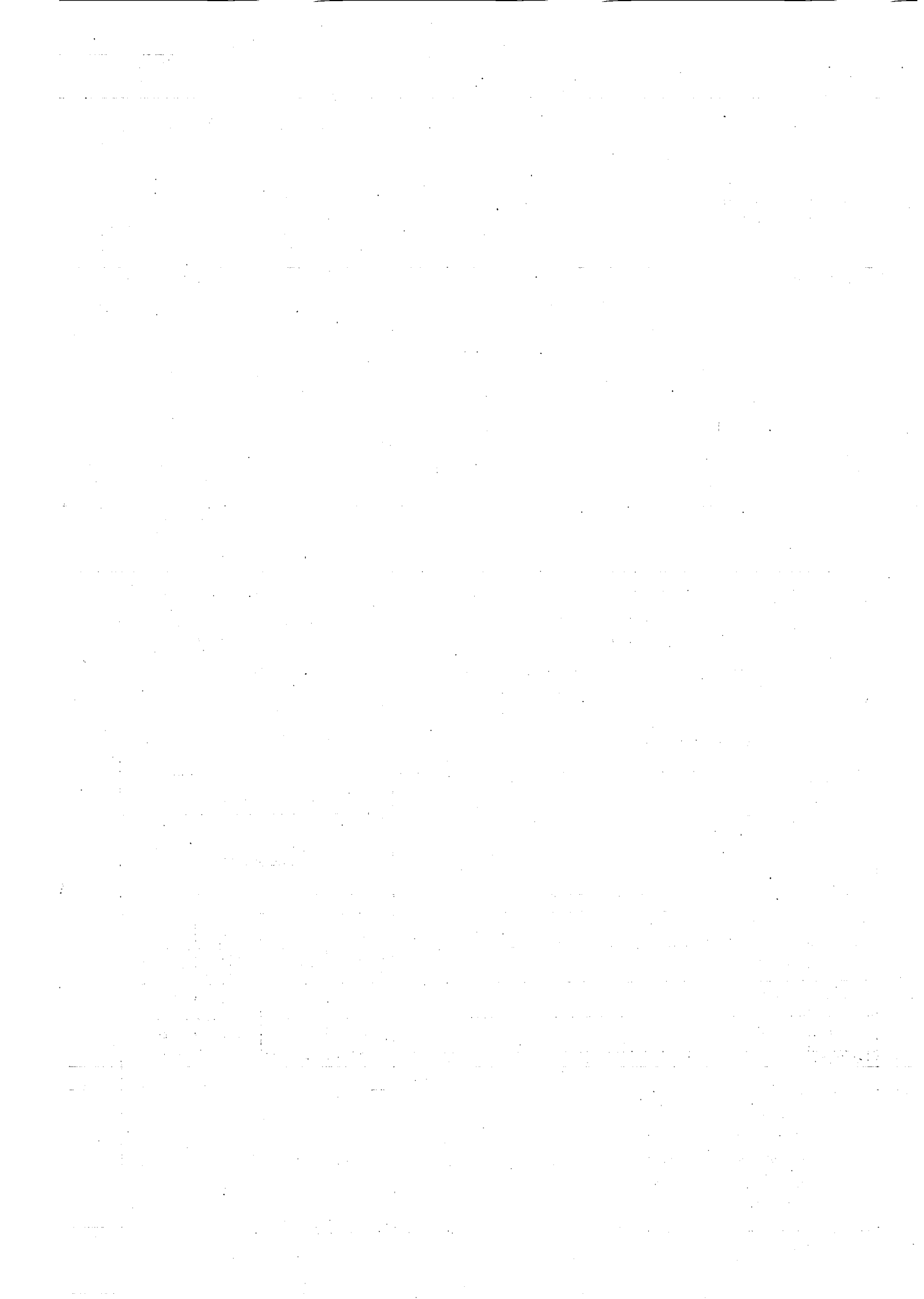
Telefax: 45 76 25 67

e-mail: dhi@dhi.dk

Telex: 37 402 dhicph dk

Tilknyttet Akademiet for de Tekniske Videnskaber

Klient		Klientens repræsentant			
Danmarks Fiskeriundersøgelser		Hanna Stokholm			
Projekt		Projekt Nr.			
Kunstig Rev Projekt		7939			
Forfattere		Dato			
		27. juni 1997			
R. Zorn Erik Asp Hansen		Godkendt af			
		V. Jacobsen			
0	Endelig rapport	RZ/EAH	EAH	VJ	27.06.97
A	Foreløbig rapport	RZ/EAH	EAH	VJ	15.05.97
Version	Beskrivelse	Udført	Kontrl.	Godk.	Dato
Nøgleord		Klassifikation			
Kunstig rev hummere dimensionsgivende erosionsbeskyttelse kræfter Kattegat		<input type="checkbox"/> Åben <input type="checkbox"/> Intern <input checked="" type="checkbox"/> Tilhører klienten			





FORORD

Kunstig Rev Projekt

1997-06-27

7939-2eah.rz

Design, hydrografiske og hydrodynamiske forhold

Dansk Hydraulisk Institut (DHI) har gennemgået de overordnede designmæssige, hydrografiske og hydrodynamiske forhold i forbindelse med eventuel konstruktion af kunstige rev (hummerhabitater), som kan placeres i det danske søterritorium.

DHI har i projektets første fase konstateret, at der historisk er anvendt utallige konstruktionsudformninger af forskellige materialer ved etablering af kunstige rev på forskellige lokaliteter i mange lande.

Ud over de biologiske fordele og ulemper, der er ved at vælge den ene eller den anden konstruktion, vil der for det danske søterritorium være begrænsninger i valg af materiale og placering p.g.a. eventuelle påvirkninger af det omliggende miljø (f.eks. afgivelse af stoffer, ændringer af strøm- og bølgeforhold), samt hensynet til andre interesser (f.eks. fiskeri, råstofindvinding og sejlruter etc.).

Påvirkninger fra det fysiske miljø på konstruktionen (f.eks. strøm- og bølgeforhold) vil også give begrænsninger i valget af konstruktionsudformning og placering.

Hvis der placeres kunstige rev på havbunden, skal revene dimensioneres for bølge- og strømkrafter, således at konstruktionen er stabil (ikke bryder sammen, flyttes eller væltes).

Hvis revet placeres på en eroderbar havbund skal en evt. erosionsbeskyttelse dimensioneres, og evt. sandindfyld i det kunstige rev bør vurderes.

Revene vil kunne påvirke vandudskiftningen nær ved revet, fordi modstanden fra revene har en bremsende effekt på strømmingen i området. Størrelsen af disse ændringer skal vurderes i en dimensioneringsfase.

Nær revene vil der ske ændringer af bølge- og strømningsfeltet: Der vil være områder, hvor bølgerne ændres (diffraktion og refraction), hvor strømhastighederne reduceres (strømlæ), og der vil være områder hvor der sker en forøgelse af strømmen (f.eks. gennem huller, eller på oversiden af revene). Der kan forekomme 'up-welling' (bundvand der stiger mod overfladen som følge af kunstige rev), og endelig vil der være områder med kraftig turbulens. Hvis der er kendskab til, hvilket miljø fisk/hummere foretrækker, kan dette benyttes til at udforme revet optimalt.

Kunstige rev skal dimensioneres for iskrafter (isskruninger) og for eventuelle skibskollisioner.

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice. This not only helps in tracking expenses but also ensures compliance with tax regulations. The document further outlines the process of reconciling bank statements with the company's ledger to identify any discrepancies. It suggests a monthly review cycle to catch errors early and prevent them from escalating. Additionally, it highlights the role of technology in streamlining these processes, such as using accounting software to automate data entry and generate reports. The text concludes by stating that consistent record-keeping is essential for the long-term financial health and transparency of the organization.

In the second section, the focus shifts to budgeting and financial forecasting. It explains how a well-defined budget serves as a roadmap for the company's financial goals. The document provides a step-by-step guide to creating a budget, starting with identifying all sources of revenue and then listing all expected expenses. It stresses the importance of being realistic in the estimates and leaving room for unexpected costs. The text also discusses various forecasting techniques, such as trend analysis and scenario planning, to help the company anticipate future financial challenges. It encourages regular monitoring of the budget's performance against actual results and adjusting it as needed. The section ends with a reminder that budgeting is not a one-time task but an ongoing process that requires continuous attention and flexibility.

The third part of the document addresses the topic of financial reporting and communication. It details the different types of financial statements, including the balance sheet, income statement, and cash flow statement, and explains how they provide a comprehensive view of the company's financial position. The document emphasizes the importance of presenting this information clearly and accurately to stakeholders, such as investors, creditors, and management. It offers tips on how to structure reports, use visual aids like charts and graphs, and provide context for the data. The text also discusses the legal requirements for financial reporting and the consequences of non-compliance. It concludes by stating that effective financial reporting is crucial for building trust and making informed decisions within the organization.

Finally, the document provides a summary of key takeaways and offers some concluding thoughts. It reiterates the importance of financial discipline, transparency, and proactive planning. It encourages the reader to take the time to review the document and implement the suggested practices. The text ends with a positive note, stating that with the right approach, the company can achieve its financial objectives and ensure a bright future. The document is signed off by the author's name and contact information.

DEL A

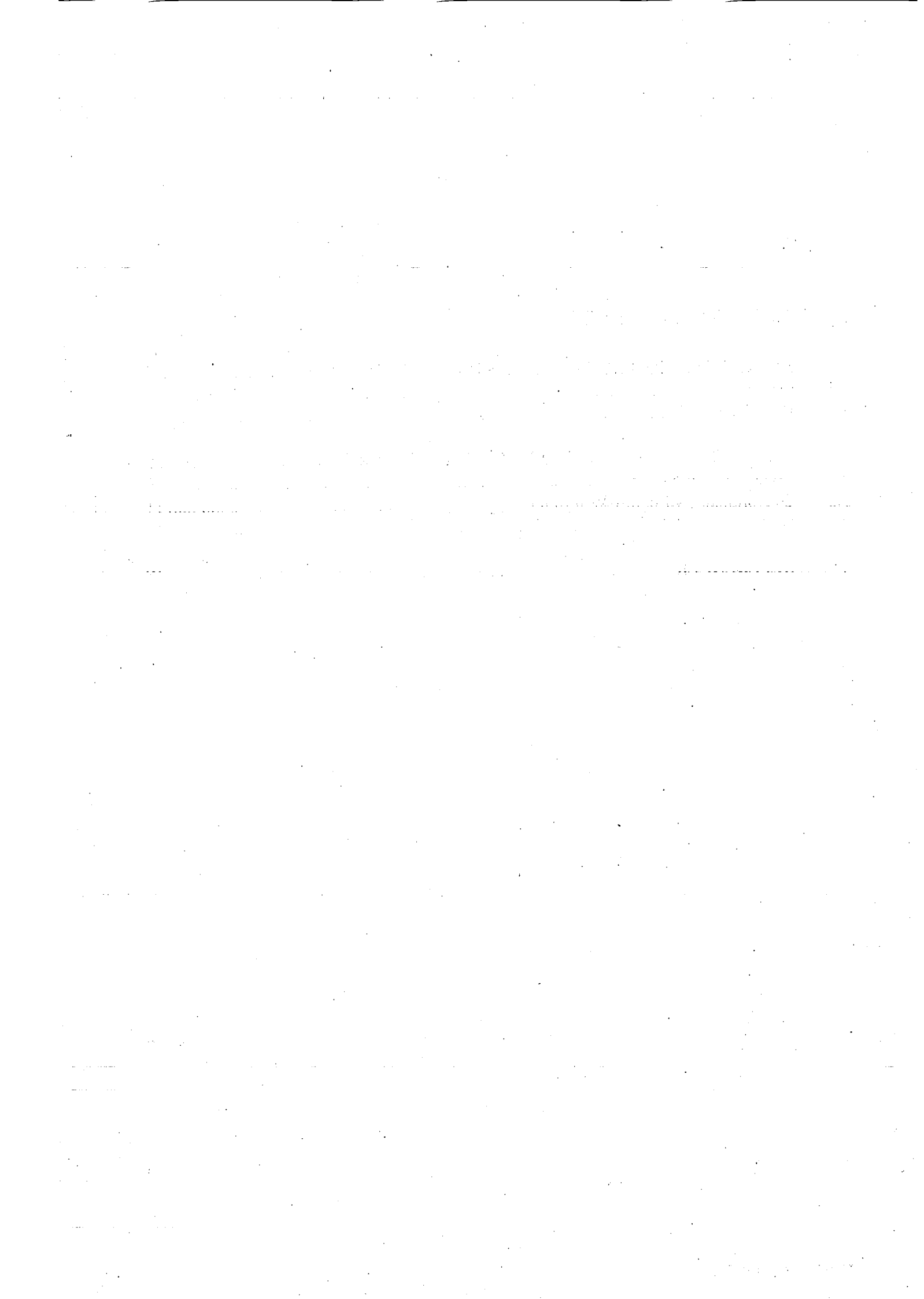
HYDROGRAFISKE FORHOLD

1910

1911

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	BESKRIVELSE AF EKSISTERENDE KUNSTIGE REV	1
1.1	Generelt	1
1.2	Beskrivelse af konstruktioner	1
2	PLACERING AF KUNSTIGT REV I DE DANSKE FARVANDE.....	9
2.1	Myndighedsinteresser.....	9
2.2	Overordnede hydrografiske forhold	11
2.3	Bestemmelse af dimensionsgivende parametre.....	14
3	REFERENCER	19



1 BESKRIVELSE AF EKSISTERENDE KUNSTIGE REV

1.1 Generelt

For at registrere oplysninger om eksisterende konstruktioner, er der fra DFU's litteratursøgning, foretaget en gennemgang af udvalgte artikler, /1/ - /8/.

Gennemgangen har vist, at fantasien har været mangfoldig, når det gælder valg af materialer til opbygning af kunstige rev. Klippestykker, rør og kuber af beton og flyveaske, stål- og plastikonstruktioner, vragele, brugte bildæk og bambusstativer for blot at nævne nogle tilfældigt udvalgte.

Ud over de biologiske fordele og ulemper, der er ved at vælge den ene eller den anden konstruktion (udformning som påvirker de biologiske mekanismer), vil der for det danske søterritorium være begrænsninger i valget af materiale og placering p.g.a. eventuelle påvirkninger af det omliggende miljø (f.eks. afgivelse af stoffer, ændring af strøm- og bølgeforskel).

Påvirkninger fra det fysiske miljø på konstruktionen (f.eks. strøm- og bølgeforskel), vil også give begrænsninger i valget. Designparametre skal bestemmes, således at man f.eks. undgår tilsanding, scour eller at konstruktionen bryder sammen. Man kan dog i nogen udstrækning tage sine forholdsregler mod disse påvirkninger.

1.2 Beskrivelse af konstruktioner

Kunstige rev har været anvendt i bl.a. både Japan og USA i mindst 200 år, og et overordnet resultat af gennemgangen er vist i Tabel 1.1, hvor eksempler på eksisterende kunstige rev er inddelt i forskellige typer efter materiale (design) og placering.

Tabel 1.1 *Forskellige typer af kunstige rev. ***Eksempler****

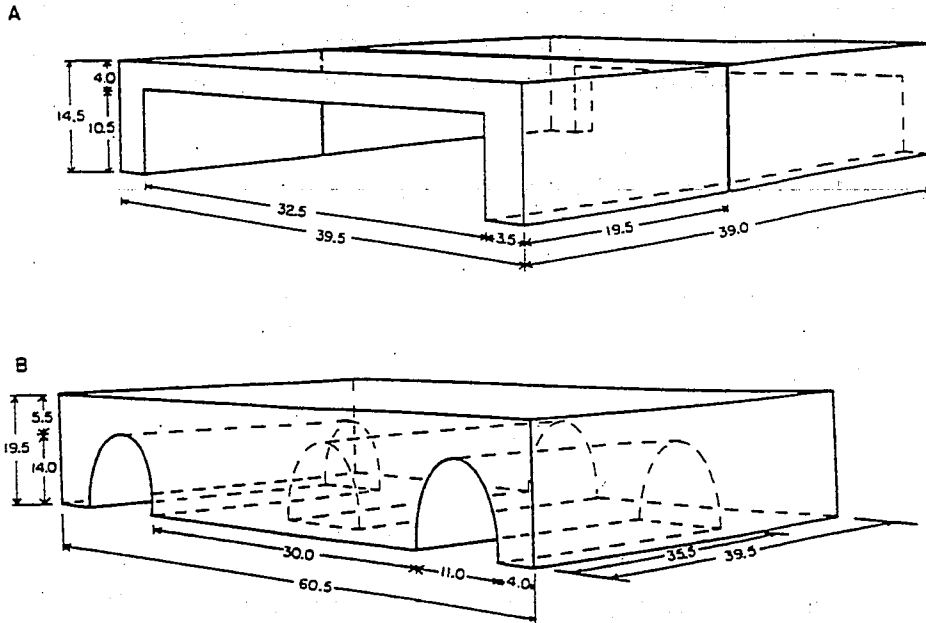
Materiale	Lok.	Vanddyb. (m)	Bundforhold	Enhed af * lxbxh (m)	Grupper på * LxB (m)	
Betonblokke	Californien	18	sand	75 * 2.4x1.2x0.9	6 * 2000 x 450	/1/
"	Florida			20 * 2.4x1.2x0.9		/1/
Fiberglas	Florida	max 24		10 * 1 x 5		/1/
Flyveaske (blokke)	Long Island, N.Y.	20	sand	15000 * 0.2x0.2x0.4	77 x 18 x 2	/2-3/
Dæk/betonblokke	Penang	4 - 18	sand/mudder	400*dæk+ 100 x 20 100*0,5x0,5x0,5		/4/
Dæk	Filippinerne	3 - 4	sand/mudder	500 - 1000 dæk	15 - 40	/4/
Bambus	"	3 - 4	sand/mudder	16000 * 2 x 2 x 3	50	/4/
#)	South Carolina	11 - 14	groft sand	280 * 1 - 31 - 87		/5/
Betonkuber&blokke	Italien	10 - 14	klippe	300 * 2x2x2	5 * 60 x 90	/6/
Flyveaske	Poole Bay, UK	10	sand	1600 * 0,2x0,2x0,4	8 * 30 x 10	/7/
Betonblokke	Middelhavet			? * 2x2x2	30 * 200 x 100	/8/
#)	Test af 8 forskellige typer:					
Design type	konstruktionsmateriale		vægt pr. enhed (kg)		volumen pr. enhed (m ³)	
A	stålarmet beton		1863		2,66	
B	"		1818		2,62	
C	Polyolefin plastic		341		14,37	
D	"		41		1,53	
E	stål		205		3,38	
F	stål & plastic		207		3,38	
G	beton & pvc		3898		10,03	
H	stålarmet beton + dæk		1454		1,77	

Gennemgangen af artiklerne giver ingen præference for materialevalg, hvorimod de kunstige rev primært er placeret i kystnære områder på vanddybder fra ca. 3 m til ca. 20 m.

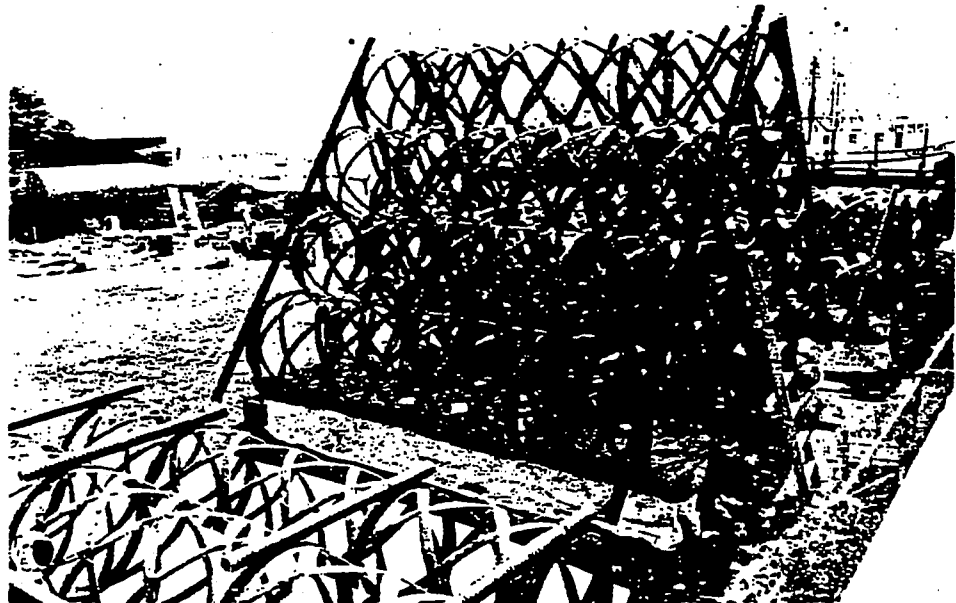
Bundforholdene varierer fra mudder, sand, groft sand til klippe, altså bundforhold, som formodentlig er 'valgt' ud fra tilstedeværelsen af den fauna man ønsker at fange på den pågældende lokalitet.

Størrelsen af konstruktionerne er meget varierende, men generelt er det mindre konstruktioner, når der er tale om direkte konstruktion af kunstige rev. Der er dog også eksempler på store konstruktioner, men i disse tilfælde er det primært eksisterende bygværker (offshoreplatforme, skibe etc.), som er placeret på havbunden som 'kunstige rev'.

Eksempler på kunstige rev er vist i Fig. 1.1 - 1.4.

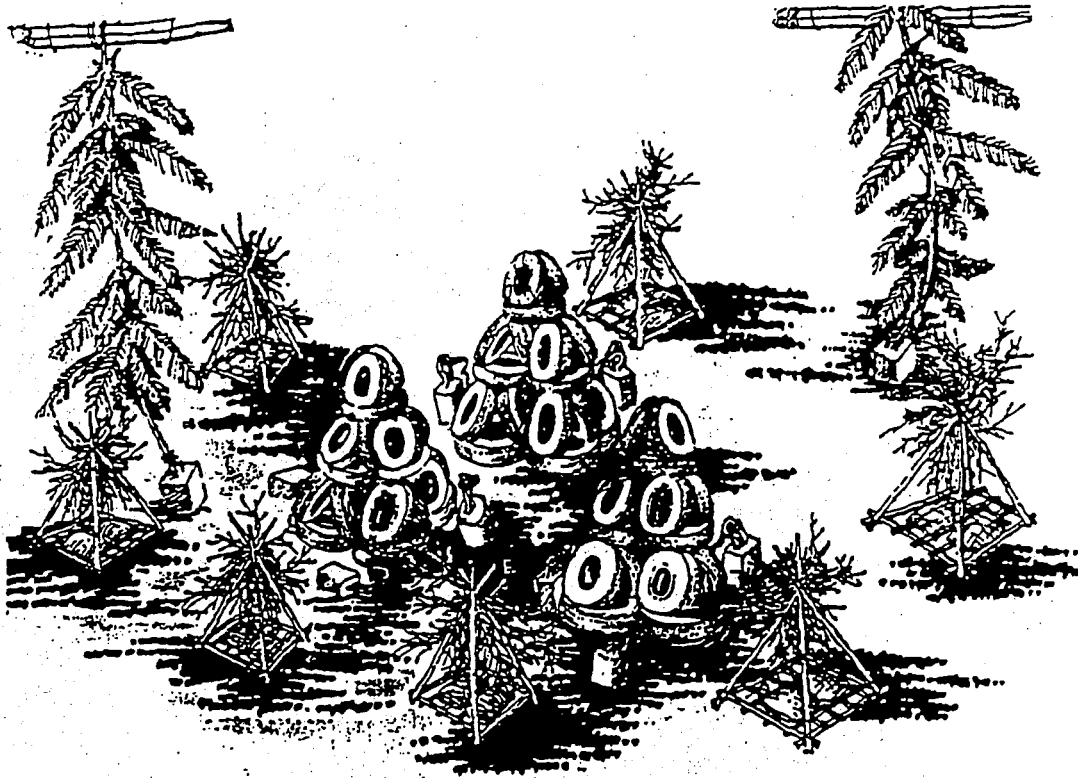


— Artificial shelters fabricated from pumice concrete in Rhode Island:
 A = single-chamber (2-piece) unit and B = triple-chamber unit, 11/

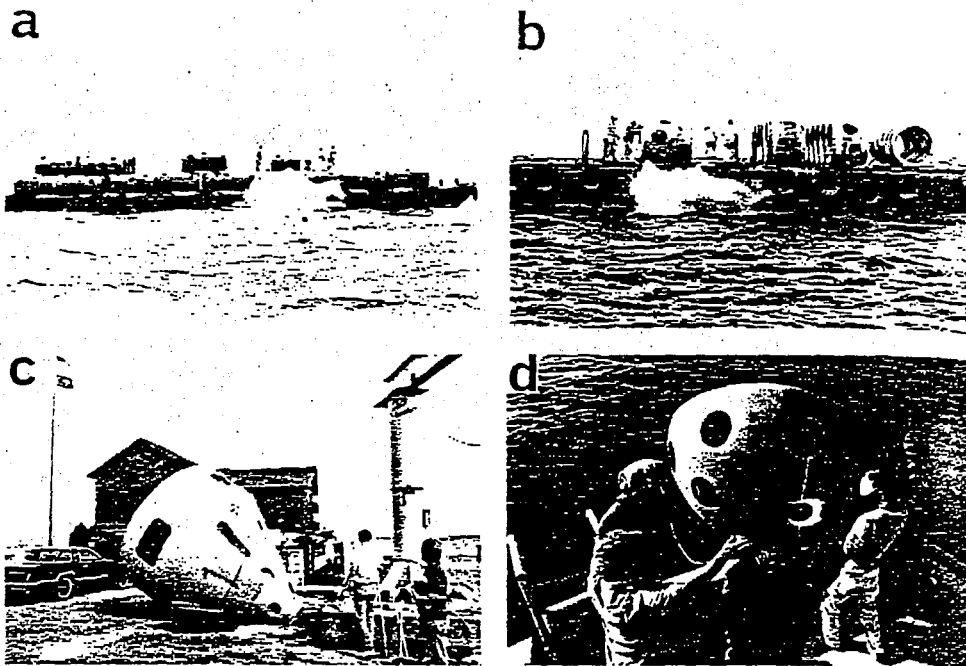


— The 10- and 7-cylinder units during construction in Jacksonville, Fla, 11/

Fig. 1.1 Eksempler på eksisterende kunstige rev

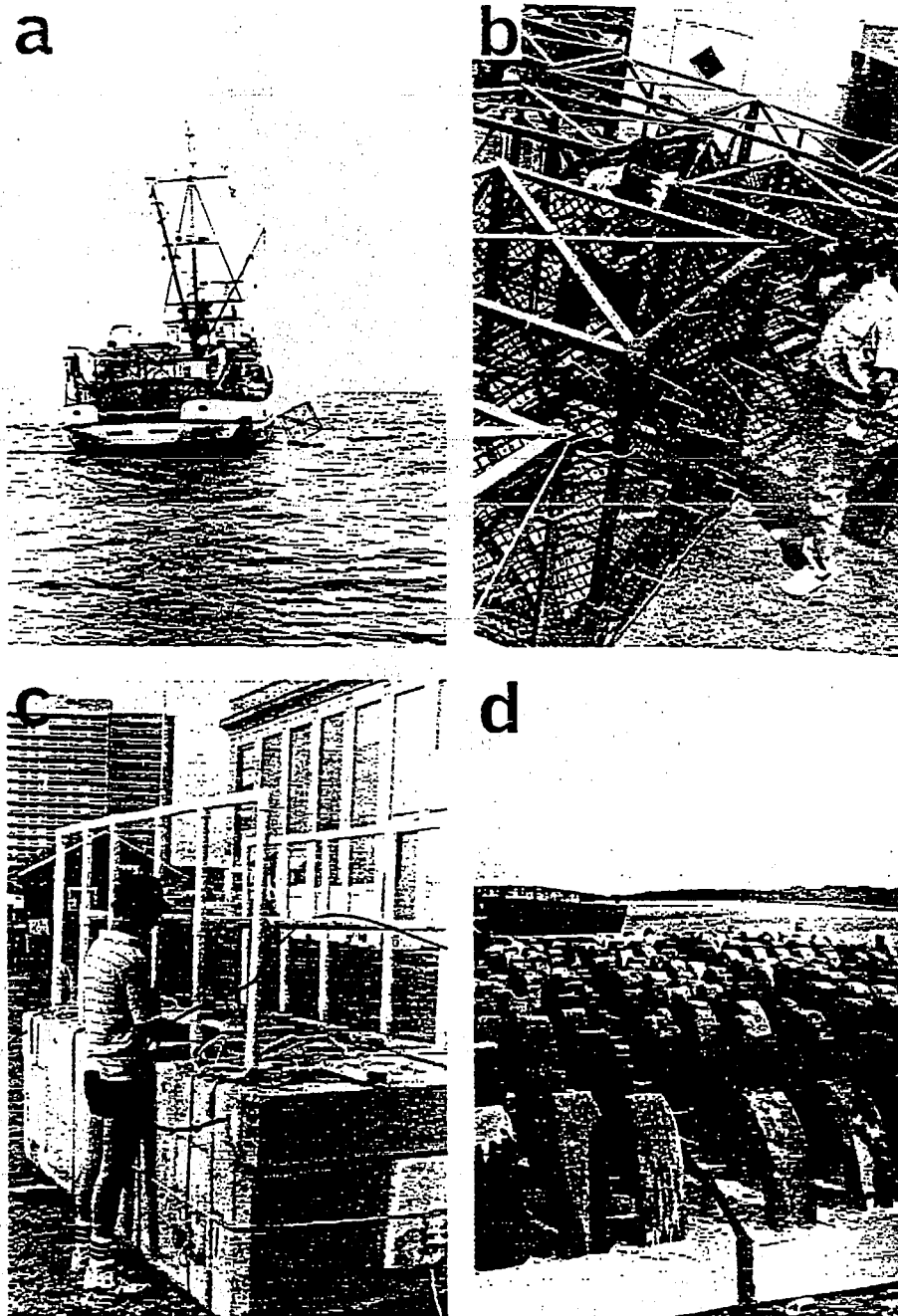


Diagrammatic representation of the tire-bamboo artificial reef combination with two *payaos* (Source: BFAR, 1984), 14/



Artificial reef designs deployed: a) 1.1 m pipe. b) 1.6 m pipe. c) plastic cone. d) plastic hemisphere, 15/

Fig. 1.2 Eksempler på eksisterende kunstige rev



Artificial reef unit designs deployed: a) steel cube, b) modified steel cube, c) modified concrete dock, d) tires in concrete. /5/

Fig. 1.3 Eksempler på eksisterende kunstige rev

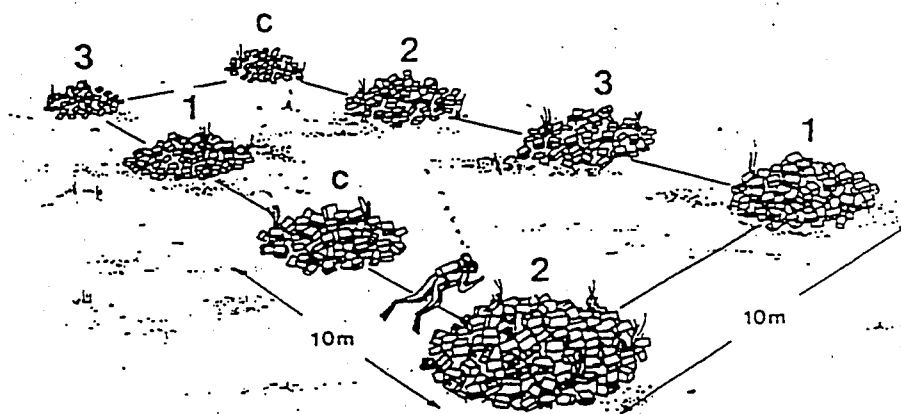
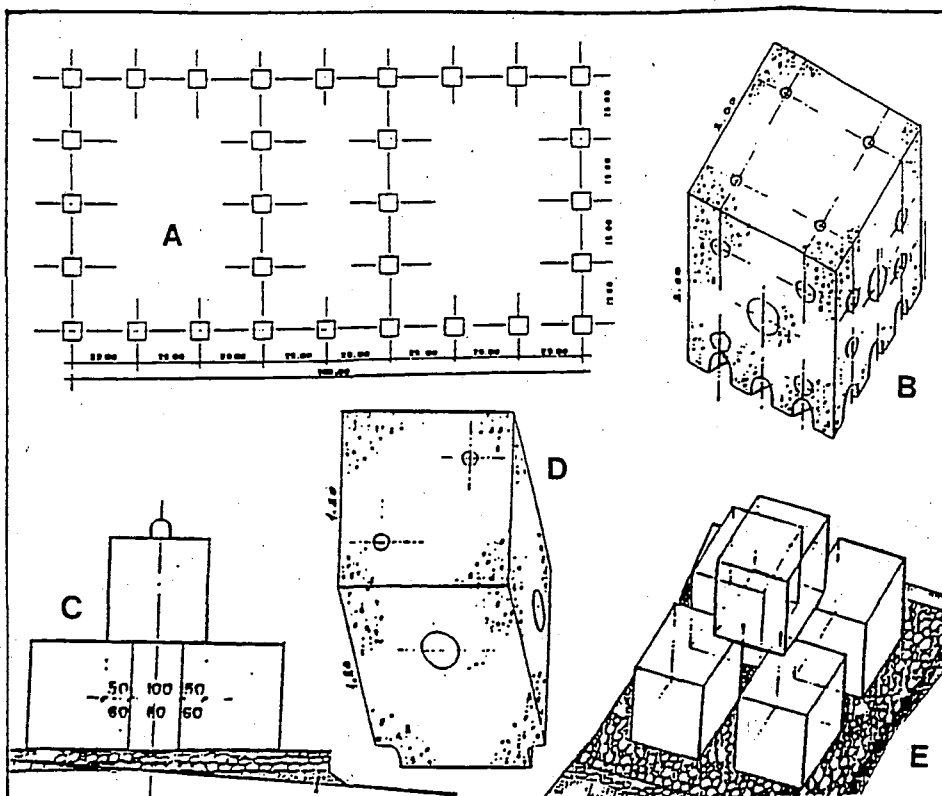


Diagram of the artificial reef, Poole Bay. C = concrete control, 1-3 = PFA/gypsum mixes, /7/



A: arrangement of pyramids composed of 5 blocks in the main reef; B: one pyramid block (2·2·2 m); C, E: block arrangement of the pyramids; D: protection block (1.2·1.2·1.2 m), /8/

Fig. 1.4 Eksempler på eksisterende kunstige rev

2 PLACERING AF KUNSTIGT REV I DE DANSKE FARVANDE

2.1 Myndighedsinteresser

Anlæg på søterritoriet reguleres i dag i kraft af statens højhedsret over søterritoriet og henhører under Trafikministeriets ressort, /9/.

På 3. kunstig rev møde (2.-3. april 1997), /10/, redegjorde Dan Herrestrup, Fiskeridirektoratet, for lovgivningen og myndigheden for kunstige rev. 'Myndigheden ligger (efter gældende lovgivning) sandsynligvis kun hos Fiskeridirektoratet i det omfang at anden myndighed, fx. Miljø- eller Trafikministeriet, ikke gør specielle interesser gældende'.

Ansøgning om etablering af f.eks. vindmøller, på søterritoriet behandles af Miljø- og Energiministeriet, Energistyrelsen (i medfør af lov nr. 302 af 16. maj 1990). Energistyrelsen koordinerer den samlede myndighedsbehandling efter en "stjernehøring". Dette indebærer, at ansøgers kontakt med myndigheder, som varetager interesser på søterritoriet, i praksis sker gennem Energistyrelsen. Såfremt der foreligger modstridende myndighedsinteresser, formidler Energistyrelsen løsningen herpå gennem forhandling, /9/.

Som eksempel har ovennævnte givet en lang række afvejnings- og bindingsområder, som skal respekteres, disse er vist overlejret i Fig. 2.1.

Gennem kortlægningsprojektet har man fået et samlet overblik over såkaldte

afvejningsområder, som Havmølleudvalget definerer som havområder, inden for hvilke der først kan gives tilladelse til etablering af havmølle anlæg efter en nøje afvejning af energiinteresser i området og

bindingsområder, som Havmølleudvalget definerer som havområder, inden for hvilke, der knytter sig centrale interesser af en sådan karakter, at disse principielt blokerer for udbygning med havmølle anlæg i det pågældende havområde.

Kortlægningen har dermed bestået af en samlet registrering af allerede eksisterende afvejninger og bindinger baseret på offentligt tilgængelige oplysninger (jo flere afvejninger desto mindre mulighed for konstruktioner).



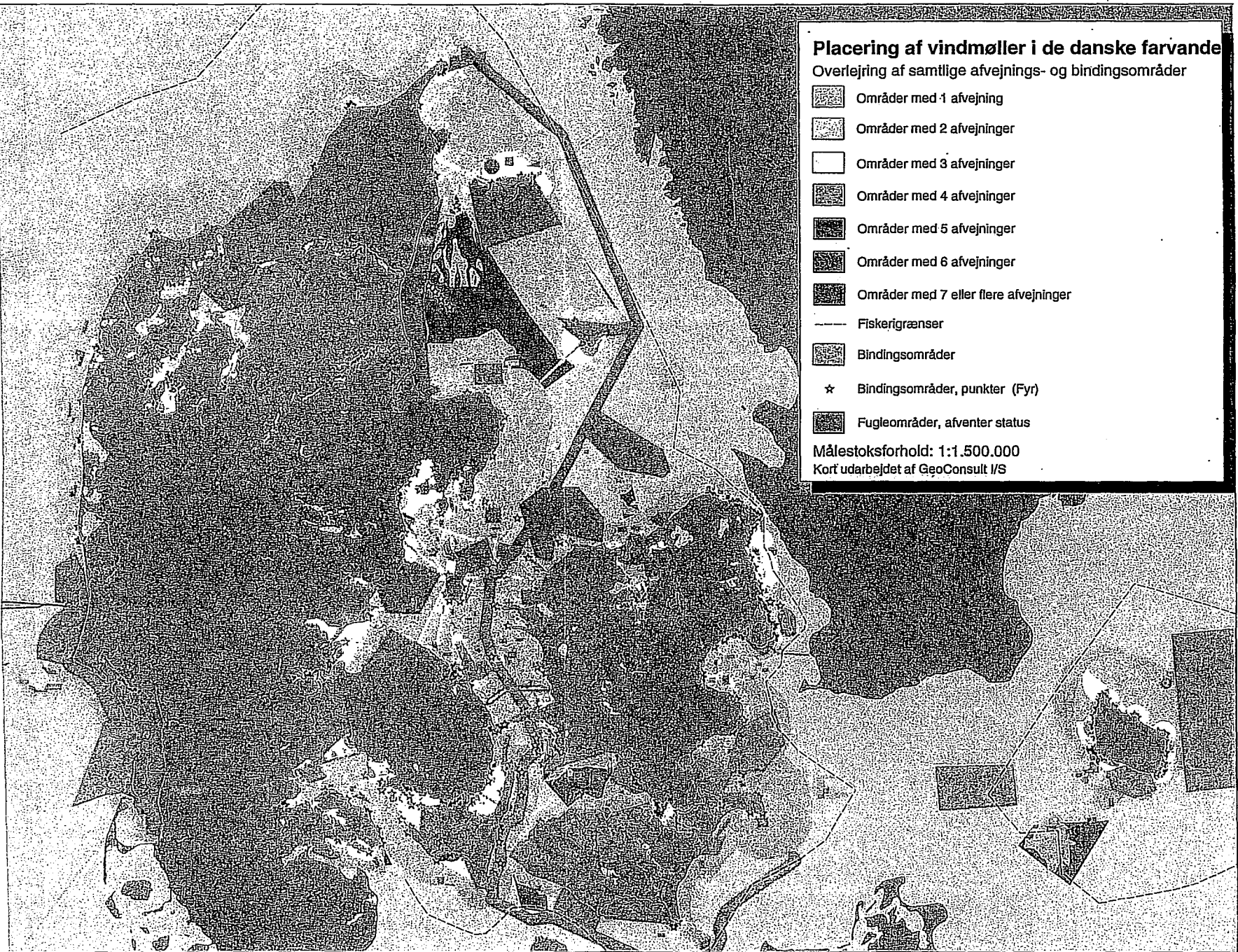


Fig. 2.1 Overlæjrning af samtlige afvejnings- og bindingsområder (vindmøller), /9/



2.2 Overordnede hydrografiske forhold

Dybdekurver

Fig. 2.2 viser dybdekurverne (>-50 m) omkring Danmark (Skagerak og Kattegat)

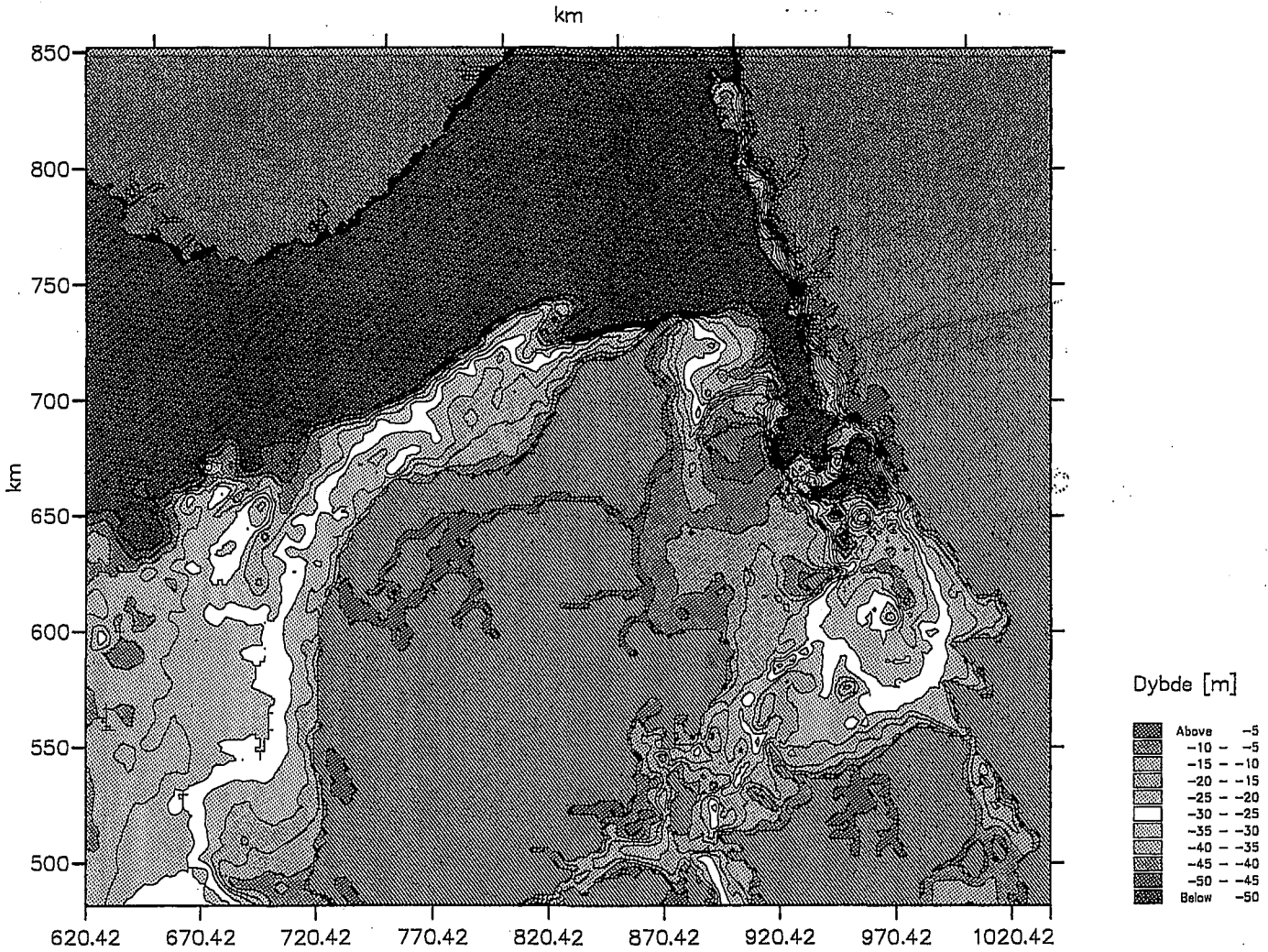


Fig. 2.2 Dybdekurver udteget fra DHI's modelbathymetri for Danmark

Dybder mellem -5 og -20 m findes i store dele af Kattegat primært omkring Anholt, Læsø og Aalborg Bugt

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes the need for transparency and accountability in financial reporting.

2. The second part of the document outlines the various methods and techniques used to collect and analyze data. It includes a detailed description of the experimental procedures and the statistical tools employed.

3. The third part of the document presents the results of the study, including a comparison of the different methods and a discussion of the implications of the findings.

4. The final part of the document provides a conclusion and a list of references. It also includes a section on the limitations of the study and suggestions for future research.

Generelle strømmønstre

Fig. 2.3 viser det generelle strømmønster i de danske farvande, /11/.

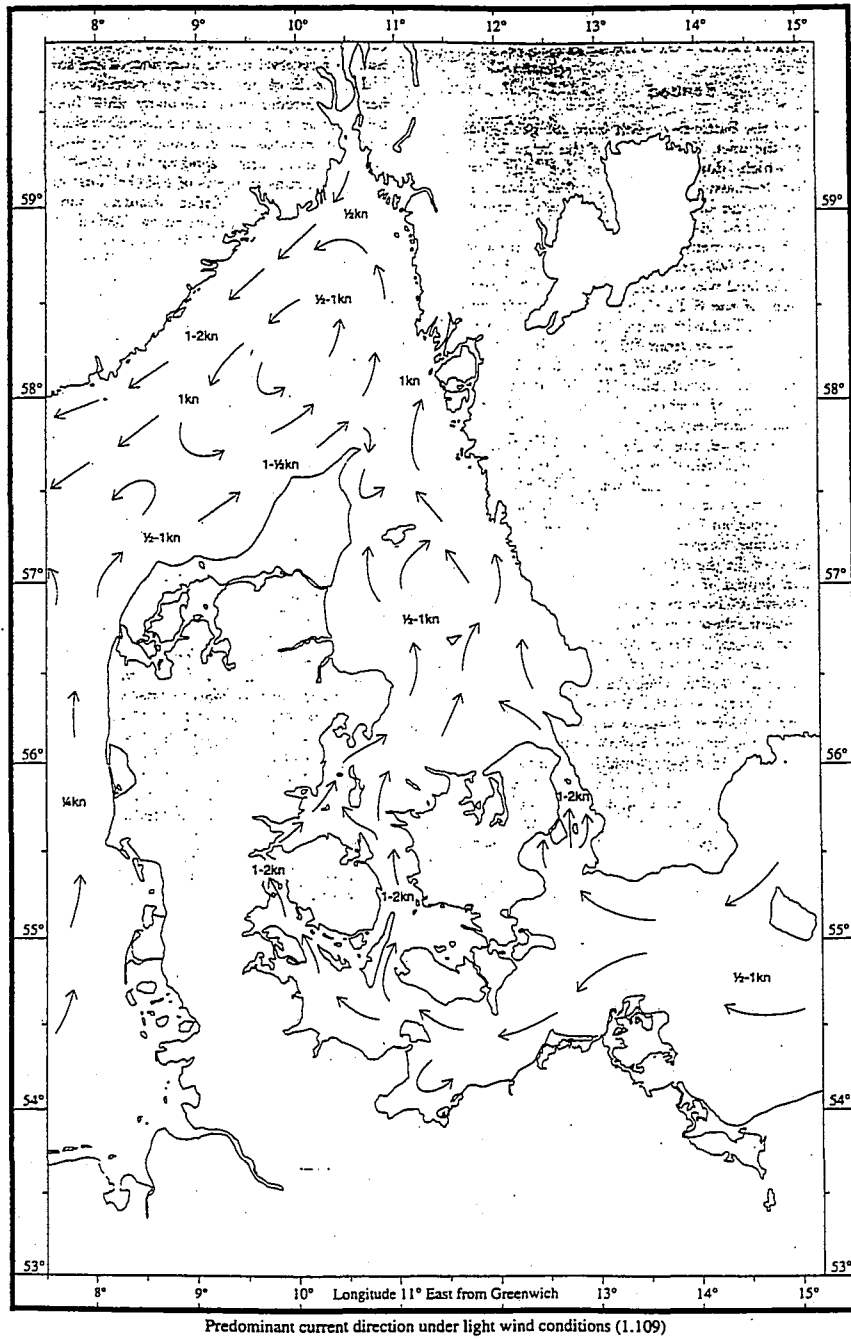


Fig. 2.3 Generelle strømmønstre i de danske farvande, /11/



Fig. 2.4 viser et detaljeret strømmønster i Skagerrak og Kattegat med det salte vand fra Nordsøen løbende ind i Kattegat som bundvand, /12/ og /13/. Ferskt vand fra Østersøen løber som overfladevand gennem Kattegat og blandes med det salte vand for derefter at følge den svenske og norske kyst ud i den nordlige Nordsø.

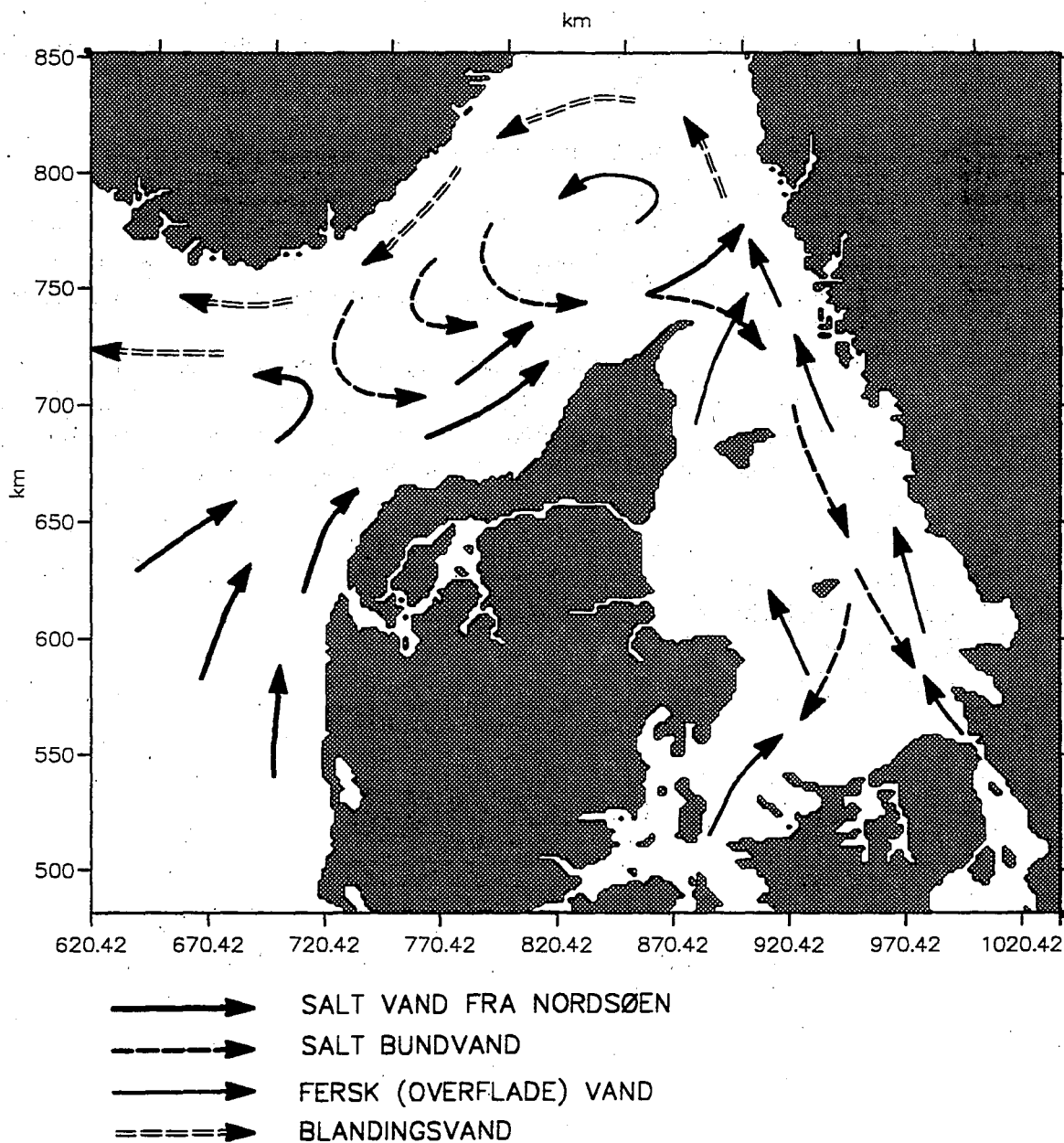


Fig. 2.4 *Detaljeret strømmønster i Skagerrak og Kattegat*

I Kattegat er der derfor lagdeling. Saliniteten vil afhænge af ved hvilken lokalitet og i hvilken vanddybde et eventuelt kunstigt rev placeres.

Hummerhabitatet kan optimeres ved at kortlægge dette strømmønster (inkl. salinitet) i detaljer, idet forholdene kan variere meget fra lokalitet til lokalitet (f.eks. læ på øer).

2.3 Bestemmelse af dimensionsgivende parametre

Ved planlægning af eventuelle kunstige rev kan ovennævnte eksempel fra /9/ benyttes til at bestemme det overordnede design, idet de fysiske forhold bestemmes ud fra mulige placeringer af kunstige rev, sammenholdt med bundtypebestemmelsen (inkl. dybderne ≈ 10 m) i de danske farvandsområder.

Helt overordnet er det muligt at placere kunstige hummerhabitater i Nordsøen og Kattegat (områder hvor hummeren kan leve/lever).

I Østersøen er vandet for ferskt til at hummeren kan leve, /10/.



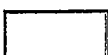



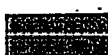

I Nordsøen fiskes der i dag allerede ved adskillige 'kunstige rev' (vrag, rørledninger etc), på op til relativt store dybder, 30 - 80 m. På vanddybder ≈ 10 m (altså i kystzonen) vurderes bølgeklimaet til at være for hårdt til placering af kunstige rev.

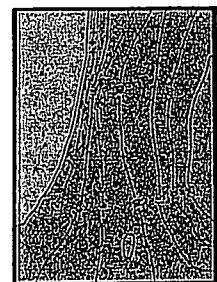
Kattegat synes derfor mest egnet til eventuel placering af kunstige rev, og for at bestemme de dimensionsgivende parametre er udvalgt to havområder, uden for de før omtalte afvejnings- og bindingsområder, et syd for Læsø og et syd for Anholt, Fig. 2.2, hvor det fysiske miljø (50-års-situationen) for bølger og strøm jfr. /14/ typisk er følgende:

Vanddybde	$D = 10$ m
Signifikant bølgehøjde	$H_{s,50 \text{ år}} = 5$ m
Bølgeperiode	$T_{50 \text{ år}} = 7$ sek
Strømhastighed	$U_{c,50 \text{ år}} = 0.5$ m/s

Signaturforklaring

Legend

	Dynd <i>Mud</i>
	Sandet dynd - Dyndet sand <i>Sandy Mud - Muddy Sand</i>
	Sand, lokalt grus og sten <i>Sand, locally gravel and coarser materials</i>
	Residual sedimenter / moræne, stedvis med tynde dæklag af sand, grus eller sten <1m <i>Lag Deposits / Till, locally with a thin cover of sand, gravel or stones <1m</i>
	Residual sedimenter / kvartær stenfrit ler og tørv. <i>Lag Deposits / Quarternary Clay and Peat.</i>
	Sedimentært grundfjeld. <i>Sedimentary Bedrock.</i>
	Krystallint grundfjeld <i>Crystalline Bedrock</i>
	Ukendt bundtype <i>Bottom type not identified</i>



Udgivet af Skov- og Naturstyrelsen, Danmarks Geologiske Undersøgelse og Sveriges geologiska undersökning.

Redaktion; P. E. Nielsen

Sammenstillet af: A. Kuijpers, P.E. Nielsen, B. Larsen, I. Cato, B. Kjellin, J.B. Jensen, J.O. Leth, B. Novak og T. Nielsen (1992)

Teknisk tilrettelæggelse og layout: B. Nielsen

Kortet er hovedsagelig baseret på maringeologiske undersøgelser udført af Skov- og Naturstyrelsen, Danmarks Geologiske Undersøgelse, Sveriges Geologiska Undersökning, Geoteknisk Institut og Institut for Teknisk Geologi i perioden 1973 - 1991. Der er desuden anvendt publicerede data fra bl.a Kiels, Göteborgs og Københavns Universitet, Hollands Havforskningsinstitut, Texel, Geoscandic A/S. Endvidere har følgende velvilligt stillet værdifulde upublicerede data til rådighed: D. Lange, W. Lemke, R. Endler, Institute for Baltic Research, Warnemünde, R. Atzler, G. Hoffmann, D. Milkert, Kiel Universitet, H.L. Andersen, C. Christiansen, Aarhus Universitet.

Projektion: UTM, med geografisk gradnet, UTM Zone 32 og 33 markeret i rammen. Udgivet med tilladelse fra Kort- og Matrikelstyrelsen (A86). Må ikke bruges til navigation. Kortet er udarbejdet på grundlag af Kort- og Matrikelstyrelsens kortmateriale.

Kurveplan vejledende

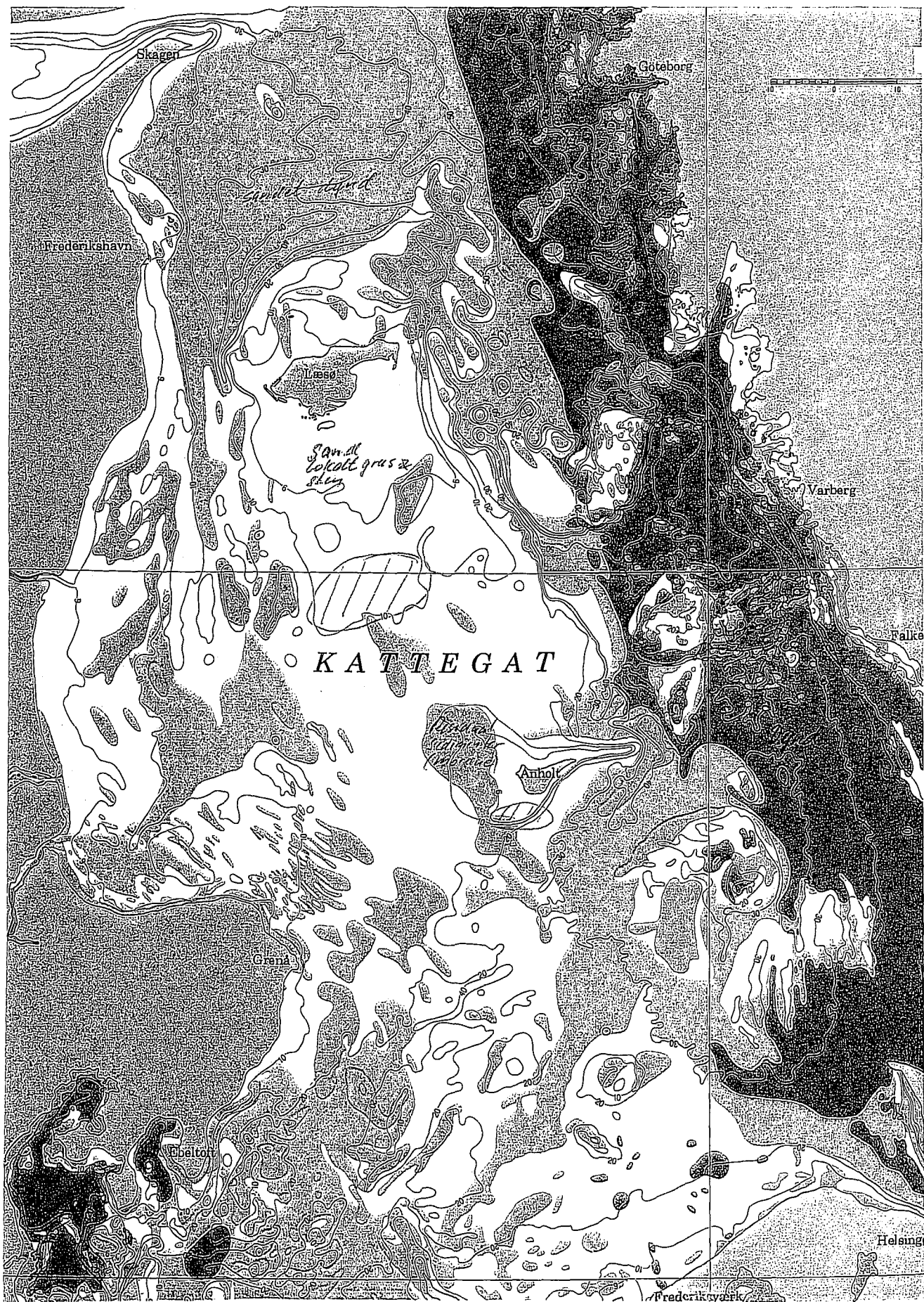
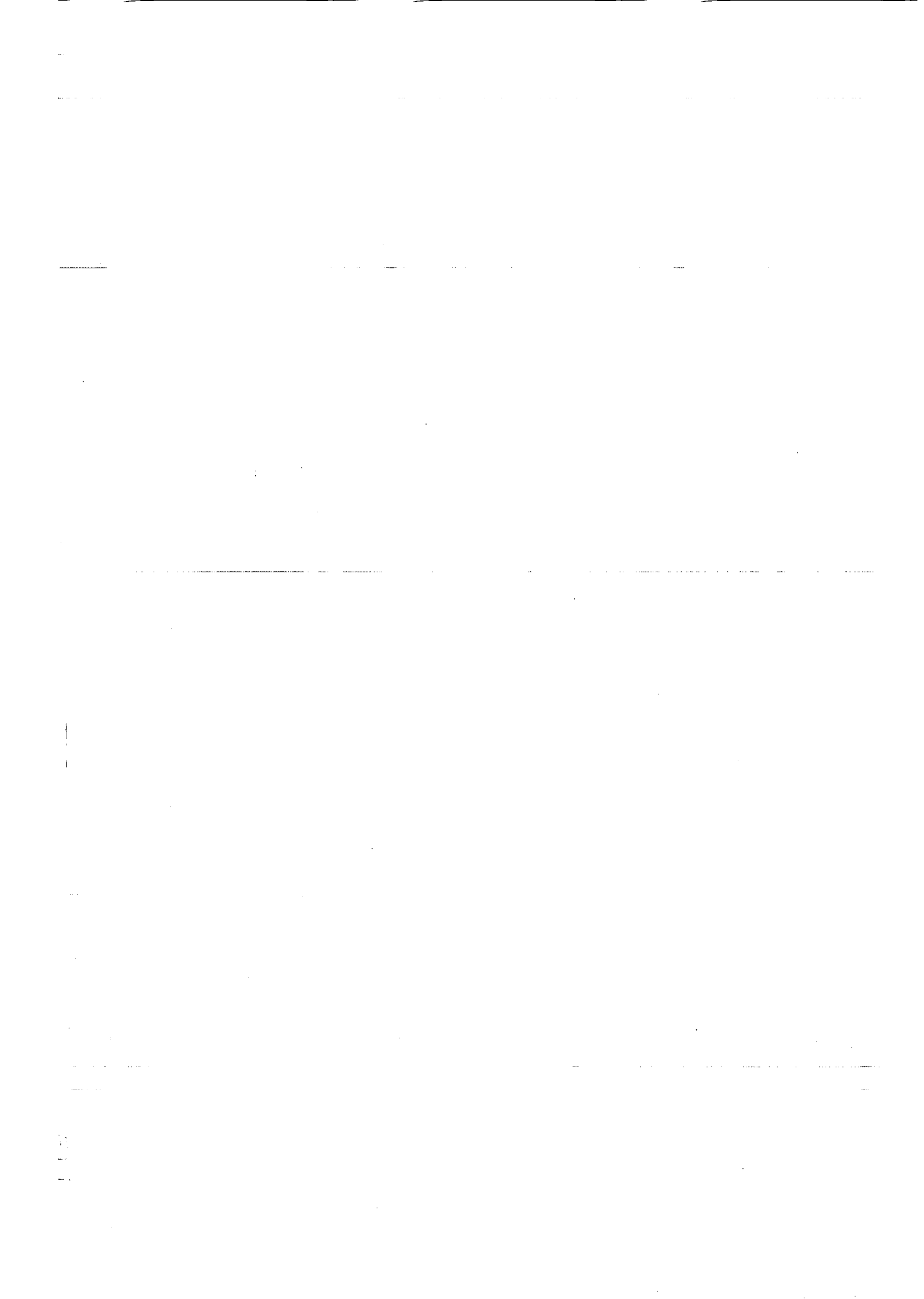


Fig. 2.5 Havområder hvor kunstige rev evt. kan placeres, /15/



3 REFERENCER

- /1/ The Use of Designed and Prefabricated Artificial Reefs in the United States; Daniel J. Sheehy, Marine Fisheries Review, June-July 1982.
- /2/ The Coal-Waste Artificial Reef Program (C-WARP): A New Resource Potential for Fishing Reef Construction; Peter M.J. Woodhead et al, Marine Fisheries Review, June-July 1982.
- /3/ Biological Compatibility of a Coal-Waste Block Reef in the Ocean; Peter M.J. Woodhead & Jeffrey H. Parker, Environ. Sci. Technol., (bog) 1985.
- /4/ Artificial Reef Development - The Philippine Experience; Ramon I. Miclat, pp 63 and Santi Sunthong, pp135; ASEAN Workshop on Artificial Reefs Development and Management; Penang (Malaysia) 13-18 Sep 1988.
- /5/ Utilization of manufactured Reef Structures in South Carolina's Marine Artificial Reef Program; Melvin Bell et al, Bulletin of Marine Science, Vol. 44, No. 2, 1989.
- /6/ Analysis of the Efficacy of Artificial Reefs located in Five Different Areas of the Adriatic Sea; G. Bombace et al, Bulletin of Marine Science, Vol. 55 No. 2-3, 1994.
- /7/ Colonization and Fishery Potential of a Coal-Ash Artificial reef, Poole Bay, United Kingdom; A.C. Jensen et al, Bulletin of Marine Science, Vol. 55 No. 2-3, 1994.
- /8/ Artificial reef in the Ligurian Sea (Northwestern Mediterranean): Aims and Results, G. Relini and L. Orsi Relini, Bulletin of Marine Science, 44(2): 743-751, 1989.
- /9/ Vindmøller i danske farvande; Kortlægning af myndighedsinteresser, vurderinger og anbefalinger, Bilag 3. Energistyrelsen, februar 1995.
- /10/ Referat af 3. kunstig rev møde den 2.-3. april 1997 på Nordsøcentret, Hanna Stokholm/DFU, 23. april 1997.
- /11/ Baltic Pilot, Vol 1, Kattegat to Baltic Sea, Hydrographer of the Navy, Dec 1995.
- /12/ Vandbevægelser i kystnære områder (systemet Østersøen-Nordsøen), N.K.Højerslev, Københavns Universitet, november 1989.

- /13/ Physical and Chemical Oceanography of the Skagerrak and the Kattegat, Artur Svansson, Fishery Board of Sweden, 1975.
- /14/ Miljødata fra danske fyrskibe 1962-1971, R. Zorn/DHI, Teknologirådet, maj 1980.
- /15/ Udsnit af bundtypekort, DGU, kortserie 38, (GEUS).

DEL B

HYDRODYNAMISKE FORHOLD

INDHOLDSFORTEGNELSE

	INDLEDNING.....	1
1	STRØMNING I NÆRHEDEN AF HAVBUNDEN.....	3
2	HYDRODYNAMISKE KRÆFTER.....	5
3	SEDIMENTTRANSPORT	7
4	EROSION OMKRING OG SANDFYLD I ET KUNSTIGT REV	9
5	STRØMNINGSFELT I OG OMKRING ET REV	11
6	REVETS PÅVIRKNING PÅ DET OMGIVENDE VAND	13
7	BEREGNING AF KUNSTIGT REV PATENTERET AF PER JAHREN	15
7.1	Kræfter på et kunstigt rev.....	16
7.1.1	Ren strømpåvirkning.....	17
7.1.2	Inertikraft	18
7.1.3	Bølger plus strøm	19
7.2	Strømning gennem hummerhullerne.....	21
7.3	Erosionsbeskyttelse	21
8	REFERENCER.....	25

INDLEDNING

Når der placeres et kunstigt rev på havbunden, vil der ske en ændring af strømmingen omkring revet. Disse ændringer fører til, at der opstår hydrodynamiske kræfter på revet. Strømningsfeltet vil blive ændret således, at der vil opstå lokale områder, hvor vandhastigheden øges, og områder med 'dødvande', hvor der er stor turbulens.

Hvis revet placeres på en eroder-bar bund, vil der kunne opstå erosion omkring revet, og der vil kunne ske sandfyld i revet.

Yderligere vil et kunstigt rev kunne ændre bølgefeltet/strømfeltet/saliniteten/iltindholdet omkring revet. Disse ovennævnte fænomener vil blive behandlet i de følgende afsnit.

- Afsnit 1) Beskriver hvorledes strømningsfeltet i nærheden af havbunden bestemmes ud fra viden om vanddybde, bølgehøjde m.m.
- Afsnit 2) Behandler de hydrodynamiske kræfter på et rev som følge af bølge/strøm påvirkninger.
- Afsnit 3) Beskriver kort hvorledes sedimenttransport, i tilfælde af at der ikke er noget kunstigt rev, kan bestemmes.
- Afsnit 4) Behandler erosion omkring og sandfyld i et kunstigt rev.
- Afsnit 5) Behandler det lokale strømningsfelt gennem og omkring revet.
- Afsnit 6) Behandler revets påvirkning på det omgivende vand.
- Afsnit 7) Her vurderes et konkret 'tænkt' kunstigt rev.

1 STRØMNING I NÆRHEDEDEN AF HAVBUNDEN

Når man vil placere et kunstigt rev på havbunden er det nødvendigt at kende bølge-/strømklimaet i nærheden af bunden. I det følgende er der givet en kort beskrivelse af, hvorledes dette klima kan bestemmes, ud fra kendte størrelser på havoverfladen.

Strøm

I tilfælde af at der ikke er nogen bølger, ikke er nogen lagdeling i vandsøjlen og plan bund, beskrives vandets hastighed ofte ved hjælp af et logaritmisk hastighedsprofil

$$u(y) = u_0 \frac{\log\left(\frac{y30}{k}\right)}{\log\left(\frac{D30}{k}\right)} \quad (1.1)$$

hvor D er vanddybden, y er afstanden over bunden, u_0 er strømhastigheden i overfladen, og k er den såkaldte ruhed, som afhænger af sandkorn/stenstørrelsen på bunden og af evt. bølgeriller m.m., en typisk værdi vil være 1-5 cm.

Hvis strømhastigheden kendes i en vis afstand over bunden, kan formel (1.1) benyttes til at finde overfladehastigheden, og dermed kan det totale hastighedsprofil bestemmes.

Bølger

I tilfælde af at der er bølger, ingen strøm og ingen lagdeling i vandsøjlen, afhænger de bølgeinducerede hastigheder i nærheden af bunden af vanddybden D , bølgeperioden T og bølgehøjden H (fra top til dal). Til ingeniørmæssig brug benyttes oftest den såkaldte førsteordens sinusteori, se /1/, som giver en tidsligt varierende hastighed ved bunden

$$u(t) = \frac{\pi H}{T \sinh \frac{D2\pi}{L}} \cos \frac{2\pi t}{T} \quad (1.2)$$

L er bølgelængden, der kan bestemmes iterativt ud fra følgende formel

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi D}{L} \quad (1.3)$$

hvor g er tyngdeaccelerationen ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$).

For en konstant bølgehøjde og bølgeperiode bliver hastigheden i nærheden af bunden mindre på større vanddybde.

Bølger plus strøm

I tilfælde af at der er bølger og strøm og ingen lagdeling, findes hastigheden i nærheden af bunden ved simpel summation af formel (1.1) og (1.2), dog skal der benyttes en noget højere bundruhed i ligning (1.1), som følge af at bølgerne (populært sagt) gør det sværere for strømmen at løbe i nærheden af bunden.

Lagdeling eller ikke plan bund

I tilfælde af at der er lagdeling i vandsøjlen, eller at bunden ikke er at betragte som plan, bliver situationerne langt mere komplicerede, og der findes ikke tilsvarende simple sammenhænge, som dem der er præsenteret ovenfor.

2 HYDRODYNAMISKE KRÆFTER

Strøm

Et kunstigt rev, placeret på en havbund hvorover vandet strømmer, vil blive påvirket af en hydrodynamisk kraft; denne kraft hænger nøje sammen med tilstedeværelsen af en nedstrøms separationszone. Kraften er hovedsagelig i strømmens retning, dog vil der typisk også være en kraftkomponent vinkelret væk fra bunden, og hvis der er tale om en asymmetrisk konstruktion, vil der også kunne være en vandret kraftkomponent vinkelret på strømmens retning. I en konstant strøm kan der opstå hvirvelafløsning på den nedstrøms side, hvilket resulterer i en tidlig varierende kraft.

Normalt, når man dimensionerer en undersøisk konstruktion, beskriver man den vandrette kraft som

$$F = \frac{1}{2} \rho C_d A u |u| \quad (2.1)$$

hvor A er tværsnitsarealet vinkelret på strømretningen, u er strømhastigheden i en afstand, der svarer til midtpunktet af konstruktionen, ρ er densiteten af vandet, og C_d er en strømkraftkoefficient.

Dragkoefficienten afhænger af konstruktionens form og strømmens retning, en typisk værdi for en konstruktion placeret på havbunden er mellem $C_d = 1$ og $C_d = 2$.

Den hydrodynamiske kraft vil have et angrebspunkt, der ligger over havbunden, og revet vil således også blive påvirket af et hydrodynamisk moment. (Typisk vil angrebspunktet ligge omkring midten af konstruktionen).

Bølger

I tilfælde af at der er bølger på overfladen, vil der i nærheden af bunden være en oscillerende bevægelse frem og tilbage. Udover den kraft, der opstår som følge af en nedstrøms separationszone, vil der også være en kraft som følge af, at vandet accelereres og decelereres. Som det er tilfældet i ren strøm, vil kraften kunne have komponenter i alle tre retninger. Kraften vil variere i tiden. Normalt beskriver man størrelsen af den tidlige vandrette kraft i bølgers udbredelsesretning som

$$F = \frac{1}{2} \rho C_d A U^2 + \rho \text{Vol} \cdot C_M \frac{du}{dt} \quad (2.2)$$

hvor A er tværsnitsarealet vinkelret på strømretningen, Vol er volumen af konstruktionen, u er strømhastigheder i en afstand fra bunden, der svarer til midtpunktet af konstruktionen, du/dt er vandets acceleration midt på konstruktionen, ρ er densiteten af vandet, C_d er en strømkraftkoefficient og C_M er en inertikoefficient. Koefficienterne C_d og C_M afhænger udover konstruktionens form og bølgenes retning, også af forholdet mellem amplituden af vandets bevægelse frem og tilbage i forhold til revets geometri.

Bølger plus strøm

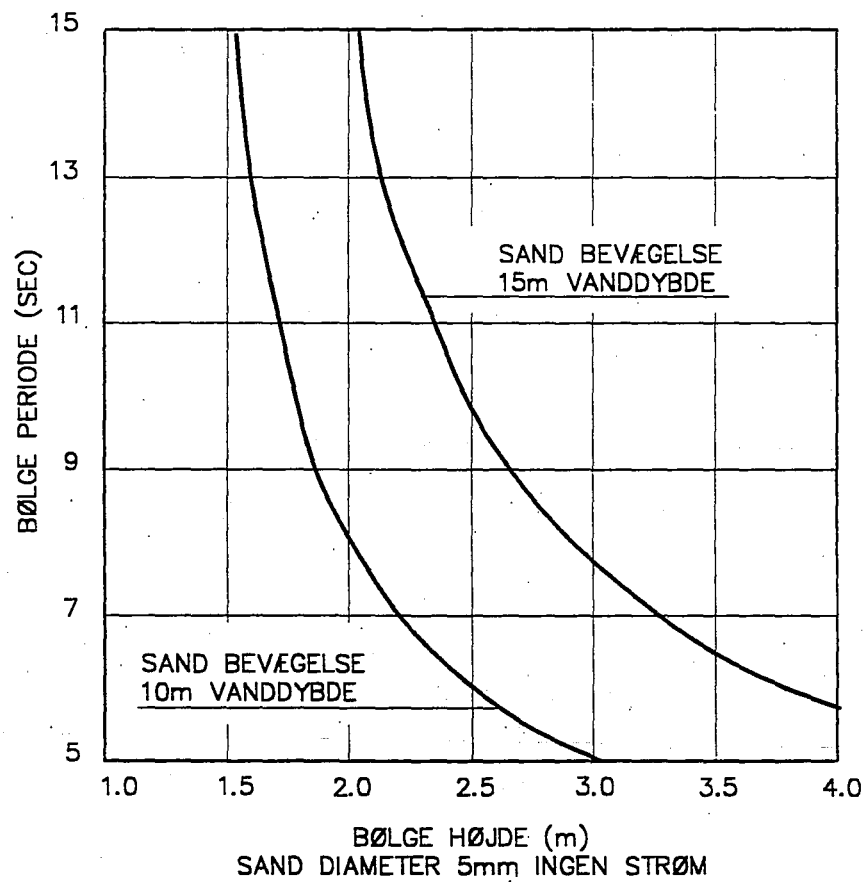
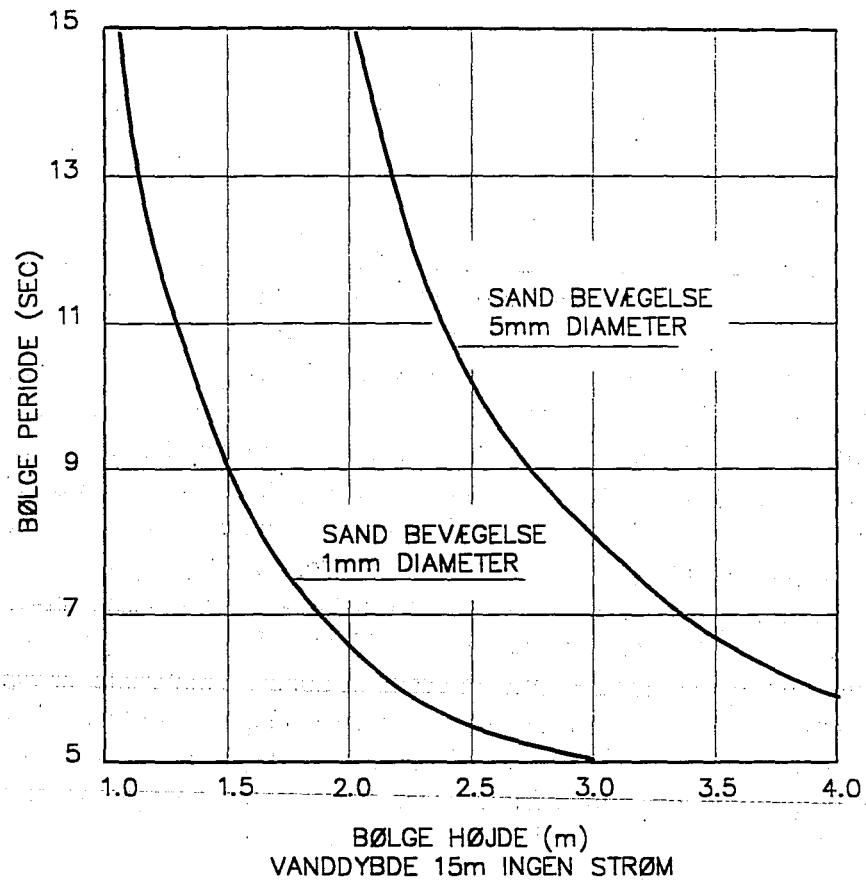
I tilfælde af at der er både bølger og strøm, beskrives den tidslige kraft også ved ligning (2.2), idet hastigheden, u , opfattes som summen af den bølge- og strøminducerede hastighed. Hvis bølgeudbredelsesretningen ikke er sammenfaldende med strømmens retning, vil begge vandrette kraftkomponenter variere i tiden.

Kraftkoefficienter

Der findes i litteraturen præsentationer af et utal af forsøg, hvor strømkoefficienterne for en lang række forskellige konstruktionsudformninger er bestemt. Det skal i denne forbindelse nævnes, at evt. vindmodstandskoefficienter (svarende til ren strøm) på bygninger også vil kunne benyttes. Det er i dag muligt at foretage direkte numeriske beregninger af strømmingen omkring simple konstruktioner, hvorved det er muligt at bestemme tidsligt varierende kræfters størrelse og retning, disse numeriske beregninger er i dag mere og mere ved at overtage tidligere tiders modelforsøg.

3 SEDIMENTTRANSPORT

I tilfælde af at der er en eroderbar bund, vil vandets bevægelse i nærheden af bunden føre til transport af bundmateriale. I tilfælde af at der er bølger og strøm, vil materialet typisk transporteres i strømmens retning, bølgerne gør at transporten alt andet lige forøges. Transporten kan ske dels i form af bundtransport, hvor materialet ruller hen over bunden, og dels i form af at materialet transporteres i suspension. Transporten afhænger - ud over strøm-bølgeklimate i nærheden af bunden - af bundmateriales størrelse, form, faldhastighed, relativ tyngde og af evt. tilstedeværelse af f.eks. riller på bunden. Der findes i dag gode numeriske/teoretiske beregningsmodeller, se /2/ til bestemmelse af transportens størrelse og retning i vilkårlige bølge-strøm situationer, i tilfælde af at bunden består af ikke-kohesivt materiale. I tilfælde af at bunden består af kohesivt materiale, er fysikken langt mere kompliceret, og de modeller, der findes, forudsiger transporten med en langt større usikkerhed. På Figur 3.1 er vist, hvornår sand begynder at bevæge sig som funktion af bølgehøjde og bølgeperiode. Der er foretaget beregninger med to forskellige korndiameter og to forskellige vanddybder.



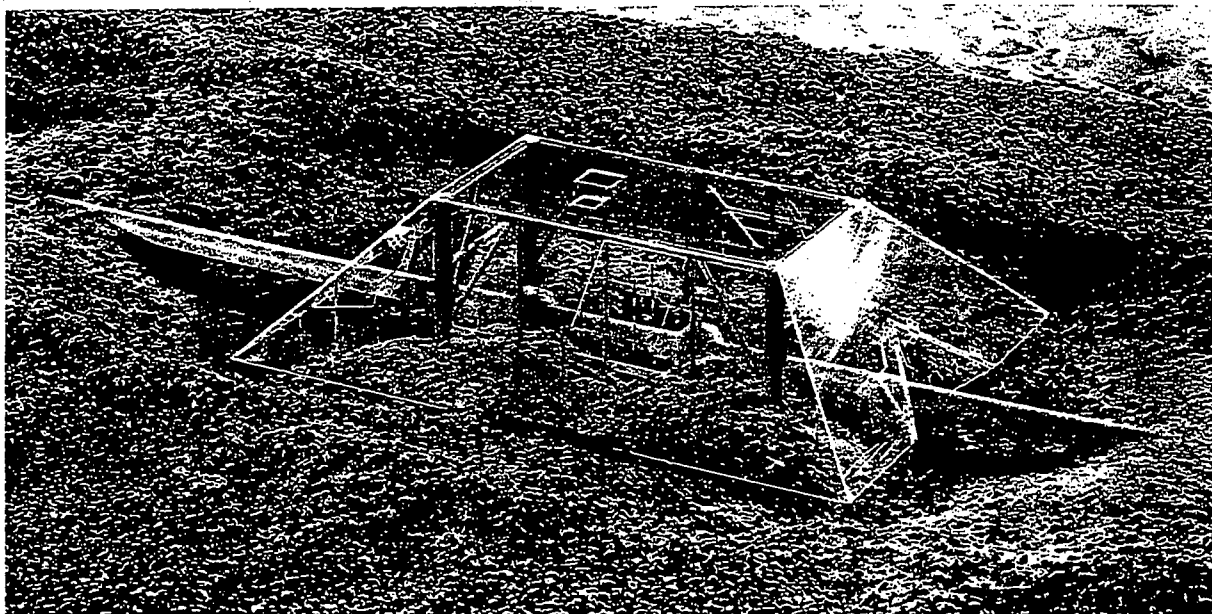
Figur 3.1 Sandbevægelse som funktion af bølgehøjde, bølgeperiode og strømhastighed

4 EROSION OMKRING OG SANDFYLD I ET KUNSTIGT REV

Når der placeres et kunstigt rev på havbunden, vil der som tidligere beskrevet være områder, hvor der sker en hastighedsforøgelse, og områder hvor der sker en formindskelse. Disse hastighedsændringer medvirker til, at der vil være områder, hvor der sker en transportforøgelse, og områder hvor der sker en transport formindskelse, hvilket gør at der vil ske erosion henholdsvis aflejring. Endelig vil der lokalt, særligt på nedstrømssiden, ske en produktion af turbulens, der kan hvirvle materiale op fra bunden, hvilket også kan give erosion/aflejring.

Selvom der ikke er sedimenttransport på havbunden et stykke væk fra revet, vil der lokalt omkring revet kunne være transport, hvilket fører til at der dannes såkaldt 'clear water scour' huller.

Et typisk erosionshul er vist på Figur 4.1.



Figur 4.1 Typisk erosionshul

Det viser sig, at hvis en konstruktion placeres på en plan eroderbar bund bestående af ikke kohesivt materiale, og konstruktionen udsættes for konstante hydrodynamiske forhold, vil der i starten ske hurtig erosion/aflejring, hvorefter disse erosion-/aflejningsrater aftager, og der opstår efterhånden en stabil ligevægtssituation. Sålænge der sker transport på den uforstyrrede bund er hulgeometrien næsten uafhængig af bundsedimentets størrelse. Udviklingen af erosion/aflejring er derimod en kraftig funktion af sedimentets størrelse. Det viser sig, at erosion kan være langt større i tilfælde af at konstruktionen står i et tidevandsområde, hvor strømmen vender, i forhold til et område hvor strømmen altid kommer fra den samme retning. Tilstedeværelsen af bølger kan både have en reducerende og en forøgede effekt på huludviklingen. I tilfælde af bølgedomineret havbundsklima vokser hulstørrelser generelt med bølgeperiode og orbitalhastighed.

I tilfælde af kohesivt bundmateriale er der i dag kun en relativ svag viden omkring erosionsrater, hulgeometrier osv.

For en lang lodret cylinder, længere end to diametre gælder at i ren strøm fra en retning vil man typisk finde huldybder på en diameters størrelse. Hvis cylinderen er kortere end to diametre aftager huldybden med aftagende højde, og vil til sidst ikke længere være bestemt af diameteren, for til sidst kun at være bestemt af højden.

For en cylinder med kvadratisk tværsnit og sidelængde D er huldybderne typisk 1.5 dybere end for den tilsvarende cirkulære cylinder med diameter D.

For en vandret cylinder (rørledning) med undersiden i niveau med den oprindelige havbund er huldybden typisk 1 diameter for ren strøm, op til 2 diametre i tidevand. For ren bølgepåvirkning beskrives huldybden ofte ved

$$S = 0.1D \sqrt{\frac{u_w T}{2\pi D}} \quad (4.1)$$

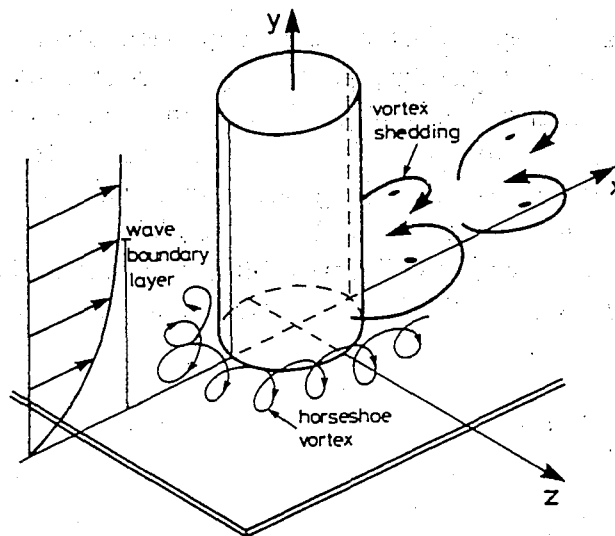
(u_w er orbitalhastigheden i nærheden af bunden, T er bølgeperioden). Der kan naturligvis ikke være hul over hele rørledningens længde på en gang, for så ville den jo svæve i vandet. I stedet vil den enten være understøttet, hvor der er sten, eller ledningen vil være i gang med at 'grave sig selv ned'.

5 STRØMNINGSFELT I OG OMKRING ET REV

Som illustration på strømmingen omkring en konstruktion ses der på en lodretstående cylinder.

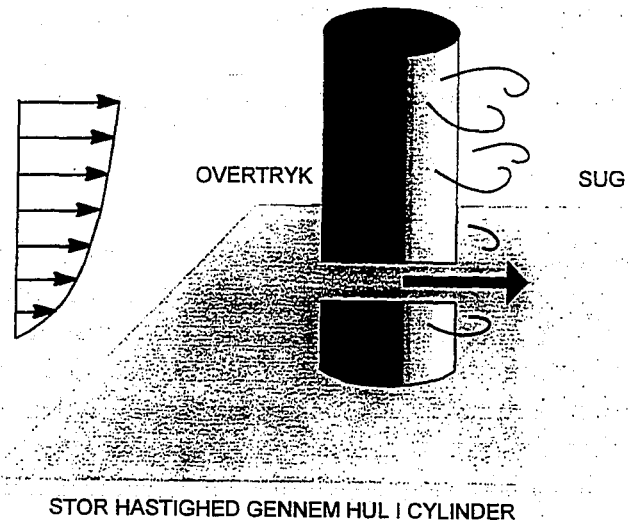
Strøm

I strøm dannes der en såkaldt hestesko-virvel illustreret i Figur 5.1. På opstrøms og nedstrømsiden vil der være små hastigheder, mens der typisk vil ske en forøgelse med en faktor 1.6 på ydersiden af cylinderen. Hvis man tænker sig, at der er et hul, der forbinder opstrøms og nedstrømsiden, se Figur 5.2, vil der gennem dette hul være store strømhastigheder, op til 2-3 gange hastigheden uden for revet. Omvendt hvis man tænker sig strømmen drejet 90 grader, så strømrretningen er vinkelret på hulretningen, vil der ikke være nogen strømning gennem hullet.



Figur 5.1

Hestesko-virvel



Figur 5.2 Hul i lodret cylinder

Bølger

For små bølgehastigheder kan strømmingen beskrives ved potentialteori. I dette tilfælde er hastighederne på op- og nedstrømssiden lille, mens hastigheden på ydersiden konstant er dobbelt så stor som hastigheden væk fra cylinderen. Hvis der laves et hul mellem op- og nedstrømssiden, vil der ske strømning gennem hullet, hvor hastigheden er 2-3 gange større end fristrømhastigheden. For større bølgehastigheder ($u_w T/D > 5-10$) dannes der en separationszone skiftevis på den ene og den anden side af cylinderen. Strømmingen kan blive ret kompliceret, med store faseforskelle (forskelle mellem de tidspunkter hvor der er maksimum hastighed).

6 REVETS PÅVIRKNING PÅ DET OMGIVENDE VAND

Når der placeres et rev på bunden vil det kunne

- 1) nedsætte vandudskiftningen omkring revet
- 2) ændre bølgefeltet
- 3) ændre omblandingen (i tilfælde af at der er lagdeling)

Ændringer af vandudskiftning

Strømningen i et område er bestemt ud fra en balance mellem drivende kræfter (vandspejlsforskelle, vindpåvirkninger, månens tiltrækning (tidevand) m.m.) og bremsende kræfter (forskydningskræfter på bunden, strømmodstande m.m.). Når der således nedsættes en konstruktion i vandet, vil modstanden fra konstruktionen nedsætte strømningen i området. Forestiller man sig for eksempel at man nedsætter et kunstigt fiskerev ved 'indgangen' til et lavvandede område, vil vandudskiftningen til dette lavvandede område blive reduceret.

Som et eksempel skal nævnes at man i anlægslovene for de store broprojekter Øresund og Storebælt kræver at de er 'nul løsninger', dvs. strømningen gennem Øresund/Storebælt skal være den samme før og efter bygningen af broerne. For at opnå dette er man nød til at kompensationsudgrave, dvs. at man nedsætter modstanden i nogle områder, hvorved der kompenseres for modstanden fra bropillerne, kunstige ø'er osv.

Det er muligt relativt simpelt overslagsmæssigt at vurdere, om et kunstigt rev vil give nogen strømningsreduktion af betydning, dog vil det ikke være muligt simpelt at sætte tal på en sådan strømningsreduktion. Dette kræver numeriske beregninger, hvor hele området omkring revet er inkluderet og hvor der skal simuleres typiske strøm-situationer.

Ændringer af bølgefeltet

Bølger vil dels blive reflekteret (kastet tilbage) dels diffrakteret (afbøjet), når der placeres et rev på bunden. Som det er tilfældet for strømmen vil det relativt simpelt være muligt at vurdere om et kunstigt rev vil ændre bølgefeltet, mens det kræver numeriske beregninger at sætte tal på bølgeændringerne. Normalt stilles der imidlertid ikke krav om, hvor store evt. bølgeændringer må være.

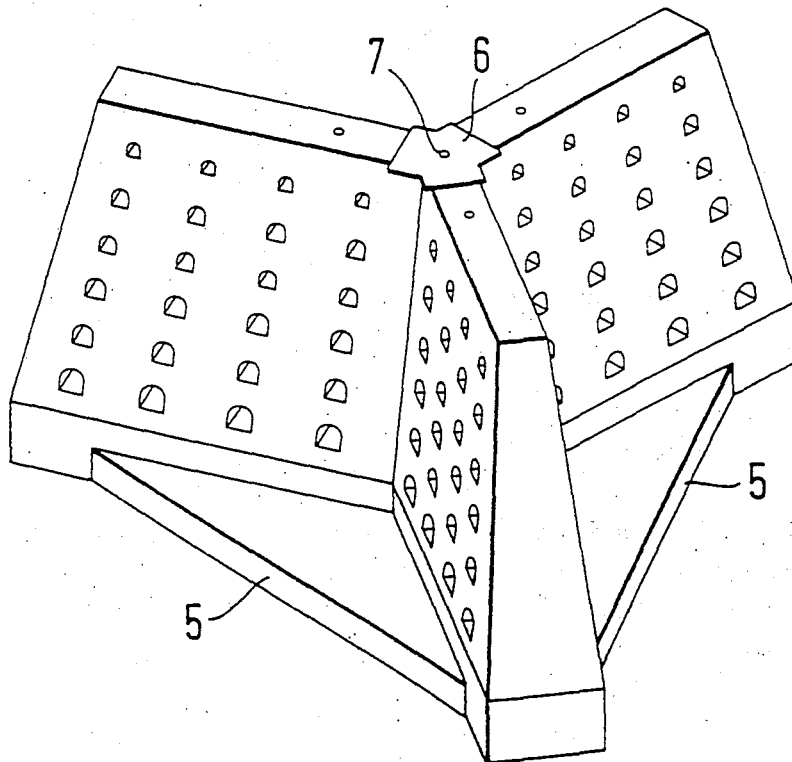
Opblanding

Hvis et rev placeres i et område, hvor der er lagdeling (på grund af saltforskelle eller temperaturforskelle), vil der kunne ske 'up welling' (dvs. bundvandet kommer op til overfladen). Omkring revet sker der en produktion af turbulens, som lokalt kan give en øget opblanding. Forsøg /3/ med lagdelt strømning omkring bropiller har

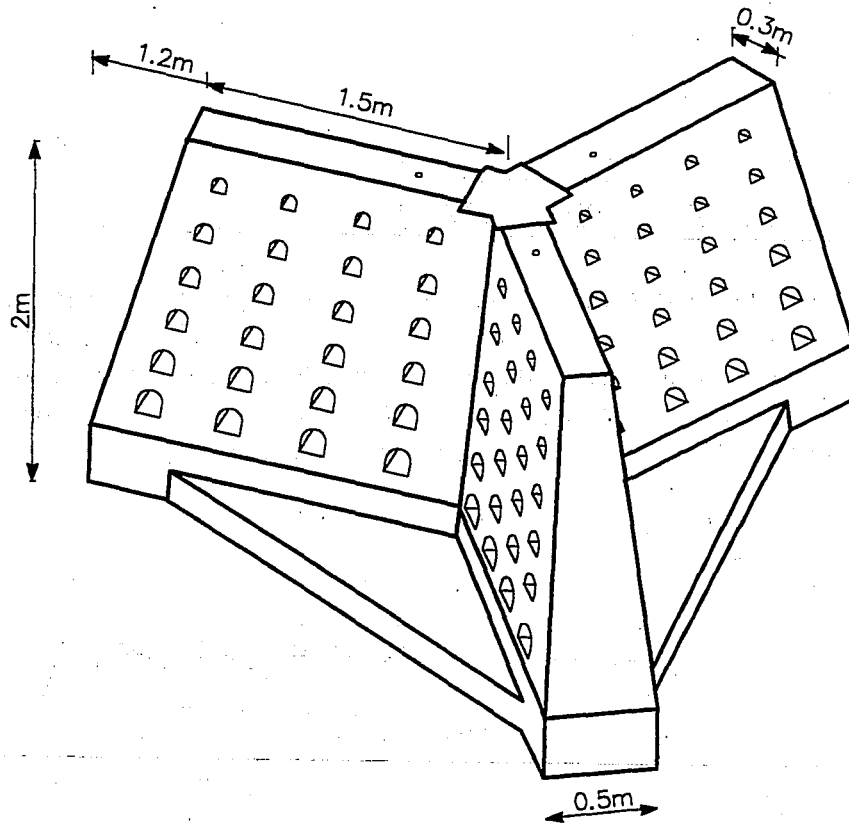
imidlertid vist, at der i nogle tilfælde vil ske en formindskelse af opblandingen. Det er således ikke muligt at udtale sig generelt omkring opblanding. En sådan vurdering kræver numeriske simuleringer, hvor de konkrete vanddybder, revudformninger, strømhastigheder, skillefladepositioner osv. skal kendes.

7 BEREGNING AF KUNSTIGT REV PATENTERET AF PER JAHREN

I Figur 7.1 er vist et kunstigt rev, der er patenteret af Per Jahren. I samråd med Jørgen Olsen, Agri Contact er revet blevet målsat som vist i Figur 7.2. Dette rev tænkes bygget af beton med massefylde 2400 kg/m^3 . Stabiliteten af dette rev vurderes i Afsnit 7.1, mens strømmingen gennem revet er vurderet i Afsnit 7.2, og udstrækningen af evt. erosionsbeskyttelse er beskrevet i Afsnit 7.3.



Figur 7.1 Kopi af et kunstigt rev, patenteret af Per Jahren



Figur 7.2 Målsat kunstigt rev

7.1 Kræfter på et kunstigt rev

I dette afsnit vurderes stabiliteten af revet, når det påvirkes af bølger og strøm, først for en ren strømpåvirkning, derefter for kombineret bølge- og strømpåvirkning. Som beskrevet i Afsnit 2 skrives den vandrette kraft som summen af strømodstands- og inerti-bidragene.

$$f_{\text{hydro}} = f + f \quad (7.1)$$

hvor strømkraften afhænger af kvadratet på hastigheden, og inertikraften afhænger vandets acceleration

$$f = \frac{1}{2} \rho A C_d u |u| \quad (7.2)$$

$$f = \rho \text{Vol} C_M \frac{du}{dt} \quad (7.3)$$

For at revet skal være stabilt for vandrette flytninger må den hydrodynamiske kraft ikke overstige den maksimale friktionskraft mellem bund og rev. Den maksimale

friktionskraft findes ved at gange en friktionsfaktor på den neddykkede masse af revet.

$$f_{\text{frik}} = f_{\text{fak}} g M_{\text{rev}} \quad (7.4)$$

typisk er friktionsfaktoren $f_{\text{fak}}=0.4$

Revets masse

Tilnærmet volumen (bundplade ikke inkluderet)

$$\text{Vol}_{\text{øvre}} = 3 \cdot 1.6 \cdot 2 \cdot 0.4 \text{m}^3 = 3.84 \text{m}^3$$

Volumen af bundplade

$$\text{Vol}_{\text{plade}} = 3 \cdot 1.5 \cdot 1.5 \cdot 0.5 \cdot 0.15 \text{m}^3 = 0.51 \text{m}^3$$

Massen af revet kan findes ved at gange volumen med den neddykkede densitet af betonen.

$$\rho_b = (s-1)\rho = 1.4\rho = \left(1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$$

$$M_{\text{rev}} = (\text{Vol}_{\text{øvre}} + \text{Vol}_{\text{plade}})(s-1)\rho = 6.09 \text{m}^3 \rho$$

7.1.1 Ren strømpåvirkning

Strømkraftkoefficienten kan estimeres til $C_d = 2$ (se note*)

Af ligning (7.2) og (7.4) kan den strømhastighed, hvor revet begynder at bevæge sig, findes til

$$u = \sqrt{\frac{f_{\text{frik}}}{\frac{1}{2}\rho A C_d}} = \sqrt{\frac{f_{\text{fak}} g M_{\text{rev}}}{\frac{1}{2}\rho A C_d}} = \sqrt{\frac{0.4 \cdot 9.82 \cdot 6.09}{\frac{1}{2} \cdot 5.54 \cdot 2.0}} = 2.08 \text{m/s} \quad (7.5)$$

Denne strømhastighed overstiges kun få steder i Danmark, så for næsten alle lokaliteter i Danmark, vil revet være stabilt for strøm.

Note *: Revet regnes tilnærmet til halvdelen af en plade, der er symmetrisk omkring bunden, med højden 4 m og længden $2 \cdot 1.6 \text{m} \cdot \cos(30) = 2.77 \text{m}$. Fra DS 449 findes strømkraftkoefficienten for sådan en plade til $C_d = 2.0$.

7.1.2 Inertikraft

$$f_{\text{int}} = \rho \text{Vol} C_M \frac{du}{dt}$$

produktet af inertikoefficienten gange volumen kan estimeres til

$$C_M \text{Vol} = 14.85 \text{m}^3, \text{ (se note**)}$$

I tilfælde af at friktionskraften skal balancere inertikraften, kan den kritiske acceleration, hvor revet begynder at bevæge sig, findes af (7.3) og (7.4)

$$\frac{du}{dt} = \frac{f_{\text{fak}} \cdot g \cdot M_{\text{rev}}}{\rho \text{Vol} \cdot C_M} \quad (7.6)$$

Indsættes aktuelle størrelser for revet findes

$$\frac{du}{dt} = \frac{0.4 \cdot 9.82 \cdot 6.09 \text{m}^3}{14.85 \text{m}^3} = 1.61 \text{m/s}^2 \quad (7.7)$$

Note **: Inerti koefficienten C_M , kan estimeres ved at benytte $C_M = C_m + 1$, hvor C_m 'added mass' koefficienten (medsvingende vand koefficient). 'Added mass' koefficienten benyttes når den hydrodynamiske kraft på et accelererende legeme skal findes. I dette tilfælde findes den tilnærmet fra DS 449. Revet er tilnærmet til en plade, der har en symmetri plan svarende til bunden, det medsvingende vandvolumen findes herefter som halvdelen af denne værdi.

$$C_m \text{Vol}_{\text{øvre}} = \frac{0.65}{2} * 2\pi * 2\text{m} * (1.6\text{m})^2 = 10.5 \text{m}^3$$

$$C_M \text{Vol} = \text{Vol} + C_m \text{Vol}_{\text{øvre}} = (4.35 \text{m}^3 + 10.5 \text{m}^3) = 14.85 \text{m}^3$$

7.1.3 Bølger plus strøm

Det undersøges om revet vil være stabilt i en 50-100 års situation, for typiske bølge og strømparametre i Kattegat.

Strømhastighed	$U_c=0.5$ m/s
Bølgehøjde	$H=5$ m
Bølgeperiode	$T=7$ sek
Vanddybde	$D=10$ m

Hastighedsamplituden ved bunden kan findes af ligning (1.2) og (1.3)

$$u_w=1.79 \text{ m/s}$$

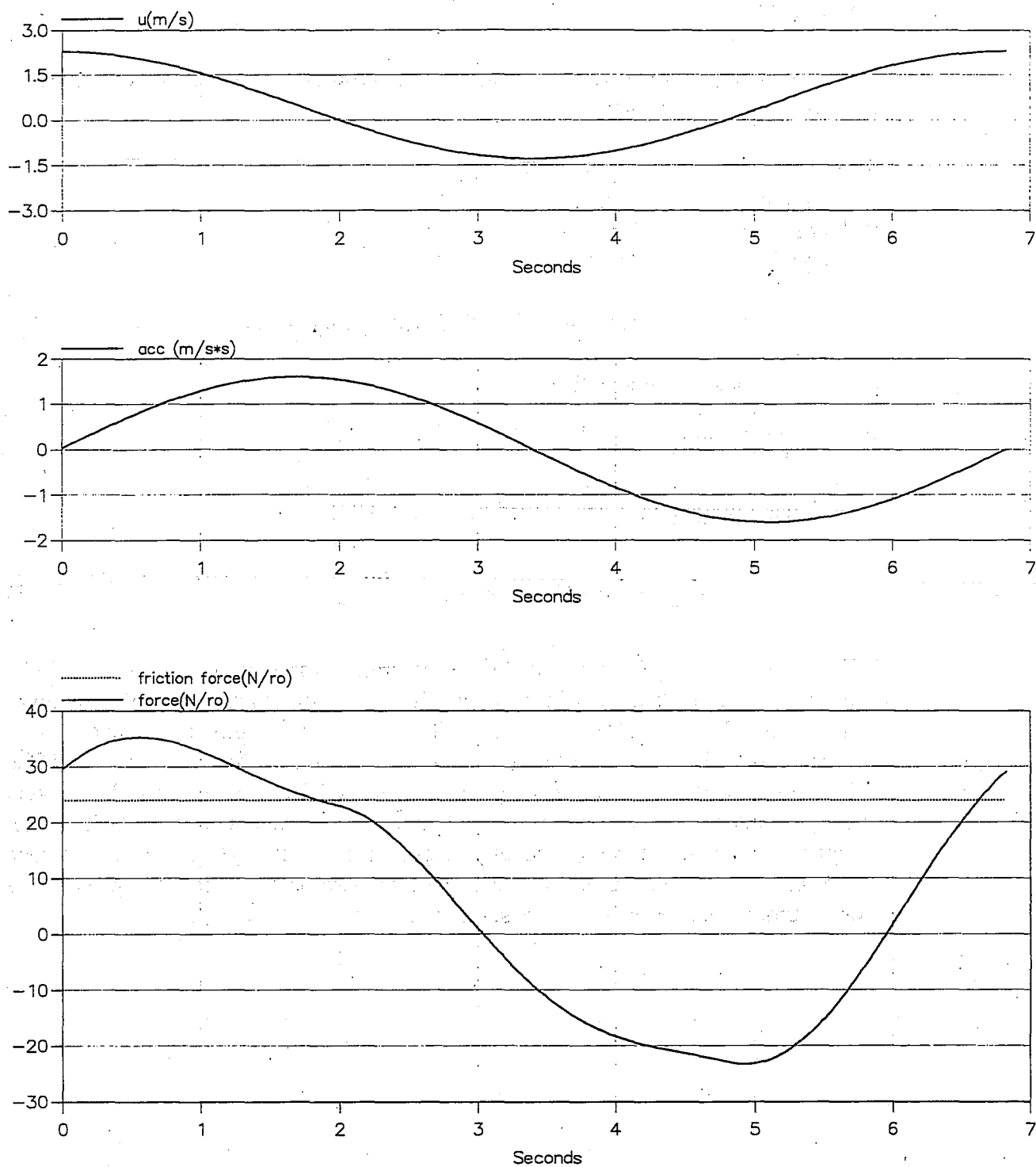
og accelerations amplituden til

$$a_w = \frac{u_w 2\pi}{T} = 1.6 \text{ m/s}^2$$

I kombineret bølge plus strøm er kraften givet ved 2.2

$$f_{\text{hydro}} = \frac{1}{2} \rho A C_d u|u| + \rho \text{Vol} C_m \frac{du}{dt} \quad (7.8)$$

I Figur 7.3 er vist et eksempel på, hvorledes kraften varierer over en bølgeperiode, yderligere er den maksimale friktionskraft vist. Den hydrodynamiske kraft overstiger klart friktionskraften, således at revet ikke vil være stabilt for denne bølgestrømsituation. For at opnå stabilitet skal friktionskraften forøges med ca. 50%, hvilket kan opnås ved at forøge vægten af revet med 50%, eller ved at lægge sten oven på 'foden' af revet, disse sten vil kunne være en del af scourbeskyttelse. Vægten af revet kan forøges ved evt. at gøre bundpladen tykkere, ved at forøge tykkelsen af de lodrette sider, eller at benytte tungere beton. Hvis revet placeres på større vanddybde kan det godt være stabilt i en 50-100 års situation.



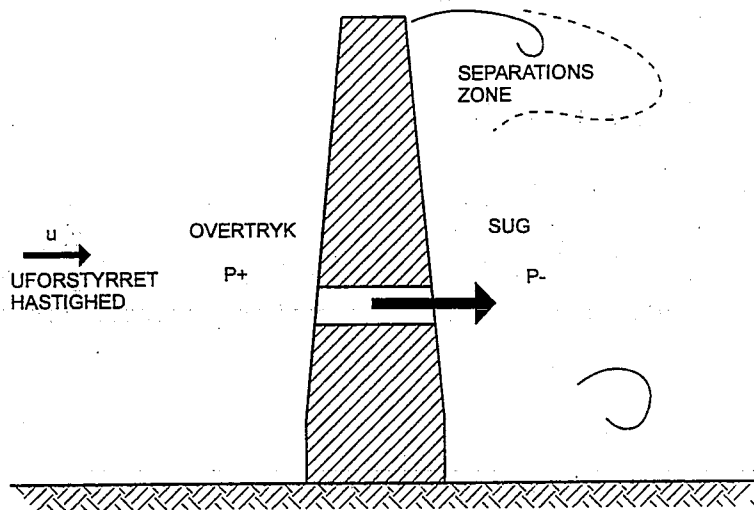
Figur 7.3 Tidslig varierende vandret kraft på Per Jahren Hummerrev, mål er vist på Figur 7.2, Strømhastighed $U_C = 0.5$ m/s, Bølgehøjde $H = 5$ m, Bølgeperiode $T = 7$ sek, Vanddybde $D = 10$ m

7.2 Strømning gennem hummerhullerne

Der vil kunne opstå store trykforskelle mellem de to sider af de lodrette plader, hvilket er illustreret i Figur 7.4. Disse trykforskelle vil give store hastigheder/accelerationer i de gennemgående huller, typisk vil der ske mere end en fordobling i forhold til hastighederne/accelerationerne et stykke væk fra revet. Dvs. de åbne huller vil give 'anti læ'; situationen er fuldstændig analog til at have åbne vinduer på begge sider af et hus under blæsevejr.

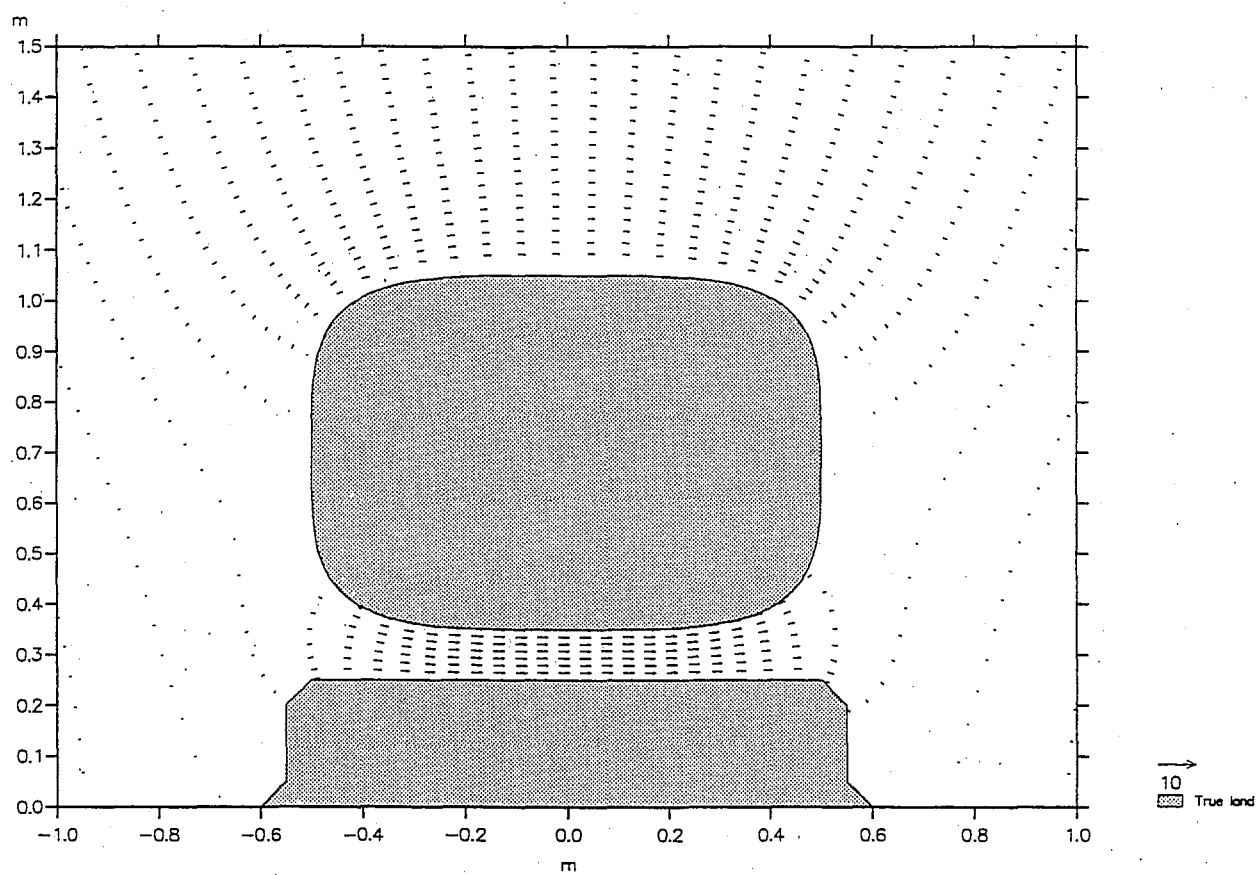
7.3 Erosionsbeskyttelse

Hvis revet placeres på eroderbar bund, vil det være nødvendigt at lægge erosionsbeskyttelse rundt om revet. Baseret på erfaringer med erosionsbeskyttelse omkring kuber, cylindre m.m. er det overslagsmæssigt vurderet at udstrækningen af beskyttelsen skal være ca. 3 m (en revbredde) rundt om revet.



Figur 7.4a

Strømning gennem hummerhul når revet udsættes for en ren strømpåvirkning



Figur 7.4b

Trykforhold ved hummerhul når revet udsættes for en bølgepåvirkning

8 REFERENCER

- /1/ Svendsen, I A and Jonsson I G, (1980). Hydrodynamics of Coastal Regions, Technical University of Denmark
- /2/ Fredsøe, J and Deigaard, R (1992). Mechanics of Coastal Sediment Transport. World Scientific.
- /3/ Ottesen Hansen, N-E and Jakobsen F, (1997). Mixing in Stratified Flow Caused by Obstacles. Accepted for publication in Journal of Marine Environmental Engineering.
- /4/ DS 449 (1983). Pælefunderede offshore stålkonstruktioner. Normstyrelsens publikationer.

[The page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the paper. The text is scattered across the page and cannot be transcribed accurately.]

Kunstige rev:

**Betonkonstruktioner som levested for hummere (*Homarus gammarus*) -
Designmæssige aspekter.**

AGRI CONTACT

30. JUNI, 1997.

INDHOLD

	SIDE
1. INDLEDNING	1
2. BIOLOGI	1
2.1 Udvikling	2
2.2 Tolerance over for temperatur, salinitet og iltkoncentration	6
2.3 Levested	6
2.4 Føde	10
2.5 Adfærd	10
2.6 Populationstæthed	11
2.7 Størrelsesfordeling i en hummerpopulation	12
2.8 Vandringer	14
3. KOLONISERING AF KUNSTIGE REV	14
4. DESIGNMÆSSIGE BETRAGTNINGER	17
4.1 Antal forskellige skjulesteder	23
4.2 Dimension af skjulesteder	24
4.3 Antal af skjulesteder i hver størrelsesklasse	24
4.4 Øvrige aspekter ved udformning af de enkelte skjulesteder	25
4.5 Tæthed	25
4.6 Fysisk udformning af betonelementer	27
4.7 Placering	30
5. KONKLUSION	31
6. REFERENCER	34

Kunstige rev: Betonkonstruktioner som levested for hummere (*Homarus gammarus*)- Designmæssige aspekter.

1. INDLEDNING:

Når man ser på den tilgængelige litteratur vedrørende hummere i relation til kunstige rev, skal man være opmærksom på, at i international litteratur dækker den engelske betegnelse, "lobster", over flere forskellige grupper:

Homarus sp., der har kraftige klosakse, og hovedsageligt er solitære. Observationer af frekvensen af sameksistens i hummerskjul indikerer, at den europæiske hummer (*H. gammarus*) er mere solitær end den amerikanske (*H. americanus*).

Specielt for voksne hanners vedkommende kan der være tale om en vis territorial adfærd med indbyrdes kampe mellem naboer. Det er dog specielt i forbindelse forsvar/ overtagelse af egnet skjul, at der opstår konflikter.

Panulirus sp. ("spiny lobsters", languster), der mangler klosakse, men som i stedet har lange kraftige antenner. Når de ikke fouragerer, samles de i dagtimerne i større eller mindre grupper i revner og sprækker eller i huler. De lange antenner fra flere individer udgør på denne måde et effektivt forsvar mod angribere.

Scyllarides sp., *Thenus sp.* ("slipper lobster"), der hverken har klosakse eller lange antenner.

Disse forskelle er naturligvis medbestemmende for hummernes krav til levested og dermed også til udformningen af kunstige levesteder beregnet til hummere.

Det anføres dog at de fleste arter i forsøg udviser præference for vandrette skjul med faste sider og en eller flere udgange (flugtveje) (Ehud Spanier, 1993 (ref. 10a)).

2. BIOLOGI:

I det følgende vil der blive fokuseret på *Homarus sp.* idet det er disse, der vil være relevante for danske forhold. Langusterne er antageligt så forskellige fra hummerne i deres adfærd og præference for skjul, at undersøgelsesresultater for langustere i mange tilfælde ikke vil kunne overføres til hummere.

Udgangspunktet for design af kunstige rev specielt rettet mod hummer må helt naturligt være hummernes præferencer/krav til levesteder. Det vil derfor være formålstjenligt kort at omtale nogle forhold omkring hummernes biologi/økologi.

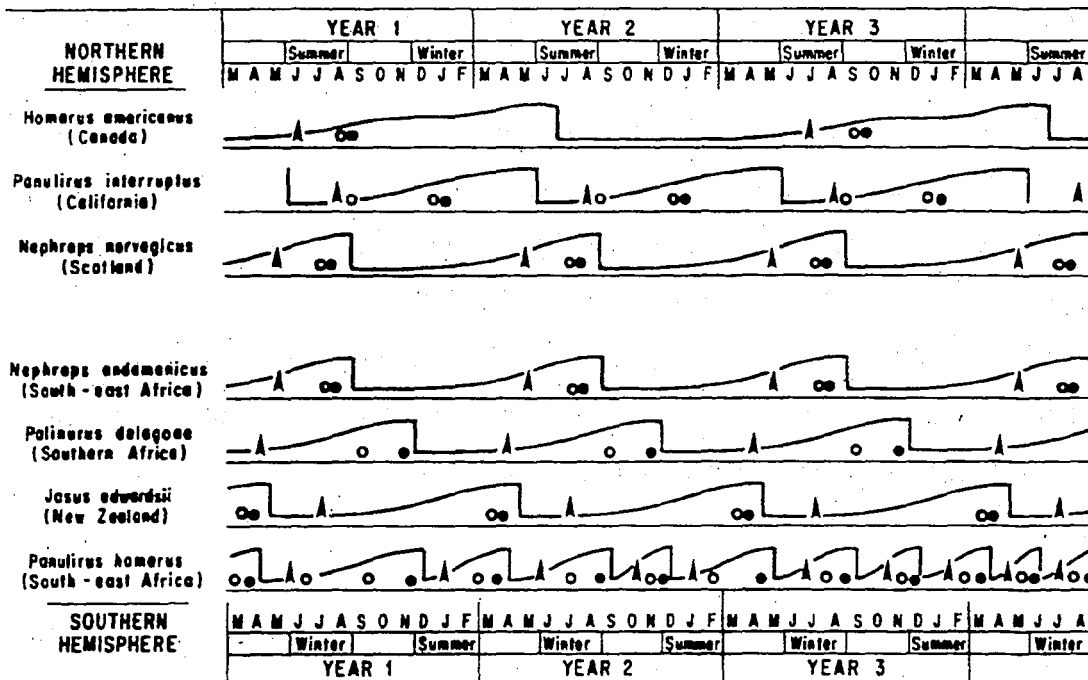
Under danske forhold vil det være den europæiske hummer (*Homarus vulgaris* el. *Homarus gammarus*), der er aktuel. Den europæiske hummer er meget lig den amerikanske hummer (*Homarus americanus*) selv om der er visse forskelle i deres kropsbygning. Den europæiske hummer er således lidt mindre og har en lidt slankere bagkrop end den amerikanske.

2.1 Udvikling:

Antallet af æg, den enkelte hun lægger afhænger af individets størrelse. I litteraturen angives 6.000 æg til næsten 120.000 æg for *H. americanus* (72 - 197 mm CL), mens antallet af æg for den europæiske hummer, *H. gammarus* ligger på omkring godt og vel det halve (Aiken & Waddy, 1980).

Den reproduktive cyklus for hummere (*H. americanus* og *H. gammarus*) tager 2 år.

Den enkelte hun lægger således kun æg hvert 2. år som vist på omstående diagram (figur 1).



FIGUR 1. Skematisk fremstilling af den reproduktive cyklus for nogle udvalgte voksne hunner af klobærende hummere og langustere: Klækning (pil), hudskifte (åben cirkel) og paring (lukkede cirkler) er markeret på kurver, der indicerer den relative udvikling af æggestokkene afsluttende med æglægningen (markeret ved det vertikale knæk på kurverne) (Aiken & Waddy, 1980).

Som alle krebsdyr gennemlever hummerne flere forskellige stadier.

I modsætning til langusterne, der har en meget lang tilværelse (4 - 22 måneder) som pelagisk larve (i de frie vandmasser), har den europæiske hummer et larvestadium, der varer mindre end 1 måned afhængig af temperaturen (Phillips & Sastry, 1980). I denne periode gennemleves 4 pelagiske stadier, hvorefter larverne søger til bunden som unge hummere (juvenile).

Den lange tid som pelagisk/planktonisk larve hos langusterne gør, at de spredes over et meget stort område inden de søger til bunden.

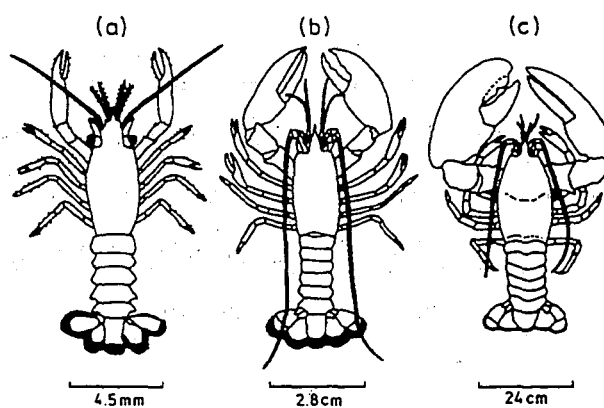
Selv om oplysningerne fra litteraturen vedrørende den europæiske såvel som den amerikanske hummers pelagiske larvers spredning ikke giver noget klart billede, er der dog en tendens til at larverne holder sig meget nær ved det område, hvor de er klækket. Stadiet IV larver, der er søgt bunden, graver hurtigt en gang i sedimentet og gennemgår hudskifte til stadiet V og betegnes nu juvenile (unge hummere). Herefter har de udseende

som voksne hummere og væksten sker nu trinvis (ved hudskifter) resten af hummernes levetid.

De unge hummere graver op 40 - 70 cm dybe gang, hvor de lever af mikroskopiske organismer, der findes i sedimentet eller som føres ned i deres gange samt af de smådyr (orme og lignende), som lever i bundmaterialet eller i gangåbningens umiddelbare nærhed. Hummerne lever i disse gange til de har nået en omtrentlig størrelse af 40 mm CL (CL = Carapace Length: Afstanden fra øjehulens bagkant til rygskjoldets bagkant).

Efter denne nedgravede tilværelse, der for den europæiske hummer varer ca. 2 år, vil hummerne i stigende grad søge føde uden for gangene og søge skjulesteder, der passer til deres størrelse.

På figur 2 er vist størrelsesforholdet mellem klosakse, bagkrop og kroppen som helhed gennem vækstforløbet fra det tidligste juvenile, bundlevende stadie (a) til en fuldvoksen 20 - 30 år gammel hummer (c). Man bemærker den relativt større vækstrate for klosaksene (positiv allometri) og den relativt lavere vækstrate for bagkroppen (negativ allometri).

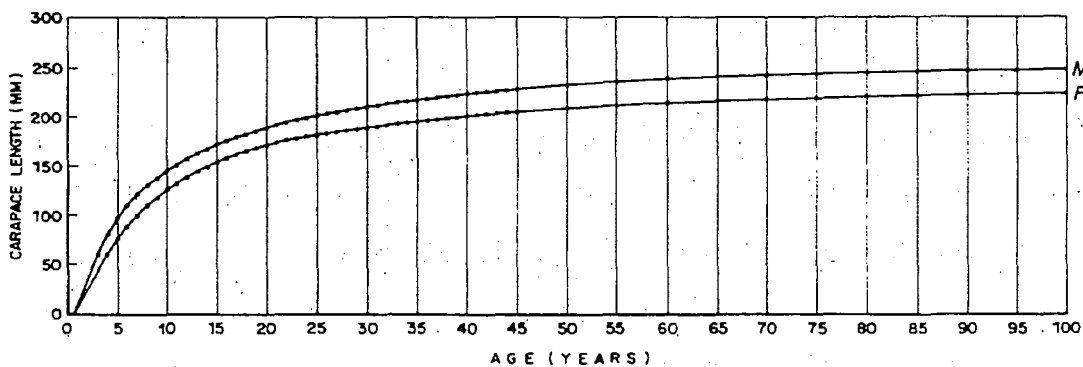


FIGUR 2. *Homarus americanus* på 3 stadier af væksten visende dels størrelse dels den positive allometriske vækstrate for klosakse og negative allometri for bagkroppen. (a) 14 dage, 0,2 gram, (b) 14 måneder, 15 gram, (c) 20-30 år (anslået), 8,8 kg. (Phillips, Cobb & George, 1980).

Hummere kan nå en anelig størrelse. Man har fanget individer af *H. americanus* på over 60 cm TL (33-38 cm CL) og en vægt på 17 - 19 kg. Mens de største individer af *H. gammarus* har nogenlunde samme længde, men på grund af den mere spinkle bygning kun vejer omkring det halve (godt 8 kg) (Phillips, Cobb & George, 1980).

Minimumstørrelsen for fangst varierer fra land til land. I Storbritanien er mindstemålet 85 mm CL (Alan Spence, 1989) mens den i Danmark er 210 mm TL (totallængde) hvilket svarer til ca. 74 mm CL (Bennett, 1980).

På nedestående figur er vist en beregnet vækstkurve for "offshore" hummere, der lever på de større dybder ud for USA's østkyst:



FIGUR 3. Beregnet vækstkurve for amerikanske hummere.

(Cooper & Uzmann, 1980)

Hummere, der lever i mere kystnære områder ("inshore"), formodes at have en lidt langsommere vækst, idet deres fødeindtagelse om vinteren begrænses af de lavere temperaturer om vinteren, hvor de holder sig i ro i deres skjul, mens "offshore" hummerne tager føde til sig gennem hele året.

Skønmæssigt vil det tage mellem 6 og 8 år fra de helt unge hummere har søgt til bunden og til de har nået legale fangsstørrelse på omkring 80 mm CL.

2.2 Tolerance overfor temperatur, salinitet og iltkoncentration.

Hummeres tolerance overfor parametre som temperatur, iltindhold og salinitet varierer afhængigt af de enkelte parametre således at f.eks. tolerancen overfor høje og lave temperaturer stiger hvis saliniteten er optimal.

Man har fundet at hummere er forholdsvis tolerante overfor lave iltkoncentrationer (ned til 1,72 mg/l ved forudgående akklimatisering ved 25°C og en salinitet på 20‰ og ned til 0,20 mg/l ved akklimatisering ved 5°C og en salinitet på 30‰) (Cooper & Uzman, 1980). Hummerne kan overleve en kortere tid ved disse iltkoncentrationer, men ved så lave koncentrationer kan andre forhold også komme til at spille ind, idet anaerob dannelse og frigivelse af sulfider under naturlige forhold vil kunne virke direkte dræbende.

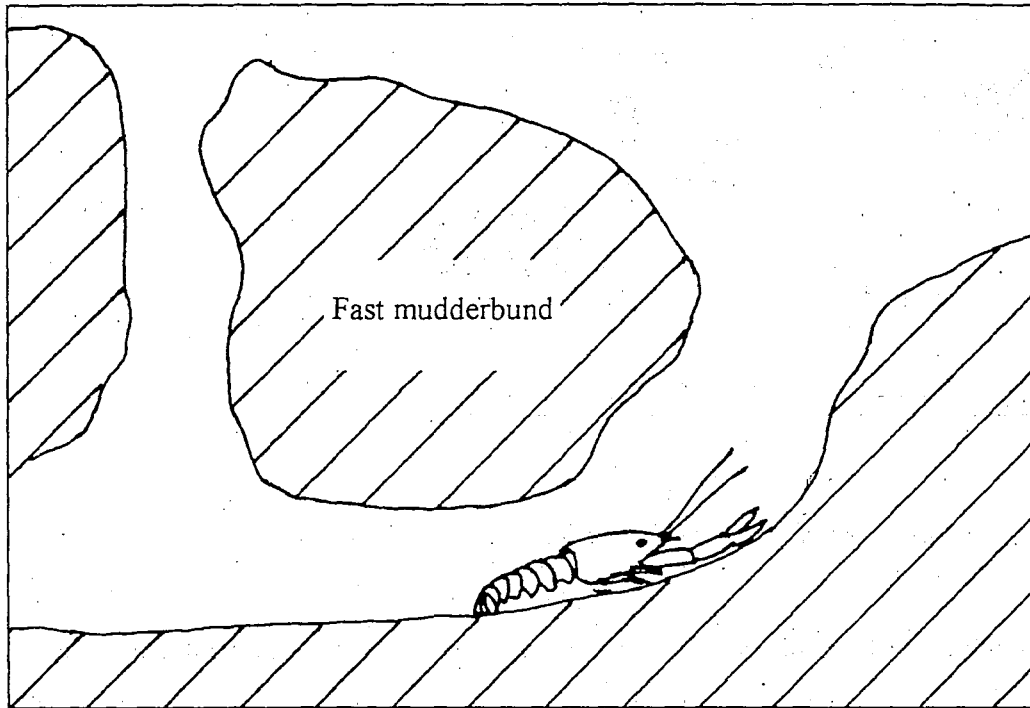
I praksis regner man med at iltkoncentrationen ikke bør være mindre end 50% mætning (Hagerman, 1997).

Larver af den amerikanske hummer har i forsøg vist sig aktivt at undgå salineter på 21,4‰ og derunder. Den største overlevelse (frem til stadie IV) er størst mellem 30‰ og 31,8‰. For den europæiske hummers vedkommende er en salinitet på 30‰ eller derunder allerede ved at være kritisk. Dette afspejler sig i udbredelsen, der ikke strækker sig længere ind i de danske farvande end til bæltterne og Øresund. I Østersøen er saliniteten for lav.

2.3 Levested:

Som nævnt tidligere lever hummerne i deres larvestadier oppe i de frie vandmasser. Efter metamorfosen tilbringer hummerne resten af deres liv på bunden hvor de starter med at grave deres gange i sand/mudderbund med eventuelt med overliggende sten og klippeblokke. Howard og Bennett lavede i slutningen af 70'erne nogle laboratorieforsøg med henblik på at afklare de små hummeres graveadfærd/præference for levested. Det viste sig at de helt små hummere, som man indtil da ikke kendte så meget til, havde en levevis, der meget minder om jomfruhummerens nedgravede levevis. Dette er sandsynligvis forklaringen på at man stort set ikke observerer hummere fra det tidspunkt, hvor de søger til bunden og til de har en størrelse på ca. 40 mm CL.

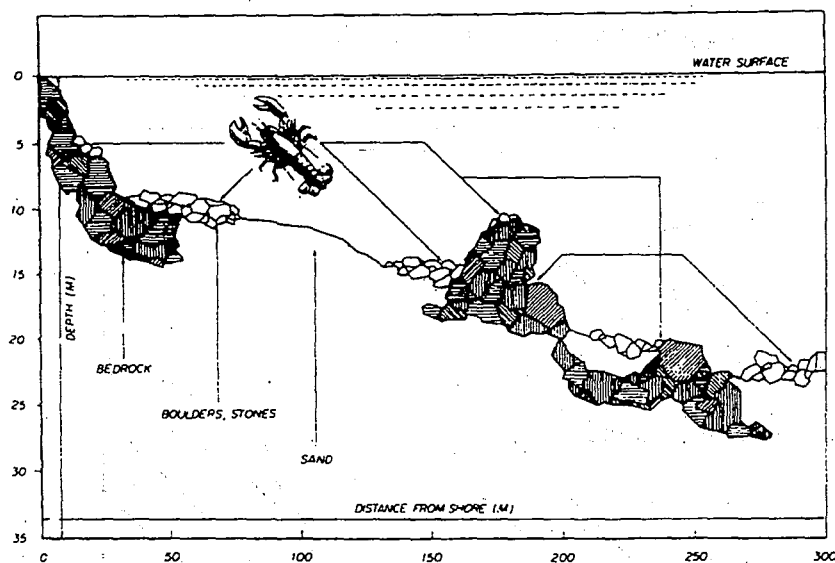
På figur 4 er vist en skitse af en gang gravet af en ung hummer (3,5 cm lang).



FIGUR 4. Skitse af gang lavet af ca 3,5 cm lang ung hummer (omkring stadie VII) i en fast mudderbund (Efter foto i Howard & Bennett, 1979).

For den amerikanske hummers vedkommende omtales en række forskellige typer af egnede levesteder for de større hummere (> 40 mm CL):

Sandbund med sten og klipper, hvilket er det almindeligste kystnære levested (se figur 5).



FIGUR 5. Skitse af typisk levested for hummere.

(Cooper & Uzman, 1980)

De små hummere (30 - 40 mm CL) graver 40 - 70 cm dybe gange, ofte med flere sidegange. De større hummere (50 - 100 mm CL) lever i skjul, der ikke strækker sig mere end 30 - 40 cm ned i bundmaterialet.

Grundfjeld med klippeblokke og sten er også et relativt almindeligt levested for hummere i kystnære områder. I disse områder har hummerne normalt ikke mulighed for at grave og finder derfor deres skjul i klipperevner og -sprækker samt mellem sten og klippeblokke. *Blød bund (mudder og eller ler) med gravede gange/fordybninger i bunden* kan også være levested for hummere.

Den europæiske hummer lever stort set på samme typer af lokaliteter (habitater) som den amerikanske hummer, og findes på dybder fra tidevandszonen til dybder på ca. 40 m.

Dybern (1973) har lavet en undersøgelse over den relative hyppighed af hummere på forskellige habitattyper ud for den svenske vestkyst:

Habitat / opholdssted	Relativ hyppighed ^a
A. Klippe-/stenbund	
1. Uden skjul på bunden	0 - 1
2. I huler og sprækker	1 - 2
3. Mellem og under sten og klippeblokke på grundfjeldet	2 - 3
4. I udgravede huler og sprækker i klipper med blødt bundmateriale	1 - 2
B. Blandet bund	
1. Uden skjul på bunden	1
2. I naturlige huler under sten og klippeblokke	4
3. I udgravede gange under sten og klippeblokke	4 - 5
C. Blød bund	
1. Uden skjul på bunden	0 - 1
2. I udgravede gange	0 - 1

^a Data er baseret på observationer af 260 hummere og deres tilknyttede habitat/skjul. 0 angiver meget lav hyppighed, 5 angiver meget høj hyppighed.

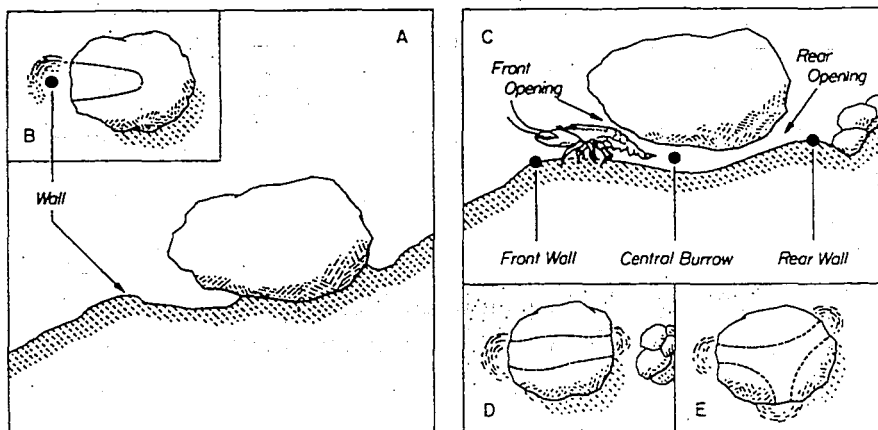
(Cooper & Uzmann, 1980)

Hummernes gange kan have en eller flere åbninger. Man skønner, at gange med 1 åbning forekommer ca. 4 - 5 gange så hyppigt som gange med 2 eller flere åbninger (Cooper & Uzmann, 1980).

Gangenes dimensioner er normalt således at åbningen er lidt mindre i tværsnit end selve gangen. Gangene er sædvanligvis lidt større i bredden end i højden.

Hummerne foretrækker at kunne have fysisk kontakt med gangenes sider og loft.

På figur 6 er skitseret forskellige typer af skjul/gange til den europæiske hummer.



FIGUR 6. *Forskellige typer af skjul for den europæiske hummer.*

(Cooper & Uzmann, 1980)

2.4 Føde:

De bundlevende hummeres føde består af mindre krebsdyr (krabber), muslinger (f.eks. blåmuslinger), snegle, søstjerner, slangestjerner, søpindsvin m.v (Ojeda & Dearborn, 1991).

Hummere er endvidere i stand til filtrere organiske partikler fra vandet (Hagerman, 1997). Dette er vigtigt hvor hummerne lever i områder med kraftig vandbevægelse og derfor ikke bevæger sig så meget rundt.

Fødesøgning foregår hovedsageligt om natten, mens de søger skjul i dagtimerne.

2.5 Adfærd:

Som nævnt er *homarus* arterne solitære. Det vil sige, de opholder sig alene i deres skjul og tolerer, i modsætning til langusterne, normalt ikke andre artsfæller i deres hule.

Egentlig territorial adfærd i den forstand at der er faste grænser til naboen findes ikke. I dagene inden hummerne skal skifte deres ydre skelet, søger de at jage andre væk fra et område omkring skjulet.

I forbindelse med parring, der kun kan finde sted umiddelbart efter at hunnen har smidt den gamle skal og inden den nye skal er stivnet, kan en han søge at beskytte hende ved at holde andre væk fra hendes skjul.

Egentlige kampe ses normalt ikke i hummernes naturlige miljø. Her afgøres stridigheder ved positurer eller simpelt hen ved at den mindste fortrækker. Hummere, der har skiftet skal fornylig, vil være mere forsigtig end af samme størrelse, der har en fuldt hærdet skal. Egentlige kampe og kanibalisme ses næsten udelukkende i fangenskab hvor deres bevægelsesfrihed er begrænset.

2.6 Populationstæthed:

Hvor mange hummere, der kan findes på en lokalitet varierer meget. Forhold som fødeudbud, bundforhold (mængden af passende skjulesteder), prædation m.v. spiller en stor rolle.

Her kan opgives følgende eksempler fra litteraturen vedrørende den amerikanske hummer:

- Kystnær sandbund med flade klippestykker ved Gulf of Maine. Her har man den tætteste population (3,25 hummere pr. m^2) og største biomasse (178 g/m^2) af amerikanske hummere. Gennemsnitsstørrelsen er 40 mm CL.
- Sand/klippe habitat (Gulf of Maine), som er et primært område for hummerfiskeri:

Populationstæthed:	1,2 hummere pr. m^2
Biomasse:	63 g/m^2
- Northumberland Strait, Gulf of St. Lawrence ("good natural lobster grounds") med sand/klippe bund:

Biomasse:	12,6 g/m^2
-----------	--------------
- Prince Edwards Island (ved den canadiske atlantehavskyst):

Populationstæthed:	0,007 hummere pr. m^2 (Glat grundfjeldsflade)
	0,11 hummere pr. m^2 (Kampesten/klippeblokke)
- Rhode Island:

Populationstæthed:	0,1 hummere pr. m^2 (Grundfjeldsflade)
	0,15 hummere pr. m^2 (mudderbund med skaller/klipper)
- Long Island Sound:

Biomasse:	5,6 til 24,3 g/m^2 som månedlige estimater (mudder/klippe bund)
-----------	---

(Cooper & Uzmann, 1980).

- Northumberland Strait, Gulf of St. Lawrence (kunstigt rev bestående af sandstensblokke 5-100 cm i diameter og op til 15 cm tykke):

Populationstæthed: Op til 0,15 pr m²
 Biomasse: Op til 15,1 g/m²

(Scarratt, 1973)

Tilsvarende estimater for den europæiske hummer er ikke fundet.

Man har i akvarier lavet undersøgelser til belysning af hummeres (*H. americanus*) krav til plads for optimal vækst. Man har i disse undersøgelser fundet, at hvis man vil undgå en tæthed, der virker hæmmende på tilvæksten, skal man beregne et areal pr. hummer, der følger denne formel:

$$a = b \times (CL)^2$$

hvor a er arealet, b er en konstant (plads-faktoren) og CL er hummernes størrelse udtrykt ved længden på rygskjoldet.

Ved b = 55 har man fundet normal tilvækst, mens lavere værdier af b sandsynligvis vil betyde reduceret vækstrate (Aiken, 1980).

Som sagt er dette kun undersøgt i store akvarier eller i akvarier opdelt i enkeltafsnit til hver hummer, og ikke under naturlige forhold.

Benytter man denne formel for hummere i fangststørrelse (ca. 80 mm CL) vil man teorisk skulle regne med et areal på $55 \times 8^2 = 3.520 \text{ cm}^2$ pr. hummer eller 2,8 hummere pr. m² på en lokalitet med tilstrækkelig føde og skjulesteder.

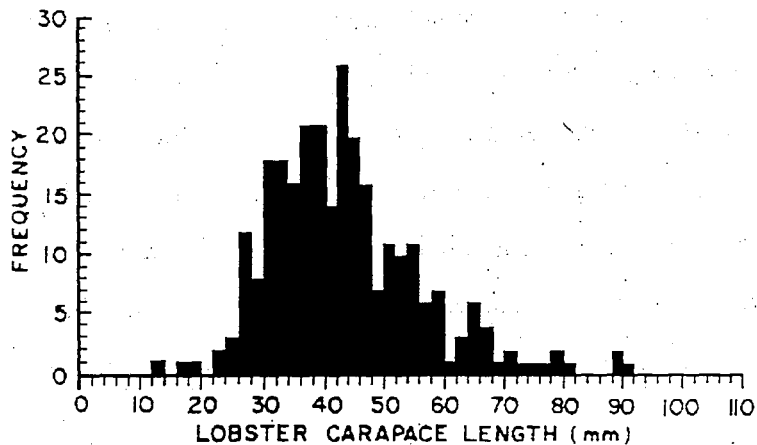
2.7 Størrelsesfordeling i en hummerpopulation:

Det er uhyre sparsomt, hvad det har været muligt at finde af information/data, der kunne belyse størrelsesfrekvensen i naturlige hummerpopulationer.

I de tidligste bundlevende stadier op til en størrelse på ca 40 mm CL er det meget vanskeligt at fange hummerne grundet deres meget nære tilknytning til deres gravede tunnel samt deres evne til at kravle ud af en fælde, hvis de endelig skulle komme ind i en sådan. Derfor er det næsten umuligt at lave undersøgelser til belysning af rekrutteringspotentialer i et givet område (Howard & Bennett, 1979).

I en enkelt undersøgelse, hvor hovedformålet var at belyse konkurrenceforhold mellem den amerikanske hummer og en krabbeart (*Cancer borealis*), undersøgte man størrelsesfordelingen af hummere og krabber på naturlige lokaliteter (Richards & Cobb, 1986).

På figur 7 er afbildet fordelingen for hummere.



FIGUR 7. Frekvensen af hummere i forskellige størrelsesgrupper målt som længden af rygskjoldet (mm CL).
(Richards & Cobb, 1986).

Som det ses finder man det største antal omkring 40 mm CL. Dette hænger sammen med at de mindre hummere lever nedgravet og derfor normalt ikke fanges. Den faldende frekvens i de større størrelsesgrupper skyldes den naturlige dødelighed bl.a. forårsaget af predation.

Der synes at være et eksponentielt fald i antallet af individer i hver størrelsesklasse over

40 mm CL:	41-50:	83 individer
	51-60:	45 individer
	61-70:	15 individer
	71-80:	7 individer
	> 80:	4 individer

Det observerede eksponentielle fald kan skyldes at der er mangel på naturlige skjulesteder. Ved design af et kunstigt rev skal der tages hensyn til, at der skal være skjulesteder i et passende antal til hver størrelsesklasse. Det må forventes, at et større antal passende skjulesteder vil være medvirkende til at beskytte hummerne mod predation og at faldet i individantal i hver størrelsesklasse dermed kan reduceres væsentligt.

2.8 Vandringer:

Hummere kan foretage egentlige migrationer, det vil sige vandre fra en lokalitet til en anden. Dette er specielt observeret for amerikanske "offshore" populationer af hummere, som om sommeren kan vandre mange kilometer ind mod kysten. Dette kan skyldes, at temperaturen på det dybe vand ikke er høj nok til æg-lægning, hudskifte og parring.

"Inshore" populationer er generelt langt mere stedfaste og deres vandringer begrænses mest til den natlige fødesøgning, hvor de søger tilbage til samme eller et nærliggende skjulested om dagen. Disse vandringer begrænser sig til højst 2 km og normalt ikke over 300 m. Store "inshore" hummere (>100 mm CL) kan være en undtagelse, idet man har observeret, at en lille procentdel af disse kan vandre lange afstande (op til over 270 km) langs med kysten.

Mærknings- og genfangstundersøgelser gennemført ved Irland, Scotland og Norge indikerer, at den europæiske hummer ikke vandrer i samme omfang som den amerikanske (Cooper & Uzmann, 1980).

F.eks. har engelske undersøgelser med udsætning af et stort antal mærkede juvenile hummere vist, at langt hovedparten af genfangsterne 5-10 år senere (når hummerne havde nået legale fangststørrelse) blev gjort meget nær ved udsætningsområdet (Wickins, 1994).

3. KOLONISERING AF KUNSTIGE REV

Langt de fleste undersøgelser over kolonisering af kunstige rev omfatter hovedsagelig mindre organismer (Svampe, polyptyd, orme, småkrebs m.v.) og alger samt undersøgelser af hvilke fisk, der samler sig omkring og over revene.

Der er relativt få undersøgelser, hvor man har arbejdet med hummere (*Homarus sp.*).

En gruppe af britiske forskere (koordineret af MAFF) arbejder med et hummer-program for reetabling/forøgelse af hummerbestandene omkring de britiske øer. Som led heri arbejder man med opdyrkning af hummeryngel i akvakultur til udsætning på egnede lokaliteter. Endvidere arbejder man med mulighederne for at etablere kunstige rev til bl.a.

hummere for at øge bestanden af disse og dermed fangstmulighederne (Banister, 1995). Ved den engelske sydkyst (Poole Bay) blev der i 1989 etableret et kunstigt rev (ca. 3 km. fra det nærmeste naturlige rev/klippeområde) bestående af 8 bunker af klodser (gips med varierende iblanding af flyveaske fra kulfyrede kraftværker samt betonklodser). Placering og opbygning er vist på figur 1 (fra Jensen et al., 1992). Det primære formål med dette var, at undersøge stabiliteten af de forskellige type af klodser (afgivelse af tungmetaller og fysisk stabilitet). Undersøgelser af kolonisering indgår også i dette projekt. Bl.a. arbejder man med hummeres (*Homarus gammarus*) indvandring. Disse viste, at voksne individer indvandrer relativt hurtigt (de første inden for ca. 3 uger).

Mærkningsforsøg over de følgende år har vist, at der er en fast population på ca. 2-3 hummere pr. enhed i revet (1 enhed er ca. 1 m høj og 4 m i diameter), hvilket svarer godt til andre undersøgelser. Undersøgelserne viser endvidere, at der er mindst to forskellige adfærdsmønstre (en mobil fase og en stedbunden fase). Nogle hummere vandrer ud fra revet igen (nogle er observeret 15 km væk fra revet) mens andre viser en meget stedbunden adfærd. Hvad der udløser skiftet i adfærd ved man ikke så meget om.

Fødegrundlag og adgang til egnede skjulesteder kan være faktorer, der begrænser antallet af hummere (Carrying capacity) på det pågældende levested.

Hunner med æg er meget stedbundne. En enkelt hun har f.eks. kunnet observeres på revet over en fler-årig periode og har gennemlevet 2 æglægningsperioder på revet (Jensen et al., 1994).

Der foreligger endnu ikke resultater, som fortæller om revets egnethed som etableringssted for helt unge (juvenile) hummere, når de skifter fra pelagisk til bundlevende (bentisk) levevis.

Det bemærkes at ovennævnte kunstige rev ikke er designet specielt med henblik på at opfylde hummeres krav til levested. Antallet og størrelsen af hulheder i revet er tilfældig, idet der blot er lavet bunker af klodser med samme dimension (40 x 20 x 20 cm). Det skulle derfor være mulig at lave et design, som i højere grad tilgodeser hummernes krav og dermed øge antallet af hummere, der kunne leve på et givent areal.

Ud for den Canadiske kyst (46° nordlig bredde) etableredes et 2.740 m^2 kunstigt rev bestående af flade klippestykker 5-100 cm i diameter og max. 15 cm tykke. Revet var specielt beregnet for hummere. Efter godt 2 år observeredes ikke hummere, der var mindre end 41 mm CL. Det antages, at hummere af denne størrelse er mindst 3 år gamle, hvorfor der kun kunne være tale om indvandring af hummere fra en nærliggende naturlig hummerlokalitet (ca. 2,5 km væk). Der var således ikke tegn på, at der var en tilførsel af hummerlarver, som slog sig ned på revet.

Biomassen af hummer på revet varierede fra 4,3 -13,1 g/ m^2 , hvilket var mindre end på den nærliggende naturlige hummerlokalitet, derimod var gennemsnitsstørrelsen størst på det kunstigt anlagte rev.

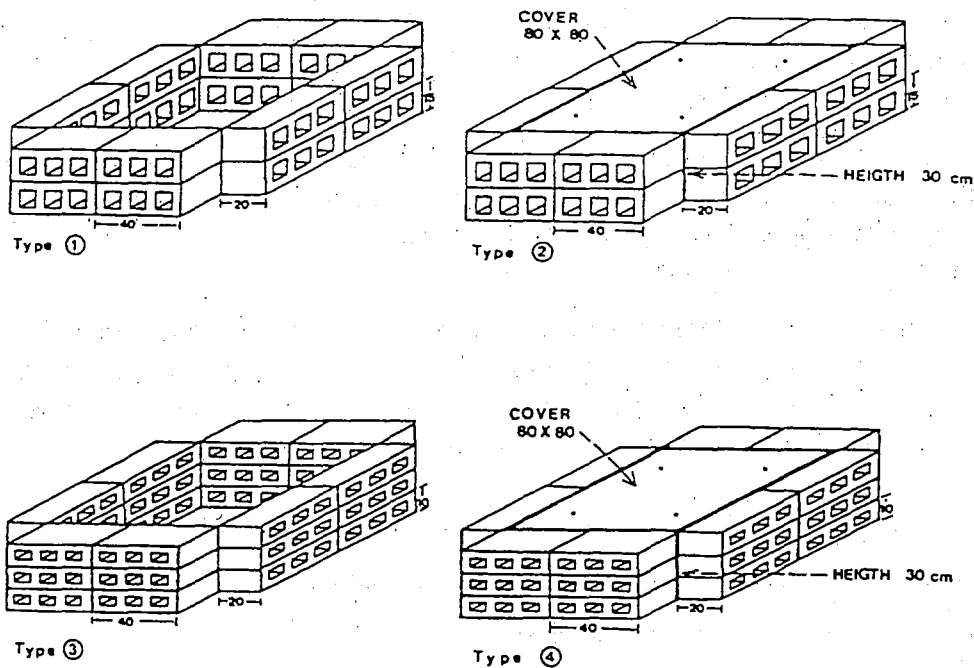
Denne forskel forklares af 2 forhold. Dels er der på det kunstigt anlagte rev tale om indvandring af formodentlig større hummere, dels vil der være en overdødelighed af store individer på den naturlige lokalitet som følge af det kommercielle fiskeri (Scarratt, 1968). Efter 8 år kunne man imidlertid konstatere, at størrelsesfordelingen på det kunstigt anlagte rev var den samme som på den nærliggende naturlige lokalitet. Tætheden på det kunstigt anlagte rev var ca. 1 hummer pr 6 m^2 . (Jensen et al., 1994).

Ud fra informationerne om hummernes udviklingstid i forskellige stadier og deres levevis må man antage, at i de første par år efter etablering af et kunstigt rev vil man kun observere hummere, der er indvandret fra omkringliggende lokaliteter. Herefter vil man kunne forvente at se helt unge hummere på revet, der er tilført som pelagiske larver, og har gennemlevet deres mere eller mindre nedgravede tilværelse på den pågældende lokalitet. Efter yderligere 4-5 år vil der kunne fanges hummere af legal fangststørrelse, som har gennemlevet hele deres bundlevende tilværelse i tilknytning til det kunstige rev. Samtidig vil de første små hummere stammende fra æg, der er lagt på revet, dukke op. Under forudsætning af at der er et overskud af rekruttering af pelagiske larver fra nærliggende lokaliteter må man på dette tidspunkt antage, at hummerpopulationen har nået sin naturlige balance hvad angår indvidtæthed og størrelsesfordeling. Er der derimod en begrænset rekruttering af pelagiske larver, vil der gå yderligere et par år før populationen vil have nået sit klimaks.

4. DESIGNMÆSSIGE BETRAGTNINGER

Der er lavet flere undersøgelser med langustere, hvor man undersøgt forskellige udformningers egnethed. En type er de såkaldte "casitas", der består af et betondække (op til et par m^2) som er hævet nogle få cm over bunden ved hjælp af vandrette PVC-rør. Disse tjener som skjul for adskillige individer, der udviser "gregarious" adfærd, det vil sige samler sig i flok for på den måde at skabe beskyttelse mod predation (Jonathan D. Mintz et al, 1994). Hummerne (*Homarus sp.*) udviser ikke denne adfærd, hvorfor skjul af denne type ikke anses at være relevant for danske forhold.

En anden type, man har undersøgt med langustere, er betonblokke med huler til enkelte dyr (Lozano-Alvarez et al., 1994). Denne type er skitseret på figur 8.



FIGUR 8. 4 typer af betonelementer som skjul for languster (alle mål er i cm). Dimensionerne af hullerne i de store blokke (type 1 og 2) er 9 x 9 x 20 cm, og i de små blokke (type 3 og 4) 4 x 9 x 20 cm.

(Lozano-Alvarez et al., 1994).

Da elementer af denne type er beregnet for skjul til individer enkeltvis, anses det for sandsynligt, at de kunne være velegnede til hummere.

Som det ses, er der forskel på hullernes dimension idet de store er 10 x 10 cm i tværsnit mens de små er lavere (10 x 5 cm i tværsnit). Man har undersøgt præferencen hos 2 størrelsesgrupper af unge (juvenile) karaibiske langustere: Store (>50 mm CL) og små (≤50 mm CL).

Elementerne var placeret på forskellige lokaliteter. Lokaliteten nærmest kysten tiltrækker flest små (juvenile) langustere. Her var strukturerne placeret i et område med forskellig vegetation, og en nærliggende forklaring på overvægten af små individer er, at tidlige bentiske stadier af langustere lever skjult i sådan vegetation, mens større individer vandrer ud på dybere vand mod naturlige rev.

De konstaterede præferencer eller mangel på samme kan sammenfattes som følger:

- Der var ikke præference for elementstørrelse (dimensioner af huller) hos små individer, mens der synes at være en tendens hos de større individer til at opholde sig i de store elementer med 10 x 10 cm huller.
- I strukturer, der bestod af store elementer i 2 lag var der størst forekomst af langustere i nederste niveau. I strukturer, der bestod af 3 lag af små elementer, var der ingen tydelig præference for et af niveauerne. Nogen forklaring herpå gives ikke.
- Overdækkes den midterste del af strukturen, således at der opstår en stor central hule, er der en svag præference for denne type på en enkelt lokalitet. Denne lokalitet var hovedsageligt beboet af større individer, der var ingen vegetation og vandet var mere klart. Man kan forklare præferencen ved:
 - 1) at større langustere kræver større område med mørke end mindre individer.
 - 2) Lokaliteten uden præference for overdækket centrum havde mere uklart vand samt en veludviklet algebevoksning, som begge dele er med til at generelt at nedsætte lysmængden samt yde beskyttelse mod predation.

Mørke er en væsentlig parameter ved såvel langusteres som hummeres valg af skjul.

Der er lavet undersøgelser omkring den amerikanske hummer med henblik på at afklare forhold omkring denne arts valg af skjulested (Cobb, 1971).

Man har dels foretaget observationer af hummere på deres naturlige levested (Narragansett Bay ud for Rhode Island) dels foretaget præference-forsøg i akvarier.

De naturlige lokaliteter lå på 7,6 - 10,7 meters dybde (Bonnet Point) og 1 - 5 meters dybde (Castle Cove). Ved Bonnet Point er der klippe- og stenbund mens der ved Castle Cove er en bund af muslingeskaller og mindre flager af lerskifer indlejret i fast mudder. Her skræner bunden 30°. Ved Bonnet Point fandt man en individtæthed på 1 hummer pr. 10,2 m², mens der ved Castle Cove blev optalt 1 hummer pr. 6,4 m².

Man indsamlede 46 hummere og målte deres respektive skjul op. Dette blev sammenholdt med størrelsen på de enkelte individer. På basis heraf lavede man regressionsligninger, som beskrev hvorledes hummernes størrelse (målt i mm CL) var relateret til målene på deres skjul. Disse relationer fremgår af nedenstående tabel:

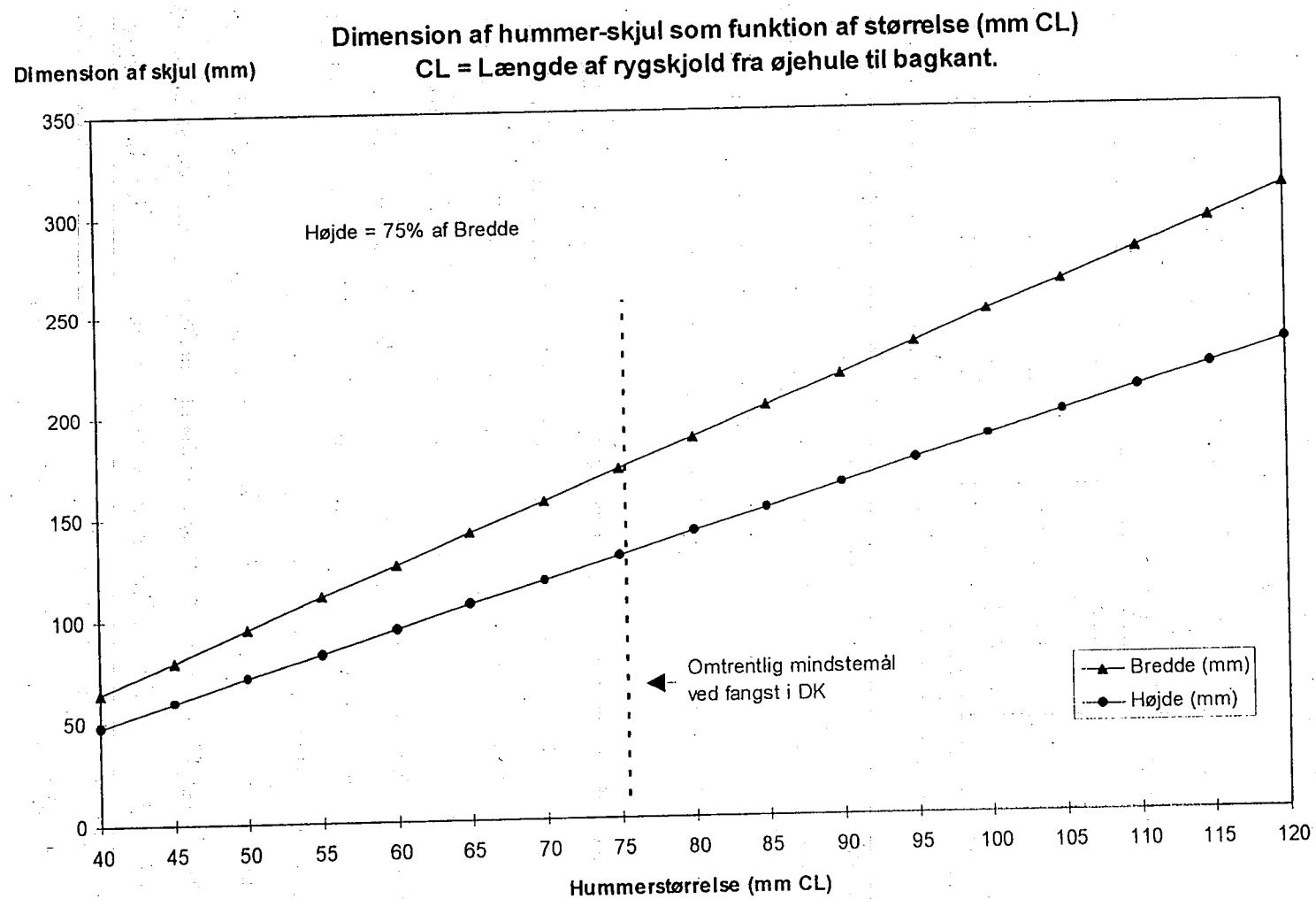
Dimension af skjulets åbning (mm)	Regressionsligning	Korrelationskoefficient (r)	F - værdi
(Tværsnitareal) ^{1/2}	2,659 CL - 50,75	0,71	45,95**
Højde	1,911 CL - 28,19	0,66	33,96**
Bredde	3,347 CL - 80,47	0,66	33,52**
Længde	4,149 CL + 63,55	0,40	8,12**

Hældningskoefficienten på samtlige ligninger var positive og signifikant forskellige fra 0, hvilket indikerer en præference for større skjul med stigende individstørrelse. Individernes størrelse var tættest korreleret med kvadratroden på åbningens tværsnitsareal ($r = 0,71$), mens der kun var svag sammenhæng med skjulets længde (dybde).

Samtidig fandt man, at der var en tydelig præference for skjul, der var større i bredden end i højden (87% af skjulene). I 44% af skjulene var højden mindre end eller lig med halvdelen af bredden. Dette indikerer en præference for skjul, der passer til individets form, således at der er nær fysisk kontakt til skjulets sider og loft. Halvdelen af skjulene havde en mindre "bagdør", der kunne tjene som flugtvej (J. Stanley Cobb, 1971)

På basis af ovennævnte regressionsligning kan man lave en *teoretisk* beregning af dimensionerne for skjul til hummere som funktion af disses størrelse.

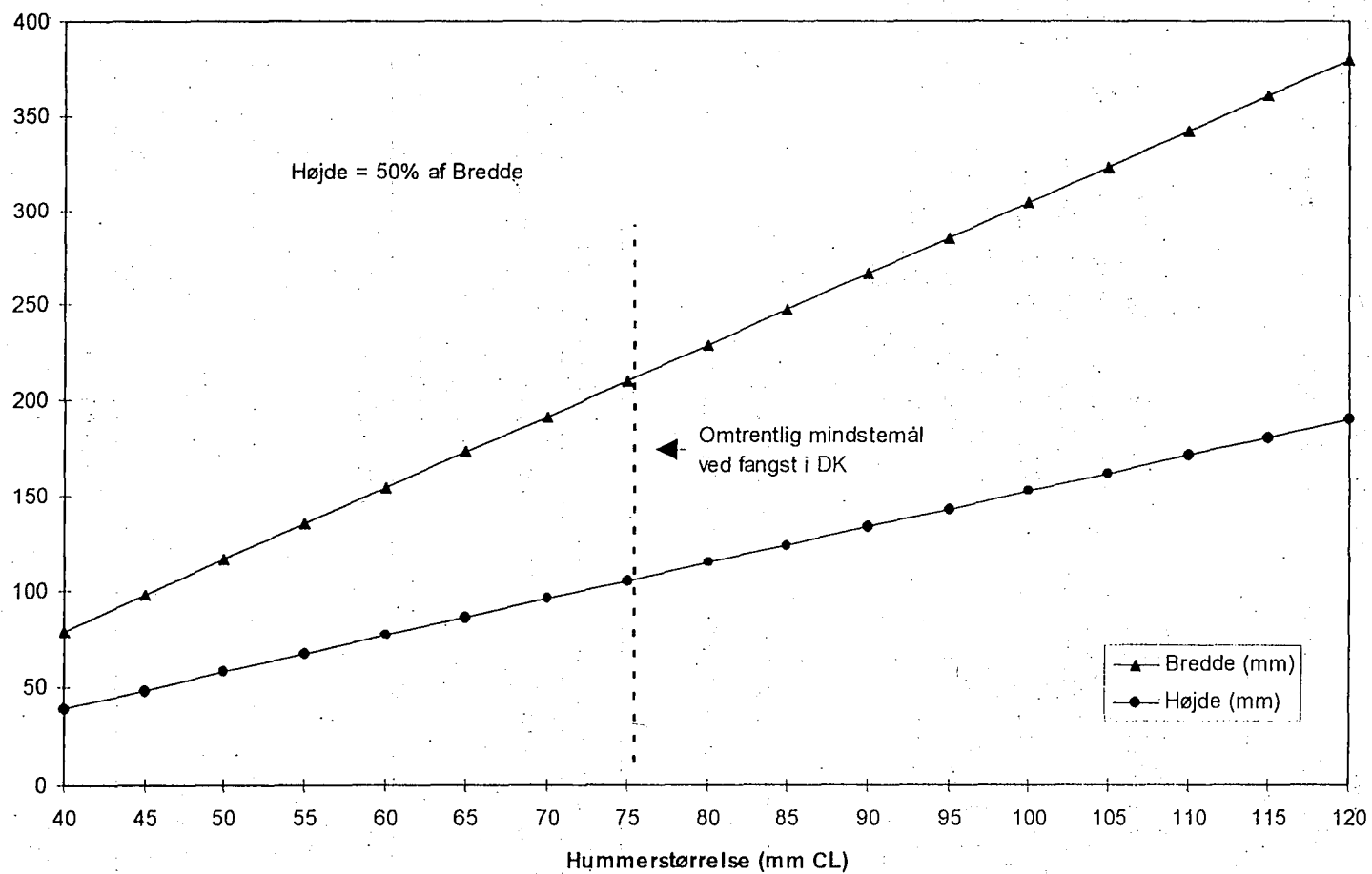
På omstående diagrammer er vist kurver, der angiver højde og bredde af skjul under udnyttelse af regressionsligningen for sammenhæng mellem skjulets tværsnitsareal og hummernes størrelse udtrykt ved længden af rygskjoldet (mm CL). I den første diagram er dimensionerne beregnet ud fra en forudsætning om at skjulets højde er 75% af skjulets bredde. I det andet diagram er der gået ud fra at højden er 50% af bredden.



Dimension af hummer-skjul som funktion af størrelse (mm CL)

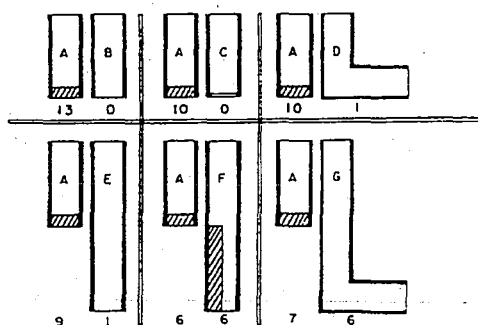
CL = Længde af rygskjold fra øjehule til bagkant.

Dimension af skjul (mm)



I akvarier lavede man forsøg med forskellige udformninger af skjul, bl.a for at belyse eventuel præference for en "bagdør" samt for at belyse præferencen for det affladede tværsnit.

Af figur 9 fremgår det, at der er en klar præference for skjul, der er lukket bagtil eller som har en indsnævring (F) eller en dybde med knæk (G), der forhindrer lys i at trænge ind i gangen fra bagåbningen.



FIGUR 9. Forsøg til belysning af præference for "bagdør". Antallet af hummere, der vælger et skjul er angivet under hver type af skjul. Alle skjul er lavet af drænrør (brændt ler) med en indvendig diameter på 10 cm og en længde på 30,6 cm. De skraverede felter er modifikationer i cement. Type C er lukket bagtil af gennemsigtig plexiglas-plade.

(Cobb, 1971).

I akvarieforsøg efterprøvede man hummernes præference for skjul af affladet tværsnit.

Resultaterne heraf fremgår af nedenstående tabel:

Hummerstørrelse: 9 - 13 mm CL		Hummerstørrelse: 61 - 70 mm CL	
Dimension af skjul højde x bredde i tommer Længde = 3"	Antal gange valgt	Dimension af skjul højde x bredde i tommer Længde = 12"	Antal gange valgt
Samme tværsnitsareal			
$\frac{3}{4} \times \frac{3}{4}$	1	5 X 5	1
$\frac{1}{2} \times 1$	9*	$3\frac{1}{2} \times 7$	9*
Samme bredde			
1 X 1	4	7 X 7	7
$\frac{1}{2} \times 1$	7	$3\frac{1}{2} \times 7$	14
Samme højde			
$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$	1	6 X 6	6
$\frac{1}{2} \times 1$	7*	$5\frac{1}{2} \times 10\frac{1}{2}$	10

Disse forsøg bekræfter meget tydeligt hummernes præference for skjul, der er breddere

end høje. 74% af individerne foretrak skjul med en flad profil. På den naturlige lokalitet fandt man som nævnt 87% af individerne i skjul med flad profil (Cobb, 1971).

I det tidligere omtalte forsknings- og forsøgsarbejde vedrørende oparbejdning af hummerbestandene omkring de britiske øer arbejder man bl.a. med computer modeller for design af kunstige rev til hummere. Formålet er, at optimere designet således at antal og størrelse/dimensioner af skjulestederne så vidt muligt svarer til hummernes behov, og dermed forhindre, at hummerpopulationen begrænses af mangel på passende skjulesteder. Dette arbejde er tilsyneladende fortsat på et meget indledende stade. Foreløbige resultater indicerer, at et passende spektrum af skjulesteder kan opnås ved at benytte sten i 5 forskellig størrelsesklasser i området 0,4 til 2,2 m i diameter (Wickins, 1994). Nærmere oplysninger herom foreligger endnu ikke, men J.F. Wickins er kontaktet for at indhente eventuelle nye resultater fra dette modelarbejde.

På basis af de indsamlede informationer kan man lave en forsigtig konklusion på hvordan man kan designe et kunstigt rev baseret på forstøbte betonelementer med indbyggede skjulesteder:

4.1 Antal forskellige skjulesteder:

Der skal tages hensyn til at hummerne kan finde nye skjul efterhånden som de vokser.

Man kan som udgangspunkt vælge 5 størrelsesklasser:

Størrelsesklasse:

- 1: 41-50 mmCL
- 2: 51-60 mm CL
- 3: 61-70 mm CL
- 4: 71-80 mm CL
- 5: >80 mm CL

Disse klasser omfatter hummere fra den størrelse, hvor de søger skjulesteder mellem klipper og sten til de har nået den legale fangststørrelse.

4.2 Dimension af skjulestederne:

Fra præferenceforsøg har man vist at åbningerne/gangene helst skal være større i bredden end i højden. Som udgangspunkt kan man vælge forholdet 1 : 0,75.

Med udgangspunkt i relationen mellem hummerstørrelse og åbningens/gangens dimensioner (jævnfør beregnet kurve på side 20) kan følgende dimensioner anslås for ovennævnte størrelsesklasser:

Størrelsesklasse:	Dimension af skjul (mm):	
	Bredde	Højde
1: 41-50 mmCL	80	60
2: 51-60 mm CL	110	83
3: 61-70 mm CL	141	106
4: 71-80 mm CL	172	129
5: >80 mm CL	250	190

4.3 Antal af skjulesteder i hver størrelsesklasse:

En undersøgelse af størrelsesfordelingen i en naturlig hummerpopulation indicere, at der tilnærmelsesvis var en halvering i antallet af individer når man gik fra en størrelsesklasse til den næste. Dette var i en situation, hvor man kunne gå ud fra, at der var en mangel på skjulesteder og derfor en relativ høj mortalitet som følge af predation.

Hvis man som udgangspunkt antager, at man kan reducere denne dødelighed med 50% ved at tilbyde passende skjulesteder, vil antallet af individer i hver størrelsesklasse kun falde med 25% for hvert af de angivne trin. Dette vil give følgende fordeling af de 5 forskellige dimensioner af skjulesteder:

Størrelsesklasse:	Dimension af skjul (mm):		Relativt antal:
	Bredde	Højde	
1: 41-50 mmCL	80	60	200
2: 51-60 mm CL	110	83	150
3: 61-70 mm CL	141	106	113
4: 71-80 mm CL	172	129	84
5: >80 mm CL	250	190	63

4.4 Øvrige aspekter ved udformning af de enkelte skjulesteder:

Der er ikke fundet nogen angivelser af, hvor dybe gangene skal være i relation til hummernes størrelse. Dette anses imidlertid ikke for at være af nogen kritisk betydning. En dybde på 30 cm for klasse 1-3 og 50 cm for klasse 4-5 anses for at være en passende udgangspunkt.

Det er vigtigt at lysintensiteten i skjulet er så lille som muligt, hvorfor der ikke bør være nogen større åbning bagtil i skjulet.

4.5 Tæthed:

Spørgsmålet om hvor tæt man skal placere skjulene, det vil sig hvor mange individer, der kan forventes, at være plads til inden for et givet område, er uhyre vanskeligt at vurdere realistisk. Dette vil i høj grad afhænge af fødeudbudet på den enkelte lokalitet.

Det kunstige rev kan betragtes som skjulested for hummerne i dagtimerne, hvor de er mest udsatte for predation. Under fødesøgning bevæger hummerne sig rundt i et området omkring revet. Nogen reel territoriehævdelse ses kun sjældent og derfor anses afstanden mellem de enkelte skjulesteder ikke for at være af kritisk betydning.

I akvakultursammenhæng (akvarier) har man estimeret, at det minimale krav til plads (forudsat tilstrækkelig fødemængde) for den enkelte hummer kan relateres til deres størrelse (mm CL) ved denne formel:

$$a = b \times (CL)^2 \times 10^{-6}$$

hvor a er arealet (m²), b er en konstant (plads-faktoren) og CL er hummernes størrelse udtrykt ved længden på rygskjoldet.

Ved b = 55 har man fundet normal tilvækst, mens lavere værdier af b sandsynligvis vil reducere væksten.

Overfører man denne formel til den relative fordeling nævnt ovenfor, vil arealkravet til den pågældende konfiguration kunne anslås på følgende måde:

Størrelsesklasse:	Antal	Arealkrav	
1: 41-50 mmCL	200	22 m ²	
2: 51-60 mm CL	150	25 m ²	
3: 61-70 mm CL	113	26 m ²	
4: 71-80 mm CL	84	26 m ²	
5: >80 mm CL	<u>63</u>	<u>28 m²</u> (*)	
Sum	610	127m ²	(ca. 5 hummere pr. m ²)

(*) Anslået gennemsnitsstørrelse på 90 mm CL for denne størrelsesklasse.

Betragter man et kunstigt anlagt rev på 1000 m² vil man ud fra denne grove beregning kunne anslå en potentiel bestand på 4.800 individer med følgende størrelsesfordeling:

Størrelsesklasse:	Antal	Arealkrav	
1: 41-50 mmCL	1.575	173 m ²	
2: 51-60 mm CL	1.180	197 m ²	
3: 61-70 mm CL	890	205 m ²	
4: 71-80 mm CL	660	205 m ²	
5: >80 mm CL	<u>495</u>	<u>220 m²</u> (*)	
Sum	4.800	1.000m ²	(ca. 5 hummere pr. m ²)

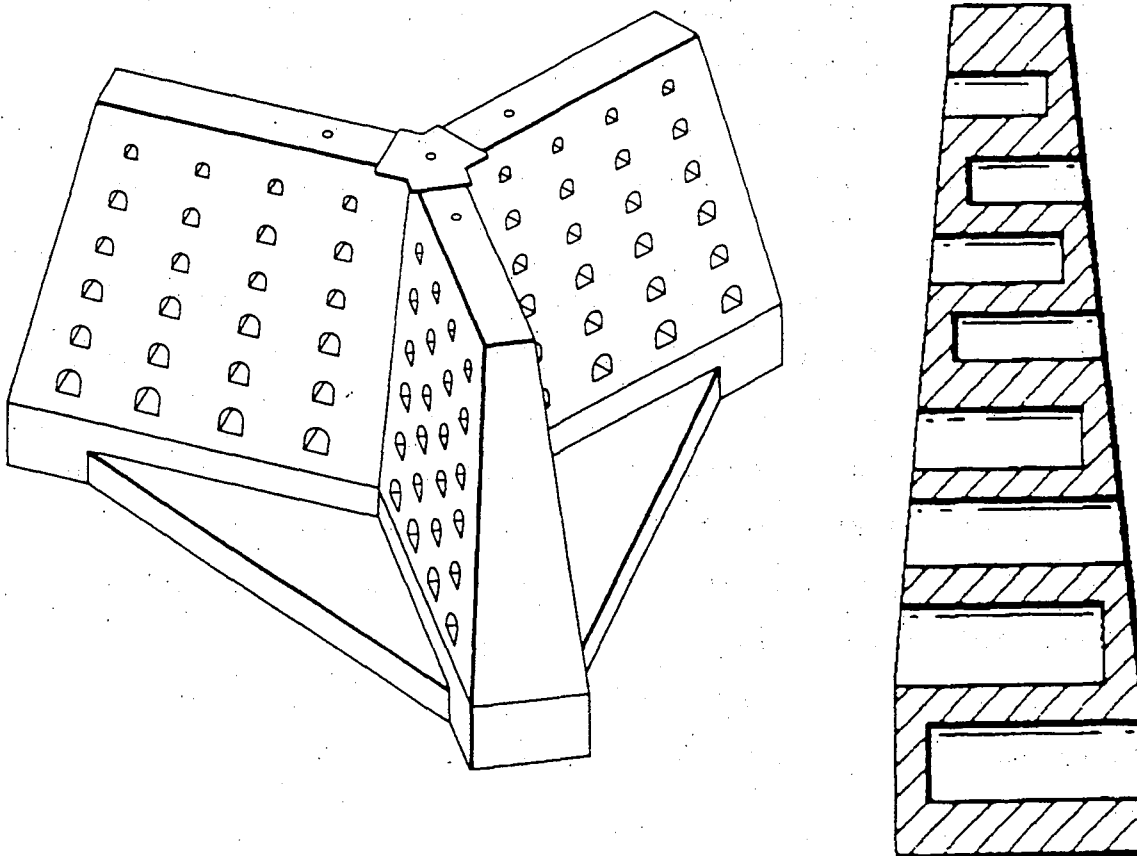
(*) Anslået gennemsnitsstørrelse på 90 mm CL for denne størrelsesklasse.

Det skal endnu en gang understreges, at disse tal er beregnet ud fra akvarieforsøg og forudsætter at fødetilgang ikke er en begrænsende faktor.

4.6 Fysisk udformning af beton elementer:

Hummere foretrækker let skrånende terræn, hvor de kan have udsyn over de nærmeste omgivelser.

De enkelte blokke kunne man således forestille sig udformet i et trappe eller pyramidesign op til en højde af f.eks. 1½ m med de enkelte skjul placeret på række med eksempelvis 10 cm mellemrum. Antallet af skjul må hellere være for højt end for lavt. Per Jahren, P.J Consult i Norge har på basis af observationer af hummerskjul i naturen og beregninger over hvorledes man kan placere flest mulige skjul pr. m³ beton designet og patenteret betonelementer, specielt beregnet for hummere. Designet er illustreret i Per Jahrens patent jævnfør figur 10 (ikke målsat).



A: Enkelt element

B: Tværsnit

FIGUR 10. Skitse af design patenteret af Per Jahren.

(Ref. Jahren)

Som det fremgår, er der angivet nogle gennemgående åbninger. Disse vil sandsynligvis ikke kunne tjene som egentlige skjul, men snarere som genveje for passage fra den side af elementet til den anden.

Den viste konstruktion er udført som en øvre del i en let beton og en nedre basis udført i en beton med højere densitet for at skabe stabilitet.

Spørgsmålet er, om denne udformning vil være stabil, hvor der optræder bølge- og/eller strømpåvirkninger.

Ved Dansk Hydraulisk Institut har man lavet en foreløbig vurdering af denne konstruktions forventede stabilitet under forhold, der vil være aktuelle på nogle mulige lokaliteter for kunstige rev til hummere. Der tænkes her på områder i Kattegat (et syd for Læsø og et syd for Anholt). Man har regnet med en højde af elementer på 2 meter og en tykkelse af hver de 3 "vinger" på 30 cm foroven og 50 cm forneden. Elementet laves af beton med en massefylde på 2400 kg/m^3 .

Man finder, at strukturen i denne udformning ikke kan forventes at være stabil over en 50 - 100 års situation. For at gøre den stabil skal vægten forøges med 50 %, hvilket kan gøres dels ved at lave bundpladen tykkere, dels ved at gøre "vingerne" tykkere. Som Per Jahrens rev er udformet er det en meget lodret flade, hummernes skjul er placeret i. Man kunne let forstille sig, at en mere skrå flade ville være at foretrække således at hummerne havde lettere ved at bevæge sig på den. Dette ville samtidig bidrage til et mere stabilt design med større tyngde og lavere tyngdepunkt.

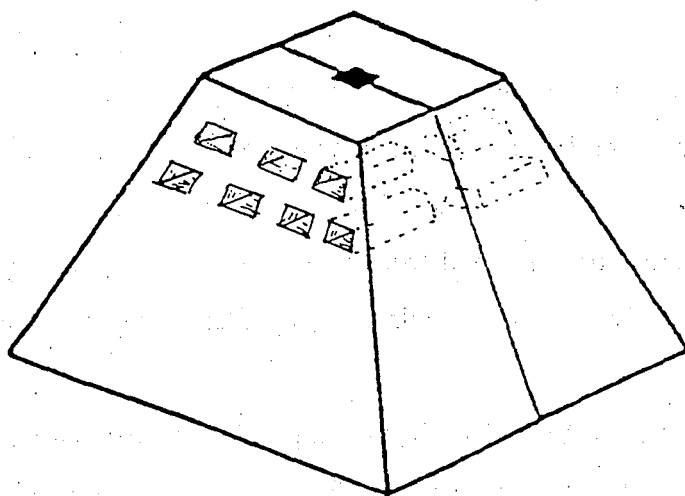
Placering af sten på eller omkring bundpladen kunne være del af en såkaldt scourbeskyttelse, der ville bidrage til opnå den ønskede stabilitet, og modvirke eventuel erodering af underlaget.

Endelig ville anvendelse af tungere beton eller placering på større dybde bevirke den ønskede stabilitet kunne opnås.

Placeres revet på eroderbar bund må elementet beskyttes. Erfaringsmæssigt vil en sådan erosionsbeskyttelse skulle have en udstrækning rundt om elementet, der svarer til bredden.

I dette tilfælde et bælte på ca. 3 meters bredde.

Et væsentligt mere stabilt, men samtidig mindre komplekst design kunne tage udgangspunkt i en pyramideform (uden top) som skitseret på figur 11. Det er fortsat en forudsætning at elementerne placeres på fast, ikke-eroderet bund.



Figur 11. Overordnet design for stabilt rev-element.

Elementer, der har til hovedformål at tjene som skjulesteder for hummere, kunne meget let tænkes at indgå i mere komplekse kunstige rev bestående af forskellige typer af elementer. Eksempelvis kunne strøm-/bølgedæpende elementer danne læ for elementer til hummere.

Set såvel ud fra et økonomisk som fra et politisk synspunkt, bør der ved vurdering af udformningen (og også placeringen) af eventuelle kunstige rev, i det hele taget stræbes mod at tilgodese flest mulige formål ("multi purpose" - princippet).

4.7 Placering.

Skal der etableres kunstige rev specielt rettet mod hummere bør flere fysiske/biologiske forhold tages i betragtning ved placeringen:

- Kravet til saliniteten er i de danske farvande bestemmende for hummernes udbredelse og dette udelukker Østersøen. Allerede ved 30‰ begynder det at være kritisk (Hagerman, 1997).
- For kraftig vandbevægelse får hummere til at søge læ eller fortrække fra området. Undersøgelser i strømningskanaler har vist, at hummere kun bevæger sig omkring når strømhastigheden er under 25 cm/sek. Når man alligevel observerer hummere i områder med relativt kraftige vandstrømninger som f.eks. ved Kullen i Sverige, skyldes dette, at de kan finde strømlæ de pågældende steder (Spence, 1989; Hagerman, 1997).

Strømmen kan føre store mængder af organisk partikulært materiale med sig, som sedimentter i strømlæ, hvor det kan tjene som føde for hummerne (Hagerman, 1997).

- Selv om hummere som tidligere nævnt kan tåle relativt lave iltkoncentrationer i kortere perioder, skal områder med risiko for iltsvind undgås. Dels vil deres livsbetingelser ikke være optimale, dels vil kraftige iltsvind ofte være forbundet med frigivelse af sulfider, der er direkte dræbende.
- Det vil være nærliggende at vælge område(r) i nærheden af eller i direkte tilknytning til lokalitet(er), der i forvejen oppebærer (eller tidligere har oppebåret) en hummerbestand, men hvor forskellige forhold har gjort at populationen begrænses af mangel på passende skjulesteder.
- Der skal være fødegrundlag for en forøget hummerpopulation i området idet fodring ikke vil komme på tale.

5. KONKLUSION

Det konkluderes, at betonelementer vil kunne indgå som et alternativ på linie med andre materialer som f.eks. sten ved eventuelle anlæg af kunstige rev for hummere i Danmark.

Benyttes beton, kan man udforme/placere elementerne efter følgende retningslinier:

- Skjulesteder skal have en størrelse, der modsvarer hummernes behov.

Ud fra citerede observationer i naturen og teoretiske vurderinger/beregninger foreslås følgende:

Dimension i mm (bredde X højde)	Relativt antal (%)
80 X 60	33
110 X 83	25
141 X 106	18
172 X 129	14
250 X 190	<u>10</u>
	100

- Skjulene kan placeres relativt tæt på de enkelte elementer, idet der hellere må være overskud end underskud af skjulesteder.
- Elementerne skal placeres på lokaliteter, hvor der vil være fødetilgang nok til en øget hummerpopulation. Saliniteten skal helst være 30‰ eller derover og iltmætningen bør ligge på ca. 50% eller derover. Områder med risiko for iltvind skal undgås.
- Hummere lever i Danmark fra tidevandszonen ned til ca. 40 meters dybde. Kunstige rev for hummere kan placeres inden for dette interval idet der tages hensyn til andre forhold såsom stabilitet (strømforhold, bølgepåvirkning, bundforhold), fiskeriinteresser, skibstrafik m.v.
- Bundforholdene bør være stabile, dels af hensyn til stabiliteten af rev strukturen dels af hensyn til hummernes tidligste bundlevende stadier, der lever i gravede gange i bundmaterialet.

Anlægges revet som strøm-/bølgedæmpende struktur for kystsikring kan dette designes således at voksne hummere vil kunne finde strømlæ og føde i form af tilført partikulært materiale. Derimod kan man have formodning om, at populationen i så fald vil blive meget afhængig af indvandring af individer fra andre lokaliteter, idet larver klækket på stedet sandsynligvis vil blive ført væk i løbet af de 2-3 uger de lever oppe i de fri vandmasser.

- Elementerne skal have en udformning, der gør dem stabile, således at de ikke væltes omkuld eller flyttes på grund af strøm- eller bølgepåvirkning.
- Hummerskjulene må ikke være udsat for sedimentering af sand og andet i væsentlig grad. Hummerne vil selv fjerne materiale i hulerne hvis det generer dem, men ved konstant tilsanding eller lignende må man forvente at hummerne vil søge andre og bedre skjulesteder.

Ved at lave hullerne således, at de eventuelt skrâner lidt opad fra indgangen vil man sandsynligvis kunne modvirke eventuel sedimentering.

Det er ikke på nuværende tidspunkt muligt at pege på det ideelle design for hummere, men ud fra ovenstående skulle det være muligt at designe nogle få forskellige typer, som kunne afprøves i store tankforsøg. Hensigten hermed skulle være at undersøge hummeres adfærd/præferencer ved forskellige udformninger og dermed søge at optimere udbyttet af de investeringer anlæg af et kunstigt rev vil kræve.

Dette kunne dreje sig om:

- Præferance for skjul i skrå flader frem for skjul i mere lodrette flader.
- Små skjul for sig og større skjul for sig eller små og store skjul blandet ved siden af hinanden.
- Eventuel sammenhæng mellem hummernes størrelse og hvor højt over bunden de accepterer at søge skjul.
- Vil det eventuelt være en hindring, at små hummere skal passere forbi skjul med store hummere for at finde skjul af passende størrelse

- Tæthed, d.v.s. hvor langt vil der være mellem skjul, der er optaget af hummere.
- Kan man eventuelt opnå større tætheder pr. m² ved specielt designede betonkonstruktioner frem for natursten af varierende størrelse.
- Skal betonen have en ru overfladestruktur eller må den være glat.

Dette er blot nogle få af de spørgsmål, man kan stille og som ikke bevarer af den gennemgåede litteratur, men som vil have betydning, hvis man ønsker at special designe rev til hummere.

6. REFERENCER

- Aiken, D.E. 1980. *Molting and Growth*. I: The Biology and Management of Lobsters Vol. 1., J. Stanley Cobb & Bruce F. Phillips, Editors.
- Aiken, D.E. & S.L. Waddy, 1980. *Reproductive Biology*. I: The Biology and Management of Lobsters Vol. 1., J. Stanley Cobb & Bruce F. Phillips, Editors.
- Bannister, Colin, 1995. *LOBSTER STOCKING: Progress and Potential. Significant results from UK lobster restocking studies 1982 to 1995*.
- Bennett, David B. 1980. *Perspectives on European Lobster Management*. I: The Biology and Management of Lobsters Vol. 2., J. Stanley Cobb & Bruce F. Phillips, Editors.
- Cobb, Stanley, 1971. *The Shelter-related Behaviour of the Lobster (Homarus americanus)*. Ecology. Vol. 52, pp. 108-115.
- Cooper, R.A. & J.R. Uzmann, 1980. *Ecology of Juvenile and Adult Homarus*. I: The Biology and Management of Lobsters Vol. 2., J. Stanley Cobb & Bruce F. Phillips, Editors.
- Hagerman, Lars, 1997. Marinbiologisk Laboratorium, Helsingør. (Pers. komm.)
- Howard, A.E. & D.B. Bennett, 1979. *The substrate preference and burrowing behaviour of juvenile lobsters (Homarus gammarus (L.))*. Journal of Natural History, 1979, vol. 13, pp. 433-438.
- Jahren, Per, *Kunstig habitat for hummer*. Patentansøgning.
- Jensen et al., 1992. *Artificial reefs and lobsters; the Poole Bay project*. Shellfish Association Annual Conference, May 19-20th 1992.
- Jensen, A.C. et al. 1994. *The potential use of artificial reefs in stock enhancement strategies*. ICES Workshop, Charlottenlund Castle, Copenhagen, 18-24 May, 1994.
- Jensen et al., 1994. *Lobster (Homarus gammarus) Movement on an Artificial Reef: The Potential Use of Artificial Reefs for Stock Enhancement*. Crustaceana. Vol. 67, no. 2, 1994, pp.198-211.
- Lozano-Alvarez, Enrique et al., 1994. *An Evaluation of Concrete Block Structures as Shelter for Juvenile Caribbean Spiny Lobsters, Pseudosquilla argus*. Bulletin of Marine Science. Vol. 55, no. 2-3, pp. 351-362.
- Mintz, Jonathan D. et al, 1994. *Survival of juvenile Caribbean spiny lobster: Effects of shelter size, geographic location and conspecific abundance*. Marine Ecology

Progress series. Vol. 112, pp. 255-255.

Ojeda, F. Patricio & John H. Dearborn, 1991. *Feeding ecology of benthic predators: Experimental analyses of their influence in rocky subtidal communities of the Gulf of Maine*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. Vol. 149, pp. 13-44.

Phillips, B.F. & A.N. Sastry, 1980. *Larval Ecology*. I: The Biology and Management of Lobsters Vol. 2., J. Stanley Cobb & Bruce F. Phillips, Editors.

Phillips, B.F.; J.S. Cobb & R.W. George, 1980. *General Biology*. I: The Biology and Management of Lobsters Vol. 1., J. Stanley Cobb & Bruce F. Phillips, Editors.

Richards, R. Anne & J. Stanley Cobb, 1986. *Competition for Shelter Between Lobsters (Homarus americanus) and Jonah Crabs (Cancer borealis): Effect of Relative Size*. Canadian Journal of Fisheries and aquatic Sciences. Vol. 43, pp. 2250-2255.

Scarratt, D.J. 1968. *An Artificial Reef for Lobsters (Homarus americanus)*. Journal Fisheries Research Board of Canada, Vol. 25, no. 12, pp. 2683-2690.

Scarratt, D.J. 1973. *Lobster Populations on a Man-made Rocky reef*. ICES C.M. 1973/K: 47.

Spanier, Ehud, 1993. *What are the characteristics of a good artificial reef for lobsters*. I: Proceedings of the Forth International Workshop on Lobster Biology and Management, 1993.

Spence, Alan, 1989. *Crab and Lobster Fishing*, 1989.

Wickins, John, 1994. *Where do small lobsters live?*. Fisheries Spotlight Article 6. - Directorate of Fisheries Research.

Zorn, R & Hansen E.A., 1997. *Kunstig Rev Projekt - Design, hydrografiske og hydrodynamiske forhold*. Foreløbig rapport. (ikke publiceret).



PROJEKT KUNSTIGE REV RAPPORT FRA BESØG I JAPAN MAJ 1997

I forbindelse med mit besøg i Japan var jeg i kontakt med følgende institutioner / personer:

Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, 1-2-1, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100, Tlf.:
03-3502-8111 Fax 03-3507-8794:

Dr. Hideaki Aono, Research Coordinator, Research Council Secretariat

Mr. Akihiko Ohmori, Head of Planning and Survey Dept., Research & Technology Council

Mr. S. Itoh, Assistant Director, Fishculture Planning Dept., Development Division, Fishery Bureau

Mr. Toshizo Tsuchiya, Head Research Promotion

Mr. Koji Mind, Director, Fisheries Cooperatives Division

Tokai University, School of Marine Science and Technology, 3-20-1 Orido, Shimizu-City, Shizuoka Prefecture 424, Tlf. 0543-34-0411, Fax 0543-34-5095

Dr. Nobuhiko Akiyama

Japan Sea-Farming Association, 3-14-8, Uchikanda, Chiyoda, Tokyo 101, Tlf. 03-5296-3181, Fax.
03-5296-7540

Mr. Toru Hurusawa

National Coastal Fishery Development Association, Kamakuragashei Bldg. 4F, 2-2-1, Uchikanda, Chiyoda-ku, Tokyo 101, Tlf. 03-3256-6991- 2, Fax. 03-3256-6976

Mr. Takaharu Ohashi, Senior Managing Director

Fiskeriudviklingen i Japan kan grupperes i følgende hovedaktiviteter:

- 1) Akvakulturbaseret opdræt af fiske-, skaldyrs- og muslinge yngel.
- 2) Overførsel af fiskeyngel til havmiljø.
- 3) Opvækst i og fangst fra havmiljø.

Da man for ca. 30 år siden påbegyndte udsætningen af kunstige rev med støtte fra den Japanske stat var formålet at samle fiskene, men efterfølgende er man blevet mere og mere interesseret i at fremme fiskeudviklingen gennem en kombination af kunstige rev og udsætning af fiskeyngel.

Udvikling og optimering af akvakulturbaseret opdræt af yngel fokuserer på 68 forskellige arter af fisk, skaldyr og muslinger. Disse arter er nærmere specificerede med engelske og latinske navne i beskrivelsen JAPAN SEA-FARMING ASSOCIATION (bilag 2.)

Dette udviklings- og optimeringsarbejde foregår dels ved nogle af de 9 nationale fiskeri-forskningsinstitutter i Japan, dels ved 16 nationale opdrætstationer lokaliseret i forskellige regioner og alle tilhørende sammenslutningen Japan Sea-Farming Association og dels ved 53 opdrætstationer, der drives af forskellige prefectures i Japan.

Det nationale program til støtte for udsætning af fiske- og skaldyrsyngel er på 20 billioner (milliarder) yen svarende til 1 milliard Dkr. (Jeg ved ikke om det er pr. år eller for en given periode)

De 9 nationale fiskeri-forskningsinstitutter er beskrevet inkl. navn og adresse og aktivitetsområder i oversigten Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council and National Research Institutes (bilag 1), medens de 16 nationale opdrætstationer er listet med navn og adresse i førnævnte bilag 2, der samtidig giver en overskuelig og velillustreret introduktion til Japans opdræt af fiskeyngel. Resultaterne fra disse forskningsaktiviteter tilhører staten, og offentliggøres via publikationer og på konferencer (tilsyneladende mest på japansk).

Herudover foregår der en omfattende forskning ved mange universiteter, herunder Tokai University samt i private virksomheder. Universitetsforskningen og samarbejdet med private industrielle partnere støttes bl.a. af det nationale program BRAIN (Bio-orientated Technology Research Advancement Institution). Adresse og nærmere orientering om BRAIN er givet i bilag 1 side 17.

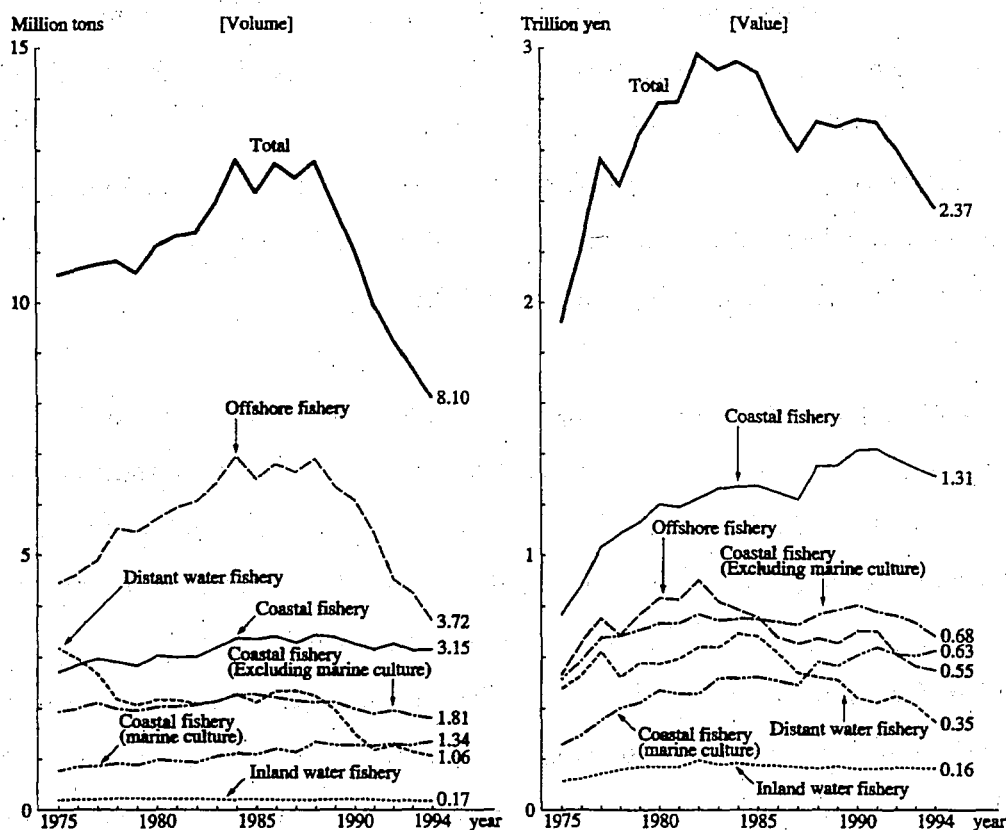
Som et eksempel på omfanget af udsætninger blev nævnt, at der sidste år blev udsat ca. 300 millioner ca. 25 mm store Pruna Prawn. En del af forskningen vedrørende opformering af fiskeyngel foregår som førnævnt på forskellige universiteter. Et indblik i det pågældende arbejde ved Tokai University fremgår af billedsamlingen bilag 5.

Hvad angår hummere, er det i Japan "Spiny Lobster" (languster), der er den naturligt forekommende

art, og med en enkelt undtagelse, er det denne art man koncentrerer sig om. Undtagelsen er en nu pensioneret professor Yoshimitsu Ogasawara, der har forsket i levebetingelser og opformeringsmuligheder for amerikanske hummer. Dette arbejde skulle nu blive videreført af professor Koshio ved Kagoshima University, Kyushu Island. Fra vor japanske partner skulle vi modtage prof. Ogasawara's adresse og vil derefter søge at følge op.

Udviklingen i Japansk fiskeri er illustreret i nedenstående figur 1 fra Annual Report on Japan's Fisheries, Fiscal 1995 (bilag 3):

Changes in Catch Volume and Value by type of Fishery



Data: "Annual Statistics of Fishery and Aquaculture production",
Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

Det fremgår at fjernfiskeriet er gået meget tilbage, medens kystfiskerier er næsten stabilt og af stadig større økonomisk betydning, hvilket bl.a. tilskrives den aktive indsats for at fremme fiskeudviklingen gennem yngeludsætning og etablering af kunstige rev samt havbrugsbaseret produktion af fisk.

Med hensyn til kunstige rev, så tillader man ifølge Japan Sea-Farming Association ikke udnyttelse af "affald" men kun konstruktioner beregnet til formålet og kun konstruktioner fremstillet i beton, metal

eller plast.

Under mødet med Mr. Takaharu Ohashi fik jeg forevist en interessant engelsksproget video udarbejdet af National Coastal Fishery Development Association. Den gav et glimrende indtryk af den japanske udvikling af kunstige rev, der også er illustreret i organisationens brochure *The Ocean with Unlimited Possibilities -- Its Exciting Future Promotion of the 3rd Coastal Fishing Ground Development Project*, der er vedlagt som bilag 4. I denne er nævnt brug af flyveaske, hvilket ikke er i overensstemmelse med oplysningerne fra Sea-Farming Association. Med megen hjælp fra vor japanske partner og efter forhandlinger mellem National Coastal Fishery Development Association og Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries er det lykkedes os at fremskaffe et eksemplar af den pågældende videofilm, som vi har ladet omforme til PAL udgave.

I forbindelse med disse forhandlinger blev vi anmodet om at fremsende en nærmere beskrivelse af det danske projekt og dets partnere. Denne beskrivelse "NOTE ON DANISH PROJECT CONCERNING ARTIFICIAL REEFS. June 12. 1997" er vedlagt som bilag 8.

Det er planen at vise den førnævnte film på mødet den 14. august og derefter overdrage den til Danmarks Fiskeriundersøgelser, Hirtshals, der må forpligtige sig til at overholde Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries' forbud mod kopiering.

Herudover modtog jeg en japansksproget liste over japanske producenter af elementer og know-how til kunstige rev. Denne er oversat af vor japanske partner, og vi har efterfølgende sendt fax til de pågældende 28 firmaer og organisationer med anmodning om at få tilsendt nærmere oplysninger om de pågældende's aktiviteter på området. Den eneste nyttige tilbagemelding vi har fået som reaktion på denne henvendelse er en litteraturliste, der er vedlagt som bilag 7.

Dette er i god overensstemmelse med vore tidligere erfaringer, nemlig at man modtager mange interessante informationer, hvis man besøger japanske institutter og firmaer, medens man kun modtager meget lidt på basis af skriftlige henvendelser. Det er ligeledes vor erfaring, at en god lokal partner er af stor værdi.

Fra organisationen National Coastal Fishery Development Association blev udleveret et antal velillustrerede, men japansksprogede brochurer, der er sendt med rapporten til Danmarks Fiskeriundersøgelser Hirtshals.

Lokalt er vi blevet hjulpet af vor partner SHIN-NORINSHA CO., hvor specielt Kotomi og Yoshisuke Kishida har været meget hjælpsomme.

ANNUAL REPORT
ON
JAPAN'S FISHERIES

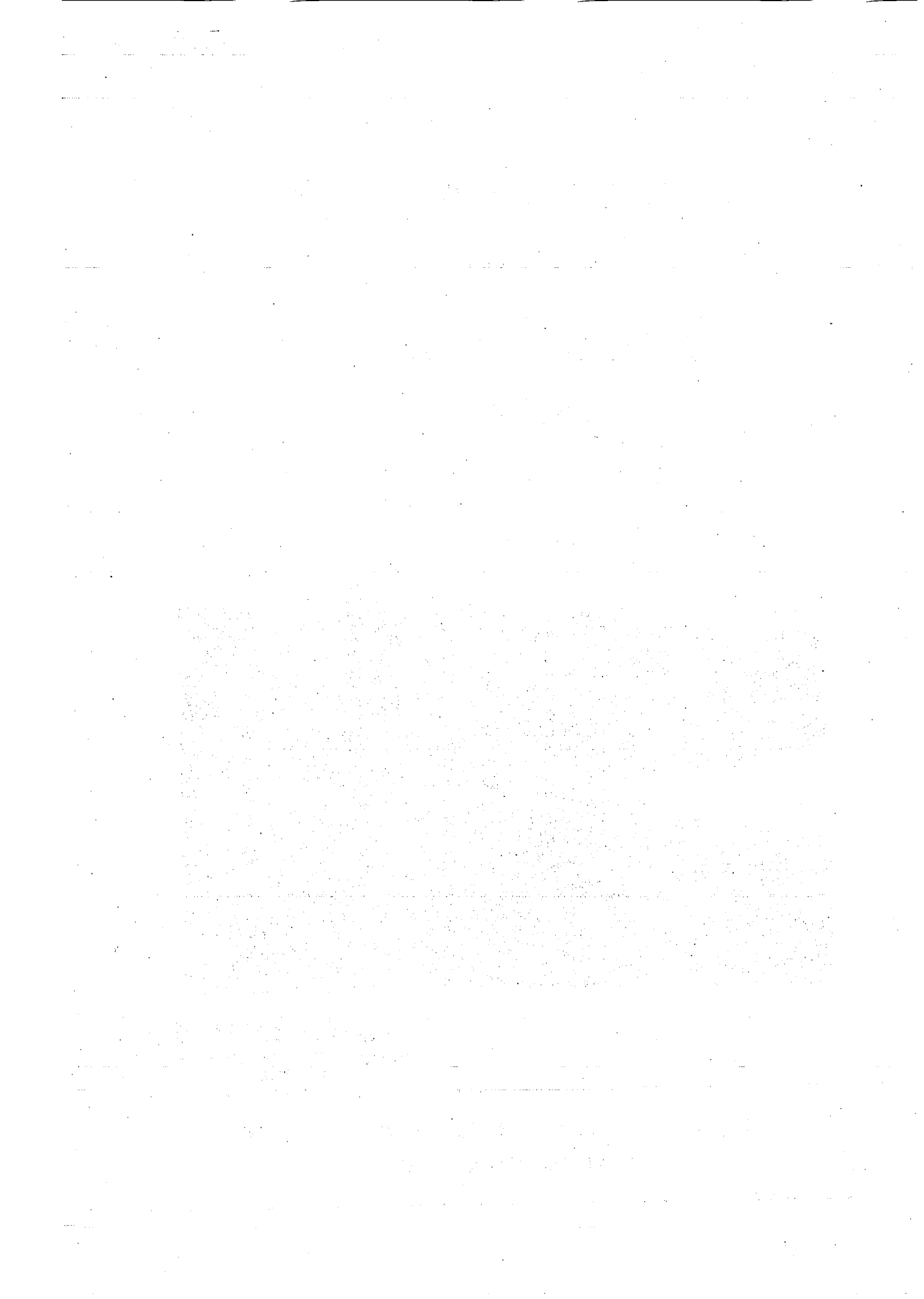
FISCAL 1995



Agri Contact 

Torupvejen 97 3390 Hundested
TEL. 47 92 38 00

THE MINISTRY OF AGRICULTURE, FORESTRY AND FISHERIES
GOVERNMENT OF JAPAN



ANNUAL REPORT ON JAPAN'S FISHERIES FISCAL 1995

(This report contains the following four chapters.)

- I. Japan's fisheries under the new maritime order**
- II. Present fishery-products supply and demand**
- III. Present fishery operations and the fishery work force structure**
- IV. Promotion of fisheries and local revitalization**

I. Japan's fisheries under the new maritime order

A. Circumstances relating to the United Nations Convention on The Law of The Sea

The concept that "the oceans are free" has been internationally settled, and in the past Japan's fisheries expanded their fishing grounds and increased production based upon this principle. But, as marine living resources and mineral resources became a focus of concern, the United Nations decided upon the goal of the codification of the marine order and, since 1958, there have been several United Nations Conferences on The Law of The Sea.

Before the end of the Conference, in 1977, many nations, including the U.S.A., established 200 nautical mile water zones. Japan participated in this movement by establishing the "Temporary Measures Law for the Fishery Zone" (Fishery Zone Law), however, Japan's fisheries, which were mainly distant water fishery, were hard hit by these movements, and forced to make drastic changes in their fishing practices.

The "United Nations Convention on The Law of The Sea," finally adopted in 1982, took effect in November 1994. The following shows the main subjects in this Convention related to the marine products industry.

- a. Establishment of an Exclusive Economic Zone to a width of 200 nautical miles
- b. Establishment of figures for the total allowable catch (TAC) in the above-mentioned zone

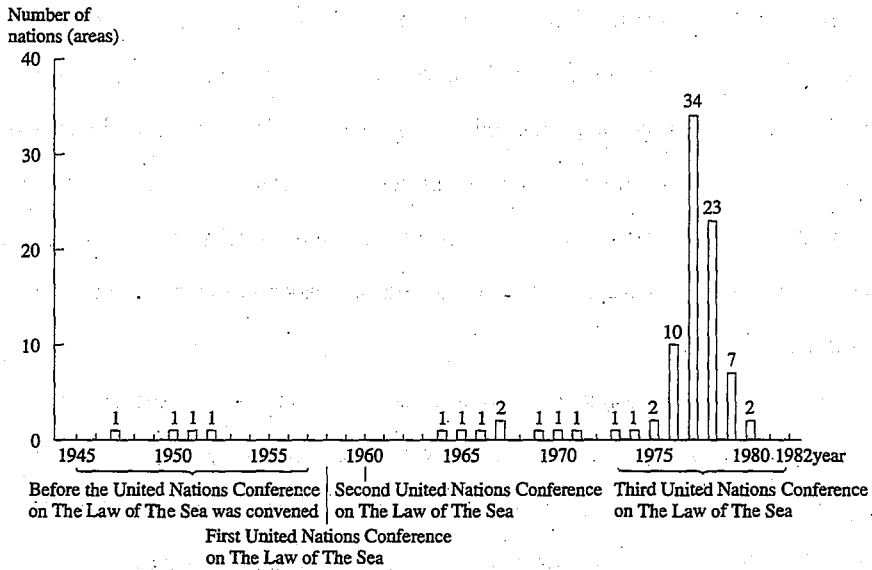
Japan has been asked to establish a fishery management system corresponding to the new maritime order concerning fisheries by switching to quantitative control of marine resources to ensure ratification of the above-mentioned Convention.

B. Situations concerning ocean areas on the periphery of Japan's 200 nautical mile zone

The Japanese Fishery Zone Law does not establish a fishery zone in the Japan Sea west of 135°E and in the East China Sea, and Japan does not apply restrictions to fishing by Korean and Chinese nationals within these established ocean areas. Therefore, Korean and Chinese fishing vessels are active in the sea around Japan, and there has been a lot of concern regarding the safety of the fishing operations and the draining of resources. Therefore, ensuring the order of fishery operations by foreign fishing boats has become an important task.

Regarding the conditions of resources in the ocean areas surrounding Japan, the numbers of some species, such as red sea bream and bastard halibut, etc., in the Seto Inland Sea are being maintained at high levels. However, in general, the resource levels of many species remain at medium or low levels, and are decreasing and the catch quantity is decreasing annually.

**The establishment of the 200 nautical mile zones at a global level
Development of the establishment of the 200 nautical mile zones
(situation up to May, 1980)**

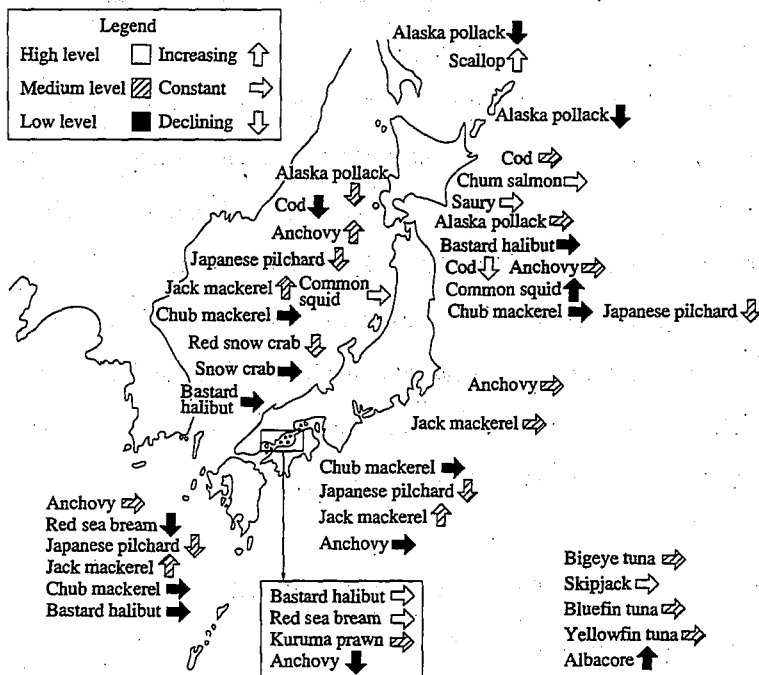


Data : Secretariat of the United Nations
Conferences concerning nations (areas) which have established territorial waters (200 nautical miles), fishery zones or exclusive economic zones
As at January, 1995

	Territorial waters (200 nautical miles)	Fishery zone	Exclusive economic zone	Total
Number of nations (areas)	11	17	92	120

Note: Secretariat of the United Nations

Trends in Major Fishery Resources



Data : Fisheries Agency

C. Present situation of fisheries management

Because fisheries resources are renewable living resources, differ from mineral resources, etc.; therefore, the sustainability of fisheries resources is made possible through appropriate fisheries management. Fisheries management methods can be roughly divided into two methods. One is the method of directly controlling catch quantity through the establishment of total allowable catch and catch quota systems, etc. The other method involves indirectly controlling catch quantity by restricting fishing efforts or practices. The method of directly controlling catch quantity is used mainly in North American and European nations. In contrast, Japan has carried out fisheries management in the past by restricting fishing efforts or practices.

Recently, given the circumstance in which fisheries resources are now at generally low levels, the catching ability has increased with improvements in performance of fishing vessels and fishing gear. Therefore, the implementation of appropriate fisheries management measures that incorporate such technological innovations has become an important task for sustainable and advanced use of the resources.

In particular, Japan has been asked to establish a fisheries management system in conformity with the new maritime order and switch to a quantitative control of resources in the process of ratifying the United Nations Convention on The Law of The Sea.

D. Japanese fishing in international fishing grounds

Recently, Japanese fishing on the high seas has been tending to decrease, due to movements toward intensifying the conservation and control of fisheries resources and environmental protection movements, such as those designed to protect wildlife.

The United Nations Agreement on Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks, stipulating ideal ways to conserve, control and utilize the species of highly migratory fish stocks and "straddling fish stocks" was adopted in August 1995. Straddling fish stocks are described as being distributed across the high seas and in 200 nautical mile waters. In general, it can be said that the international situation related to fisheries is changing greatly. For example, the Convention on The Conservation and Management of Alaska Pollack Resources in the Central Bering Sea has come into effect and The FAO (Food and Agriculture Organization of the U.N.) Code of Conduct for Responsible Fisheries was adopted at the FAO General Meeting.

II. Present fishery-products supply and demand

A. Supply and demand for fishery products

With regard to supply and demand levels for fish and shellfish used for food in Japan, demand for fish and shellfish has been showing a sluggish increase, while supplies of these seem to be decreasing. The

Major fisheries management methods used by North American and European nations

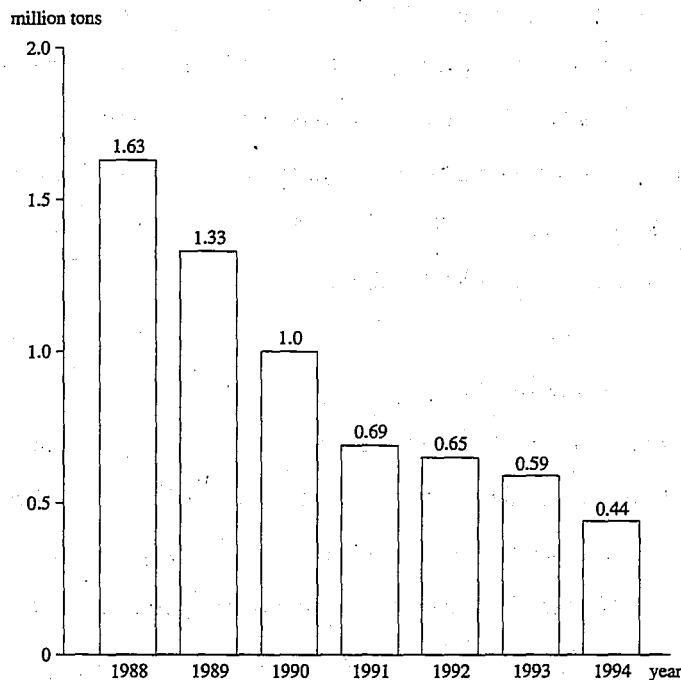
Name of nations	Exclusive economic zone	Fishery zone	Establishment of total allowable catch	The method of management of total allowable catch	
				Individual quota method (IQ method)	Olympic method
ICELAND	○		○	○*	
NORWAY	○		○	○	
DENMARK		○	○		○
GERMANY	○		○	○	
THE UNITED KINGDOM		○	○	○ ¹⁾	
FRANCE	○		○		○ ²⁾
SPAIN	○		○		○
NEW ZEALAND	○		○	○*	
AUSTRALIA	○		○	○* (a part)	
U.S.A	○		○	○* (a part)	○ ³⁾
CANADA		○	○	○	
RUSSIA	○		○	○* ⁴⁾	

Data: Fishery Agency

Note: * refers to the "Individual Transferable Quota method (ITQ method)," which is arranged so as to enable the transfer of the distributed quotas.

- 1) Distribution of catch quotas to individual fishery organizations
- 2) Joint use of fishing effort quantity restrictions based upon EU restrictions
- 3) Basically, no limitation on entry into fisheries areas
- 4) Transferable with governmental permission

Changes in catch quantities of Japanese fishing boats on the high seas



Data: Estimates by the Fisheries Agency.

supply volume of fish and shellfish used for food in 1994 decreased by 2 % from that of the previous year to 8.53 million tons; even though the quantity of imported fish and shellfish used for food increased, domestic production of these items decreased. Meanwhile, the demand volume decreased by 2 % to 8.71 million tons, due to decreases in domestic consumption and the volume of imports. In 1994, the quantity of protein supplied per person per day by fish and shellfish used directly for food in Japan decreased by 0.4g from the previous year to 18.5g. This still amounts to a 39 % share of the entire animal protein supply quantity, thus signifying that fish and shellfish remain the major source of animal protein for the Japanese people. However, the self-sufficiency rate for fish and shellfish used for food (excluding those used for feed and fertilizer) has been gradually decreasing, from 86 % in 1985 to 61 % in 1994.

B. Fishery production

Japan's fishery production has been decreasing over the last six consecutive years and, in 1994, it decreased 7 % from the total amount in the previous year to 8.1 million tons. The value of fishery production also decreased by 5 % from that of 1993, to ¥2.4 trillion. The rates of production of coastal fishery increased slightly, but both offshore fishery and distant water fishery production decreased remarkably.

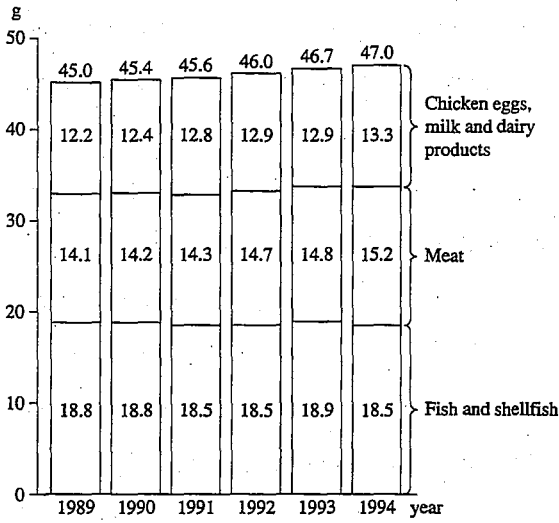
1. Production trends by fishing grounds

In 1994, annual production by Japan's coastal fishery increased by 1 % over that of the previous year to 3.2 million tons, while the monetary value of this production decreased by 2 %, to ¥1.3 trillion. Coastal fishery production, with the exception of marine culture fishery, decreased by 3 % to 1.8 million tons, and the production value decreased by 7 %, to ¥684 billion. Marine culture production increased by 5 % over that in 1993 to 1.3 million tons, and the value of production rose by 3 % to ¥627 billion. Offshore fishery production decreased by 13 % from the previous year to 3.7 million tons, and the value of production decreased by 3 %, to ¥550 billion. Distant water fishery production fell by 7 % from that in 1993 to 1.1 million tons, and the value of this production dropped 16 %, to ¥347 billion.

2. Production trends by main species

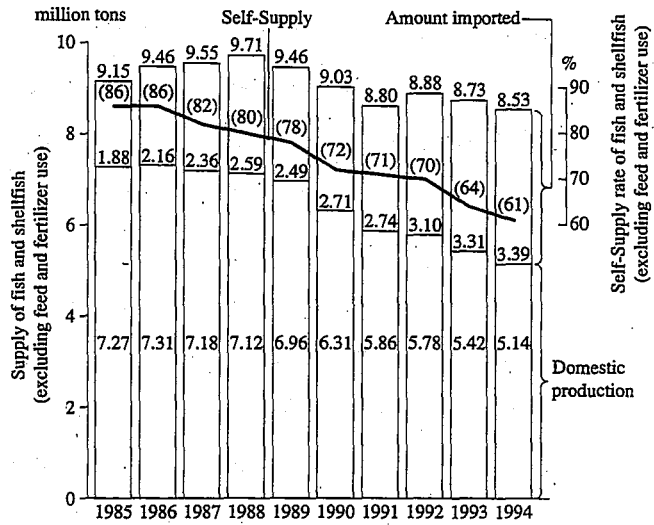
In the production trends by main species in 1994, the production of Japanese pilchard and mackerel decreased, while that of cuttlefish, squid and Alaska pollack was the same as in the previous year and that of horse mackerel increased. In particular, the production of Japanese pilchard fell 31 % from 1993 levels to 1.2 million tons, which is 1/4 of the peak amount (1988, 4.49 million tons). In the production trends by main species in the marine culture fishery, the production of oyster and scallop, as well as of yellowtail, sea bream, silver salmon and laver (nori) increased.

Changes in Per-Capita Daily Animal-Protein Supply



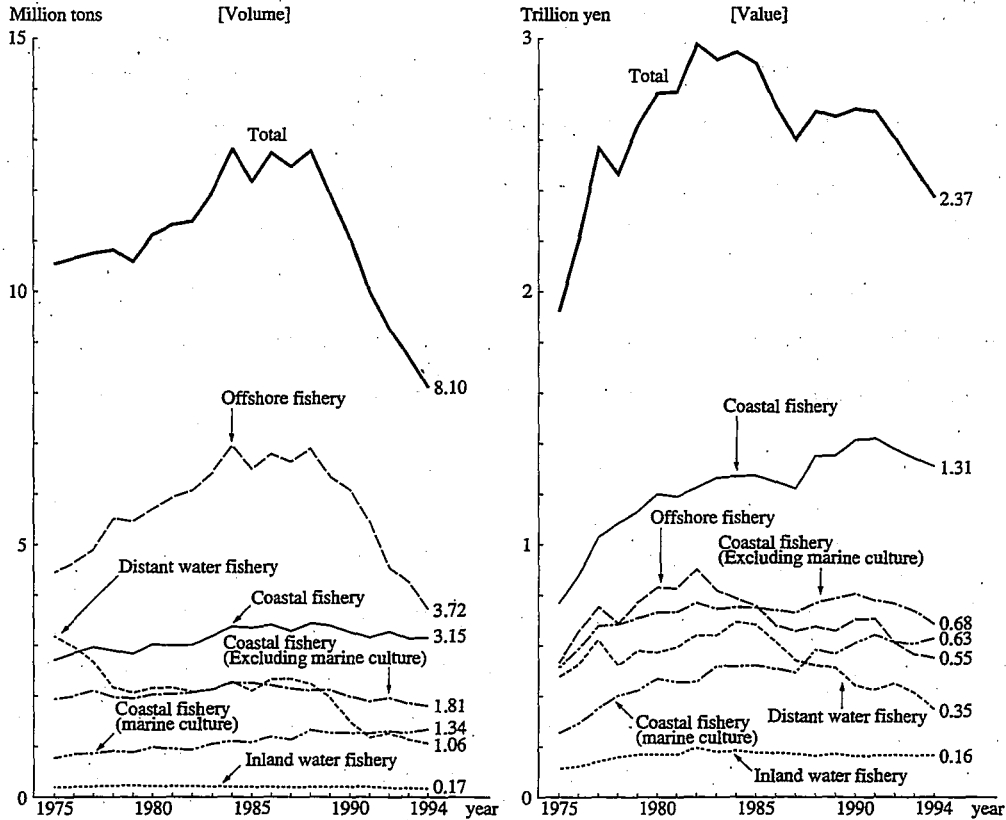
Data: "Food Balance Sheets"
Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

Changes in Self-Supply Rate of Fish and Shellfish (Excluding feed and Fertilizer Use)



Data: "Food Balance Sheets"
Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

Changes in Catch Volume and Value by type of Fishery



Data: "Annual Statistics of Fishery and Aquaculture production",
Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

C. Fishery products trade

In Japan's fishery products trade, fishery product exports were more active than imports in the 1950s, even though fishery product imports have been increasing rapidly since the first half of the 1970s. In the past, the main items imported were medium grade and high grade fish, but recently imports of relatively cheap fish stock, such as horse mackerel and mackerel, for raw materials for processed food products and highly-processed products, such as fish meal and prepared eel products, have been increasing.

Fishery products imports in 1994 in terms of quantity (customs-clearance weight) and monetary value, increased 5 % over the previous year, to 3.3 million tons and ¥1.7 trillion. In terms of monetary value, the nations from which Japan imported fishery products in 1994 are, in order, the U.S.A., China, Thailand, Korea and Indonesia. Imports from these 5 nations together made up about 50 % of the year's fishery imports into Japan. By item, fish meal import quantity increased greatly, moving ahead of imports of shrimp into first place, followed in order by shrimp, tuna and marlin, salmon and trout.

The gap between supply and demand due to decreases in domestic production and the high valuation of the yen are considered to be the major factors contributing to increases in imports.

However, fishery exports in 1994 decreased by 23 % from the previous year to 0.3 million tons, and in monetary terms, their value decreased by 9 %, to ¥123 billion.

D. Consumption and prices of fishery products

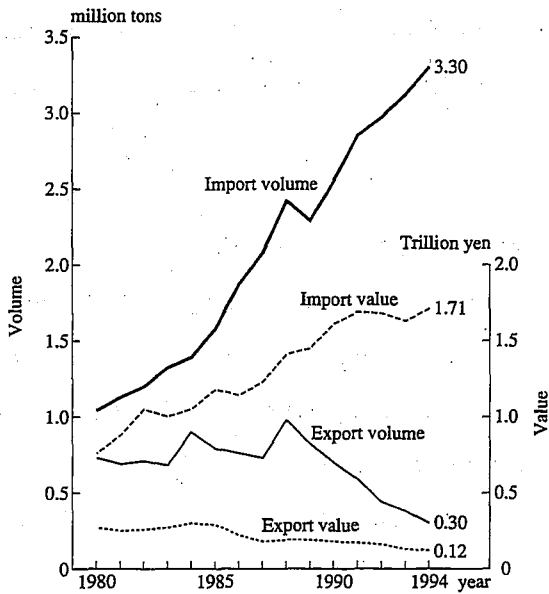
Fishery product consumption has remained firm, but both real and nominal household consumption expenditures for fish and shellfish in 1994 remained sluggish, as they were 1993, under circumstances in which personal income has risen only slightly.

However, fishery product prices, both in production locations and places of consumption, are showing a downward trend. The increased tendency for consumers to seek low-priced merchandise since the collapse of the "bubble economy," decreased household consumption expenditures for fish and shellfish, and intensification of the competition between fishery products and meats, are considered to be the causes of this lowering of fishery product prices.

E Distribution and processing of fishery products

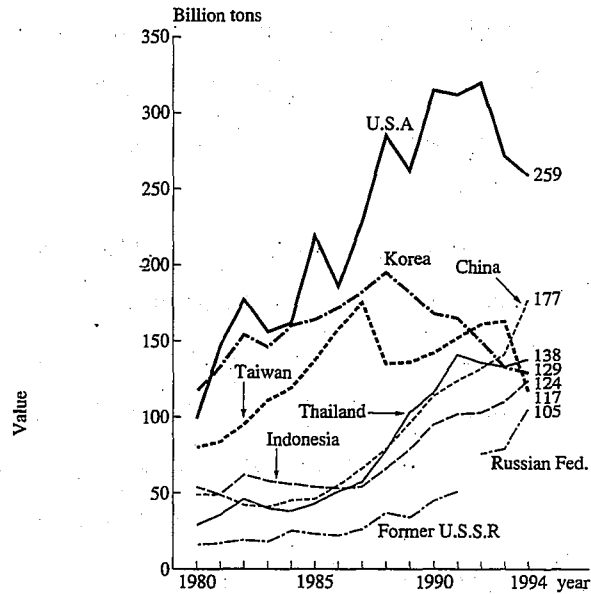
Market distribution is still performing a central function in fishery products distribution, although diversification of distribution routes is advancing and the quantity of fishery products handled by fish markets is decreasing. On the other hand, there is a movement to cope with consumers' changing purchasing activities; for example, opening wholesale markets on Saturdays. Also, in the retail business, the increase in the number of mass-sales stores is remarkable, while, in contrast, in 1994 the number of fresh fish retail business stores, the traditional retail form, decreased to 35,000, or about 2/3 of their number 12 years ago.

Changes in the Fishery-Product Trade



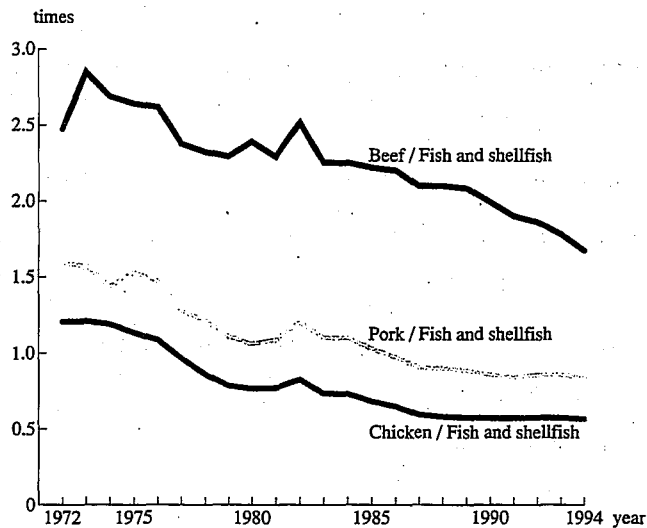
Data: "Japan Trade Statistics",
Ministry of Finance

Changes in Amount of Fishery Products From Individual Foreign Nations and Regions



Data: "Japan Trade Statistics",
Ministry of Finance

Changes in the meat (beef, pork and chicken) / fresh fishery products price ratio



The production of processed fishery products in 1994 generally showed a decreasing trend compared to the previous year. In particular, the production of oil, feed and fertilizer dropped sharply due to decreased catches of Japanese pilchard.

Supplying processed fishery products to satisfy consumers' diversifying needs and improving sanitary control methods for food in response to increased consumer interest in the quality and safety of food, are important factors affecting fish processing.

F. World fishery production and foreign trading of fishery products

World fishery production in 1993 increased 3 % over that of the previous year to 108.6 million tons, and both inland water fishery production and seaweed production increased remarkably. By nation, China increased its production 19 % over that of 1992, maintaining its first-rank position, with Japan in second place. World foreign trading of fishery products is expanding, and in 1993 world fishery product imports were US\$ 44.6 billion, about 10 times the amount of 20 years ago. In this, Japan is in first place with a 1/3 share of total world fishery imports.

The scale of supply and demand of fishery products around the world is expanding. The FAO has estimated that the quantity of demand for fishery products for direct consumption by human beings in the year 2010 will be 110.0 million - 120.0 million tons, and that the supply quantity of fishery products in response to this demand will be 70.0 million - 110.0 million tons. Therefore, a tight situation with regard to the supply and demand of fishery products can be expected, depending upon future changes in fishery production.

III. Present fishery operations and the fishery work force structure

A. Fishery management units

Fishery management units have recently been decreasing due to the advancing age of fishery workers and the shortage of successors. The number of fishery management units in 1994 decreased by 2 % from that of the previous year to 167,000.

Among these, coastal fishery management units, which comprise 95 % of all units, decreased by 2 % to 159,000; small-to-medium fishing enterprises decreased by 3% to 8,300, and large-scale fishing enterprises decreased by 9 %, to 162.

B. Management of coastal fisheries unit

In 1994, the average fisheries income of coastal fisheries using fishing vessels decreased by 3 % from that in the previous year, to ¥2.4 million, due to changes in fishery revenue levels, and fishery income was 45 % of fishery revenue, the same as in 1993.

For the marine culture fishery, there were great differences in fishery income in 1994, depending upon

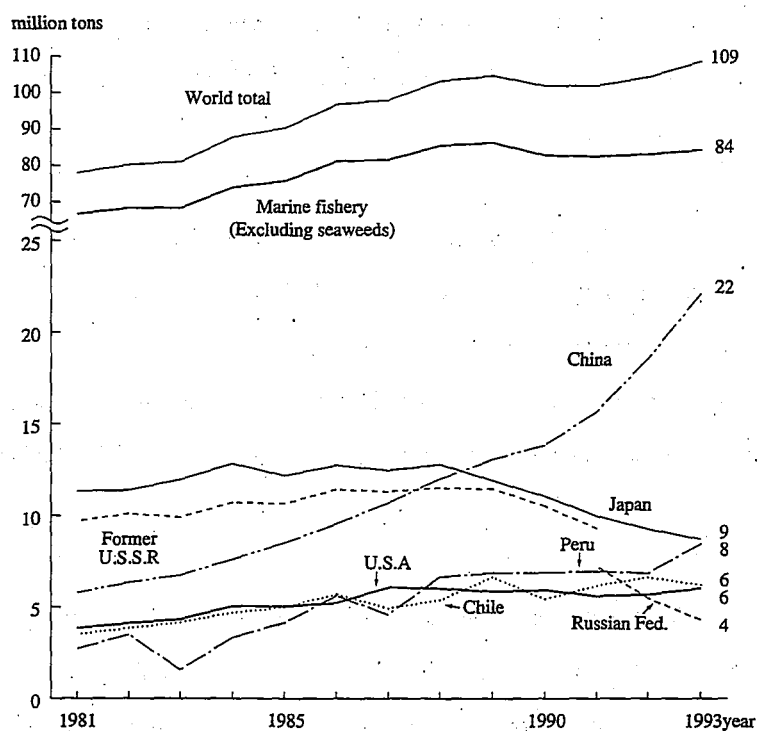
Changes Production Volume of Major Processed Fishery Products

(Unit : thousand tons)

	1990	1991	1992	1993	1994	Increase/decrease rate(%)
						1994 / 1993
Surimi-based products	915	874	845	830	823	- 0.8
Frozen foods	360	365	382	377	370	- 2.0
Salted preserves,dried products,etc.	917	909	840	844	806	- 4.5
Canned foods	194	194	198	189	176	- 6.8
Other processed food products	489	507	537	551	539	- 2.1
Oil and fertilizers	1,629	1,310	1,007	947	786	- 17.0

Data : "Annual Stastics of Fishery Products Marketing", Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.

Changes in the quantity of fishery production by major nations



Data : "Yearbook of Fishery Statistics-Catches and Landings", FAO
 "Annual Statistics of Fishery and Aquaculture production", Ministry of Agriculture,
 Forestry and Fisheries.

the fish stock that was subject to farming. The incomes of management unit cultivating yellowtail, pearl and laver decreased, while the incomes of management unit cultivating seabream, scallop and seaweed (wakame) increased.

Average income per fishery household in 1994 was ¥6.5 million. Consequently, fishery household income was only 72 % of farm household income, or 96 % of the national average worker's household income.

C. Management of small-to-medium fishing enterprises and large-scale fishing enterprises

Average fishery profit of small-to-medium fishing enterprises in 1994 showed a deficit of ¥3.2 million, the 3rd consecutive year of deficits. However, the percentage of small-to-medium fishing enterprises showing favorable balances increased by 5 points to 55 % of all management units.

The movement of large-scale fishing enterprises to leave the fisheries business or curtail operations has been progressing gradually, and fishery companies with capital funding of one billion yen or more have reduced their fishing department operation rates to around 2 % of their entire operations.

D. Fishery financing

The amount of loans relating to fisheries at the end of the 1994 fiscal year showed a slight rise, due to the background of worsening conditions surrounding fisheries management. In particular, the borrowing of operating funds has increased, while the borrowing of funds for equipment has decreased.

E. Fishermen trends

In 1994, the number of fishermen decreased by 4 % from that in the previous year, to 313,000. By category, the number of coastal fishermen decreased by 4 % to 263,000, and the total number of offshore and distant water fishermen remained roughly the same (increased by 0.3%) as in 1993 at 50,000. The general tendency for the numbers of fishermen in younger age groups to decrease has continued, and the group of elderly fishermen, aged 60 or older, increased by 3 points, to 37 % of all fishermen.

F. Fishing vessel crew

Fishing vessel crew members are continuously decreasing, while circumstances related to ensuring the existence of a fishery labor force are extremely difficult, due to the unique characteristics of fishery labor, employment instability, and the lowering of employee wages relative to those of other industries, etc. Under such circumstances, the training of fishermen is being carried out in many different locations. In addition, the numbers of foreign fishing vessel crew members on Japanese fishing vessels are increasing in overseas, base-type fisheries.

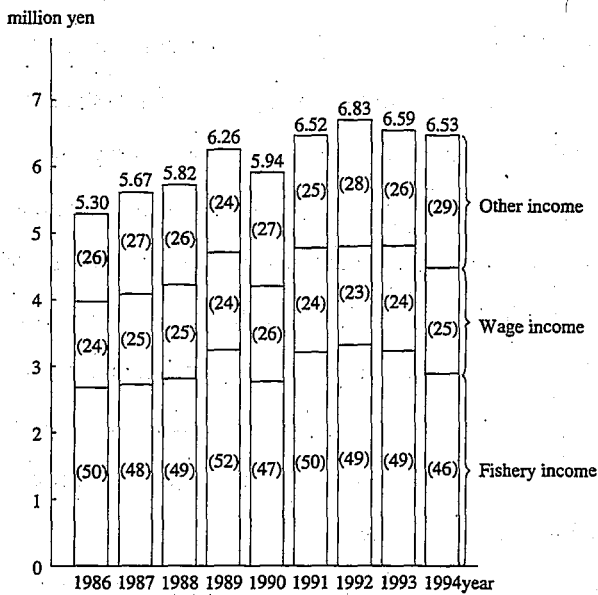
Changes of Number of Fishery management unit

(Unit : management unit)

	1990	1991	1992	1993	1994	Increase / decrease rate		
						1992/1991	1993/1992	1994/1993
						Total	184,954 (100.0)	179,526 (100.0)
Coastal fishery management unit	175,444 (94.9)	170,249 (94.8)	166,947 (94.9)	162,795 (94.9)	158,948 (95.0)	- 1.9	- 2.5	- 2.4
Non-vessel	6,600 (3.6)	6,132 (3.4)	6,082 (3.5)	5,298 (3.1)	5,051 (3.0)	- 0.8	-12.9	- 4.7
Non-power vessel	445 (0.2)	397 (0.2)	374 (0.2)	467 (0.3)	286 (0.2)	- 5.8	24.9	-38.8
power vessel	123,829 (67.0)	120,043 (66.9)	118,224 (67.2)	117,330 (68.4)	113,783 (68.0)	- 1.5	- 0.8	- 3.0
Set nets and Beach net	7,619 (4.1)	7,532 (4.2)	7,355 (4.2)	6,744 (3.9)	7,056 (4.2)	- 2.3	- 8.3	4.6
Marine culture	36,951 (20.0)	36,145 (20.1)	34,912 (19.8)	32,956 (19.2)	32,772 (19.6)	- 3.4	- 5.6	- 0.6
Small-to-medium fishing enterprises	9,298 (5.0)	9,071 (5.1)	8,795 (5.0)	8,551 (5.0)	8,257 (4.9)	- 3.0	- 2.8	- 3.4
Large-scale fishig enterprises	212 (0.1)	206 (0.1)	187 (0.1)	178 (0.1)	162 (0.1)	- 9.2	- 4.8	- 9.0

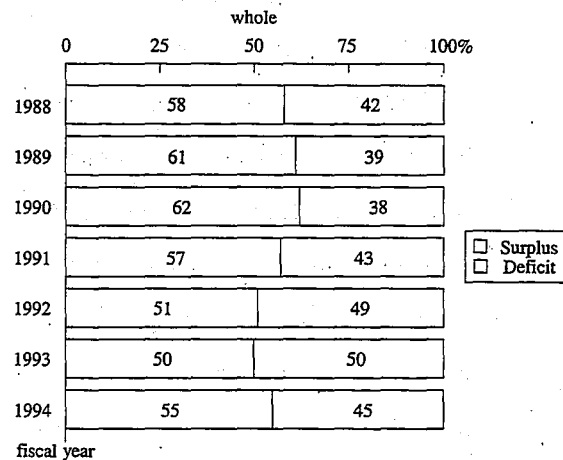
Data : "Fishery Census" and "Annual Report on Dynamic Statistics of Fisheries", Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.
 Note : Figures in brackets indicate percentages.

Changes in average income per fishery household



Data : "Prepared from" Report on Survey of Fishery Economy (Fishery Households Section), Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

Change in the profit and loss percentage of small-to-medium fishing enterprises



IV. Promotion of fisheries and local revitalization

A. Continuous and high-grade utilization of resources

About 80 marine species are now being produced on sea farms. Programs for the hatching and release of salmon and trout fry are also been carried out, and the numbers of salmon and trout visiting the areas where fry were released have been increasing. About 60 kinds of fish and shellfish are the subject of marine culture, and cultured red sea-bream and yellowtail hold overwhelmingly high percentages of market share.

However, ensuring alternative feed sources has become an important concern because of poor catches of Japanese pilchard. In addition, there have been some precedents of fry produced in foreign countries bringing pathogenic organisms into Japan and causing damage to Japanese aquaculture, so it is vital to complete the system for preventing epidemics when importing fry.

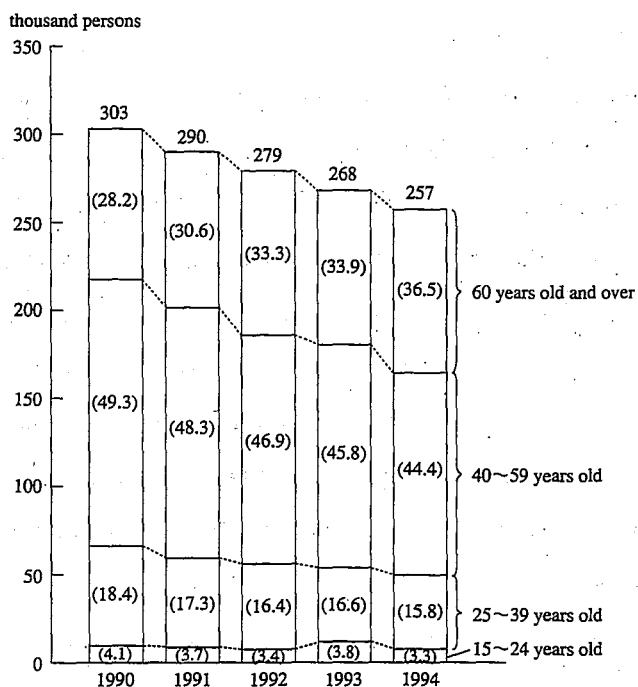
In one example of community based fisheries management, fishermen in Akita prefecture are implementing wide-area sandfish resource management; it is important to disseminate such projects throughout Japan. It is also very important to encourage the development of technologies related to fisheries in order to achieve the stable development of fisheries, and there are some precedents in which increased catches and the curtailing of expenditures have been achieved with improvements in production technology at the actual fishery production sites.

B. Revitalization of local areas

Whether fishermen feel that there is a shortage of fishermen varies greatly depending on the location, but fishermen in many areas consider that there to be a shortage of fishermen. In the opinion survey, however, 74% of all fishermen who is subject of the survey said "Fisheries are attractive." Also, a majority of fishermen stated that they "cannot obtain stabilized earnings" as a point of dissatisfaction. The numbers of people engaged with fisheries in major fishing cities are decreasing as fishery production becomes slows. However, improvements in the system to provide a fishery products distribution base in each locality is progressing, for example, with the increase of refrigeration capacity in these cities. On the other hand, the fishing ports and fishing villages distributed throughout Japan have varied roles not only as places of fishery production, but also as places where urban residents can come into contact with nature. In addition, a fishing port is not only the location of fishery production, it is the focus of social life in a fishing village, and also functions to protect the fishing village from natural disasters. Therefore, it is necessary to continue to improve the various facilities of each fishing port.

Accompanying the recently increased demand for leisure recreational activities, marine recreation has been developing at a rapid pace. However, many problems exist in the relationship between marine sports and fisheries, so the establishment of new rules to be observed by the people concerned has become important. In addition, there is now more interest not only in marine recreation, but also in "blue tourism" activities on the

Changes in the age composition of male fishermen



Data : "Fishery Census", Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.

Note : Figures in brackets indicate percentages.

Actual results of fry production of major subject species

(unit : million fishes (pieces))

Species	1992
Red sea bream	28
Black sea bream	11
Flat fish	4
Bastard halibut	25
"Kuruma"prawn	491
Offshore greasy back prawn	36
"Gazami"crab	53
Giant abalone	28
Ark shell	5
Japanese scallop	3,094
Horned turban	2
Sea urchins	77

Data : Fisheries Agency

Precedents for improvement in the production technologies of fishermen

Working group	Fishery subjected	Content
Small Set Net Fishery Study Group, Kitaura Fisheries Cooperative Association, Miyazaki prefecture	Set net	The study group has drastically increased catches by improving net operation, including changing the time of hauling set nets according to species, as well as improving the nets themselves. Improvements include changing the direction of the net mouth, the behavior (shape) of nets in water, and mesh size, according to information obtained from individual group member's observations and information exchanged between members through study group activities. The study group also designed and built a net-hauling vessel which can be used by a small number of fishermen, thus achieving a level of labor-saving in fishing work.
Laver Study Group, Waguura Fisheries Cooperative Association, Mie prefecture	Laver culture	Given circumstances in which the number of laver culture management unit in the area is decreasing, laver producers in this area have achieved unification in product quality by cooperating with each other in doing laver culture work, obtaining guidance from the marine research institute regarding the collection of seedings, and introducing the landseeding collection technique. They have also made repeated technical improvements regarding the breeding of seedings, fishing ground work and the protection of laver from predators, etc. Consequently, having achieved great increases in productivity, and by changing the production period, they are now able to ship their products when unit product prices are relatively high.
Ayumi Group, Yaku-cho Fisheries Cooperative Association, Kagoshima prefecture	Angling by aid of bating	The Ayumi group has been working on and studying domestic fishing for hardtail and has worked to make this an alternative fishing method to the offshore pole and line fishery previously carried out in the winter. The study took into account of fishing precedents in other areas in the prefecture and resource conditions around the island. The group also focused on improvements to fishing gear and the handling of fishing gear after fish were caught, achieving increased catches and higher unit prices for fish caught. In addition, the group achieved labor savings and safer fishery operation relative to conventional fisheries, and fuel costs were cut in half, lowering expenditures.

Note : Information taken from those awarded prizes at the Agriculture, Forestry and Fisheries Festival

ocean and in coastal areas that are in harmony with the fishery activities and life styles of fishing villages.

C. Environmental problems and Japan's fisheries

Recently, international activities in connection with environmental conservation, have been vigorously pursued. The United Nations Convention on The Law of The Sea has stipulated the protection and conservation of the marine environment, and the implementation of fisheries practices that are in harmony with the environment and based upon scientific findings and principles have become important.

It has now become more important than ever to build up "eco-system conservation oriented fisheries" that carry out fishing activities while achieving the conservation of biodiversity and the marine environment, as well as the restoration of destroyed ecosystems. These practices are necessary to ensure the sustainability and viability of the marine products industry, and the importance of the concept of "mitigation" (the establishment of a structure which creates a value equivalent to that which disappears due to development activity) has been emphasized.

In the private sector, seashore cleaning activities, etc., are being carried out by organizations related to the Fisheries Co-operative Association, etc. Also people are recently becoming more aware that it is necessary to control the marine environment and land environment together as a unit, and activities by the private sector are becoming more frequent. For example, the numbers of tree-planting projects carried out by fishermen have been increasing.

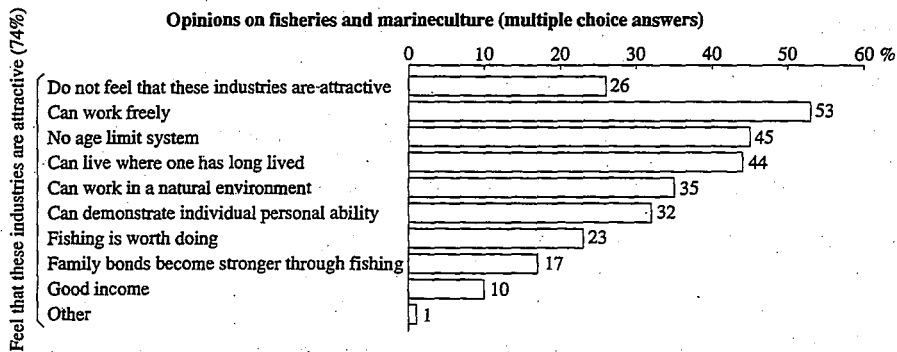
Conclusions

A. In this period of change where we are seeing the establishment of a new maritime order, the following prospects regarding basic themes for the rapid progression of Japan's fisheries for the new era will lead to the building of a solid infrastructure to ensure a stable supply of fishery products to the Japanese people.

[Appropriate fishery management measures corresponding to the new maritime order and the high-level utilization of waters around Japan]

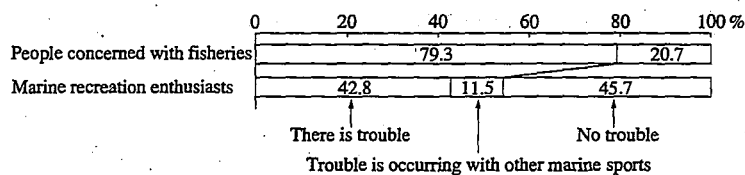
It is necessary to ensure the effectiveness of resource management by establishing a fisheries management system in order to continuously utilize fishery resources in the waters around Japan that correspond to the new maritime order in connection with fisheries, including switching to the quantitative management of fishery resources. In addition, it is important to promote the implementation and expansion of aquaculture and fisheries based upon stock enhancement and to promote community based fisheries management, while making efforts to conserve fishing environments to ensure continuous and high-grade utilization of the waters around Japan.

Viewpoints of fishermen on fisheries and marine culture

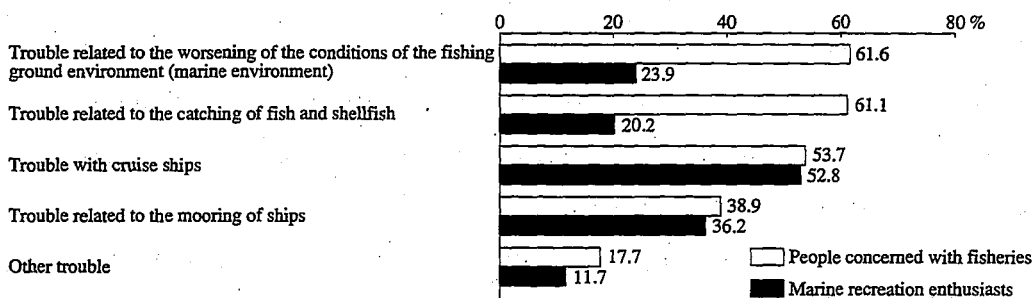


Problems between fisheries and marine recreation

(1) Occurrence of trouble in the utilization of the sea



(2) Content of incidents considered to be problems by people who have experienced some trouble (multiple choice answers)



Data: "Survey of opinions concerning the actual situation of sea surface utilization (1994 fiscal year)" by the Fisheries Agency

Precedents of achieving the revitalization of local areas through fisheries service experience

Precedent carried out	Content	Effects
School excursion for hands-on learning (Tanohata Village, Iwate prefecture)	Learning program involving visiting and experiencing (experiencing farmers' and fishermen's work) for junior high school and high school students in urban areas.	* Awakening of enthusiasm through mutual exchange * Chance to view one's home. * Promotion of understanding of farm villages and fishing villages
School excursion using tourist homes (Minami-Izutown, Shizuoka prefecture)	Program for learning through experience for junior high school students from a prefecture (Gifu prefecture) where there is no sea in cooperation with 43 tourist homes in the Mera area.	* About 3,000 students visit tourist homes in the Mera area in one season. * Vitalization of the tourist home business * Enlightened students, giving them an understanding of fisheries
Trawl net and set net fisheries for tourists (Kasaokacity, Okayama prefecture)	The holding of events and inspection tours for trawl net and set net fisheries for guests at tourist homes	* Vitalization of tourist home business * Increase of added value of catches * Promotion of understanding of fishery and fishing villages
Studying the seaside on Seto Inland Sea (Nakajimatown, Ehime prefecture)	Elementary school pupils who live off the island and who want to live and study on the island are given an opportunity to do so, through the cooperation of foster parents on the island who accept these pupils into their homes	* Long-term friendship exchanges between pupils who visit the island, and their foster parents * Pupils and students on the island who previously did not experience much excitement or enthusiasm, began to develop a positive attitude.

Data: Fisheries Agency

[Establishment of preparations for supplying domestic fishery products corresponding to the needs of consumers and actual users]

Consumers' needs recently have been more remarkably oriented toward health, genuine items and price stability. Also, accompanying the expansion of large-lot consumption, including mass-sales stores and the food-service industry, the continuous supply of a good product line of high-quality goods at stabilized prices is more strongly demanded than ever before. Under circumstances in which imports of fishery products are increasing, it is important to do systematic importing, and it is also important to make preparations for identifying and meeting the needs of consumers and actual users to strengthen the competitive power of domestic fishery products. For this purpose, it is important to develop unique positions for domestic fishery products which imported fishery products cannot fill, while making the greatest possible use of the advantages of the many domestic fishery products, which imported fishery products do not have.

[Promotion of the rationalization and curtailment of cost of fishery management]

Expenditures for household consumption of fishery products are rising only slowly, and in the present situation fish prices will not increase drastically. On the other hand, since we cannot expect drastic increases in fishery production now, improvements in fishery management with the aim of increasing profit through drastic cost curtailment is an urgent business need. It is necessary to make drastic improvements in management structures, for example, by embarking upon cooperative fishery operations and joint management schemes, in addition to eliminating excess equipment, and scaling down the size of fishing fleets and fishing vessels, etc. It is also necessary to re-arrange and re-organize the production structure to suit the subject resources, according to the type of fish.

[Creation of attractive permanent residential zones with fisheries at their cores]

The decreasing numbers and the aging of fishermen have been advancing, and the negative effect of these on the healthy development of fisheries and the resultant lowering of vitality in areas where fishing is the main industry, are now causing concern. It is important to establish fishing as an attractive industry, by stabilizing fishery management through the diversification of management and by the introduction of businesses other than fisheries, in order to encourage the permanent settlement of the younger generation in these areas, and thus nurturing the younger generation to support the fisheries in future. At the same time, it is important to create local societies in fishing villages as permanent residential zones attractive to the younger generation in addition to improvement of the infrastructure for fishery production.

B. Japan's fisheries have various functions, including providing basic materials for a healthy, plentiful Japanese-style diet; providing valuable opportunities for people to work; and providing locations

for contact with nature. In addition, under circumstances in which the world's population is expected to increase drastically, when we consider that only the fishing industry can supply people's dinner tables with the fishery resources that are becoming more and more essential, the stable development of fisheries is extremely important.



APPENDIX

Changes in production Volume and Value by Type of Fishery and Aquaculture

(Unit : in thousand tons for volume and
in hundred million yen for value)

	1985	1990	1991	1992	1993	1994	Increase/decrease rate(%)	
							'93/'92	'94/'93
Volume								
Total	12,171	11,052	9,978	9,266	8,707	8,103	-6.0	-6.9
Marine Fishery	11,965	10,843	9,773	9,078	8,530	7,934	-6.0	-7.0
Distant water fishery	2,111	1,496	1,179	1,270	1,139	1,063	-10.3	-6.7
Offshore fishery	6,498	6,081	5,438	4,534	4,256	3,720	-6.1	-12.6
Coastal fishery	3,356	3,265	3,156	3,274	3,135	3,151	-4.2	0.5
Fishery	2,268	1,992	1,894	1,968	1,861	1,807	-5.4	-2.9
Aquaculture	1,088	1,273	1,262	1,306	1,274	1,344	-2.5	5.5
Inland water fishery	206	209	205	188	177	169	-5.9	-4.3
Fishery	110	112	107	97	91	93	-6.0	1.4
Aquaculture	96	97	97	91	86	77	-5.8	-10.5
Value								
Total	29,020	27,225	27,125	26,070	24,888	23,738	-4.5	-4.6
Marine Fishery	27,444	25,599	25,483	24,398	23,232	22,089	-4.8	-4.9
Distant water fishery	6,828	4,422	4,238	4,501	4,142	3,471	-8.0	-16.2
Offshore fishery	7,583	7,037	7,041	6,107	5,657	5,504	-7.4	-2.7
Coastal fishery	12,733	14,141	14,205	13,789	13,433	13,114	-2.6	-2.4
Fishery	7,508	8,047	7,797	7,663	7,364	6,844	-3.9	-7.1
Aquaculture	5,225	6,093	6,407	6,126	6,069	6,270	-0.9	3.3
Inland water fishery	1,761	1,621	1,637	1,665	1,649	1,643	-1.0	0.4
Fishery	608	650	680	685	634	721	-7.4	13.7
Aquaculture	1,154	971	957	980	1,015	922	3.5	-9.2

Data: "Annual Statistics of Fishery and Aquaculture Production", Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.

Changes in production Volume and Value by Type of Major Marine Fishery

(Unit : in thousand tons for volume and
in hundred million yen for value)

	1985	1990	1991	1992	1993	1994	Increase/decrease rate(%)	
							'93/'92	'94/'93
Volume								
Total	10,877	9,570	8,511	7,771	7,256	6,590	-6.6	-9.2
Distant water trawl	806	745	406	468	366	326	-21.9	-11.0
in northern waters	544	422	152	189	160	146	-15.7	-8.6
in southern waters	263	323	253	279	206	180	-26.0	-12.9
Large trawl in East China Sea	126	79	80	73	52	45	-27.9	-13.2
Medium trawl	741	516	532	482	404	442	-16.2	9.5
Small trawl	376	461	407	403	425	465	5.5	9.5
Surrounding nets	4,813	4,542	3,971	3,153	2,955	2,459	-6.3	-16.8
Tuna long line	335	260	266	288	306	284	6.1	-7.0
Skipjack pole-and-line	240	179	235	182	212	169	16.3	-20.4
Saury stick held dip net	242	305	302	264	275	250	4.1	-9.1
Squid angling	234	319	355	426	467	441	9.8	-5.7
Set nets	623	625	577	597	594	604	-0.5	1.6
Shellfish, seaweed collecting	332	307	250	289	253	208	-12.6	-17.6
others	2,008	1,232	1,130	1,146	946	897	-17.4	-5.3
Value								
Total	21,919	19,506	19,076	18,272	17,163	15,819	-6.1	-7.8
Distant water trawl	1,319	787	664	759	534	449	-29.6	-16.0
in northern waters	503	277	190	292	212	195	-27.4	-8.0
in southern waters	816	510	475	467	322	254	-31.1	-21.3
Large trawl in East China Sea	504	363	300	307	221	208	-27.9	-6.1
Medium trawl	1,066	1,016	1,192	928	869	868	-6.4	-0.1
Small trawl	1,772	1,856	1,804	1,669	1,597	1,660	-4.3	4.0
Surrounding nets	3,244	2,582	2,772	2,364	2,315	2,194	-2.0	-5.2
Tuna long line	3,286	2,692	2,675	2,844	2,943	2,336	3.5	-20.6
Skipjack pole-and-line	741	579	528	536	513	483	-4.3	-5.9
Saury stick held dip net	171	261	232	162	164	162	1.2	-0.9
Squid angling	1,322	1,275	1,303	1,174	1,237	1,280	5.4	3.5
Set nets	1,822	1,878	1,694	1,784	1,802	1,492	1.0	-17.2
Shellfish, seaweed collecting	829	974	929	925	870	725	-5.9	-16.7
others	5,845	5,243	4,981	4,820	4,096	3,962	-15.0	-3.3

Data: "Annual Statistics of Fishery and Aquaculture Production", Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.

Changes in Marine Fishery production Volume and Value by Type of Fish

Unit : in thousand tons for volume and
in hundred million yen for value

	1985	1990	1991	1992	1993	1994	Increase/decrease rate(%)	
							'93/'92	'94/'93
Volume								
Total	10,877	9,570	8,511	7,771	7,256	6,590	-6.6	-9.2
Tuna, Marlin	439	327	388	381	391	375	2.5	-3.9
Skipjack and Frigate mackerel	339	325	427	350	373	324	6.7	-13.1
Salmon, Trout	203	223	245	179	230	240	28.3	4.3
Sardine and Anchovy	4,198	4,108	3,466	2,649	2,028	1,505	-23.5	-25.8
Japanese pilchard	3,866	3,678	3,010	2,224	1,714	1,189	-22.9	-30.6
Jack mackerel and Scad	225	331	315	286	362	374	26.7	3.3
Mackerel	773	273	255	269	665	633	147.0	-4.7
Saury	246	308	304	266	277	262	4.4	-5.7
Yellowtails	33	52	51	55	43	54	-22.0	24.4
Flounders, Halibuts, Soles	214	77	79	89	88	78	-0.6	-11.2
Cod and pollack	1,650	930	590	574	445	445	-22.6	0.1
Alaska pollack	1,532	871	541	499	382	379	-23.3	-0.8
Sea bream	26	25	24	25	26	25	2.6	-0.6
Squid and Cuttlefish	531	565	545	677	583	589	-13.9	1.1
Common squid	133	209	242	394	316	302	-19.9	-4.5
Others	2,000	2,025	1,904	1,971	1,745	1,684	-11.4	-3.5
Value								
Total	21,919	19,506	19,076	18,272	17,163	15,819	-6.1	-7.8
Tuna, Marlin	4,053	3,089	3,046	3,283	3,379	2,811	2.9	-16.8
Skipjack and Frigate mackerel	872	786	767	723	711	677	-1.7	-4.8
Salmon, Trout	1,254	1,058	868	1,041	1,106	736	6.3	-33.5
Sardine and Anchovy	1,268	1,516	1,399	1,135	944	948	-16.8	0.4
Japanese pilchard	717	817	798	636	435	412	-31.6	-5.3
Jack mackerel and Scad	638	670	688	638	662	570	3.7	-13.9
Mackerel	710	371	438	347	451	431	29.9	-4.3
Saury	173	264	233	163	165	166	1.4	0.2
Yellowtails	268	338	311	313	305	328	-2.4	7.5
Flounders, Halibuts, Soles	1,059	770	798	797	754	714	-5.4	-5.2
Cod and pollack	1,506	868	913	790	580	542	-26.6	-6.5
Alaska pollack	1,258	721	765	589	425	396	-27.8	-7.0
Sea bream	452	411	383	390	361	360	-7.3	-0.4
Squid and Cuttlefish	2,645	2,206	2,123	1,999	1,679	1,768	-16.0	5.3
Common squid	939	775	821	832	715	746	-14.0	4.4
Others	7,022	7,160	7,111	6,653	6,065	5,768	-8.8	-4.9

Data: "Annual Statistics of Fishery and Aquaculture Production", Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.

Changes in Marine Culture production Volume and Value by Type of Fish

Unit : in thousand tons for volume and
in hundred million yen for value

	1985	1990	1991	1992	1993	1994	Increase/decrease rate(%)	
							'93/'92	'94/'93
Volume								
Total	1,088	1,273	1,262	1,306	1,274	1,344	-2.5	5.5
Yellowtails	151	161	161	149	142	148	-4.7	4.6
Sea breams	29	52	60	66	73	77	10.2	5.7
Common scallop	109	192	189	208	241	199	16.0	-17.4
Oyster	251	249	239	245	236	223	-3.8	-5.1
Kelp	54	54	43	73	60	58	-17.8	-3.7
"Wakame" seaweed	112	113	99	112	90	88	-20.2	-1.5
"Nori" seaweed	352	387	403	383	363	483	-5.2	33.1
others	31	65	67	70	70	67	-0.8	-4.7
Value								
Total	5,225	6,093	6,407	6,126	6,069	6,270	-0.9	3.3
Yellowtails	1,427	1,280	1,405	1,309	1,372	1,264	4.8	-7.9
Sea breams	488	695	726	670	659	784	-1.6	18.9
Common scallop	298	411	395	387	374	377	-3.5	0.8
Oyster	304	348	401	421	410	427	-2.6	4.2
Kelp	80	113	135	134	145	119	8.0	-17.8
"Wakame" seaweed	143	190	182	158	136	159	-13.8	17.2
"Nori" seaweed	1,236	1,049	1,173	1,100	1,084	1,336	-1.4	23.2
others	1,249	2,008	1,991	1,948	1,889	1,802	-3.0	-4.6

Data: "Annual Statistics of Fishery and Aquaculture Production", Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.

Changes in Fishery Product Import Volume and Value by Principal Item

(Unit : in thousand tons for volume and
in hundred million yen for value)

	1985	1990	1991	1992	1993	1994	Increase/decrease rate(%)	
							'93/'92	'94/'93
Fishery Products Total	1,577	2,546	2,853	2,971	3,124	3,296	5.2	5.5
Volume								
Live, fresh, chilled or frozen	1,314	2,050	2,278	2,344	2,505	2,530	6.9	1.0
Shrimp and Prawn	192	304	308	294	317	320	7.8	1.1
Tuna, Marlin	151	252	258	273	304	298	11.2	-1.9
Salmon, Trout	116	169	153	173	229	243	31.7	6.3
Crab	34	86	115	121	110	124	-8.4	12.0
Cod and Pollack	112	196	205	273	189	214	-30.9	13.1
Octopus	99	92	113	123	131	106	6.8	-19.3
Squid and Cuttlefish	113	114	98	101	98	116	-3.2	18.1
Flounder, halibuts, sole	...	86	101	77	82	86	6.2	5.0
Salted, dried or smoked	42	41	40	43	45	44	5.8	-2.9
Hard rose of herring	8	11	10	10	10	9	3.7	-5.8
Hard rose of salmon	10	9	9	9	10	11	8.5	7.1
Prepared	64	118	139	150	162	193	7.9	18.7
Eel	14	29	34	36	38	39	5.4	1.8
Others	158	338	396	434	412	529	-5.1	28.5
Fish Meal	79	226	282	331	302	379	-8.7	25.7
Fishery Products Total(A)	11,760	16,079	16,881	16,803	16,276	17,091	-3.1	5.0
Value								
Live, fresh, chilled or frozen	9,659	13,185	13,698	13,574	13,074	13,710	-3.7	4.9
Shrimp and Prawn	3,386	4,076	4,129	3,651	3,595	3,753	-1.5	4.4
Tuna, Marlin	860	1,486	1,475	1,690	1,893	1,865	12.1	-1.5
Salmon, Trout	1,166	1,395	1,015	1,299	1,186	1,313	-8.7	10.7
Crab	335	914	931	969	991	1,229	2.3	23.9
Cod and Pollack	265	476	698	831	417	471	-49.9	13.1
Octopus	552	517	639	528	430	435	-18.7	1.3
Squid and Cuttlefish	649	576	470	456	468	570	2.6	21.7
Flounder, halibuts, sole	...	314	361	266	259	261	-2.6	0.9
Salted, dried or smoked	843	681	584	614	568	516	-7.6	-9.2
Hard rose of herring	312	285	216	205	196	168	-4.3	-14.2
Hard rose of salmon	190	164	151	159	152	157	-4.0	2.9
Prepared	746	1,326	1,659	1,739	1,876	2,009	7.9	7.1
Eel	325	536	691	746	850	872	13.9	2.6
Others	513	887	941	876	759	856	-13.4	12.8
Fish Meal	80	165	224	260	181	202	-30.6	12.2
Total Value of Japan's Imports(B)	310,849	338,552	319,002	295,274	268,264	281,043	-9.9	4.8
(A)/(B) (%)	3.8	4.7	5.3	5.7	6.1	6.1		

Data: "Japan Trade Statistics", Ministry of Finance.

Changes in Fishery Product Import Volume and Value by Origin

(Unit : in thousand tons for volume and
in hundred million yen for value)

	1985	1990	1991	1992	1993	1994	Increase/decrease rate(%)	
							'93/'92	'94/'93
Total	1,577	2,546	2,853	2,971	3,124	3,296	5.2	5.5
Volume								
U.S.A	352	534	531	535	558	553	4.3	-0.8
China	57	184	205	229	266	309	16.0	16.3
Thailand	50	139	179	176	183	192	4.3	4.5
Korea Rep.	265	247	237	214	191	200	-10.9	4.9
Indonesia	36	100	111	114	133	138	17.0	4.0
Taiwan	107	157	168	184	212	159	15.4	-24.8
Russian Fed.	41	60	117	196	134	187	-31.8	39.9
Canada	61	104	92	88	95	89	9.0	-7.0
India	50	46	46	41	48	54	18.0	12.3
Chile	41	222	256	300	240	297	-19.9	23.6
Total	11,760	16,079	16,881	16,803	16,276	17,091	-3.1	5.0
Value								
U.S.A	2,190	3,147	3,122	3,198	2,718	2,594	-15.0	-4.6
China	458	1,135	1,243	1,319	1,412	1,768	7.0	25.2
Thailand	432	1,156	1,409	1,361	1,329	1,383	-2.4	4.1
Korea Rep.	1,641	1,679	1,646	1,496	1,330	1,286	-11.1	-3.4
Indonesia	539	950	1,022	1,026	1,104	1,236	7.6	11.9
Taiwan	1,372	1,419	1,517	1,608	1,627	1,173	1.1	-27.9
Russian Fed.	225	450	513	758	791	1,054	4.5	33.2
Canada	636	846	739	714	718	795	0.6	10.7
India	432	422	416	349	411	554	17.9	34.7
Chile	125	337	405	562	446	517	-20.6	16.0

Data: "Japan Trade Statistics", Ministry of Finance.

Changes in Fishery Product Export Volume and Value by Principal Item

Unit : in thousand tons for volume and
in hundred million yen for value

	1985	1990	1991	1992	1993	1994	Increase/decrease rate(%)	
							'93/'92	'94/'93
Volume								
Fishery Products Total	786	703	588	435	385	296	-11.6	-23.1
Fish, fresh, chilled or frozen	135	240	247	268	257	203	-4.3	-21.0
Skipjack and Frigate mackerel	33	36	88	54	57	26	6.6	-54.2
Tuna, Marlin	15	34	31	48	45	41	-6.1	-8.2
Saury	19	45	38	67	61	41	-8.9	-33.7
Fish, Salted, dried or smoked	2	2	1	1	1	1	-22.0	16.3
Crustacean, Mollusc	15	10	13	16	17	17	10.8	-4.0
Canned	165	41	35	28	26	21	-8.7	-19.5
Mackerel	59	19	14	12	11	9	-7.7	-20.5
Sardine	69	17	16	13	11	9	-16.3	-11.6
Skipjack	21	2	3	2	2	1	16.0	-32.2
Tuna	13	2	2	1	1	1	13.3	-35.1
Fish oil	250	217	116	45	13	4	-70.4	-68.5
Pearl (tons)	213	127	95	110	84	71	-23.3	-15.5
Others	218	193	148	77	71	50	-8.3	-28.8
Surimi-based product	45	25	16	13	10	10	-24.6	3.1
Fish meal	157	147	113	44	41	21	-8.6	-49.0
Value								
Fishery Products Total(A)	2,876	1,802	1,725	1,632	1,347	1,232	-17.4	-8.6
Fish, fresh, chilled or frozen	356	354	380	390	323	294	-17.3	-8.8
Skipjack and Frigate mackerel	43	40	88	42	46	22	10.1	-51.7
Tuna, Marlin	54	98	81	134	108	100	-19.4	-7.9
Saury	33	38	32	48	35	26	-26.6	-26.7
Fish, Salted, dried or smoked	37	31	30	31	22	21	-28.2	-5.2
Crustacean, Mollusc	214	107	106	89	87	96	-2.1	9.5
Canned	568	118	122	96	86	61	-10.3	-29.4
Mackerel	157	50	44	37	32	23	-12.8	-28.9
Sardine	146	37	39	34	26	21	-23.0	-17.9
Skipjack	130	10	15	10	11	8	13.5	-28.8
Tuna	108	14	15	9	9	5	7.4	-43.1
Fish oil	146	64	42	24	16	10	-35.6	-36.1
Pearl	826	541	512	528	431	415	-18.4	-3.6
Others	729	587	532	474	383	335	-19.1	-12.5
Surimi-based product	321	137	99	91	63	57	-30.4	-9.6
Fish meal	150	140	112	43	30	13	-29.8	-56.5
Total Value of Japan's Imports(B)	419,557	414,569	423,599	430,123	402,024	404,976	-6.5	0.7
(A)/(B) (%)	0.7	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3		

Data: "Japan Trade Statistics", Ministry of Finance.

Changes in Fishery Product Export by Destination

Unit : in thousand tons for volume and
in hundred million yen for value

	1985	1990	1991	1992	1993	1994	Increase/decrease rate(%)	
							'93/'92	'94/'93
Volume								
Total	786	703	588	435	385	296	-11.6	-23.1
Hong kong	6	9	12	8	8	9	-7.3	18.3
U.S.A	82	23	19	16	19	19	19.9	-0.3
Taiwan	159	145	99	47	38	19	-18.9	-49.9
Korea Rep.	31	21	19	16	17	17	5.6	-2.2
Switzerland	2	0	0	0	0	0	-75.0	20.0
Thailand	7	37	80	68	78	46	13.9	-40.2
Germany F.R.	55	22	1	1	1	1	14.1	-42.8
Singapore	15	8	5	5	12	4	133.0	-61.3
Philippines	6	98	70	54	77	64	41.8	-16.7
Guam	2	13	13	9	10	8	6.2	-16.7
Value								
Total	2,876	1,802	1,725	1,632	1,347	1,232	-17.4	-8.6
Hong kong	240	276	304	328	286	296	-12.7	3.3
U.S.A	1,080	343	275	249	235	226	-5.3	-4.2
Taiwan	206	238	193	172	131	109	-23.9	-17.2
Korea Rep.	30	39	56	43	65	67	52.3	2.9
Switzerland	111	123	132	116	66	64	-42.9	-3.1
Thailand	22	60	96	72	74	49	2.3	-34.4
Germany F.R.	102	70	62	69	62	48	-9.9	-22.2
Singapore	42	35	32	36	36	31	1.9	-13.8
Philippines	4	40	34	26	33	29	29.7	-13.2
Guam	6	35	32	30	29	24	-4.5	-17.8

Data: "Japan Trade Statistics", Ministry of Finance.

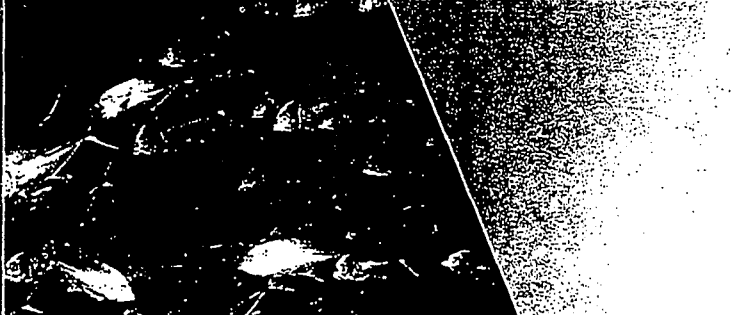


Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council and National Research Institutes



Agri Council 
Agriculture, Forestry and Fisheries
Research Council

Agriculture, Forestry and Fisheries
Research Council Secretariat
Ministry of Agriculture,
Forestry and Fisheries, Japan



The conditions surrounding agriculture, forestry and fisheries and the food industry have remarkably changed in line with the recent trend to internationalization of the Japanese economy, and diversification and sophistication of the consumers' needs. Also technical achievements have played an important role in the improvement of productivity, the increase of added value, and so on. Furthermore, remarkable progress has been made recently in advanced fields of science and technology including biotechnology. It is anticipated that the new technology will pave the way for the development of the food industry as well as agriculture, forestry and fisheries in the 21st century.

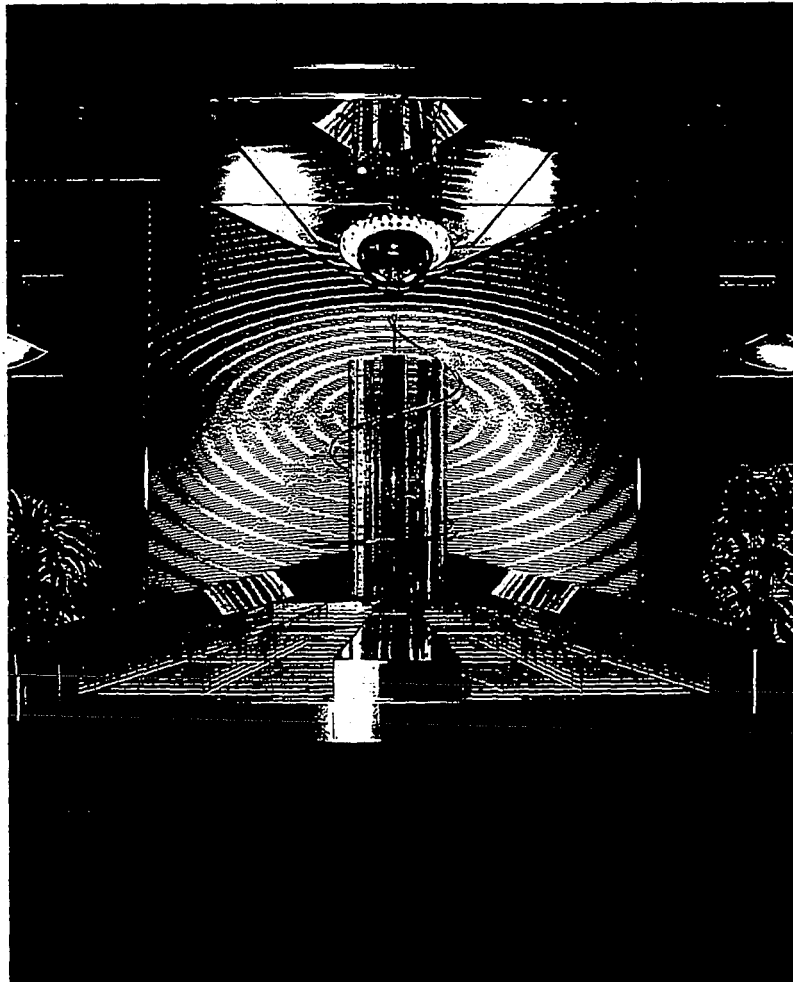
In this regard, the research institutes of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries are playing a key role in the development of new technologies in close collaboration with local governments or private research organizations and universities. The Ministry's research institutes have been reorganized in order to meet the changing needs for research and development.

They have been conducting various studies for the expansion of industrial activities and achievement of prosperity for the population of Japan while making a significant contribution to the international community.

Along with the recent trend in the sophistication and complexity of research and development activities, the need for stable and sustained agricultural production in developing countries and the growing awareness about global environmental issues, etc., it has become essential to promote research and development in cooperation with the international community as well as in the country.

The Ministry's institutes have been promoting exchanges of information and researchers with international agricultural research organizations and national research institutes of foreign countries, while at the same time, promoting tropical agricultural research and development in developing countries.

This booklet is prepared to provide information on the activities of the Ministry's research institutes which are currently being carried out to further promote the development of agriculture, forestry and fisheries, the food industry and rural communities, and the development of new technologies to meet the needs of the consumers.



Symbol Monument (Inside of Tsukuba Agriculture Research Hall)

Basic orientation of Research in the field of Agriculture, Forestry, and Fisheries

Focuses for Research and Development

1. **Strengthening of the Structure of Agriculture, Forestry and Fisheries in Japan**
In order to strengthen the structure of agriculture, forestry and fisheries in Japan, it is essential to increase productivity, improve product quality, secure more comfortable labor conditions and to promote environmentally-sound agriculture. For long-term expansion both at the national and regional levels, advanced basic research to upgrade production technology for agriculture, forestry and fisheries should be developed along with innovative technological systems which can be transferred to the production sites.
2. **Development and Utilization of Bio-functions for Generating New Industries**
In order to generate new industries beyond the current limits of agriculture, forestry and fisheries, it is important to conduct basic studies for the development of food products with new functions, development of new bio-materials and promotion of bio-remediation technology through the elucidation of various bio-functions.
3. **Upgrading of Processing and Distribution Systems for Agriculture, Forestry and Fisheries Products**
To meet the growing diversification and sophistication of consumers' needs, it is important to provide consumers with safe, wholesome and value-added food products. To achieve these objectives, it is essential to upgrade processing, distribution and quality evaluation technology, as well as carry out studies for developing a more efficient marketing system.
4. **Revitalization of Rural Communities and Enhancement of Multiple Functions of Agriculture, Forestry and Fisheries**
Rural and fisheries communities need to be revitalized and become more attractive to urban residents. Therefore, it is necessary to carry out research for the development of technology to upgrade the infrastructure in order to improve the production and living environment, to draft comprehensive regional plans, and to develop techniques for the promotion of regional products and mixed farming systems, as well as to enhance the multiple functions of agriculture, forestry and fisheries in these communities.
5. **Conservation of the Environment and Appropriate Management of Natural Resources for Sustainable Development of Mankind**
In order to promote sustainable development of mankind in harmony with the natural environment, basic and applied research should be carried out to develop techniques for environmental conservation of oceanic and forest resources, appropriate management of biological resources, and to address environmental issues on a global scale.
6. **Contribution to the Development of Agriculture, Forestry and Fisheries from and International Perspective**
Since it is anticipated that the population in the developing countries will continue to increase rapidly, it is important to undertake collaborative research projects to stabilize the supply and demand of food commodities in order to contribute to the sustainable development of agriculture, forestry and fisheries on a global scale.
7. **Development of Cross-cutting Basic Research Strategies**
In order to promote effectively basic and applied research in the field of agriculture, forestry and fisheries, cross-cutting basic research strategies need to be improved such as, upgrading of information sciences and development of new technology for the gene manipulation, sensing, and the conservation and evaluation of genetic resources.

Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council (AFFRC)

AFFRC is a special agency attached to the MAFF, consisting of chairman and 6 members. The main duties of the Research Council are as follows:

1. Planning and coordination
2. Liaison and coordination between research and administration
3. Administration and guidance of the National Research Institutes
4. Assistance in the research activities pursued in the various institutes operated by the prefectural organizations and the private sector

Chairman: Sakue Matsumoto

Former Vice-Minister of the Ministry of Agriculture,
Forestry and Fisheries

Members: Tetsuo Iino

Professor, Waseda University (Genetics)

Masatoshi Yoshino

Professor, Aichi University (Meteorology)

Takenori Inoki

Professor, Osaka University (Economics)

Kazuo Takahasi

Prefectural Governor, Yamagata

Akinori Suzuki

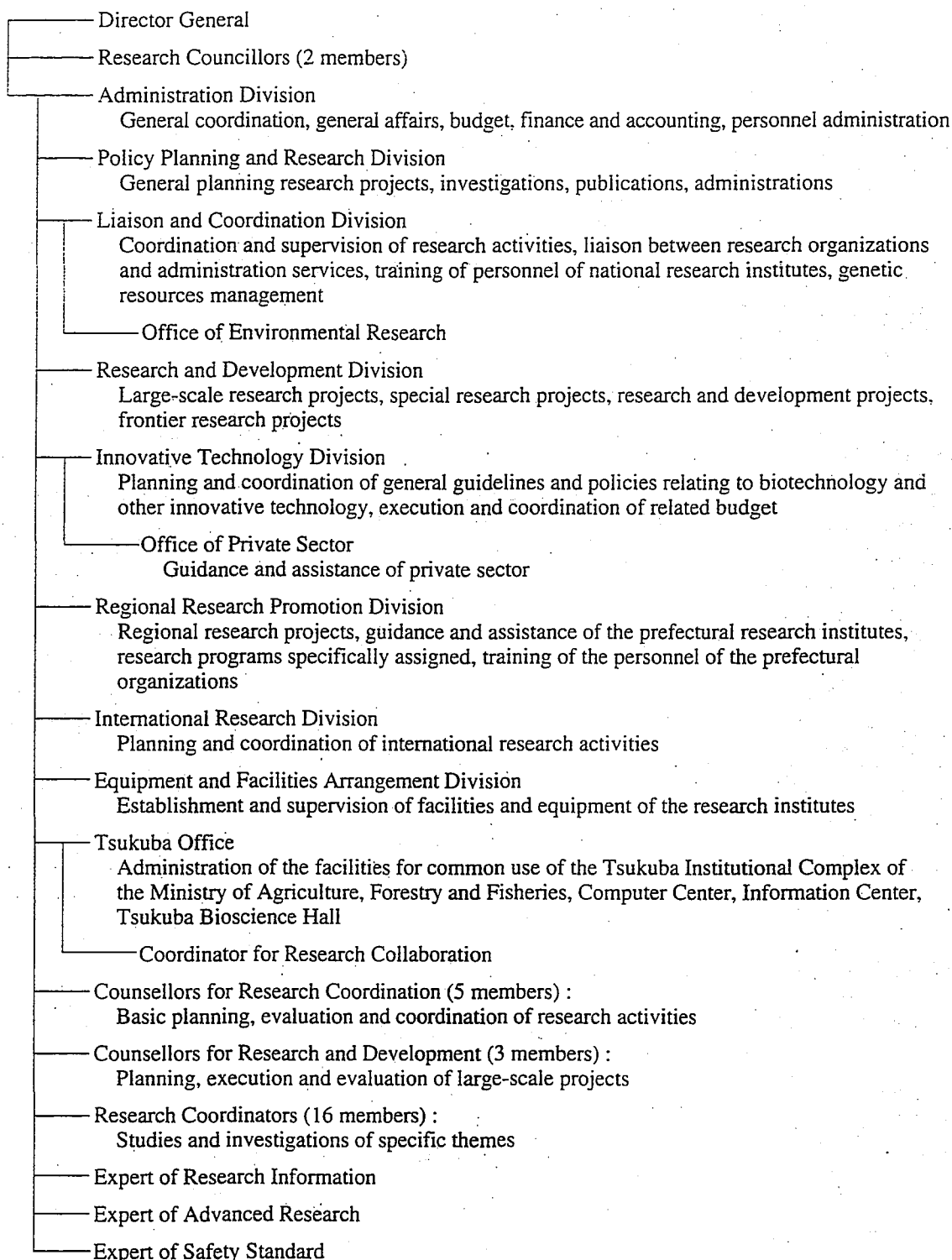
Former Vice-President, University of Tokyo
(Agricultural Chemistry)

Takaharu Hatanaka

President of Society for Techno-innovation of
Agriculture, Forestry and Fisheries

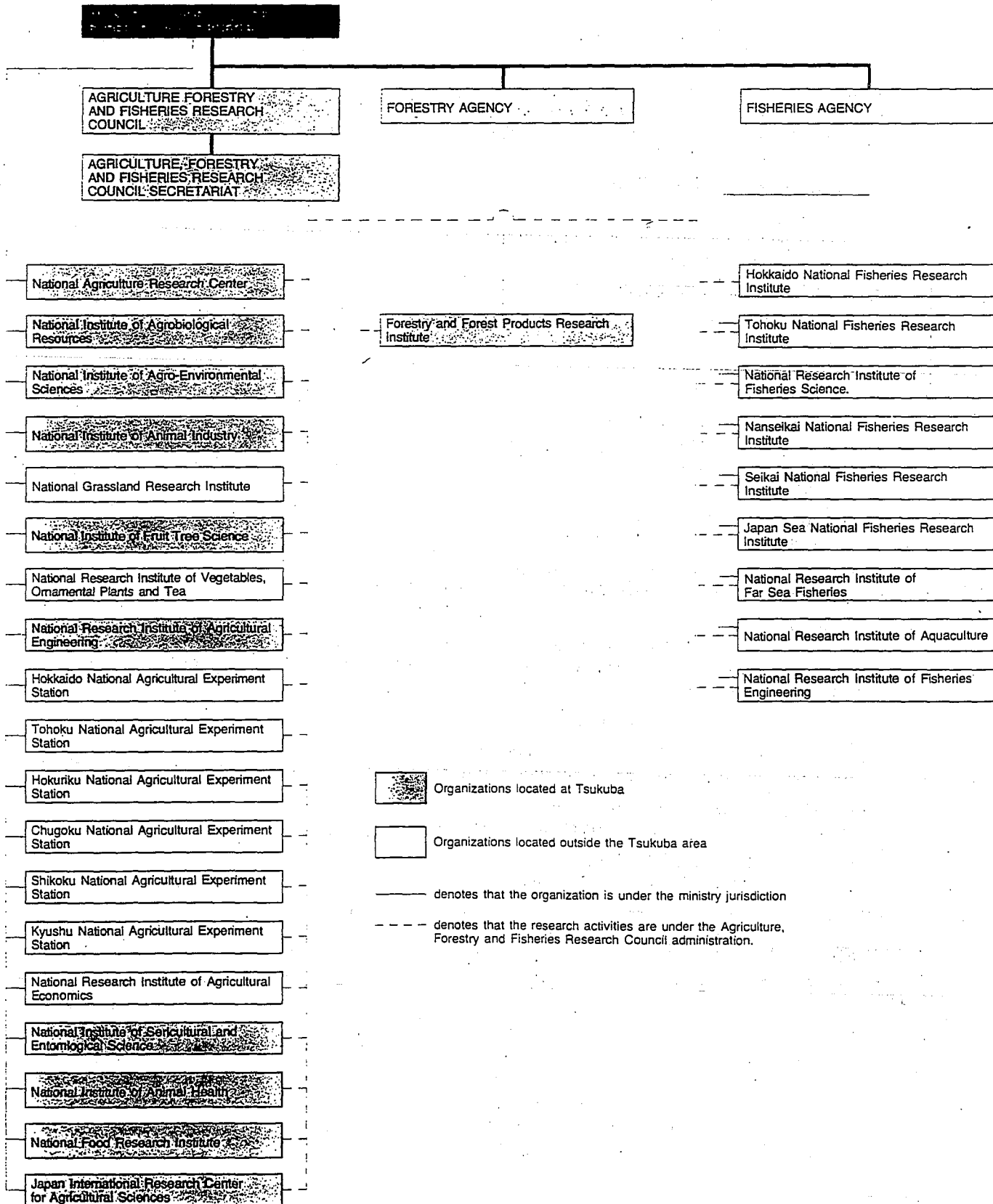


Organization of Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat



General Organization of the National Experimental Research Institutes affiliated to the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

Twenty-nine research organizations are affiliated to the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries: 19 for agriculture, 1 for forestry and 9 for fisheries in respective fields each of which conducts research.



National Agriculture Research Center

3-1-1, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan Telephone: 0298-38-8980 Fax.: 0298-38-8982 Internet Address <http://ss.narc.affrc.go.jp/>

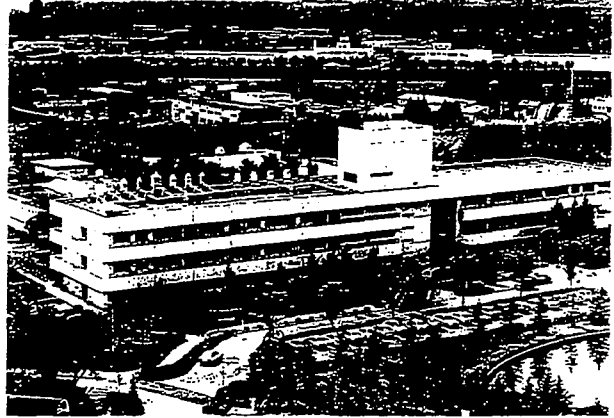
Description of Research

1. Development of technologies for low-cost and high-yield farming on paddy fields.
2. Development of sustainable farming with high-income on upland fields.
3. Development of new crops with novel traits and of technologies to use them in accordance with consumers' needs.
4. Development of activating systems for rural communities through the efficient uses of the regional resources.
5. Fundamental studies including of information science for innovating the agriculture researches.

Organization

Director-General

- Deputy Director-General
- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Research Coordinator, Generals
- Research Coordinator General for Vegetable Crops etc.
- Project Research Teams
- Dept. of Research Information
- Dept. of Agricultural Development
- Dept. of Farmland Utilization
- Dept. of Farm Mechanization
- Dept. of Crop Breeding
- Dept. of Crop Physiology & Quality
- Dept. of Plant Protection
- Dept. of Soils & Fertilizers
- Dept. of Farm Management



National Institute of Agrobiological Resources

2-1-2, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan Telephone: 0298-38-7406 Fax.: 0298-38-7408 Internet Address <http://ss.abr.affrc.go.jp/>

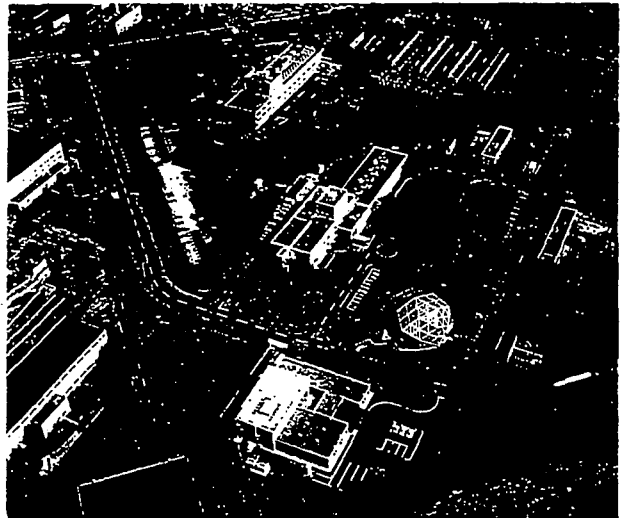
Description of Research

1. Biological diversity conservation and evaluation
2. Elucidation of molecular mechanisms of biological functions.
3. Use of biotechnology to develop new biological resources.

Organization

Director-General

- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Genetic Resources Coordinator
- Dept. of Genetic Resources I
- Dept. of Genetic Resources II
- Dept. of Molecular Genetics
- Dept. of Plant Physiology
- Dept. of Biotechnology
- Institute of Radiation Breeding (Omiva)



National Institute of Agro-Environmental Sciences

3-1-1, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan Telephone: 0298-38-8148 Fax.: 0298-38-8199 Internet Address <http://ss.niaes.affrc.go.jp/>

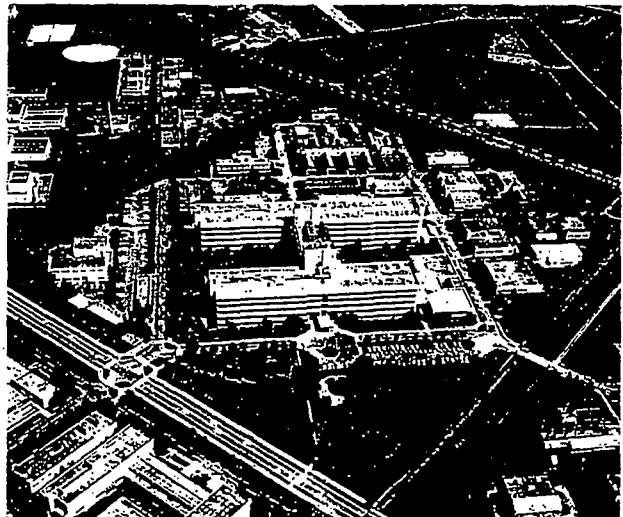
Description of Research

1. Characteristics and functions of agro-environmental resources consisting of soil, water, meteorological factors, living organisms, farm chemicals, etc.
2. Dynamics of substance and energy, and the interactions among environmental components in the agro-ecosystem.
3. Integrated management of agro-ecosystem, based on assessment and prediction of the impacts of environmental variation on agro-ecosystem, including global environmental problems.
4. Techniques for control and preservation of agro-ecosystem.

Organization

Director-General

- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Environmental Research Coordinator General
- Dept. of Environmental Management
- Dept. of Natural Resources
- Dept. of Environmental Biology
- Dept. of Farm Chemicals



National Institute of Animal Industry

2, Ikenodai, Kukizaki, Inashiki-gun, Ibaraki 305, Japan Telephone: 0298-38-8600 Fax.: 0298-38-8606 Internet Address <http://ss.niai.affrc.go.jp/>

Description of Research

1. Elucidation of the genetic mechanisms of animals and their application to breeding.
2. Elucidation of the reproductive mechanisms of domestic animals and the developments of genetic engineering techniques.
3. Elucidation and control of the physiological functions and metabolic mechanisms of domestic animals.
4. Development of techniques to produce high quality, safe, animal products and enable their effective utilization.
5. Establishment of total management systems to eradicate animal waste pollution.

Organization

Director-General

- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Dept. of Animal Breeding and Genetics
- Dept. of Animal Reproduction
- Dept. of Animal Physiology
- Dept. of Animal Nutrition
- Dept. of Animal Products
- Dept. of Feeding and the Environment



National Grassland Research Institute

Senbonmatsu, Nishinasuno, Nasu, Tochigi 329-27, Japan Telephone: 0287-36-0111 Fax.: 0287-36-6629 Internet Address <http://ss.ngri.affrc.go.jp/>

Description of Research

1. Technology and evaluation of land use for production of forage plants.
2. Analysis and control of grassland ecosystems.
3. Breeding of forage plants.
4. Agro-environmental management and technology for cultivation and utilization of forage plants.
5. Grazing systems for stable production of milk and beef.
6. Land use of mountainous regions for animal production.

Organization

Director-General

- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Forage Resources Coordinator
- Dept. of Grassland Management
- Dept. of Ecology
- Dept. of Plant Breeding
- Dept. of Environment
- Dept. of Forage Production and Utilization
- Dept. of Grazing Animal Production
- Mountainous Region Branch (Miyota, Nagano Pref.)



National Institute of Fruit Tree Science

2-1, Fujimoto, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan Telephone: 0298-38-6451 Fax.: 0298-38-6437 Internet Address <http://ss.fruit.affrc.go.jp/>

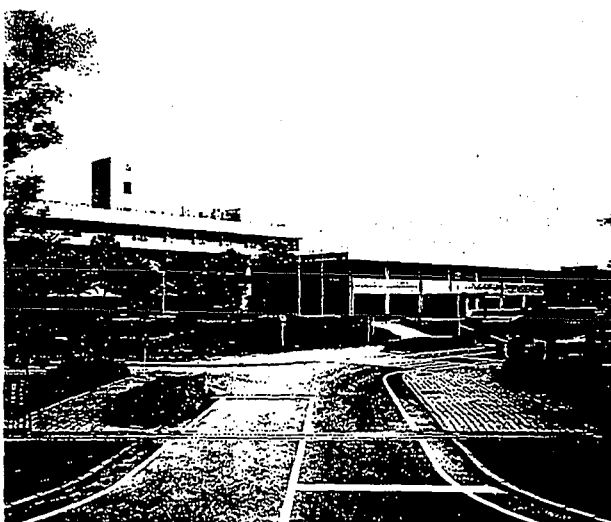
Description of Research

1. Breeding of new varieties and root stocks by cross-breeding
2. Collection and introduction of fruit trees.
3. Physiological analysis for stabilizing fruit production and improving fruit quality.
4. Environmental analysis for enhancing fruit protection.
5. Biotechnological analysis of fruit function.
6. Training programs for the future fruit tree farmers.

Organization

Director-General

- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Dept. of Breeding
- Dept. of Pomology
- Dept. of Plant Protection
- Dept. of Citriculture
(Suzuki, Shizuoka Pref.)
(Kuchinotsu, Nagasaki Pref.)
- Apple Research Center
(Morioka, Iwate Pref.)
- Persimmon and Grape Research Center
(Akitsu, Hiroshima Pref.)

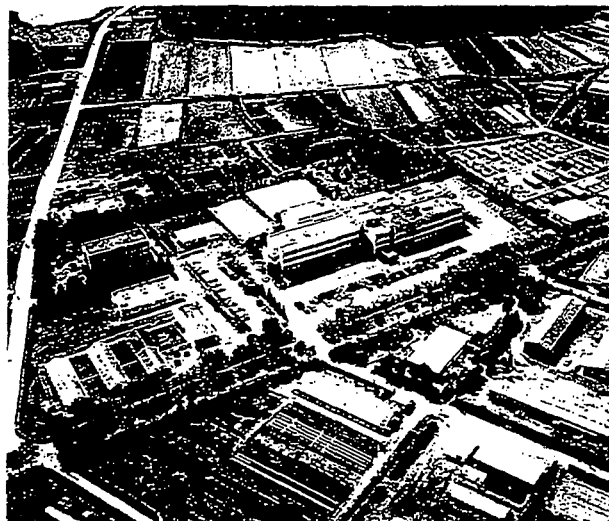


National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea

360, Kusawa, Ano, Mie 514-23, Japan Telephone: 059-268-1331. Fax.: 059-268-1339 Internet Address <http://ss.nivot.affrc.go.jp/>

Description of Research:

1. Labor-saving technology for improvement of basic productive conditions.
2. Production technology for sustainable agriculture.
3. Technology of low cost and stable production in a global agriculture.
4. Technology of high quality production, utilization and distribution for new consumers' trends.
5. Basic researches on genetic resources, physiology and biotechnology for vegetables, ornamental plants and tea.



Organization

Director-General

- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Tea Research Coordinator (Kanawa, Shizuoka Pref.)
- Dept. of Applied Plant Physiology
- Dept. of Protected Cultivation (Takayama, Aichi Pref.)
- Dept. of Plant Protection and Soil Science
- Dept. of Vegetable Breeding (Ano, Mie Pref.; Muroga, Iwate Pref.)
- Dept. of Floriculture
- Dept. of Tea Agronomy (Kanawa, Shizuoka Pref.; Makino, Iwate Pref.; Shimizu, Pref.)
- Dept. of Tea Processing Technology (Kanawa, Shizuoka Pref.)
- Nume Branch (Kusume, Fukuoka Pref.)

National Research Institute of Agricultural Engineering

2-1-2, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan Telephone: 0298-38-7513 Fax.: 0298-38-7609 Internet Address <http://ss.nkk.affrc.go.jp/>

Description of Research:

1. The development of technology to be used to reorganize, improve, and manage agricultural community space in order to revitalize agricultural regions.
2. The development of technology to be used for the engineering use and management of the resources and the environment of agricultural regions.
3. Development of technology to be used for the improvement and management of the infrastructure and the facilities needed for sustained agricultural production.



Organization

Director-General

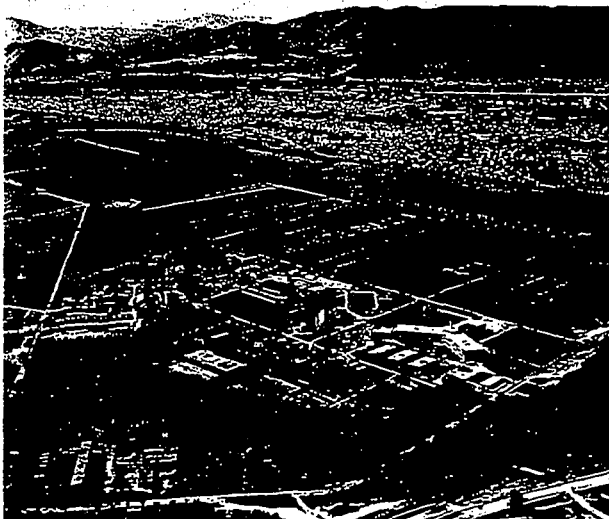
- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Dept. of Rural Improvement
- Dept. of Regional Resources
- Dept. of Land Improvement
- Dept. of Hydraulic Engineering
- Dept. of Structural Engineering

Hokkaido National Agricultural Experiment Station

Hitsujigaoka, Toyohira-ku, Sapporo 062, Japan Telephone: 011-851-9141 Fax.: 011-859-2178 Internet Address <http://ss.cryo.affrc.go.jp/>

Description of Research:

1. Establishment of large-scale farming systems for rice paddies, upland farming and animal husbandry
2. Breeding of good cultivars suited to cold environments, and establishment of high-production systems in rice paddies and upland farming
3. Establishment of animal production based on a grass and forage system that takes into account environmental conservation
4. Investigation of low-temperature physiology and ecological mechanisms, and development of the abilities to utilize methods of biological resources in (sub-) arctic regions
5. Evaluation of natural resources in cold environments, and investigation and management of (sub-) arctic ecosystems



Organization

Director-General

- Deputy Director-General
- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Northern Agriculture Research Coordinator
- Dept. of Integrated Research for Agriculture
- Dept. of Low Temperature Sciences
- Dept. of Crop Breeding
- Dept. of Animal Production
- Dept. of Forage Crop Breeding and Grasslands
- Dept. of Agro-Environment Sciences
- Upland Agriculture Research Center (Memuro)

Tohoku National Agricultural Experiment Station

4, Akahira, Shimo-kuriyagawa, Morioka, Iwate 020-01, Japan Telephone: 019-643-3433 Fax: 019-641-7794 Internet Address <http://ss.tnaes.affrc.go.jp/>

Description of Research

1. The establishment of improved and stabled farming systems in rice, upland crops and animal productions.
2. Mechanized rice production system in large-scaled paddy fields.
3. The production of high quality upland crops which utilizes the climate properties of cool temperature area, and their marketing.
4. Cattle production based on effective utilization of forage grass resources in hilly and mountainous cool area.
5. The improvement of crop adaptability under the fluctuate climate and control of agricultural environment.

Organization

Director-General

- Dept. of Director-General
- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Dept. of Integrated Research for Agriculture
- Dept. of Yamase Area Agro-Environment
- Dept. of Crop Breeding
- Dept. of Lowland Farming (Omaezono, Akita Pref.)
- Dept. of Upland Farming (Fukushima, Fukushima Pref.)
- Dept. of Animal Production
- Dept. of Grasslands



Hokuriku National Agricultural Experiment Station

1-2-1, Inada, Joetsu, Niigata 943-01, Japan Telephone: 0255-23-4131 Fax: 0255-24-8578 Internet Address <http://ss.inada.affrc.go.jp/>

Description of Research

1. Integrated technology for large-scale rice production system and rice-based cropping system for multi-utilization of lowland field.
2. Basic rice research with special emphasis on the breeding of the high quality rice introducing the achievements of molecular biology.
3. Technology to increase overall crop productivity in lowland farming taking environmental conservation into account.

Organization

Director-General

- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Dept. of Integrated Research for Agriculture
- Dept. of Rice Research
- Dept. of Lowland Farming



Chugoku National Agricultural Experiment Station

6-12-1, Nishifukatsu, Fukuyama, Hiroshima 721, Japan Telephone: 0849-23-4100 Fax: 0849-24-7893 Internet Address <http://ss.cgk.affrc.go.jp/>

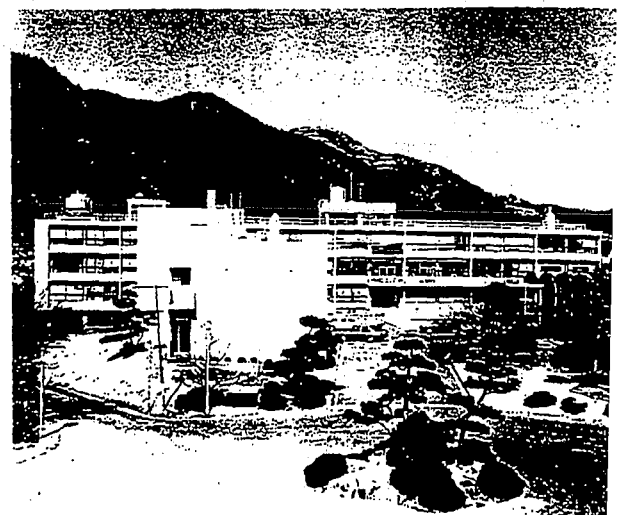
Description of Research

1. Farming systems using regional resources in hilly and mountainous areas conditioned with shorter access to big urban markets.
2. High value production and light works of main crops by Breeding, cultivation methods, farm mechanization and post harvest technology.
3. Stabilized production of high quality vegetables by cultivation methods and soil management of uplands.
4. Sustainable and high quality production of beef cattle by utilization of genetic resources, feeding system and pasturing on grassland
5. Environmentally conscious production control of high value products by management of pests, disease and soil, and efficient use of local climatic resources.

Organization

Director-General

- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Dept. of Integrated Research for Agriculture
- Dept. of Agro-environmental Management
- Dept. of Crop Breeding
- Dept. of Upland Farming (Ayabe, Kyoto Pref.)
- Dept. of Animal Production (Oda, Shimane Pref.)



Shikoku National Agricultural Experiment Station

1-3-1, Senyu-cho, Zentsuji, Kagawa 765, Japan Telephone: 0877-62-0800 Fax.: 0877-63-1683 Internet Address <http://ss.skk.affrc.go.jp/>

(Description of Research)

1. Improvement of labor-saving horticultural systems mainly for high quality fruits, vegetables and flowers utilizing natural resources in the Shikoku district.
2. Crop improvement, evaluation of plant genetic resources and development of crop utilization for new demands of the consumers.
3. Design of infrastructure for agricultural activities on symbiotic bases with natural environments in hilly and mountainous areas of the district.
4. Socio-economic researches for systematic development of agriculture in the district.



Organization

Director-General

- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Dept. of Integrated Research for Agriculture
- Dept. of Hill Land Agriculture
- Dept. of Crop Science

Kyushu National Agricultural Experiment Station

2421, Suya, Nishigoshi, Kumamoto, 861-11, Japan, Telephone: 096-242-1150 Fax.: 096-249-1002 Internet Address <http://ss.knaes.affrc.go.jp/>

(Description of Research)

1. Integration of agricultural technologies for rural development.
2. Development of crop cultivation technology compatible with the conservation of the natural environment for high quality and productivity.
3. Production of high quality pasture and forage crops, and production of domestic animals with high quality compatible with environmental conservation in the warm region.
4. Breeding of crops with high quality and productivity in the warm region, and development of technology for distribution and utilization.
5. Development of integrated management of important plant diseases and pests in Kyushu and Okinawa.



Organization

Director-General

- Deputy Director-General
- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Dept. of Integrated Research for Agriculture
- Dept. of Recalcitrant Disease and Pest Management
- Dept. of Crop Breeding
- Dept. of Lowland Farming (Chikugo, Fukuoka Pref.)
- Dept. of Upland Farming (Miyakonojo, Miyazaki Pref.)
- Dept. of Animal Production
- Dept. of Grasslands
- Dept. of Agro-Environmental Management

National Research Institute of Agricultural Economics

2-1, Nishigahara 2-chome, Kita-ku, Tokyo 114, Japan Telephone: 03-3910-3946 Fax.: 03-3940-0232 Internet Address <http://ss.nriae.affrc.go.jp/>

(Description of Research)

1. Supply-demand of agricultural products, marketing systems, agriculture-related industries, and their related policies, etc.
2. Various conditions of agricultural production structure, agricultural work force structure, rural organization, rural area policies etc.
3. World agricultural policies, structures, trends in international trade of agricultural products, Japan's agricultural co-operation to developing countries.
4. Socio-economic aspects related to environmental problems.

Organization

Director-General

- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Dept. of Economic Analysis
- Dept. of Structural Analysis
- Dept. of Foreign Agriculture
- Dept. of Library and Information



National Institute of Sericultural and Entomological Science

1-2, Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan Telephone: 0298-38-6026 Fax.: 0298-38-6028 Internet Address <http://ss.nises.affrc.go.jp/>

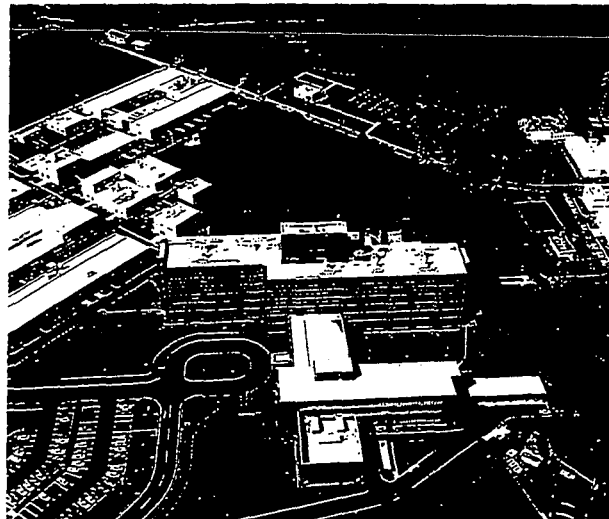
Description of Research

1. Analysis of the gene expression mechanisms of insects and development of techniques for the control and utilization of these mechanisms.
2. Analysis of biological mechanisms of insects and development of techniques for the control and utilization of these mechanisms.
3. Chemical and physical analysis of Insect natural products and development of methods of utilization.
4. Development of systems for efficient production of cocoons and development of new silk materials.

Organization

Director-General

- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Entomological Research Coordinator
- Dept. of Insect Genetics and Breeding
- Dept. of Insect Physiology and Behavior
- Dept. of Insect Technology
- Dept. of Sericulture



National Institute of Animal Health

3-1-1, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan Telephone: 0298-38-7713 Fax.: 0298-38-7880 Internet Address <http://ss.niah.affrc.go.jp/>

Description of Research

1. Characterization and ecology of pathogenic agents
2. Investigation on pathogenesis of infectious diseases and host
3. Molecular and cellular studies on immunology
4. Improvement diagnostic techniques and preventive methods for infectious diseases
5. Development of preventive and control measures of exotic diseases
6. Investigation on pathogenesis and development of preventive methods of production diseases
7. Development of technologies for safety of feed and feed additives

Organization

Director-General

- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Director for Poultry Disease Research
- Director for Pasturing Disease Research
- Dept. of Bacteriology and Parasitology
- Dept. of Virology
- Dept. of Pathology and Physiology
- Dept. of Immunology
- Dept. of Systematic Diagnosis
- Dept. of Exotic Disease
- Dept. of Feed Safety
- Dept. of Biological Product
- Kagawa Research Station (Subpref. Hoksaido)
- Kagoshima Research Station (Kagoshima, Kagoshima Pref.)



National Food Research Institute

2-1-2, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan Telephone: 0298-38-7971 Fax.: 0298-38-7996 Internet Address <http://ss.nfri.affrc.go.jp/>

Description of Research

1. Analysis and evaluation of food composition
2. Evaluation and utilization of food materials
3. Development of technologies for processing and distribution
4. Development and utilization of biological functions

Organization

Director-General

- Dept. of Research Planning and Coordination
- Dept. of Administration
- Dept. of Food Science
- Dept. of Food Analysis and Assessment
- Dept. of Food Function
- Dept. of Postharvest Technology
- Dept. of Food Resource
- Dept. of Applied Microbiology
- Dept. of Biological Function
- Dept. of Food Engineering



Japan International Research Center for Agricultural Sciences

Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan Telephone: 0298-38-6313 Fax: 0298-38-6316 Internet Address <http://ss.jircas.affrc.go.jp/>

Description of Research

1. Research collaboration on appropriate technology to achieve sustainable development of agriculture, forestry and fisheries compatible with the preservation of environmental resources and natural eco-systems in the developing regions.
2. Promotion of basic advanced studies related to biotechnological fields and computer simulation of selected biological and environmental processes relevant to the developing regions.
3. Development of information systems through the compilation and analysis of data relating to agriculture, forestry and fisheries in the developing countries, including socio-economic studies.

Organization

- Director General
- Deputy Director General
- Director of Research Planning and Coordination
- Director of Administration
- Director of Research Management
- Director of International Cooperation
- Director of Information Systems
- Director of Library
- Director of Finance
- Director of Public Relations
- Director of Maintenance
- Director of Safety
- Director of Environmental Sanitation



Forestry and Forest Products Research Institute

1, Matsunosato, Kukizaki, Inashiki-gun, Ibaraki 305, Japan Telephone: 0298-73-3211 Fax: 0298-74-8507 Internet Address <http://ss.ffpri.affrc.go.jp/>

Description of Research

1. Elucidation of properties of forest ecosystem and promotion of environmental function of forest.
2. Increase of forest production and improvement of forest productivity.
3. Improvement of timber utilization technology and development of new usage of wood resources.
4. Innovation of technology by development and utilization of forest biological function.
5. Development of regional forestry and diversified techniques of forest utilization.
6. Promotion of international research and contribution to global environment.

Organization

- Director General
- Deputy Director General
- Director of Research Planning and Coordination
- Director of Administration
- Director of Research Management
- Director of International Cooperation
- Director of Information Systems
- Director of Library
- Director of Finance
- Director of Public Relations
- Director of Maintenance
- Director of Safety
- Director of Environmental Sanitation
- Director of Research Planning and Coordination
- Director of Administration
- Director of Research Management
- Director of International Cooperation
- Director of Information Systems
- Director of Library
- Director of Finance
- Director of Public Relations
- Director of Maintenance
- Director of Safety
- Director of Environmental Sanitation



Hokkaido National Fisheries Research Institute

116, Katsurakoi, Kushiro, Hokkaido 085, Japan Telephone: 0154-91-9136 Fax: 0154-91-9355 Internet Address <http://ss.hnf.affrc.go.jp/>

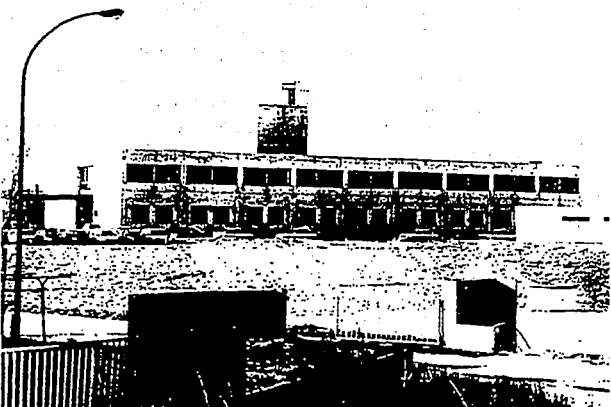
Description of Research

1. Biology, abundance and distribution dynamics of commercially important fish species.
2. Methods for adequate management of stock and fishery.
3. Oceanographical structure of waters adjacent to Hokkaido and its fluctuation, and mechanism of the waters as the environment of fisheries resources.
4. Physiological and ecological characteristics of important fisheries resources.
5. Evaluation of carrying capacity of sea farming areas.
6. Breeding techniques to produce superior strains

Organization

Director-General

- Research Planning and Coordination Division
- General Affairs Section
- Resources Management Division
- Fisheries Oceanography Division
- Resources Enhancement Division
- Research Vessel Hokko-maru
- Research Vessel Tankai-maru



Tohoku National Fisheries Research Institute

27-5, Shinhama-cho 3-chome, Shiogama, Miyagi 985, Japan Telephone: 022-365-1191 Fax.: 022-367-1250 Internet Address <http://ss.myg.affrc.go.jp/>

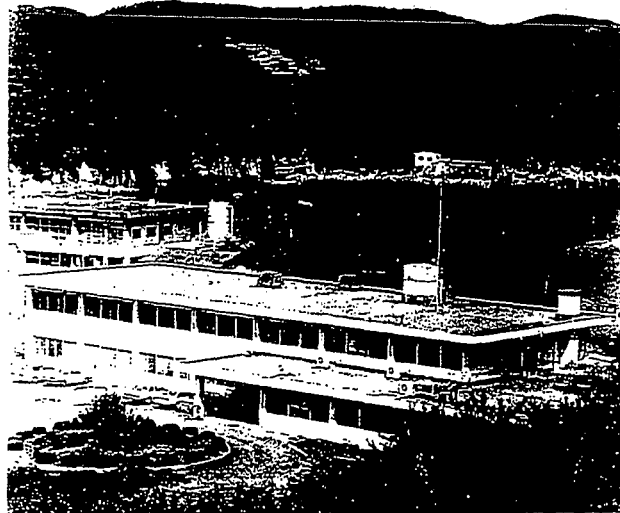
Description of Research

1. Ecology of pelagic migratory fishes, ground fishes and squids, in order to elucidate mechanisms of their stock fluctuations.
2. Suitable method for managing the fishery resources and fish.
3. Dynamics of the hydrographic structure and the primary and zooplankton production in the area of Kuroshio-Oyashio iteration in relation to fishery resources.
4. Physiology and ecology of sea-farming species as well as estimating the carrying capacity of coastal sea farms.
5. Enhancement and breeding of fishes introducing biotechnology.

Organization

Director-General

- Research Planning and Coordination Division
- General Affairs Section
- Resources Management Division
- Fisheries Oceanography Division
- Resource Enhancement Division
- Hachinohe Branch (Hachinohe, Akomori Pref.)
- Research Vessel Wakataka-maru



National Research Institute of Fisheries Science

12-4, Fukuura 2-chome, Kanazawa-ku, Yokohama, Kanagawa 236, Japan Telephone: 045-766-7615 Fax.: 045-788-5001 Internet Address <http://ss.nrifs.affrc.go.jp/>

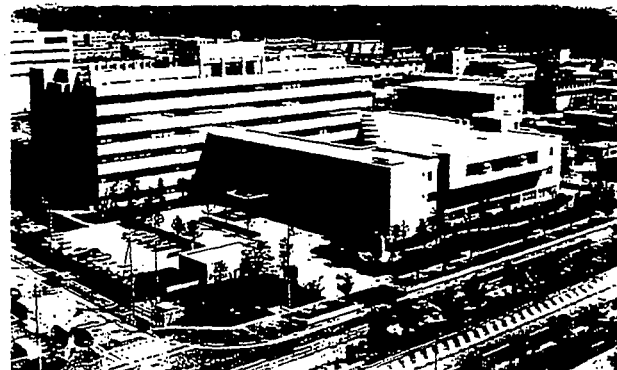
Description of Research

1. The ecology on pelagic fishes evaluation of their abundance, analysis of the mechanism of the fluctuation, and the rational management system on fisheries.
2. Biological function on marine organism using bio-chemical technique.
3. The mechanism on the formation of fishing grounds in the central region off the Pacific coast and its adjacent waters, and analysis on the oceanographic structure and its fluctuation among ocean currents.
4. Technology on propagation of fresh water fishes.
5. Technology on processing, preservation and quality control of marine products.
6. Conservation of natural environment and monitoring on effects of harmful materials in oceanic areas.
7. Socioeconomic assessment on relationship between demand and supply, on marketing of marine products and on fisheries business.

Organization

Director-General

- Research Planning and Coordination Division
- General Administration Division
- Marine Biology Division
- Bio-Fishery Division
- Marine Productivity Division
- Freshwater Fisheries and Environment Division (Iwata, Iwate Pref.)
- Marine Biotechnology Division
- Food Processing and Preservation Division
- Environmental Conservation Division (Yokosuka)
- Fishery Management and Economy Division
- Special Research Department
- Research Vessel Tokai-maru



Nansei National Fisheries Research Institute

2-17-5, Maruishi, Ohno-cho, Saeki-gun, Hiroshima 739-04, Japan Telephone: 0829-55-0666 Fax.: 0829-54-1216 Internet Address <http://ss.nnf.affrc.go.jp/>

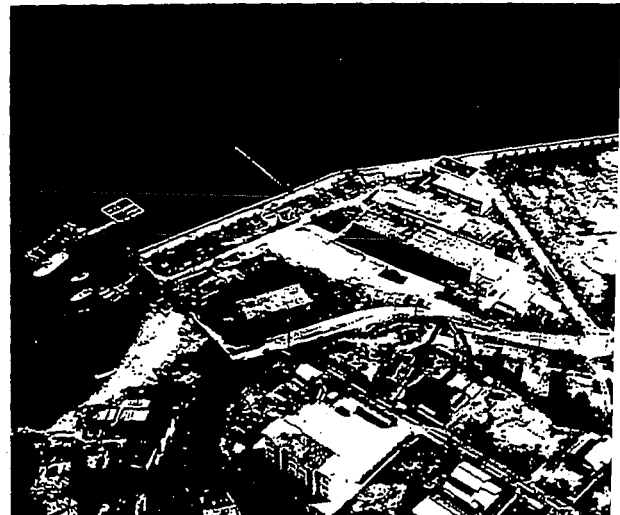
Description of Research

1. Ecological studies on pelagic fishes, ground fishes and other fisheries resources.
2. Population dynamics and fisheries management.
3. Oceanographical studies on physico-chemical condition and primary production in the southern Japan area.
4. Physiological studies, analysis of carrying capacities and introduction of biotechnology on commercially important species including fishes, shellfishes and seaweeds for the development of propagation and breeding techniques.
5. Life history of red tide plankton and cause of occurrence, and environment survey for protecting fisheries grounds.

Organization

Director-General

- Research Planning and Coordination Division
- General Affairs Section
- Inland Sea Resources Management Division
- Pacific Coast Research Division (Kochi, Kochi Pref.)
- Red Tide Research Division
- Resource Enhancement Division
- Research Vessel Shirafuji-maru
- Research Vessel Kotaka-maru (Kochi, Kochi Pref.)



Seikai National Fisheries Research Institute

49 Kokubu, Nagasaki, Nagasaki 850, Japan Telephone: 0958-22-8158 Fax.: 0958-21-4494 Internet Address <http://ss.snf.affrc.go.jp/>

Description of Research

1. Estimation and forecasting of stock abundance of the fishery resources, and ecological studies on fluctuation mechanism of the fish population.
2. Technical problems related to fishery resources management.
3. Physical, chemical and biological researches on the oceanic structure.
4. Oceanic information obtained from such high-technological equipment as remote sensor, artificial satellite.
5. Physiological and ecological studies, carrying capacity and breeding by means of biotechnology on the important living resources (e.g. red sea bream, abalone and nori (sea weed)) in the coastal waters.



Organization

Director-General

- Research Planning and Coordination Division
- General Affairs Section
- Resources Management Division
- Fisheries Oceanography Division
- Resource Enhancement Division
- (Nishiki Tropical Station (Nishiki, Kagoshima))
- Research Vessel Yoko-maru

Japan Sea National Fisheries Research Institute

5939-22, Suido-cho 1-chome, Niigata 951, Japan Telephone: 025-228-0451 Fax.: 025-224-0950 Internet Address <http://ss.jsnf.affrc.go.jp/>

Description of Research

1. Biological studies on commercially important species as well as living organisms in the members of marine environments.
2. Estimation of standing stocks and forecasting future stock conditions of pelagic and ground fishes, and resource management of important species.
3. Analysis of sea structure and fluctuation mechanism of the Sea of Japan, and production of lower-level organisms in marine ecosystem.
4. Propagation and management of important fishes and shellfishes in coastal waters of the Sea of Japan, and their genetical analysis by means of biotechnology.



Organization

Director-General

- Research Planning and Coordination Division
- General Affairs Section
- Resources Management Division
- Fisheries Oceanography Division
- Resource Enhancement Division
- Research Vessel Mizuho-maru (ISOGT)

National Research Institute of Far Sea Fisheries

7-1, Orido 5-chome, Shimizu, Shizuoka 424, Japan Telephone: 0543-36-6000 Fax.: 0543-35-9642 Internet Address <http://ss.enyo.affrc.go.jp/>

Description of Research

1. Ecologies and stock assessments of salmon, tuna, groundfish, squid, krill, seal and whale in the far seas.
2. Management technology for fisheries resource and fisheries.
3. Global scale oceanography.
4. Mechanism of primary production and development of new techniques for oceanographic observations.

Organization

Director-General

- Research Planning and Coordination Division
- General Administration Division
- North Pacific Resources Division
- Pelagic Fish Resources Division
- Oceanic Resources Division
- Oceanography and Southern Ocean Resources Division
- Research Vessel Shunyo-maru



National Research Institute of Aquaculture

Nansei, Mie 516-01, Japan Telephone: 05996-6-1830 Fax.: 05996-6-1962 Internet Address <http://ss.nria.affrc.go.jp>

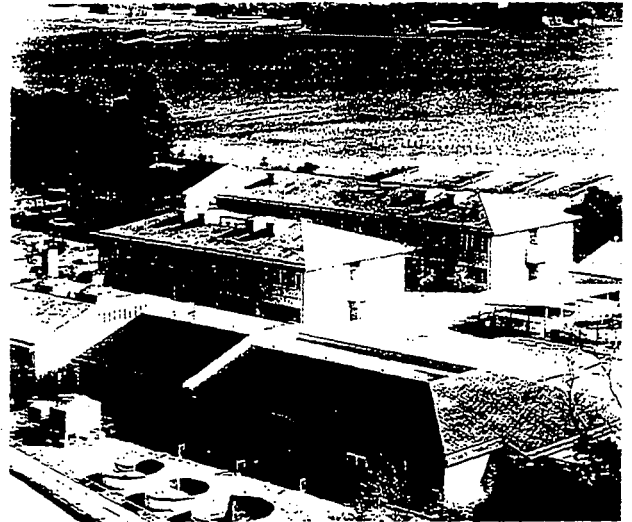
Description of Research

1. Collection and preservation of genetic resources and production of useful races strains.
2. Mechanisms of early development, maturation and spawning for production of healthy seedlings.
3. Biogenic functions and nutrient metabolisms and improvement of diets.
4. The optimum conditions for intensive production and behavioral and migratory mechanisms.
5. Techniques for control of the fish health and prevention of fish pathogens.
6. New aquaculture techniques by means of the gene and chromosome manipulations.

Organization

Director-General

- Research Planning and Coordination Division
- General Affairs Section
- Aquaculture and Fishing Port Engineering Division
- Fishing Boat and Instrument Division
- Fishing Gear and Methods Division
- Research vessel Taka-maru



National Research Institute of Fisheries Engineering

Ebidai, Hasaki, Kashima-gun, Ibaraki 314-04, Japan Telephone: 0479-44-4961 Fax: 0479-44-1675 Internet Address <http://ss.nrife.affrc.go.jp>

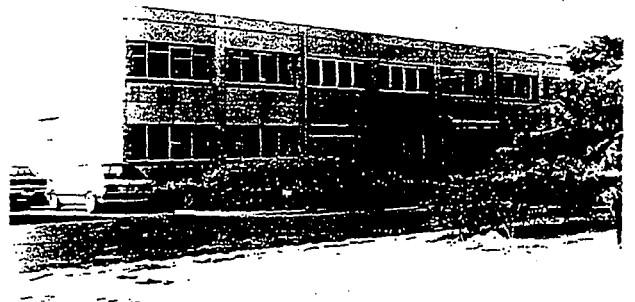
Description of Research

1. Aquaculture facilities development based on analysis of behaviors of marine organisms under physico-chemical circumstances.
2. Efficient and selective fishing gear and methods oriented to sustainable resources management and an energy optimization.
3. High efficient fishing boats by improving hull forms and machines.
4. Multi-purpose fishing ports and construction methods of fishing ports.
5. Measuring instruments for fisheries and marine research.

Organization

Director-General

- Research Planning and Coordination Division
- General Affairs Section
- Aquaculture and Fishing Port Engineering Division
- Fishing Boat and Instrument Division
- Fishing Gear and Methods Division
- Research vessel Taka-maru



Gene Bank, National Center of Genetic Resources, MAFF

212-Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan Telephone: 0298-38-7050, 7456 (DNA) Fax: 0298-38-7408 Internet Address <http://www.dna.affrc.go.jp/>

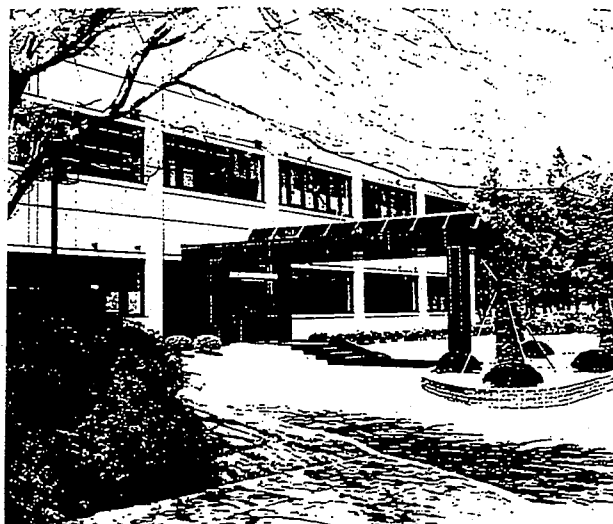
The MAFF Gene Bank Project has been promoted since 1985 for the purpose of collecting genetic resources of plants, microorganisms, animals, forest trees and aquatic organisms both in Japan and overseas. Its trends also to perform classification, identification, characteristic evaluation, multiplication, preservation, and to provide genetic resources and related information for research to national and public research institutions, universities and private sectors in order to promote national as well as international exchanges. In 1993 a DNA bank project was initiated to stock and distribute DNA materials and information. The National Center of Genetic Resources, MAFF is primarily in charge of the preservation and supply of seeds, microorganisms and DNA materials. The Management facilities also have function to perform data processing and characteristic analysis of plants, microorganisms, animals, and DNA information exchange provided by INTERNET for the advanced research fields of biotechnology and genome analysis.



Tsukuba Bioscience Hall

2-1-2 Kannondai Tsukuba, Ibaraki 305, Japan Telephone: 0298-38-7129 Fax.: 0298-38-7131 Internet Address <http://ss.cc.affrc.go.jp/tbh/tbh-info.html>

Tsukuba Bioscience Hall was established for the purpose of strengthening cooperation among industries, universities and national institutes, and the promotion of international research exchange. (1) In advanced fields of science and technology including biotechnology, joint research among the Ministry's own research groups, industries, universities, other national institutes and overseas groups. (2) various kinds of study courses, workshops including training for experiment. (3) International workshops, symposiums, lectures and seminars that anybody can attend and discuss at are activities conducted at the Tsukuba Bioscience Hall. Such seminars are held more than 40 times a year. Each theme is the most advanced in each research field and interdisciplinary in plural science fields. (4) About six thousand researchers from industries, universities and national institutes a year use the Bioscience Hall as a research exchange place.



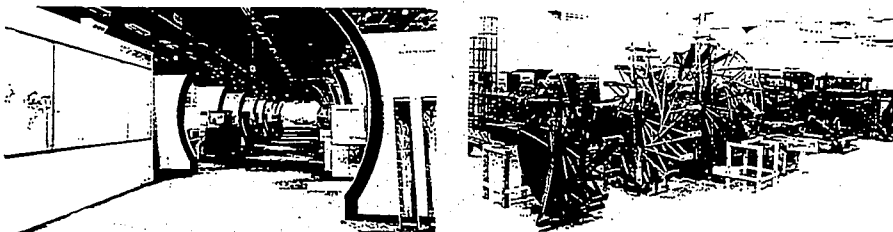
Tsukuba Agriculture Research Hall (Inside of National Agriculture Research Center (NARC))

3-1-1 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan Telephone: 0298-38-8979 Fax.: 0298-38-8982 Internet Address <http://gws41.trg.affrc.go.jp/>

This Hall is standing since April 1995, exhibiting the recent and main research achievements from the institutes affiliated to the MAFF. It has a role to promote further the understanding on agriculture not only among people interested in agriculture but also the general consumers.

The exhibitions are included in each corner on institutes, technological developments, national policies and environmental diorama, and then the collections pavilion of actual objects and tools of historical significance collected from all over Japan on agriculture, forestry and fisheries.

They are very attractive and easy to understand through the full application of the newest information media.



■ Visitors' Guide

Hours: Open Mon.-Fri. 9:00am-4:00pm
Closed Sat., Sun. and holidays and
from Dec.28-Jan.4
Admission: Free

BRAIN (Bio-oriented Technology Research Advancement Institution)

(Main Office) 1-40-2 Nisshin-cho, Omiya, Saitama 331, Japan Telephone: 048-663-3901 Fax.: 048-651-9655

(Tokyo Branch) 3-18-19 Toranomon, Minato-ku, Tokyo 105, Japan Telephone: 03-3459-6565 Fax.: 03-3459-6566 Internet Address <http://www.brain.go.jp/>

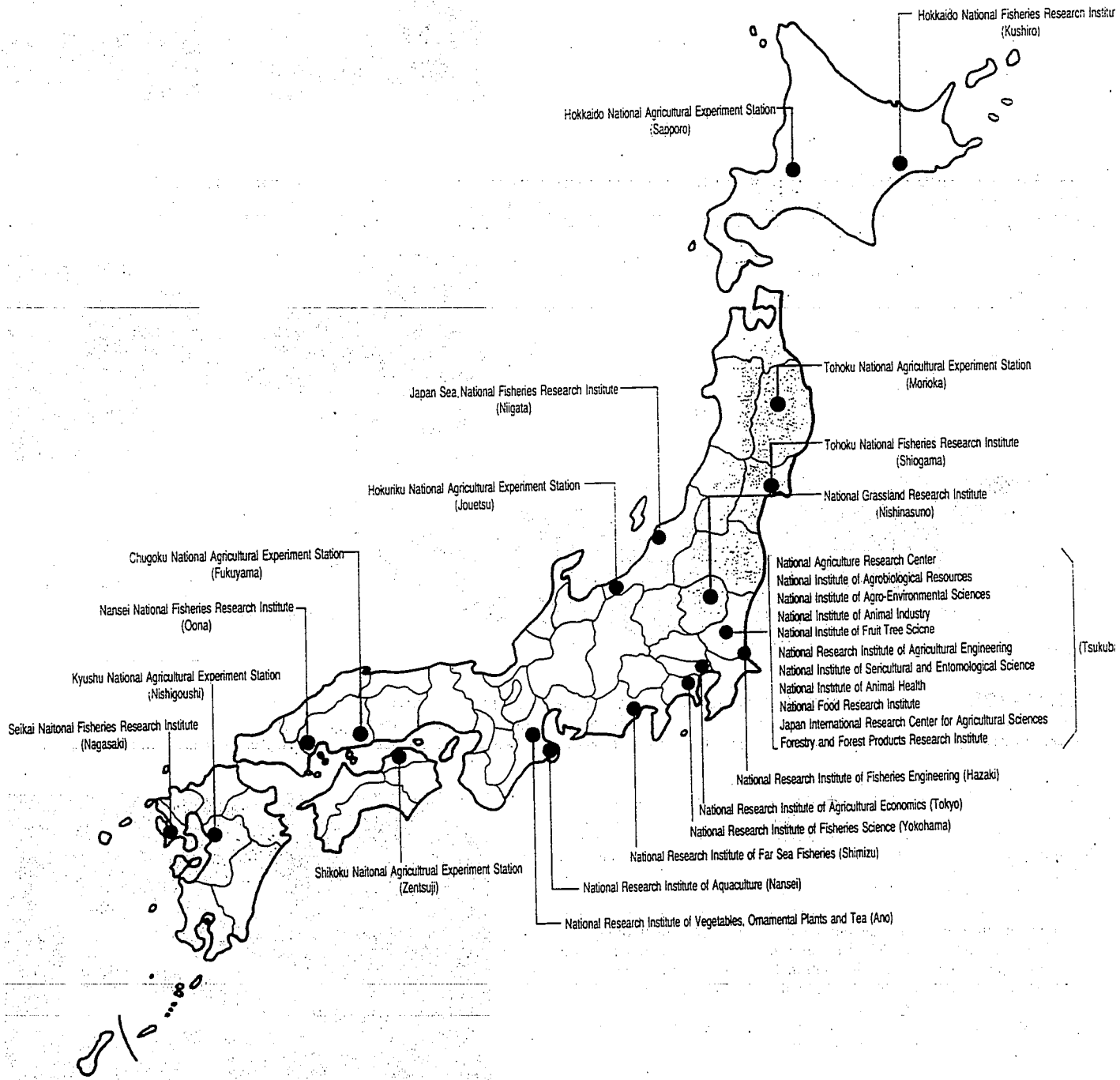
BRAIN, a semi-governmental organization established by parliamentary decree in October 1986 by reorganizing Institute of Agricultural Machinery(IAM), is funded by the government and the private sector and is controlled by both the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries and the Ministry of Finance.

The main functions of BRAIN are as follows:

1. Make investments extend loans and give services to the private sector engaged in research and development of bio-oriented technology.
2. Conduct basic research for development of bio-oriented technology in coordination with universities, national research institutes, etc.
3. Conduct research and test for agricultural machinery in five departments succeeded to IAM organization.
4. Conduct research and development of new agricultural technology for farmers through commission to the private sector.



Location of 29 Research Institutes of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

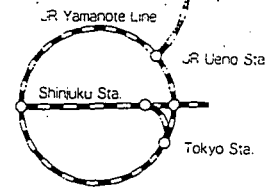
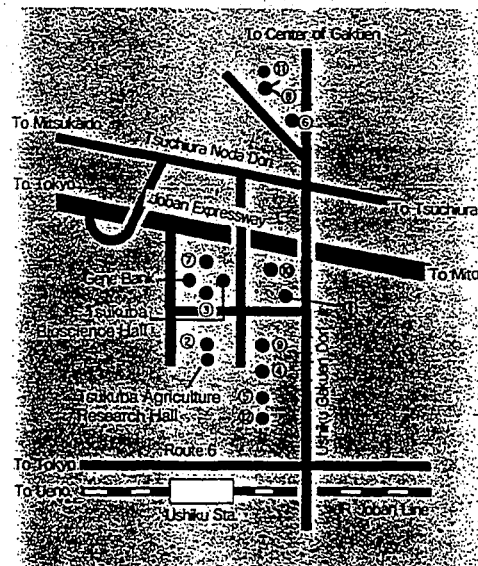
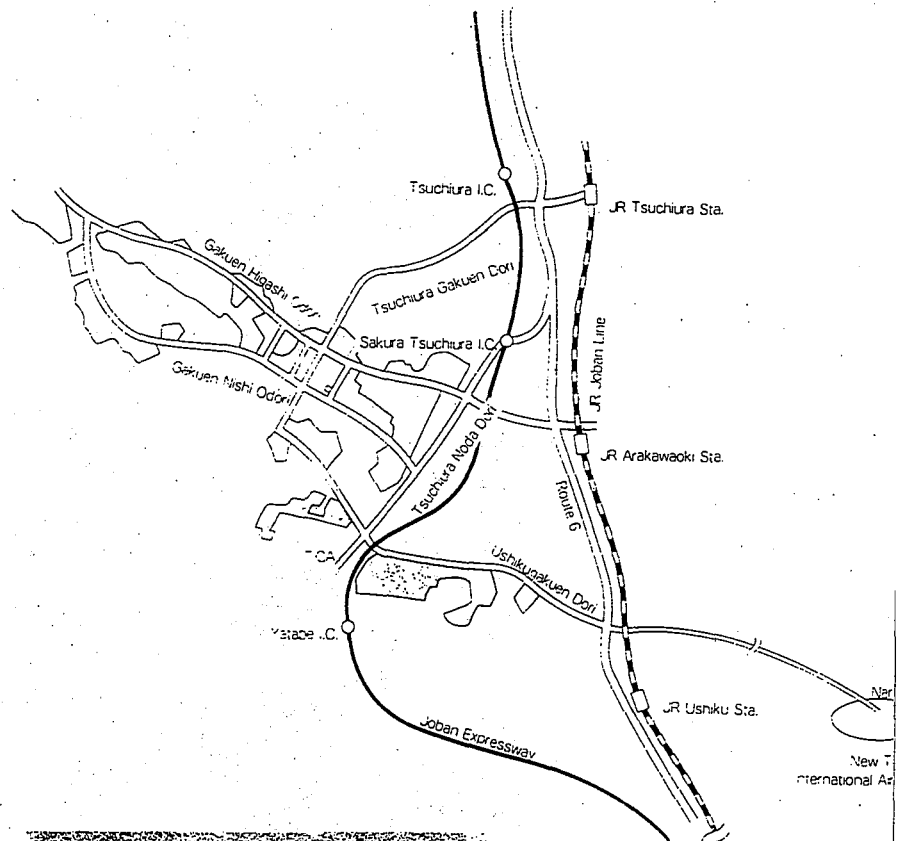


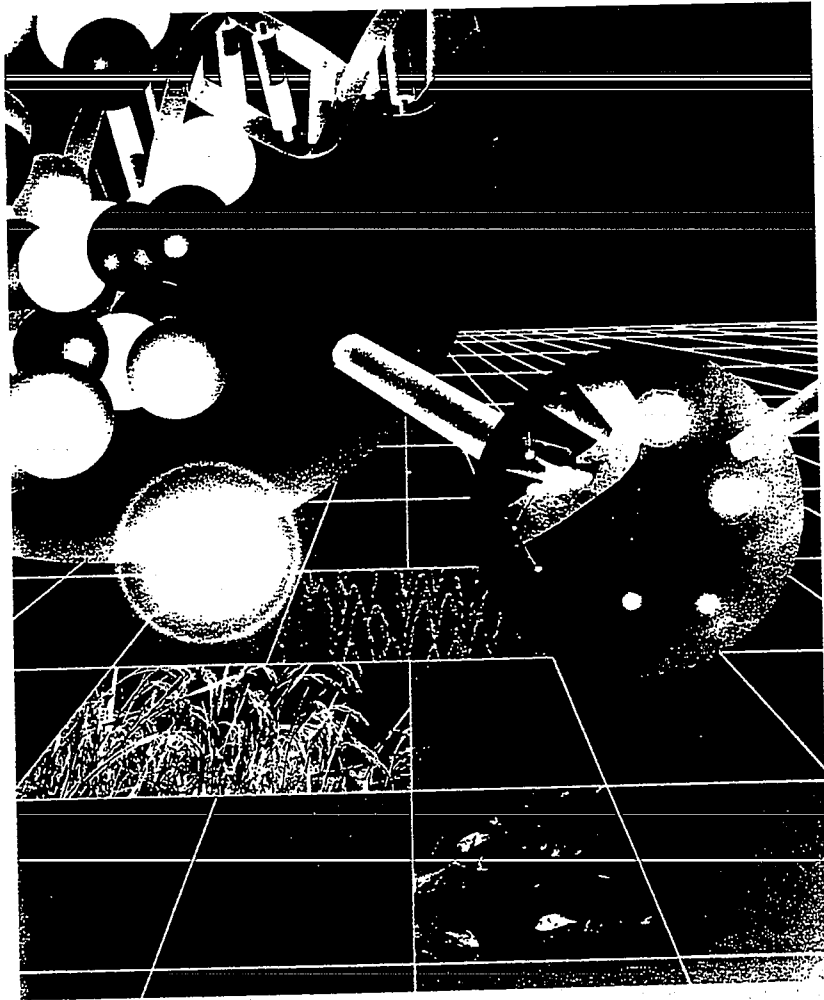
Tsukuba Science City

The Tsukuba Science City is located about 50 km northeast of Tokyo and 40 km northwest of the New Tokyo (Narita) International Airport. The surrounding area is rich in natural beauty with Lake Kasumigaura, the second largest lake of Japan, to the east and Mt. Tsukuba to the north. The local area covers approximately 29,000 ha, where the institutes and universities are situated systematically in accordance with the characteristics of studies for science and engineering, biology, education and training, construction and cooperative facilities.

Tsukuba Institutional Complex of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (TICA)

TICA is located in the southern area of the City as a part of the biology group. It has a 421 ha area out of the whole of the Science City District with 2,700 ha. TICA includes 12 organization of ① Tsukuba Office for Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat, ② National Agriculture Research Center, ③ National Institute of Agrobiological Resources, ④ National Institute of Agro-environmental Sciences, ⑤ National Institute of Animal Industry, ⑥ National Institute of Fruit Tree Science, ⑦ National Research Institute of Agricultural Engineering, ⑧ National Institute of Sericultural and Entomological Science, ⑨ National Institute of Animal Health, ⑩ National Food Research Institute, ⑪ Japan International Research Center for Agricultural Sciences, and ⑫ Forestry and Forest Products Research Institute.





Policy Planning and Research Division
Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat
1-2-1, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100, Japan
Telephone: 03-3502-8111 (Ext. 5048)
Internet Address <http://ss.s.affrc.go.jp/>

DFU-rapporter - index

- Nr. 1 Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav august 1995
Per Sand Kristensen
- Nr. 2 Blåmuslingebestanden i Limfjorden
Per Sand Kristensen, Per Dolmer, Erik Hoffmann
- Nr. 3 Forbedring og standardisering af CSW-tankføring
Marco Frederiksen, Karsten Bæk Olsen
- Nr. 4 Fiskeundersøgelse i Vejle Fjord 1993-1994
Hanne Nicolajsen, Josianne Støttrup, Leif Christensen
- Nr. 5 En undersøgelse af maveindholdet af Østersølaks 1 1994-1995
Ole Christensen
- Nr. 6 Udsætningsforsøg med Østersølaks
Gorm Rasmussen, Heine Glüsing
- Nr. 7 Kampen om Limfjorden
Kirsten Monrad Hansen
- Nr. 8 Tangetrappen 1994-95
Anders Koed, Gorm Rasmussen m.fl.
- Nr. 9 Status over bundgarnsfiskeriet i Danmark 1994
Anders Koed, Michael Ingemann Pedersen
- Nr. 10 Måling af kvalitet med funktionelle analyser og protein med nærinfrarød refleksion (NIR) på frosne torskeblokke
Niels Bøknæs
- Nr. 11 Acoustic monitoring of herring related to the establishment of a fixed link across the Sound between Copenhagen and Malmö
J. Rasmus Nielsen
- Nr. 12 Blåmuslingers vækst og dødelighed i Limfjorden
Per Dolmer
- Nr. 13 Mærkningsforsøg med ørred og regnbueørred i Århus Bugt og Isefjorden
Heine Glüsing, Gorm Rasmussen
- Nr. 14 Jomfruhummerfiskeriet og bestandene i de danske farvande
Mette Bertelsen

- Nr. 15 Bærekapacitet for havørred (*Salmo trutta* L.) i Limfjorden
Kaare Manniche Ebert
- Nr. 16 Sild og brisling i Limfjorden
Jens Pedersen
- Nr. 17 Produktionskæden fra frysetrawler via optøning til dobbeltfrossen torskefilet -
Optøningsrapport (del 1)
Niels Bøknæs
- Nr. 18 Produktionskæden fra frysetrawler via optøning til dobbeltfrossen torskefilet -
Optøningsrapport (del 2)
Niels Bøknæs
- Nr. 19 Automatisk inspektion og sortering af sildefileter
Stella Jónsdóttir, Magnús Thor Ásmundsson, Leif Kraus
- Nr. 20 Udsætning af helt, *Coregonus lavaretus* L., i Ring Sø ved Brædstrup
Thomas Plesner og Søren Berg
- Nr. 21 Udsætningsforsøg med ørred (*Salmo trutta* L.) i jyske og sjællandske vandløb
Heine Glüsing og Gorm Rasmussen
- Nr. 22 Kvalitetsstyring og målemetoder i den danske fiskeindustri. Resultater fra en spørge-
brevsundersøgelse
Stella Jónsdóttir
- Nr. 23 Quality of chilled, vacuum packed cold-smoked salmon
Lisbeth Truelstrup Hansen, Ph.D. thesis
- Nr. 24 Investigations of fish diseases in common dab (*Limanda limanda*) in Danish Waters
Stig Møllergaard (Ph.D. thesis)
- Nr. 25 Fiskeribiologiske undersøgelser i Limfjorden 1993 - 1996
Erik Hoffmann
- Nr. 26 Selectivity of gillnets in the North Sea, English Channel and Bay of Biscay (AIR-
project AIR2-93-1122 Final progress report)
Holger Hovgård og Peter Lewy
- Nr. 27 Prognose og biologisk rådgivning for fiskeriet i 1997
Poul Degnbol
- Nr. 28 Grundlaget for fiskeudsætninger i Danmark
Michael M. Hansen
- Nr. 29 Havørredbestandene i Odense Å og Stavids Å systemerne i relation til Fynsværket
Anders Koed, Gorm Rasmussen og Espen Barkholt Rasmussen

- Nr. 30 Havørredfiskeriet i Odense Fjord 1995, herunder fiskeriet i Odense Gl. Kanal og den nedre del af Odense Å
Espen Barkholt Rasmussen og Anders Koed
- Nr. 31 Evaluering af udsætninger af pighvarrer i Limfjorden, Odense Fjord og ved Nordsjælland 1991-1992
Josianne Gatt Støttrup, Klaus Lehmann og Hanne Nicolajsen
- Nr. 32 Smolt dødeligheder i Tange Sø. Undersøgt i foråret 1996
Niels Jepsen, Kim Aarestrup og Gorm Rasmussen
- Nr. 33 Overlevelse af udsætningsfisk. Overlevelsen af dambrugsopdrættet ørred (*Salmo trutta*) efter udsætning i et naturligt vandløb. I. Indflydelse af social status
Henrik Schurmann
- Nr. 34 Bestandsundersøgelser i bornholmske vandløb til belysning af den naturlige ørredproduktion og effekten af udsætning af ørredyngel
Ole Christensen
- Nr. 35 Hornfisk - Indbygget kvalitetssikring (IKS) med sporbar dokumentation
Karsten Bæk Olsen
- Nr. 36 Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav august 1996
Per Sand Kristensen
- Nr. 37 Hjertemuslinger (*Derastoderma edule*) på fiskebankerne omkring Grådyb i Vadehavet april 1997
Per Sand Kristensen
- Nr. 38 Blåmuslinger i Limfjorden 1996 og 1997
Erik Hoffmann og Per Sand Kristensen
- Nr. 39 Forsøgsfiskeri i det sydlige Kattegat efter molboøsters (*Arctica islandica*) juni 1997
Per Sand Kristensen, Per Dolmer og Erik Hoffmann
- Nr.40a Laksefiskene og fiskeriet i vadehavsområdet
- Bilagsrapport
Samarbejdsprojekt mellem Danmarks Fiskeriundersøgelser, Ribe Amt og Sønderjyllands Amt
- Nr.40b Laksefiskene og fiskeriet i vadehavsområdet
- Supplerende undersøgelser
Samarbejdsprojekt mellem Danmarks Fiskeriundersøgelser, Ribe Amt og Sønderjyllands Amt

Nr.41 Fiskebestande og fiskeri i 1998
Poul Degnbol og Eskild Kirkegaard

Nr. 42 Kunstige rev. Review om formål, anvendelse og potentiale i danske farvande
Red. Josianne G. Støttrup og Hanna Stokholm

Nr. 42a Kunstige rev. Review om formål, anvendelse og potentiale i danske farvande.
Bilagsrapport. Red. Josianne G. Støttrup og Hanna Stokholm