

## Økologi og akvakultur

Vi kan i dag temmelig præcist forudsige effekter af infrastrukturarbejder og ændret udnyttelse af oplande på vandkvaliteten, mens påvirkning af habitater og højere trofiske niveauer såsom fisk og pattedyr i dag sker på et kvalitativt grundlag. Set i forhold til de betydelige omkostninger, der kan pålægges entreprenører for at sikre overholdelse af EU-direktiver, er det afgørende, at beslutningerne sker på det bedst mulige og objektive grundlag.

Akvakultur er det hurtigst voksende fødeproducerende erhverv med årlige vækstrater på ca. 6%, og en fortsat vækst er ønskelig for at producere mad til en stigende befolkning, at reducere fiskeritrykket på overfiskede bestande, og fordi opdræt af fisk og skaldyr er den mest miljøeffektive måde at producere protein på. Samtidigt er akvatiske fødevarer sunde og vores primære kilde til essentielle fedtsyrer.

På det økologiske område er formålet med udviklingsaktiviteterne at accelerere viden, der muliggør kvantitative vurderinger på habitat-, populations- og økosystemniveau af både naturlige og menneskeskabte påvirkninger - fx. som følge af større infrastrukturarbejder - tilførsler af forurenede stoffer og klimaændringer, og for akvakulturområdet er det overordnede formål at understøtte det danske akvakulturerhverv og myndigheder med viden, teknologi og løsninger, der kan udgøre grundlaget for en betydelig vækst i en bæredygtig akvakulturproduktion.

Indsatsen består af 5 delaktiviteter:

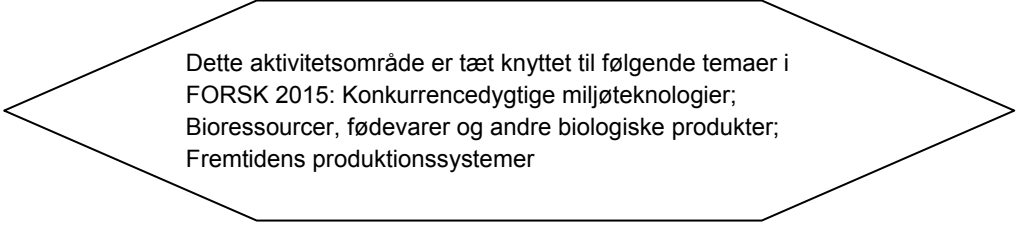
1. Udvikling af numeriske værktøjer til karakterisering af habitater, til kvantificering af påvirkninger og restaureringsarbejder.
2. Udvikling af et integreret økologisk modelsystem, som også omfatter større dyr, der bevæger sig uafhængigt af vandstrømme.
3. Bæredygtig akvakultur med fokus på minimering af miljøpåvirkning ved udvikling af prognoseværktøjer og reduktion af medicinforbrug.
4. Optimering af akvakulturproduktion ved forbedring af metoder til behandling af produktionsvand og -slam i recirkulerede opdrætsanlæg, ved udvikling af teknologi til løbende overvågning af off-shore opdrætssystemer samt metoder til effektiv opsamling af næringsstoffer ved hjælp af 'fangkulturer'.
5. Undersøge muligheder for anvendelse af 'undermåls' muslinger som protein- og fedtsyre-kilde i fiskefoder.

Efter gennemførelse af aktiviteterne vil vigtige milepæle være opnået:

- Numeriske modeller til planlægning og design af habitatrestaurering i vandløb og kystvande udviklet og afprøvet.
- Økosystemmodel, der integrerer traditionelle vandkvalitetsmodeller med individ-baserede modeller, udviklet og afprøvet.
- Kost-effektivitet af alternative kilder til marine råvarer (fiskefoder) undersøgt.
- 'Det virtuelle dambrug' med online monitorering og styring af afløbskontrol etableret.
- Hydrauliske modeller til dimensionering og beregning af fysisk belastning på marine produktionssystemer udviklet og afprøvet under feltforhold.
- Prognoseværktøjer til styring af fodring samt løbende overvågning af fisks tilstand i havbrug udviklet.

Målgrupperne for udviklingsaktiviteterne er dels danske myndigheder og rådgivere, der har krav på de bedste redskaber, som kan belyse påvirkninger på miljø, habitater og økosystemer og anvise veje, der mest kost-effektivt kan beskytte disse, og dels den danske akvakulturbranche, som står i en svær situation med øgede miljøkrav og stigende konkurrence fra lavprislande i SØ Asien. Branchen har brug for redskaber til produktivitetforbedring og en fortsat udvikling af produktion med et lavt økologisk 'fodaftryk'.

## Reference til FORSK 2015:



Dette aktivitetsområde er tæt knyttet til følgende temaer i FORSK 2015: Konkurrencedygtige miljøteknologier; Bioressourcer, fødevarer og andre biologiske produkter; Fremtidens produktionssystemer

Aktivetsområde:	Økologi & Akvakultur	Aktivetsområde nr. 5
www.BedreInnovation.dk	<p><b>Bioressourcer, fødevarer og andre biologiske produkter</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Miljøeffektiv akvakultur</li> <li>• Fødevarer sikkerhed</li> <li>• Virtuel fødevarerproduktion</li> </ul> <p><b>Bæredygtig infrastruktur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vand- og miljøhåndtering for store infrastrukturprojekter</li> </ul> <p><b>Miljøteknologier</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ballastvand</li> </ul>	
<p><b>Formål og målgruppe</b></p>	<p>Formålet med forsknings- og udviklingsaktiviteterne er på det økologiske område at accelerere viden, der muliggør kvantitative vurderinger på habitat-, populations-, og økosystemniveau af både naturlige og menneskeskabte påvirkninger - fx. som følge af større infrastrukturarbejder, tilførsler af forurenede stoffer og klimaændringer, og for akvakulturområdet at understøtte det danske akvakulturerhverv og myndigheder med viden, teknologi, og løsninger, der kan udgøre grundlaget for en betydelig vækst i en bæredygtig akvakulturproduktion.</p> <p>Aktivetsområdet er inddelt i seks hovedområder:</p> <p><i>Økologi:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Habitater og miljø</li> <li>2) Individbaserede økologiske modeller</li> </ol> <p><i>Akvakultur</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3) Akvakultur, samfund og miljø</li> <li>4) Produktionsoptimering</li> <li>5) Alternative marine råvarer</li> </ol> <p><b>Rationale og behov</b></p> <p>De seneste 30 år er der udviklet modelredskaber, der kan beskrive ændringer i stoftransporter, stofomsætning samt biomasse af planter og dyr i fødenettets nedre trin ('vandkvalitetsmodeller'). Højerestående dyr, organiseret i populationer og med specifikke krav til habitater, samt effekter på økosystemernes struktur er hidtil vurderet på et kvalitativt niveau. Dette skyldes ikke manglende viden om økologisk teori og sammenhænge, men primært utilstrækkelig viden omkring formulering af metoder til kvantitativt at opgøre påvirkninger på habitater og miljø. EU direktiver (Vandramme-, Fuglebeskyttelse-, Habitat-, og senest Havstrategidirektivet) opstiller specifikke krav til beskyttelse, men giver kun begrænset anvisning om, hvordan og med hvilken præcision beskyttelsesniveau og påvirkninger bestemmes. Da der kan være store omkostninger forbundet med både gennemførelse af Vurderinger af Virkninger på Miljøet (VVM)-undersøgelser for bygherrer og entreprenører og også at overholde gældende direktiver ved større infrastrukturarbejder, bør det være et krav, at dokumentationen er klar, kvantitativ og entydig. Dette er ikke tilfældet i dag.</p> <p>Indenfor økologi og vandkvalitet anvendes normalt koncentrationer af enkelt-variable som indikatorer i nationale og internationale miljøvurderinger, hvilket gør det svært netop at opnå et <i>overblik</i> over de økologiske forhold. I modsætning hertil anvendes indikatorer baseret på fler-parameter indikatorer ved diagnose af sygdomme og i miljøforvaltningen anvendes også mere komplekse indikatorer for at skaffe (landsdækkende) overblik over kemisk forurening af bla. grundvand. Gode screeningsværktøjer er nødvendige for at skabe overblik og prioritere indsatser og ved økologiske vurderinger bør værktøjer også afspejle systemernes funktioner.</p>	

Akvakultur er det hurtigst voksende fødeproducerende erhverv med årlige vækstrater på mellem 5 og 9% globalt. En fortsat udvikling er nødvendig for 1) at producere mad til en stigende befolkning, 2) at reducere fiskeritrykket på overfiskede bestande og en fortsat vækst er ønskelig fordi 3) akvatiske fødevarer er sunde og den primære kilde til essentielle fedtsyrer. Væksten sker primært i Asien og Sydamerika, mens udviklingen er stagneret i Europa og importen fra 3. verdenslande i dag dækker ca. 60% af den totale konsumtion af akvakulturprodukter i EU. EU Kommissionens første strategi for akvakultur i 2002 med fokus på bæredygtighed, sikkerhed, kvalitet samt miljøforhold blev understøttet med 98 mio. € (bla. under det 5. & 6. Rammeprogram for Forskning). De gennemførte aktiviteter har sikret et reguleret erhverv med strenge krav til produktionsforhold og miljøpåvirkning, mens den forventede produktionsøgning ikke er blevet indfriet. I Danmark har fokus på miljøforhold stort set lukket for nye produktionstilladelser, men med regeringens handlingsplan "En ny fremtid for dansk fiskeri og akvakultur" ([www.fiskeriudvikling.dk](http://www.fiskeriudvikling.dk)) fra 2008 planlægges med en fordobling af fiskeproduktionen (til ialt 100.000 tons/år) inden 2015 uden proportional øgning i miljøbelastningen. Hertil kommer EU Kommissionens initiativ fra april 2009 til "kick-start" af akvakulturproduktionen med fokus på øgning af produktionen.

De politiske intentioner er således tilstede, men for at opfylde målene er der brug for udvikling og overførsel af viden indenfor et bredt felt af GTS kompetencer, herunder optimering af produktions- og rensningsteknologier, der bidrager til øget konkurrenceevne og reduceret miljøpåvirkning, IKT til varsling af forringede miljøforhold og produktionsstyring, metoder til overvågning af miljøbelastning samt udvikling af nye fodertyper.

De foreslåede RDI-aktiviteter har bl.a. taget udgangspunkt i de behov, som er opgjort af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri i notatet fra februar 2009 "Prioriterede forsknings-, udviklings- og innovationsaktiviteter inden for akvakultur".

### **Målgrupper**

I den danske (og europæiske) befolkning er der stor fokus på miljøet, og danske myndigheder og rådgivere har krav på de bedste redskaber, som kan belyse påvirkninger på miljø, habitater og økosystemer og anviser veje, der mest kost-effektivt kan beskytte disse. Små og mellemstore rådgivningsvirksomheder deltager i vid udstrækning ved VVM undersøgelser og andre miljørelaterede vurderinger af aktiviteter på land, ved søer, åer, vådområder, langs kysten som på mere åbent vand i Danmark.

Den danske akvakulturbranche (primærproducenter, udstyrs- samt foderproducenter) består med 1-2 undtagelser af små og mellemstore virksomheder endnu uden selvstændigt forskningspotentiale. Disse SMV'er må derfor støtte sig til offentligt finansierede forsknings- og udviklingsprogrammer, der ikke altid er udarbejdet under hensyntagen til branchens behov. Her vil GTS-systemet være en vigtig spiller i fremtiden, som kan bidrage med fremadrettede løsninger delvist baseret på teknologi opbygget indenfor andre sektorer.

### **Målgruppeeffekt**

Gode vurderingsværktøjer til beskyttelse og restaurering af økosystemer og habitater giver rådgivere og myndigheder bedre muligheder for at træffe mere optimale beslutninger i problemstillinger, der vedrører det danske samfund i bred forstand og i konkrete sager med stor bevågenhed.

Tilgang til forbedrede vurderingsværktøjer og teknologi vil sikre at danske rådgivere fremover kan fastholde og udbygge en stærk position i Danmark og i udlandet. For danske myndigheder vil en stærk faglig basis

	<p>øge indflydelsen på væsentlige beslutninger indenfor miljøområdet i EU.</p> <p>Nye teknologier og vurderingsværktøjer baseret på state-of-the-art viden er en forudsætning for den planlagte ekspansion af akvakulturen i Danmark. Det forventes, at produktionsværdien af fisk, skaldyr vil kunne øges fra de nuværende 260 mio kr/år til 1.5-2.0 mia kr/år indenfor 5-10 år og også en betydelig meromsætning hos udstyrsproducenter kan forudses.</p>
<p><b>Aktivitetsplanens indhold</b></p>	<p>Aktiviteterne indenfor økologi omfatter 2 delaktiviteter. Disse delaktiviteter adresseres separat. .</p> <p><b>Habitater og miljø</b>  Beskyttelse af habitater er et gennemgående tema i flere EU-direktiver og i den danske lovgivning, men grundlæggende metoder til karakterisering af habitater samt metoder til kvantitativ opgørelse af naturlige og menneskeskabte påvirkninger af habitater er kun svagt udviklet. Rådgivere og entreprenører står derfor på usikker grund, når de skal dokumentere infrastrukturprojekters effekt på habitater.</p> <p><b>Ny viden og teknologi</b>  <i>Karakterisering af akvatiske habitater:</i> Levesteder for planter og dyr karakteriseres normalt ud fra simple fysiske oplysninger såsom vanddybde og substratforhold, der kan suppleres med information om lysforhold, saltholdighed, strøm og bølger. Kun undtagelsesvist indgår iltforhold og fødetilgængelighed i karakteriseringen af bundhabitater. De styrende forhold varierer betydeligt i tid, hvilket gør det vanskeligt at karakterisere disse på baggrund af målinger. For habitater i de frie vandmasser er det dynamiske aspekt endnu vigtigere. Numeriske modeller af strøm, bølger, kemiske- og biologiske processer kan levere disse data i tilstrækkelig opløsning, og udviklingsarbejde under RK 2007-2009 har vist muligheden for robuste habitatudpegninger og mere sikre afgrænsninger ved at kombinere resultater fra modellering med fysiske habitatforhold og empiriske udbredelsesdata.</p> <p>Der vil blive (i) udviklet operationelle metoder til habitat karakterisering, (ii) afprøvet metoder til numerisk kvantificering af påvirkninger på habitater såsom modeller baseret på stofbalancer i oplande til forklaring af udbredelse af nøgleorganismer fx. ålegræs i fjorde og kystvande, (iii) udviklet beregningsprocedurer, der direkte leverer de kriterier og indices der efterspørges i direktiver, (iv) identificeret dosis-respons sammenhænge og kritiske belastninger som gør det muligt at fokusere indsatsen for at beskytte habitater, reducere levedygtigheder for introducerede skadevoldere og gøre det kost-effektivt at genetablere evt. beskadigede habitater.</p> <p>Nye habitatmodeller blive udviklet for at beskrive dynamikken i de frie vandmasser, hvor hydrodynamiske fronter kan opfattes som vigtige habitater for plankton, planktivore fisk og havfugle. Disse vil markant forbedre mulighederne for at beregne udbredelse og påvirkning af højere trofiske niveauer ved infrastrukturprojekter.</p> <p><i>Restaurering af habitater:</i> Levesteder i vådområder, vandløb og kystvande er blevet forringet i varierende grad gennem dræning, regulering og fjernelse af stenrev ved fiskeri. Restaureringstiltag er gennemført i flere vandløb, og næringsreduktioner er gennemført for at ophjælpe ålegræsbestande, men alle stort set på et svagt empirisk grundlag - udlægning af "gydegrus" gør ikke nødvendigvis et vandløb til et "ørredvand", og forbedrede lysforhold har ikke bragt ålegræs tilbage - der kan være andre begrænsende forhold. I havet er der fjernet sten ved fiskeri, hvad der svarer til et areal på 32 km<sup>2</sup>, mens kun 2 km<sup>2</sup> stadig ligger hen som stenrev i dag. Ud over direkte effekter på fisk og skaldyr kan</p>

fjernelse af stenrev også have betydning for ilt- og miljøforhold ved bunden, fordi iltproducerende alger ikke kan hæfte fast på den bløde bund. DHI-modelberegninger for By og Landskabsstyrelsen har vist et stort potentiale for miljøforbedring i den centrale Limfjord ved at genetablere stenrev, men har også vist, at kost-effektiviteten afhænger af, hvor stenene placeres. Som et 'spin-off' kan etablering af off-shore vindmølleparker give gode muligheder for at genskabe habitater, og hvis hårdbundshabitater tænkes ind i designfasen af møllefundamenter og erosionsbeskyttelse, kan selv ubetydelige merudgifter føre til varige habitatforbedringer.

Indenfor restaurering af habitater i vådområder og ferske overfladevande vil der blive udviklet metoder til at kvantificere kost-effektivitet af forskellige restaureringstiltag i computermodeller.

Indenfor habitatrestaurering i havet vil (i) kritiske (sediment) forhold for reetablering af ålegræsbestande blive kvantificeret ved kombination af dynamisk modellering og lab. forsøg, (ii) det etablerede koncept med kunstige stenrev som redskab for habitatrestaurering og miljøforbedring i fjorde og kystvande ved anvendelse af dynamisk modellering vil blive gennemtestet, (iii) kost-effektiviteten af natursten og forskellige kommercielle design for kunstige rev vil blive analyseret, og (iv) metoder til at optimere revdesign i computermodeller (CFD) for at maksimere opblanding af vand og tilgodese kolonisering af både makroalger og større krebsdyr vil blive udviklet.

#### ***Forbedring af teknologisk service***

Operationaliseringen af økologiske teorier udgøre en ny ydelse indenfor GTS-nettet, som er unik på såvel det danske som det internationale marked og som på mellemkort sigt fundamentalt vil forbedre administrationen af de aktiviteter, der truer beskyttede habitater og økosystemer og vil gøre det muligt at målrette indsatsen ved genetablering af habitater. Som en yderligere gevinst vil VVM-processen i forbindelse med større infrastrukturarbejder blive mere gennemskuelig for de involverede entreprenører.

#### ***Markedsmodning***

1-3 år afhængig af delaktivitet.

#### ***Samarbejdspartnere og PhD-indsatser***

DHI har opbygget et godt nationalt og internationalt netværk indenfor habitatmodellering. DHI deltager sammen med SDU og KU (ferskvand) i projekt finansieret af det strategiske forskningsråd omkring reetablering af ålegræsbestande, og bidrager til fælles PhD med SDU. DHI samarbejder med prof. Rahbæk, leder af center for makroøkologi ved KU og med prof. Dalsgård, KU Life om modellering af habitater for mellemværter og parasitter til vandbårne sygdomme. Samarbejdet er udmøntet i 2 fælles PhD-studier, som vil fortsætte ind i den nye RK-periode. I den seneste RK-periode har DHI samarbejdet med RUC indenfor modellering af habitater for laksefisk bl.a. omkring en fælles PhD. Dette samarbejde fortsættes.

Indenfor pelagiske habitater er der indledt samarbejde med DTU-Aqua. Dette forventes udbygget via fælles PhD fokuserende på pelagiske habitater og udbredelse af fiskebestande.

#### ***International videnhjemtagning***

Der indledt samarbejde med University of Southampton, UK omkring ferskvandshabitater. Indenfor marine habitater er vigtige partnere Duke University, USA og Stockholm Universitet. Disse partnere er fagligt stærke i de biologiske discipliner og kan bringe værdifuld viden ind i DHIs habitatmodeller.

### **Individ-baserede økologiske modeller (IBM)**

I traditionelle økologiske modeller er de biologiske komponenter repræsenteret ved 'masser', som enten er fikserede eller bevæger sig passivt med vandstrømme. Denne 'Eulerske' tilgang betyder, at større arter som fisk og pattedyr, der bevæger sig uafhængigt af vandstrømme ikke formelt kan repræsenteres i disse modeller. I modsætning hertil er der 'individbaserede' modeller, hvor individet er udgangspunktet, og hvor adfærd samt bevægelse kan beskrives som en reaktion på forhold i det omgivelserne. Denne 'Lagrangeske' tilgang giver muligheder for realistisk at simulere større arters økologiske respons på ændrede livsbetingelser i et modellandskab. I RK for 2007-09 blev IBM funktionalitet implementeret i DHIs softwareprodukter, så det på brugerniveau er muligt at udvikle IBM modeller ovenpå hydrauliske og Eulerske vandkvalitetsmodeller.

### ***Ny viden og teknologi***

I RK 2010-12 integreres Euler og Lagrange tilgangene regneteknisk, således at det er muligt at beskrive 'feed-backs' fra eksempelvis fisk, som orienterer sig efter føden, men også spiser bunddyr og 'fjerner' disse i den Eulerske model. Det integrerede modelkoncept vil blive (i) implementeret i et forsimplet 3-dimensionalt rum, hvor der påtrykkes strømme (vand og næring) og en basal økologisk model etableres hvor Alger og Zooplankton gives mulighed for vertikal migration, mens Nitrogen følger vandstrømme og Detritus alene påtrykkes en synkehastighed, (ii) modellen testes for massebevarelse for næringsstoffer, kulstof og ilt. Den videre modeludvikling vil ske i tilknytning til større igangværende undersøgelser, hvor datagrundlaget er solidt, fx. VVM-undersøgelserne i forbindelse med den faste forbindelse over Femern Bælt eller omkring havvindmølleparker. Her vil det være oplagt at: (i) afprøve den integrerede model, fx. til belysning af (dræber)gopler effekt på populationen af sild.

### ***Forbedring i teknologisk service***

Det udviklede modelværktøj vil være enestående i Danmark og også på verdensplan. De foreslåede aktiviteter bringer IBM-ydelserne op på et avanceret niveau med mulighed for at løse mere komplicerede problemstillinger. Et fuldt integreret modelsystem vil forbedre mulighederne for at simulere højere trofiske niveauer i økologiske modeller med mere sikre prediktioner af påvirkninger på gydebestande af fisk ved større infrastrukturarbejder. Et integreret modelsystem kan også blive et fremtidens redskab ved forudsigelse af bestandsændringer i fiskepopulationer og på mellem-langt sigt kunne understøtte anbefalinger fra Det Internationale Havundersøgelsesråd (ICES) om EU's fastsættelse af fiskerikvoter.

### ***Markedsmodning***

De første kommercielle ydelser vil kunne tilbydes indenfor 1-1½ år, mens et fuldt udviklet værktøj vil være klar efter 2-2½ år.

### ***Samarbejdspartnere og PhD-indsatser***

For nærværende er der ingen konkurrenter i Danmark eller internationalt, men US Army Corps of Engineers kunne blive en seriøs konkurrent på lidt længere sigt. Samarbejde til styrkelse af modellernes biologiske processbeskrivelser etableres med KU, Århus Universitet og DTU-Aqua, samt University of Queensland, hvor videnshjemtagen via School of Geo, Plan & Management (Prof. R Johnstone) forventes at styrke robustheden af værktøjsudviklingen. I RK-periodens 2 år satses på en fælles PhD med DTU-Aqua.

### ***Akvakultur, samfund og miljø***

Akvakultur har bred politisk opbakning og stor samfundsmæssig interesse. Miljøspørgsmål har hidtil domineret den offentlige debat, og en stor planlagt udbygning af produktionen må nødvendigvis ske ved

anvendelse af produktionsmetoder, som er mindst skadeligt for miljøet. Også forhold som forbrugersikkerhed, certificeringer og påvirkninger fra et fremtidigt varmere klima er vigtige forhold.

### ***Ny viden og teknologi***

*Mediciner og hjælpestoffer* er nødvendige redskaber i akvakultur, når fiskene bliver syge. Medicinforbrug kan reduceres ved vaccination, men udvikling af vacciner til danske forhold sker langsomt, fordi fiskeproduktionen og det økonomiske underlag for udvikling er begrænset. Restriktive udlederkrav af mediciner samt produktionstilladelser, der afhænger af et forventet medicinforbrug sætter erhvervet i et dilemma, især når der er mangel på akvakultur produkter i Europa og Japan. Ud over miljøvenlige substitutioner er der ved dambrugsproduktion mulighed for at reducere udledninger ved tekniske løsninger, mens udledning fra åbne havbrug ikke kan kontrolleres fysisk. Her er der behov for dokumentation af de reelle medicintab til miljøet for at affeste gældende 'worst-case' scenarier, nemlig at alt indgivet medicin tabes til miljøet.

Indenfor dette tema vil (i) substitutioner af hjælpestoffer (fx formalin) blive afprøvet i konceptuelle modeller og suppleret med små-skala lab test og (ii) metoder til bestemmelse af aktuelt tab af mediciner fra havbrug blive udviklet og affestet ved kombination af a) sedimentationsrate af mediciner i fælder under og omkring havbrug, b) akkumulering af mediciner i passive samplere ('kunstige fisk') placeret omkring havbrug og c) verifikation af massebalance vha dynamisk modellering.

*Sikre muslinger og fisk:* De lovpligtige EU-regler, der skal garantere sikre fødevarer fra akvakulturen, opfyldes i dag udelukkende med traditionelle måleteknikker, der er langsomme og udgør en stor økonomisk byrde for et mindre erhverv i vækst. Udvikling af validerede prognoseværktøjer og biosensorer kan reducere branchens omkostninger og samtidigt forbedre fødevarerensikkerheden og mindske risiko for værditab af produktion.

Inden for dette tema udvikles (i) prognoseværktøjer der kan beskrive de aktuelle fysiske og biologiske forhold i produktions områder samt udviklingen for den følgende periode, inkl. udvikling af giftige alger og (ii) biosensorer baseret på kendte immunoassays-metodikker, der nedskaleres til microarray-prober, som muliggør hurtigere analyser og af flere giftstoffer på én gang hos producenten

### ***Forbedring i teknologisk service***

Der er ingen direkte konkurrenter på det danske marked til udvikling af *prognoseværktøj* for giftige alger. Anvendelse af dette vil forbedre fødevarerensikkerheden og i kombination med *biosensorer* kan antal kontrolprøver og producenterens omkostninger reduceres. Pålidelige værktøjer til at beskrive spredning af *medicin* i miljøet er en unik ydelse der giver mulighed for at opnå realistiske vurderinger og ikke de ekstreme 'worst-case' vurderinger som i dag er grundlaget for produktionstilladelser.

### ***Markedsmodning***

1-3 år afhængig af aktivitet

### ***Samarbejdspartnere***

Medicin og hjælpestoffer: Der etableres samarbejde med DTU-Aqua  
Sikre muslinger og fisk: DTU-Aqua, Orbicon & Fødevarerstyrelsen.

### ***International videnhjemtagning***

Sikre muslinger og fisk: Der er etableret samarbejde med Marine Biological Association of UK, Plymouth & Instituto Español de Oceanografía, Vigo Spain, som besidder attraktive kompetencer indenfor

prober og biosensorer målrettet mod giftige alger.

### **Produktionsoptimering**

Akvakulturen i Danmark skal konkurrere med produktioner fra lavindkomstlande og det nødvendiggør en løbende optimering af teknologier for at danske virksomheder kan blive i markedet.

### **Ny viden og teknologi**

*Dambrugsteknologi:* Danmark var verdensførende indenfor af ørreder i mere end 50 år og for at genvinde tabte markedsandele i et samfund som stiller store miljøkrav, er der brug for udvikling af effektive metoder til at reducere miljøpåvirkninger.

Indenfor dette tema optimeres metoder til behandling af produktions vand og slam i recirkulerede opdrætsanlæg ved (i) anvendelse af hydrauliske modeller til beskrivelse af strømninger i biofiltre, suppleret med (ii) procesmodeller samt (iii) forsøg (lab-skala / fuld-skala). Vigtige processer involverer partikelseparation, slamafvanding, -mineralisering og – deponering, iltning og CO<sub>2</sub>-stripping. Yderligere vil der blive (iv) udviklet systemer til online monitoring og styring af afløbskontrol og udbygning med procesmodeller til etablering af 'det virtuelle dambrug'.

*Fiskeproduktion i synergi med gartnerierhvervet:* Samarbejdsinitiativ med Agrotech under deres aktivitet 'Den Grønne Produktivitet' som ledende partner og DHI med bidrag til optimering af forhold for fisk.

*Havbrugsteknologi:* Fremtidens havbrug vil blive placeret stadig længere fra land hvor interessekonflikterne er mindre. Derfor diskuteres det seriøst om off-shore vindparker kan kombineres med akvakultur. En åben placering betyder, at kontrol af udledninger bliver mere vanskelig og omkostninger til etablering og drift øges. Der er behov for udvikling af metoder og teknologi til løbende overvågning, effektiv opsamling af næringsstoffer vha. 'fangkulturer' (alger og muslinger) samt for optimerede design af off-shore havbrug til fisk og fangkulturer. De foreslåede aktiviteter vil bygge på viden omkring muslingebrug opbygget og implementeret som et kommercielt DSS-produkt under RK 2007-09.

Indenfor dette tema vil der blive udviklet og anvendt: (i) CFD og mesoskala dynamiske modeller til dimensionering og beregning af fysisk belastning på produktionssystemer, (ii) varslingsystemer for ugunstige miljøforhold baseret på dynamiske modeller kombineret med assimilation af data fra jordobservationer og *in situ* sensorer samt (iii) koncepter til at imødegå ugunstige forhold. Endvidere udvikles (iv) prognoseværktøjer til styring af fodring, samt løbende overvågning af fisks tilstand ('stress'-sensorer placeret på fisk) med henblik på optimering af fodertildeling.

### **Forbedring i teknologisk service**

Anvendelse af koblede hydrauliske modeller og processmodeller ('det virtuelle dambrug') vil forbedre planlægning, design og drift af nye *recirkulerede dambrug*. Teknologiuudvikling i mindre erhverv som *Havbrug* er typisk drevet af 'trial-and-error', men med gode udsigter for erhvervet og en målrettet udviklingsindsats vil den teknologiske service komme på et avanceret niveau, der netop kan understøtte ekspansionen. DHI er enekonsulent for de danske havbrugere og med mere effektive redskaber vil denne position kunne fastholdes.

### **Markedsmodning**

Dambrugsteknologi: 2-4 år efter igangsætning

Havbrugsteknologi: 1-3 år afhængig af delaktivitet

### **Samarbejdspartnere og PhD-indsatser**

Dambrugsteknologi: DTU-Aqua, DTU-MILJØ, og samarbejde med bla.



Billund Akvakultur. Yderlige 8 erhvervspartnerne er deltager i ansøgning til Innovationskonsortium REFA. DHI har forpligtet sig til medfinansiering af PhD.

Synergi med gartnerierhvervet: koordineret med Agrotech forslag 'Akva-Tomat'

Havbrugsteknologi: Samarbejde er etableret med DTU-MEK og samarbejde vil blive etableret med DTU-Aqua, og Mærsk Mc-Kinney Møller Institutet ved SDU til automatiseret høst af fangkulturer.

Aktiviteterne Dambrugs- og Havbrugsteknologi vil applikere CFD modeller udviklet under den fælles DHI-FORCE CFD-ansøgning.

#### ***International videnhjemtagning***

DHI har indgået udviklingsarbejde med AWI i Bremerhafen omkring af akvakultur i off-shore vindparker. DHI ønsker at trække deres baggrund etableret som leder flere internationale projekter

#### ***Alternative marine råvarer***

På mellemlang sigt kommer akvakulturbranchen under pres grundet knaphed på marine ressourcer til foderproduktion. Stigende priser på fiskemel har tvunget foderfabrikanter til at substituere fiskemel med bl.a. sojaprotein. Langkædede umættede fedtsyrer ( $\Omega$ -3 FA), der alene produceres af mikrolager er essentielle for de fleste fisk. Forsøg med at substituere marine  $\Omega$ -3 FA med kortkædede typer udvundet af landplanter er kun delvis succesfulde og flere internationale virksomheder arbejder på at overføre gener fra mikroalger til terrestriske planter, men der er langt igen inden produkter kan markedsføres. Alternative kilder til fiskemel og  $\Omega$ -3 FA kunne være muslinger eller en direkte produktion af mikroalger.

#### ***Ny viden og teknologi***

*Muslingemel:* Produktionen af dyrkede muslinger forventes at blive 10-doblet indenfor 4-5 år bl.a. som kompensations-opdræt til næringsstoffjernelse omkring fiskebrug. Det forventes, at 30% af de høstede muslinger ikke kan omsættes, fordi de er for små eller har skader. I samarbejde med TI under deres aktivitet "Bioressourcer og bioraffinering" undersøges om muslinger sammen med vegetabiliske proteiner fra alger kost-effektivt kan anvendes i fiskefoder og dermed øge værdien af den samlede biomasse ressource.

*Omega-3 fra mikroalger:* Mikroalger er den eneste naturlige kilde til langkædede  $\Omega$ -3 FA, men det specifikke indhold varierer mellem arter og afhænger især af algerne lys- og næringsstatus, hvor alger kan øge deres fedtindhold 25-30 gange når næringstilførslen skæres ned. Mikroalger dyrkes kommercielt under kontrollerede forhold i bla. Israel til udvinding af forskellige værdifulde indholdsstoffer, og også  $\Omega$ -3 FA, men det er uvist om det er muligt at dyrke rentabelt under danske forhold, hvor antal soltimer er lavere.

Indenfor dette tema sker initielt: (i) international videnhjemtagning, (ii) gennemføres teoretiske beregninger og (ii) udføres små-skala forsøg med dyrkning af udvalgte mikroalger med størst potentiale for  $\Omega$ -3 FA produktion, (iii) analyse for specifikt  $\Omega$ -3 FA indhold; samt (iv) beregning af kost-effektivitet under fuld-skala forhold.

#### ***Forbedring i teknologisk service***

Aktiviteterne er *forskningsorienterede* og har sigte på at afklare og ikke direkte på at udvikle nye services. Der er mange konkurrenter på det internationale marked indenfor produktion af fedtsyrer o.a. højværdi ingredienser via mikroalger, men DHI's 10-årige baggrund som producent og leverandør af plantepigmenter udvundet af dyrkede mikroalger understreger at GTS-systemet har kompetancer der er efterspurgt også internationalt.

	<p><b>Markedsmodning</b> 2-3 år efter igangsætning for de ikke forskningsorienterede aktiviteter.</p> <p><b>Samarbejdspartnere</b> Alternative kilder til <math>\Omega</math>-3 FA: TI indenfor GTS-systemet under deres aktivitet "Bioressourcer og bioraffinering" om test af muslinger til mel, samt AUC, der pt. sidder inde med den største ekspertise omkring dyrkning af mikroalger i industriel skala, og hvor Danisco er en oplagt erhvervspartner.</p> <p><b>International videnhjemtagning</b> Kontakt etableres til videnscentre indenfor <math>\Omega</math>-3 FA produktion baseret på auto- og heterotrofe alger (SØ Asien, Israel og USA).</p>
<p><b>Koordinering og samspil med andre FoU-aktiviteter</b></p>	<p><b>Igangværende:</b> EU MAR: EU Sea Map 'Broad-scale marine habitat maps' (2009-2010); EU Interreg IVB: Ballast Water Opportunity (2009-2013) udvikling af metoder til udpegning af 'sikre' områder til tømning af ballastvand; BLST 'Datagrundlag for gennemførelse af det Marine Strategi Direktiv (2009-2011); disse 3 projekter støtter direkte metodeudvikling indenfor habitatmodeller</p> <p>EU FP 7 Miljø: MIDTAL (2008-2011) udvikling af sensorer og chips til kvantificering af algegifte; støtter aktiviteten sikre muslinger ESA: MarCoast-2 (2009-2011) og EU FP 7 SPACE: AquaMar, (2009-2011); støtter udvikling af miljøprognoser for havbrugere. DSF, Programkomiteen for Fødevarer &amp; Sundhed: MarBioShell (2008-2012); understøtter aktiviteterne omkring Produktionsoptimering /havbrugsteknologi.</p>
<p><b>Formidlings- og spredningseffekt</b></p>	<p>Udviklingen af værktøjer til at understøtte en økologisk forvaltning samt en bæredygtig ekspansion af akvakultur gennemføres i dialog kunder og slutbrugere, som omfatter kommunale og statslige myndigheder, rådgivere og entreprenører, samt akvakultur producenter og deres brancheforening. De udviklede værktøjer implementeres løbende i DHI MIKE-software og får herved en stor eksponeringsflade via et kundeunderlag på flere tusinde software brugere.</p> <p>RDI aktiviteternes resultater formidles også ved danske møder og seminarer, ved internationale konferencer og ved publikation i danske fagblade og internationale tidsskrifter. Der forventes 4 artikler i peer-reviewed internationale tidsskrifter per år, 2 indenfor økologi og 2 indenfor akvakultur</p>
<p><b>Centrale kompetencer involveret i FoU-projektet</b></p>	<p><b>Flemming Møhlenberg</b>, innovationschef i økologisk afdeling og RDI ansvarlig for økologi og akvakultur, er ekspert inden for områderne: økologisk modellering og marin akvakultur. Han har tæt samarbejde med danske og internationale universiteter og videncentre. FLM er forfatter og medforfatter til ca 50 peer-reviewed publikationer samt mange bidrag til rapporter og bøger.</p> <p><b>Kenneth Janning</b>, procesingeniør i afdeling for By og Industri, er ekspert indenfor optimering og modellering af biologisk spildevandsrensning, herunder teknologiudvikling, afprøvning i pilot- og fuldskalatest i samarbejde med virksomheder og universiteter. Han er hovedforfatter til mere end 10 internationale artikler primært indenfor biofilter processer til spildevand</p> <p><b>Henrik Skov</b>, økologisk afdeling, har stået i spidsen for udvikling af marine habitatmodeller og hans erfaringer omfatter marine beskyttede områder, olie &amp; gas, havvindmølleparker og råstofindvinding. Han er forfatter til ca. 30 peer-reviewed publikationer, hvoraf halvdelen er fokuseret på habitatmodellering.</p>

<p><b>Milepæle år 2010</b></p>	<p><b>Habitater &amp; Miljø:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Populationsmodel for ålegræsbestande udviklet og aftestet incl. effekt af organisk beriget sediment</li> <li>• Metoder til kvantificering af dosis-response sammenhænge fastlagt for skadevoldere (fx. parasitter) i vandløbssystemer</li> <li>• Metoder til etablering af pelagiske habitatmodeller fastlagt</li> <li>• Koncept: dynamisk modellering af kunstige stenrev som redskab for habitatrestaurering og miljøforbedring gennemtestet</li> <li>• Koloniseringsforløb af makroalger i revsmodeller implementeret</li> </ul> <p><b>Individbaserede økologiske modeller:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integreret Euler-Lagrange (E-L) model etableret og testet for massebevarelse</li> </ul> <p><b>Akvakultur, samfund og miljø:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konceptuel model for substitution af 'hjælpestoffer' i dambrug</li> </ul> <p><b>Produktionsoptimering:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstration af data assimileringplatform for miljømonitoring for havbrugere ved Brancheforeningen for Havbrug (års-/ kvartalsmøde)</li> <li>• Seminar med præsentation af optimeringsværktøj for Brancheforeningen for muslingedyrkere</li> <li>• MarBioShell info-Platform i drift for potentielle muslingedyrkere i Bælthavet</li> </ul> <p><b>Alternative marine råvarer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikroalgearter med størst potentiale for udvinding af Omega-3 fedtsyrer identificeret</li> <li>• 2 artikler om "Økologi &amp; Akvakultur" i faglige tidsskrifter</li> </ul>
<p><b>Milepæle år 2011</b></p>	<p><b>Habitater &amp; Miljø:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metoder til habitatkarakterisering og påvirkning af habitater operationaliseret</li> <li>• Populationsmodel for ålegræsbestande applikeret i 2 danske fjordsystemer, Resultater publiceret.</li> <li>• Habitatmodel til evaluering alternative tiltag for restaurering eller reduktion af skadevoldere afprøvet på 2 vådområder/vandløb</li> <li>• Indlæg om model for ålegræshabitater ved faglig konference i DK</li> <li>• Kobling mellem eutrofieringsforhold og habitater med giftige blågrønne alger testet i dynamiske habitatmodeller</li> <li>• Pelagiske habitatmodellens evne til at beskrive udbredelse af pelagiske fisk, pattedyr og deres føde aftestet</li> <li>• Metoder til at optimere design af stenrev i computermødel fastlagt</li> <li>• Indlæg om habitatrestaurering ved anvendelse af kunstige stenrev ved international konference</li> </ul> <p><b>Individbaserede økologiske modeller:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• E-L model afprøvet i 2 case-studier (fisk-zooplankton; gopler-fiskelarver)</li> <li>• E-L model og resultater præsenteret ved international konference</li> <li>• E-L modeller og potentialet for bedre miljøad. præsenteret ved Temadag på DHI</li> </ul> <p><b>Akvakultur, samfund og miljø:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metode til bestemmelse af tab af mediciner fra havbrug udviklet, testet, verificeret og rapporteret</li> <li>• Prognoseværktøjer for giftalger i marin akvakultur testet og rapporteret</li> <li>• Præsentation af resultater og erfaringer med prognoseværktøjer og metoder til kvantificering af mediciner ved årsmøde i Brancheforeningen for Akvakultur</li> </ul> <p><b>Produktionsoptimering:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metoder til behandling af produktionsvand og slam i recirkulerede opdrætsanlæg optimeret</li> <li>• Hydrauliske modeller til dimensionering og beregning af fysisk belastning på marine produktionssystemer applikeret og rapporteret</li> <li>• Varslingssystemer for ugunstige miljøforhold og koncepter til at imødegå ugunstige forhold ved havbrug udviklet og afprøvet i samarbejde med havbrug</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Præsentation af resultater for optimering af slambehandling i recirkulerede dambrug ved kvartals-/årsmøde for Brancheforeningen Dansk Akvakultur</li> </ul> <p><b>Alternative marine råvarer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kost-effektivitet af 'muslingemel' beregnet og rapport publiceret</li> <li>• Kost- effektivitet af Omega-3 fedtsyre produktion baseret på mikroalger beregnet og rapport udarbejdet</li> <li>• 2 artikler om "Økologi &amp; Akvakultur" i faglige tidsskrifter</li> </ul>
<p><b>Milepæle år 2012</b></p>	<p><b>Habitater &amp; Miljø:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anvendelse af pelagiske habitatmodeller i fiskeriforvaltning afklaret</li> <li>• Validering af 'stenrevsmodel' ved case-study i fjordområde, beregning af realiseret kost-effektivitet &amp; rapportering</li> <li>• Peer-reviewed artikel om habitat restaurering vha stenrev publiceret</li> </ul> <p><b>Akvakultur, samfund og miljø:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosensorer til analyse på produktionssted for flere algegifte udviklet og testet</li> </ul> <p><b>Produktionsoptimering:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 'Det virtuelle dambrug' med online monitoring og styring af afløbskontrol etableret</li> <li>• Prognoseværktøjer til styring af fodring, samt løbende overvågning af fisks tilstand i havbrug udviklet, testet og rapporteret</li> <li>• Peer-reviewed artikel om anvendelse af prognoseværktøjer til optimering af fodring publiceret</li> <li>• 2 artikler om "Økologi &amp; Akvakultur" i faglige tidsskrifter</li> </ul>