

## Vandressourcer, landbrug og miljø

Vand er en vigtig ressource både for samfundsudviklingen og samfundsøkonomien. Det understreges af det stigende vandbehov til landbrug, industri og drikkevand. Tilsvarende er vandmiljøet under stadig pres fra navnlig landbruget og industrien. Danmark har allerede investeret store beløb til forbedring af det akvatiske miljø samt grundvandsbeskyttelse.

Men der kommer flere udfordringer, som fx. klimaændringers påvirkning af vandressourcer, som både i Danmark og globalt vil få betydning for vore livsvilkår og økonomi. De miljømæssige mål fra EU's Vandrammedirektiv, Oversvømmelsesdirektiv, Grundvandsdirektiv og det kommende Jorddirektiv, danske vanddistriktsplaner samt strategien for Grøn Vækst skal opfyldes.

Forvaltning af Danmarks vandressourcer foregår i feltet mellem behov og krav til drikkevand, landbrug, industri og miljø. Formålet med projektet er at udvikle nye teknologier, som spænder på tværs af vandressource- og miljøforvaltning samt landbrug, og stille denne teknologi til rådighed for virksomheder, rådgivere og myndigheder, så de bliver i stand til at takle disse nye udfordringer.

Projektet vil fokusere på følgende 4 delaktiviteter:

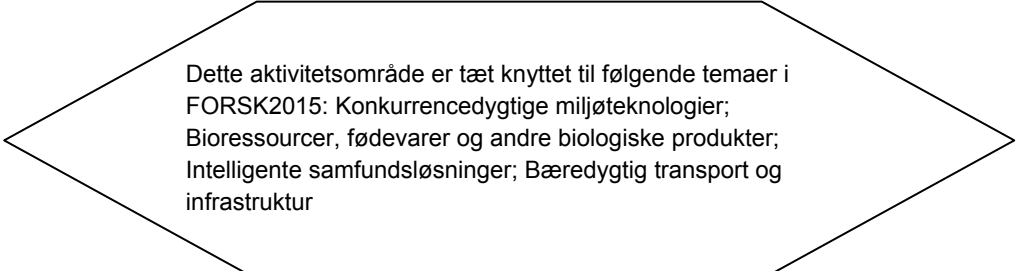
1. Beskyttelse af Danmarks vandressourcer.
2. Teknologi til opfyldelse af Vandrammedirektivet.
3. Bedre beslutningsværktøjer til vandressourceforvaltning.
4. Bæredygtigt miljø og intelligent landbrug.

Når projektet er gennemført vil følgende milepæle være opnået:

- Nye avancerede hydrologiske modeller der kan koble land og atmosfære, så samspil imellem klimaændringer og det hydrologiske kredsløb (herunder Danmarks grundvand) integreres i vandressourceplanlægning.
- Et avanceret beslutningsstøtteværktøj, som kombinerer virkemiddelværktøj for Vandrammedirektivet med opgørelse af miljøeffekt og omkostning.
- Et nyt modelværktøj, som integrerer beregning af landbrugets miljøbelastning i vandressourcemodeller, og danner grundlaget for vandressourceforvaltning i forhold til erhverv og sektorer.
- Et værktøj til beregning af fosforbelastning og transport i det danske vandmiljø, som kan indgå i vandplaner og i strategien for Grøn Vækst.

Målgruppen omfatter vand- og forsyningselskaber – private såvel som offentlige – fx. Københavns Energi og Odense Vandselskab, der er afhængige af adgang til vand og samtidig skal overholde de gældende love og reguleringer. DHI er også primært teknologileverandør til danske rådgivere. Dertil kommer en række andre erhverv som entreprenører, byudviklere og landbrug, der er afhængige af vand, herunder vand som recipient for miljøfremmede stoffer til vandmiljøet. Bæredygtig udnyttelse af Danmarks vandressourcer er nødvendige forudsætninger for samfundsudvikling og miljøbeskyttelse.

### Reference til FORSK 2015:



Dette aktivitetsområde er tæt knyttet til følgende temaer i FORSK2015: Konkurrencedygtige miljøteknologier; Bioressourcer, fødevarer og andre biologiske produkter; Intelligente samfundsløsninger; Bæredygtig transport og infrastruktur

Aktivetsområde:	Vandressourcer, landbrug og miljø	Aktivetsområde nr. 4
<p><a href="http://www.BedreInnovation.dk">www.BedreInnovation.dk</a></p>	<p><b>Fremtidens klima og klimatilpasning</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bæredygtig udnyttelse af grundvand; Effektiv forvaltning af knappe vandressourcer</li> </ul> <p><b>Konkurrencedygtige miljøteknologier</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metoder, teknologier og værktøjer til prioritering, håndtering og styring af indsatsen i forhold til jord- og grundvandsforurening</li> </ul> <p><b>IKT – understøttelse af effektivitet, produktivitet og innovation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Åbne værktøjer til modellering af effekter af og tilpasning til klimaforandringer.</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>Bioressourcer, fødevarer og andre biologiske produkter</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Miljøeffektiv landbrugsproduktion; Primær produktion og vandallokering</li> </ul>	
<p><b>Formål og målgruppe</b></p>	<p>Forsknings- og udviklingsaktiviteterne inden for aktivetsområdet vil blive fokuseret på fire delområder:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Beskyttelse af Danmarks vandressourcer</li> <li>2. Teknologi til opfyldelse af Vandrammedirektivet</li> <li>3. Bedre beslutningsværktøjer til vandressourceforvaltning</li> <li>4. Bæredygtigt miljø og intelligent landbrug</li> </ol> <p><b>Rationale og behov:</b> Vand er en vigtig ressource både for samfundsudviklingen og samfundsøkonomien. Det understreges af det stigende vandbehov til landbrug, industri og drikkevand. Tilsvarende er vandmiljøet under stadig pres fra navnlig landbruget og industrien. Danmark har allerede investeret store beløb til forbedring af det akvatiske miljø samt grundvandsbeskyttelse. Der er mange udfordringer, hvis de miljømæssige mål fra EU's Vandrammedirektiv, Oversvømmelsesdirektiv, Grundvandsdirektiv og det kommende Jorddirektiv, danske vanddistriktsplaner samt strategien for Grøn Vækst skal opfyldes. Fx. har den hidtidige indsats for at forbedre vandmiljøet og reducere brugen af pesticider ikke levet op til de forventede mål. Forvaltning af vandressourcer foregår i spændingsfeltet mellem behov og krav til drikkevand, landbrug, industri og miljø.</p> <p>Behovet for en <b>integreret vand- og miljøforvaltning</b> har længe været anerkendt i Danmark og udgør også fundamentet i EU's Vandrammedirektiv. <b>Vandrammedirektivet</b> dækker grundvand, søer, vandløb og vådområder samt estuarier og kyster og inkluderer både sociale og økonomiske aspekter i planlægningen. Planlæggere, rådgivere og administratorer har derfor et stigende behov for at kunne forstå og kvantificere miljøsammenhænge og effekterne af forskellige miljøtiltag i forhold til landbrug, industri og drikkevand. Der er også et behov for at kunne lave kvalificerede risikovurderinger i tilfælde af fx. pesticider eller miljøfremmede stoffer i drikkevandsboringer. Risikostyringsplaner for oversvømmelser i henhold til Oversvømmelsesdirektivet skal også indgå i den integrerede vandområdeforvaltning.</p> <p><b>Klimaændringers</b> påvirkning af vandressourcer både i Danmark og globalt vil få betydning for vores livsvilkår og økonomi. Fokus i klimaforskningen har flyttet sig fra klimamodellering til modellering af klimapåvirkninger som grundlag for klimatilpasning og strategier for klimaændringsbekæmpelse. Klimaændringer vil påvirke vandressourcerne ved at ændre det hydrologiske kredsløb og dermed påvirke intensiteten og frekvensen af oversvømmelse og tørke, tilgængeligheden og behovet for vandressourcerne og vandkvalitet, herunder saliniteten, temperaturen og indhold af næringsstoffer. Det er nødvendigt at forstå disse påvirkninger bedre og tilpasse vandforvaltningen</p>	

for at kunne begrænse negative påvirkninger.

Med **Grøn Vækst** har Danmark fået sin første helhedsplan for natur, miljø og landbrug. Et vandmiljø af god kvalitet er et af de væsentligste elementer i planen. Det indebærer, at vandløb, søer og fjorde skal beskyttes mod skadevirkningerne af næringsstoffer, pesticider og andre forurenende stoffer. og at det danske vandmiljø skal være et sundt levested for dyr og planter til glæde for borgere, der ønsker friluftsoplevelser ved og på vandet. Til planlægning kræver det både nye værktøjer og ny viden, fx. om effekten af forbedring af de fysiske forhold omkring vandløb, tiltag i randzoner, vådområder, effekten af regulering af kvælstof og fosfor og **en styrket beskyttelse af grundvandet.**

Formålet med indsatsen på området **Vandressourcer, landbrug og miljø** er at udvikle nye teknologier, som spænder på tværs af vandressource- og miljøforvaltning og landbrug og at stille denne teknologi til rådighed for virksomheder, rådgivere og myndigheder, så de bliver i stand til at takle ovennævnte udfordringer. Her har DHI et enestående udgangspunkt som verdensførende inden for udvikling af integrerede modeller til vandressource- og miljøberegninger og som internationalt anerkendt videncenter inden for miljø- og vandressourceforvaltning. DHI er den eneste virksomhed i Danmark, som udvikler operationelt software til integreret vandressource-modellering (på tværs af vand, miljø og landbrugssektorer) og beslutningstøtteværktøjer til vand- og miljøforvaltning.

#### **Målgrupper:**

Målgruppen omfatter vand- og forsyningsselskaber – private som offentlige – som fx. Københavns Energi og Odense Vandselskab, der er afhængige af adgang til vand og samtidig skal overholde de gældende love og reguleringer. DHI er primært teknologi-leverandør til deres rådgivere. Fx. anvendes DHI's teknologi af samtlige danske rådgivere til modellering af større grundvandsopgaver i Danmark. Dertil er der en række andre erhverv som entreprenører, byudviklere og landbrug, der er afhængige af vand, herunder vand som recipient for miljøfremmede stoffer til vandmiljøet.

Målgruppen for DHI's model- og beslutningsværktøj inkluderer et bredt udsnit af vand- og miljømyndigheder, især kommuner og miljøcentre og deres rådgivere, DHI rådgiver seks ud af de syv Miljøcentre inden for området og leverer teknologi til alle syv.

#### **Forventede effekter hos målgruppen:**

Forsyningsselskaberne og produktionsvirksomheder med egen vandforsyning vil kunne bruge DHI's teknologi og service til effektivisering af deres aktiviteter og til at finde miljømæssigt acceptable løsninger til ressourceindvindingsproblemer. Inden for landbrugserhvervet vil den nye viden og de nye værktøjer styrke både miljøforvaltning, vandplanlægning og produktionsoptimering. Miljøeffekten af produktion vil kunne dokumenteres og påvirkningerne reduceres i forhold til produktionsformer og til opnåelse af en forbedret dialog med de regulerende myndigheder.

Den nye viden og de nye værktøjer vil styrke miljøforvaltning og vandplanlægning i Danmark. De årlige omkostninger til beskyttelse af grundvand og grundvandforanstaltninger til beskyttelse af det akvatiske miljø er estimeret til omkring 100 MDKK. Derudover er implementeringsomkostningen af Vandrammedirektivet til reduktion af nitratbelastning alene estimeret til at være mellem 100-500 MDKK pr. år (Finansministeriet, 2007). Forbedret planlægning kan reducere disse omkostninger. Klimaændringer medfører nye usikkerheder for både kvantiteten og kvaliteten af Danmarks ferskvand og derfor skal beslutningsgrundlaget baseres på risikovurderinger og usikkerhedsberegninger. Påvirkning af klima, virkemidler og miljøtiltag kan sammenlignes, og dette vil sikre det rette grundlag, således at de løbende klimatilpasningsindsatser vælges rettidigt. Endelig er en integration af

	<p>socioøkonomiske aspekter i tekniske modeller blevet en efterspurgt vare hos administration og rådgivere, entreprenører og byudviklere, der skal opfylde klima- og miljømål.</p> <p>De forslåede aktiviteter vil være med til at fastholde og udbygge konkurrenceevnen hos de danske rådgivere i udlandet. Omsætning blandt private rådgivere i vandsektoren estimeres (Forskningsplatformen Vand) til at være omkring 1400 MDKK pr. år, hvoraf 30-50% er eksport.</p> <p>De involverede personer i aktivitetsområdet er, ud over den løbende og individuelle kundekontakt, i tæt dialog med målgruppen i såvel Danmark som internationalt gennem Danish Water Forum, Forskningsplatformen Vand, European Water Partnership, den europæiske Water Supply and Sanitation Technology Platform og DHI's internationale centre (UNEP, WHO og GWP).</p>
<p><b>Aktivitetsplanens indhold</b></p>	<p>Aktivitetsplanen indeholder både udvikling af ny viden og teknologiske nyudviklinger. Disse opbygges dels som systemer til beslutningsstøtte og dels udvikling af nye modelværktøj. Sidstnævnte tager udgangspunkt i DHI's internationale førerposition i integreret hydrologiske modellering. Mere og mere komplekse problemstillinger f.eks. vedr. klimaændringer driver behovet for modelværktøj der inddrager nye processer, samtidig med at integreret vandressource forvaltning på oplandsniveau er påkrævet. Disse nye processer indrages enten ved at udvikle nye processer i eksisterende modeller eller ved at sammenkoble med state-of-the-art modeller fra andre discipliner. Planlagte aktiviteter inkluderer kobling af hydrologiske modeller til eksisterende værktøj fra meteorologi og klimamodellering, landbrugsmiljøbelastning og økologi. Den strategi resulterer i både ny viden på tværs af discipliner, nyt værktøj der udnytter de seneste resultater fra andre discipliner og ny tilsvarende serviceydelser.</p> <p><b>Beskyttelse af Danmarks vandsressourcer</b></p> <p>Danmarks vandressourcer udgøres primært af grundvand (&gt;98%) og en styrket beskyttelse af grundvand er derfor et væsentligt element i Miljø- og Naturplan Danmark 2020. For nylig har danske vandselskaber identificeret de kvantitative og kvalitative udfordringer i forhold til Danmarks grundvandsressourcer. De kvantitative udfordringer er: <b>byvækst</b> med tilhørende pres på vandressourcer og vandmiljø, <b>klimamål</b> hvor både klimapåvirkning og klimatilpasning skal undersøges, og infrastrukturen skal tilpasses <b>miljømål</b> i forhold til EU og dansk lovgivning. De kvalitative udfordringer mod grundvandet består af følgende grupper; miljøfremmede stoffer (alene i København er der identificeret 35.000 grunde, som er mistænkt som mulige forureningskilder), sprøjtemidler og pesticider, nitrat og næringsstoffer, klorid og hårdhed.</p> <p>Til bedre grundvandsbeskyttelse vil der blive opbygget et nyt værktøj til risikovurdering af jordforurening, baseret på modellering af påvirkninger med varierende kildestyrke og spredning af forureningsstoffer i jord og grundvand. Dette risikovurderingsværktøj kan bruges til at identificere og prioritere de mest presserende forureningsproblemer i Danmark. Miljøstyrelsens krav om placering af boringsnære beskyttelsesområder i forhold til indvindingsboringer medfører, at beskrivelsen af geologi, strømningsforhold og placering af forureningskilder skal kortlægges mere nøjagtigt end tidligere, ned til 10 m skala. Derfor skal der udvikles nye modelværktøjer der kan anvendes på mere lokal skala. og dermed kan bruge mere detaljerede geologiske informationer tæt ved kildepladser fra indvindingsboringer samt via nye geofysiske metoder som f.eks. georadar, luftbårne elektromagnetiske metoder (SkyTEM), m.m. .. Der er et behov for at kunne nedskalere regionale hydrologiske modeller til lokal skala, dvs. at kunne bruge et fleksibelt beregningsnet. DHI's eksisterende grundvandsmodelleringsværktøj udnytter henholdsvis nested grids (MIKE SHE) eller finite element metoder (FEFLOW). Der er fordele og ulemper ved begge teknikker. Derfor vil DHI udvikle et nyt værktøj der kobler de to model systemer sammen for derved at</p>

udnytte begge styrker. Det vil give et bedre beslutningsgrundlag for grundvandsbeskyttende foranstaltninger, herunder påbud/forbud fra kommunerne eller evt. lukning af borer. De vil også kunne udnyttes til at forstå, hvorledes de dominerende processer påvirkes af beregninger på forskellig skala og dermed bidrage til at optimere pålideligheden af beregningerne.

Udover at være ressource for landbrug og industri samt drikkevandsforsyning påvirker grundvandssystemerne vandføring og vandkvalitet i de danske vandløb og vådområder. Derfor skal udviklingsaktiviteter, der kan forbedre grundlaget for at beskrive interaktionen mellem grundvand og overfladevand prioriteres højt (se [www.bedreInnovation.dk](http://www.bedreInnovation.dk)). Til at opnå en bedre forståelse af de styrende processer i grænsefladen mellem overfladevand og grundvand vil der blive udviklet nye processer i DHI's integreret modelværktøj MIKE SHE, der kan bruges til at undersøge de fysiske og biokemiske processer, der har betydning for vandkvaliteten i overgangen mellem grundvand og åer og søer.

De seneste beregninger af effekten på grundvandet fra klimænderinger i Danmark er fra 2009. De er baseret på anvendelse af DHI's modelteknologi og viser, at klimænderinger vil give stigning i vinterafstrømning og fald i sommerafstrømning samt generelt øgning af grundvandsnedsivning. Til at forbedre pålideligheden af disse beregninger vil et nyt koblet system bestående af klimamodel og hydrologisk model blive udviklet til at beregne vekselvirkning mellem land og atmosfære. Beregninger af klimænderingers påvirkning på vandressourcer, både i Danmark og internationalt, foregår ved at negligere denne vekselvirkning. Derfor vil der blive udviklet en ny fuld dynamiske koblingen mellem Danmarks state-of-the-art klimamodel (HIRHAM) og Danmarks vandressourcemodel (DK-modellen) baseret på DHI's state-of-the-art hydrologiske modelteknologi MIKE SHE. Koblingen vil udnytte den nyeste OpenMI åbne modelteknologi. Kobling vil før til helt ny viden vedrørende denne vekselvirkning samt en forbedring af grundlaget for beregning af både klimapåvirkning og –tilpasning på vandressourcer. Baseret på den kobling, vil en integreret klima-hydrologisk model for Danmark etableres under det DSF-finansierede projekt, HYACINTS. Udviklingen har allerede vakt stor interesse i Danmark og i udlandet bl. a. fordi det giver mulighed for en helt ny detaljeringsgrad for klimaeffekter på oplandsskala og især en væsentlig forbedring af påvirkning af klimænderinger på grundvandet. En væsentlig forudsætning herfor er en fysisk konsistent beskrivelse af fordampning samt en bedre beskrivelse af snesmeltning. Derfor vil der blive udviklet nye procesmoduler til fordampning og snesmeltning i DHI's hydrologiske model, MIKE SHE.

Rationel beslutningstagen i forbindelse med investeringer i klimatilpasning forudsætter, at der kan tilknyttes en usikkerhed på de beregnede påvirkninger. Dette er både et vigtigt forskningsområde og en stærkt efterspurgt ydelse. Hertil kræves nye metoder til at beregne klima- og modelusikkerheder samt beslutningsstøtteværktøjer til at håndtere usikkerhed. Nye metoder vil blive udviklet til modelusikkerheder under den delaktivitet mens nye metoder til klimausikkerheder udvikles under delaktiviteten "Klimaeffekter og –tilpasning".

I diskussionen på [www.bedreinnovation.dk](http://www.bedreinnovation.dk) er det påpeget, at udviklingsaktiviteter relateret til saltvandsindtrængning og klimændering bør prioriteres højt. I Danmark vil et stigende havniveau påvirke grundvandsniveauet i kystnære områder med øget risiko for saltvandsindtrængning. Derudover kan det blive nødvendigt at flytte grundvandsindvindingen fra vandløbssystemernes kildeområder til kystområderne for at opretholde minimumsvandføringer i vandløb I dag er forskningen inden for saltvandsindtrængning begrænset. Derfor vil der blive udviklet et prototypeværktøj, der kobler distribuerede overfladehydrologiske

processer til DHI's saltvandsmodelværktøj for grundvand (FEFLOW).. Integration af overfladehydrologiske processer er nødvendig som tilslutning mellem klimaprocesser og saltvandsprocesser i grundvand og mangler i de modeller der findes i dag.

### **Teknologi til opfyldelse af Vandrammedirektivet**

Implementeringen af Vandrammedirektivet er i fuld gang i Danmark og resten af Europa. Kravene i Vandrammedirektivet er i modsætning til tidligere miljøkrav ikke formuleret som absolutte krav til koncentrationsniveauer af forskellige stoffer, men snarere til økologiske tilstande i ferske og marine recipienter og kvantitative samt kvalitative krav til grundvandsressourcer. Sammenhængen mellem økologiske og fysisk/kemiske tilstande i vandløb, vådområder, søer og andre ferskvandsøkosystemer er derfor vigtige at kunne forstå og forudsige. Samtidig fokuseres der endnu mere på sammenhængen mellem grundvandsforhold og overfladereipienter - både kvantitativt og kvalitativt. Vandrammedirektivets mål er "god økologisk tilstand" eller "-potentiale" for alle vandforekomster. Der vil derfor blive udviklet nye øko-hydrologiske redskaber, der på både en kvantitativ og dynamisk måde kan beregne miljøpåvirkningen på den økologiske tilstand inklusiv sammenhængen mellem grundvandsforhold og overfladereipienter. Disse redskaber vil i takt med implementeringen af vandplanerne og de senere revisioner kunne støtte beslutningstagere i at opnå "mest miljø for pengene", herunder sikre at de valgte virkemidler også rent faktisk resulterer i en forbedring af den økologiske tilstand i vandløb og søer. De nye redskaber vil inkludere udvikling af et modelsystem til integreret simulering af hydrologiske, hydrauliske og økologiske tilstande. Et sådant værktøj findes ikke i dag. DHI har tidligere udviklet et simplere modelværktøj med fokus på processer i åsystemer. Det nyskabende er, at det nye værktøj vil omfatte både overflade-, jord-, vådområde- og grundvandssystemer samt åer og udveksling mellem dem. Det opnås ved integration igennem de vandkemiske processer af DHI's integrerede hydrologiske model MIKE SHE og DHI's generelt anvendelige økologisk modele ECOLAB. Den udvikling vil sætte nye standarder for økohydrologiske modellering internationalt både til forskning og til forvaltning. Derudover vil en eksisterende model for landbrugsmiljøbelastning vil blive koblet til DHI's eksisterende hydrologiske og økologiske modeller for at kunne beskrive udvaskning af næringsstoffer og pesticider til grundvand og overfladevand på vanddistriktsniveau. Dette nye koblede værktøj vil også indgå som en del af aktiviteter under "Bæredygtigt miljø og intelligent landbrug".

Sådanne koblede modeller vil være væsentlige beslutningsstøtteværktøjer i forbindelse med konsekvensanalyser og optimering af indgreb for at opnå de ønskede tilstande i vandløb, søer og andre recipienter. Det vil kræve udvikling af ny beslutningstøttesoftware for bl.a. bedre input/output og scenariomanagement med henblik på at gøre det mere brugervenligt for beslutningstagerne.

En overset miljøparameter, som kan vise sig at have stor betydning for, om der opnås "god økologisk tilstand" i danske vandløb, er vandtemperaturen, som har vist sig at nå kritiske niveauer i undersøgte vandløb i det åbne land i forhold til bl.a. iltforhold. Der er behov for værktøjer til at vurdere betydningen af fx. vandindvinding, vandløbenes fysiske udformning samt træers og bredvegetationens skyggeeffekt. Der vil derfor blive udviklet nye metoder og procesbeskrivelser for vandtemperatur baseret på integrerede hydrologiske grundvands- og overfladevandsmodeller MIKE SHE/MIKE 11.. Samtidig vil der blive arbejdet på at gøre disse modeller lettere tilgængelige for kunder og beslutningstagere. Der er behov for værktøjer til bl.a. håndtering af ansøgninger om indvindingstilladelser, der integrerer grundvandsmodeller med beregning af akkumuleret påvirkning, safe yield og naturpåvirkning, og som kan præsenteres fx. via internettet. Internettet giver mulighed for, at forskellige interessegrupper dels kan få indblik i

konsekvenser af myndighedsindgreb og dels kan teste deres egne forslag til indgreb. I denne sammenhæng vil komponenter udviklet under IKT aktiviteten indgå.

### **Bedre beslutningsstøtteværktøjer til vandressourceforvaltning**

DHI har arbejdet intensivt med udvikling af beslutningsstøtteværktøjer for vandressourceforvaltning de senere år. Aktiviteten er en yderligere udvikling af DHI's modelsystemer mod mere beslutningstager-orienterede systemer. Med sigte på den offentlige vandressource- og miljøplanlægning vil der blive udviklet økonomiske moduler inden for cost-benefit orienteret planlægning - for at kunne svare på spørgsmålet: "Hvad er den samfundsmæssige værdi og omkostning af forskellige vandmiljøtiltag?" og cost-efficiency planlægning: "Hvordan opnås givne miljømål mest omkostningseffektivt?".

Større inddragelse af private interessenter i løsningen af vandressource- og miljøproblemer kræver transparens i evalueringen af de private investeringer i miljøtiltag. Dette kan bedst sikres ved at give private (fx. landbrug og industri) adgang til de samme beslutningsstøtteværktøjer som den offentlige administration, således at det sikres, at eventuelle private investeringer evalueres på samme måde af private og myndigheder. Aktiviteten vil udvikle en prototype overbygning på et af DHI's modelsystemer, så de kan bruges af lægfolk, herunder udvikling af interaktive modeller, der kan inddrage interessenter og kortlægge deres interesser og reaktioner på potentielle incitamenter til private miljøtiltag. Det vil skabe bedre udnyttelse af DHI's modeller længere oppe i værdikæden og nye serviceydelser.

En effektiv vandressourceforvaltning kræver løbende opdateret viden omkring både den kvantitative og kvalitative tilstand af vandressourcen. Samtidig sker der en hastig udvikling inden for satellitmåling og en række nye satellitter og satellitprodukter er på vej. Der er derfor behov for proaktivt at udvikle nye metoder til til at udnytte disse nye jordobservationer fra satellitter til vandplanlægning i hydrologiske modeller, så de er til rådighed for såvel offentlige og private slutbrugere

I beslutningsprocessen er det vigtigt at inddrage usikkerheder. I denne delaktivitet vil ny metoder blive udviklet, som kan danne grundlag for risikovurderinger og bedre beslutningsstøttesystemer.. Desuden vil der blive identificeret og udviklet indikatorer (Key Performance Indicators), der kan bruges til at vurdere styrker og svagheder ved en given vandressourceforvaltningspraksis. Metoden repræsenterer en ny måde at betragte vandforvaltnings-problemer på. Til understøttelse af beslutningsprocessen i vandressourceplanlægningen vil der blive udviklet screenings- og scenarieanalyseværktøjer, så beslutnings-tageren kan analysere eventuelle modstridende behov fra forskellige aktører.

### **Bæredygtigt miljø og intelligent landbrug**

At landbrug er uløseligt forbundet med miljøbelastning og deraf følgende regulering formuleres direkte i regeringsplanen for Grøn Vækst. Samtidig vil der de kommende år fortsat komme en stigende mængde tidligt og rumligt fordelte data til rådighed for landbruget, hvilket gør det muligt at udvikle systemer, der langt mere målrettet kan bidrage til samtidig driftsoptimering og nedbringelse af miljøbelastning. Tilgængelig information om vegetationsdynamik, kortlægning af jordbundsforhold, aktuelt gødnings- og vandingsbehov, klimadata og vandindhold gør det muligt at anvende ressourcer mere effektivt med reducerede omkostninger og miljøbelastning til følge.

En stor udfordring består i implementering af vandplaner, hvor landbrugsproduktion på den ene side søges opretholdt, samtidig med at der på den anden side skal opnås betydelige reduktioner i miljøbelastningen. Dokumentation af den enkelte driftsenheds tiltag til begrænsning af miljøbelastning skal ske ved brug af en kvantitativ metode, der kan godkendes både af landbrug og miljømyndighed. DHI vil udvikle et nyt

beslutningsstøtteværktøj, der kan udnytte sådanne data og operationaliseret information til konkret optimering, der afhjælper negative miljøeffekter og tilgodeser de driftsmæssige krav i erhvervet. Sammenkædning af recipienttilstand, virkemidler og driftsøkonomi skal sikre, at der tilvejebringes et bredt anerkendt grundlag for både driftsoptimering og regulering. Implementering af Vandrammedirektivet vil kræve integrerede, konsensusdannende løsninger, og her vil DHI udvikle nøglekomponenter til beslutningsstøtte.

Optimeringsværktøjer skal udbygges for gødningsanvendelse (herunder særligt fosfor). Det er centralt at operere med transparente f.eks. web-baserede medier til inddragelse af både myndigheder og interessenter samt at introducere målrettede virkemidler, der er relevante for de givne brugere.

#### **Markedsmodning**

En stor del af de nye værktøjer, der planlægges udviklet, vil indgå som nye komponenter i DHI's eksisterende teknologier og vil derfor hurtigt kunne udnyttes af både DHI og vore kunder (1-2 år).

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

Der samarbejdes med DTU og ETH Zurich omkring nyudvikling og anvendelse af de nye klimarelaterede procesbeskrivelser. Inden for området klima og vandressourcer samarbejdes med DMI, KU og GEOCenter Danmark, KE, Miljøcenter Roskilde samt to SMV'er under DSF forskningsprojektet HYACINTS. DHI er vejleder i to PhD projekter samt samarbejder omkring to yderligere PhD projekter. Anvendelse af det nye værktøj til Miljøstyrelsens krav om placering af boringsnære beskyttelsesområder samt forskning på skalaeffekter i grundvandsmodellering sker i samarbejde med Miljøcenter Odense og Odense Vandselskab og Århus Universitet.

Forskning i de fysiske og biokemiske processer i overgangen mellem grundvand og åer og søer sker i samarbejde med DTU, KU, DMU/ÅU og Miljøcenter Roskilde, herunder også udvikling af øko-hydrologiske modelleringer igennem DSF forskningsprojektet RISKPOINT mellem DHI, DTU, Miljøcenter Roskilde, KE og DMU/ÅU. Det inkluderer et PhD projekt sammen med DTU. Derudover er der indgået et PhD projektsamarbejde "Vandrammedirektivet – natur og teknologi" med RUC.

Inden for området vandressourceforvaltning har DHI et tæt samarbejde med DTU Miljø, herunder bl.a. et adjungeret professorat, og DHI har finansieret flere PhD studier inden for området. I øjeblikket er DHI involveret i to PhD studier omkring henholdsvis udvikling af koblede hydrologiske og økonomiske modeller til vandressourceforvaltning og udvikling af optimeringsredskaber til optimering af vandressourcesystemer. Der forventes yderligere to PhD studier inden for området.

Der er etableret et længerevarende forskningssamarbejde med KVL (KU-LIFE) inden for modellering for landbrugsmiljøbelastning. Det omfatter p.t. et PhD projekt vedr. pesticid-transport i lerjord.

#### **International videnhjemtagning**

Det internationalt anerkendte Hadley Centre for Climate Prediction and Research er en del af UK Met. Office, og DHI har påbegyndt et projekt- og forskningssamarbejde med eksperter fra både Hadley Centre og UK Met Office's Climate Impact Unit. Her får DHI adgang til den seneste internationale klimaviden samt direkte videnhjemtagning omkring klimamodellering og usikkerhed samt klimatilpasningsstrategier.

DHI er ved at indgå et partnerskab med det australske "The National Centre for Groundwater Research and Training". Herfra får DHI adgang til de nyeste forskningsresultater inden for grundvand, og mulighed for samarbejde gennem PhD projekter. Under RISKPOINT projektet har DHI indgået et



	<p>forsknings Samarbejde med et US National Science Foundation støttet Center of Eco-hydraulic Research (CER), University of Idaho. Her vil der foregå videnhjemtagning i form af seneste forskningsresultater inden for øko-hydrologi og økologisk modellering samt adgang til felt- og oplandsstudier til afprøvning af de nye øko-hydrologiske redskaber.</p> <p><b>Danske konkurrenter inden for hele aktivitetsområdet</b> DHI's danske konkurrenter er begrænsede. DHI har en vifte af vandressourcemodeller, som er mere udviklede og integrerede end konkurrerende værktøjer. DHI har også en unik position i forhold til private firmaer og universiteter som både softwareudvikler, forskningsbaseret specialistrådgiver og teknologiformidler. DHI differentierer sig ved, at ny viden fra både egen og anden forskning kan tilføjes eksisterende modelleringsteknologi og åbne helt nye anvendelsesområder. En del af de overnævnte aktiviteter indebærer kobling med eller videreudvikling af DHI's eksisterende teknologier og værktøjer, hvor der ingen eller ringe konkurrence er. Derudover har DHI satset på udvikling af beslutningsstøtteværktøj som formidler monitoreringsdata, modelresultater, økonomi og sammenligning mod givne evalueringskriterier. Her findes ingen direkte konkurrenter.</p>
<p><b>Koordinering og samspil med andre FoU-aktiviteter</b></p>	<p><b>Igangværende projekter:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Miljøstyrelsens 2D-3D modelprojekt: Nyt modelværktøj til beregning af strømning og pesticidtransport i danske jordtyper og oplande</li> <li>• DSF projekt RISKPOINT: Risikovurdering af punktforureningskilder til både grundvand og overfladevand, inkl. påvirkning af vandkvalitet og økologi.(2008-2012)</li> <li>• DSF: projekt HYACINTS – Hydrological Modelling for Assessing Climate Change Impacts at different Scales (2008-2012), Hydrologisk modellering til evaluering af effekterne af klimaændring på forskellige skalaer. <a href="http://www.hyacints.dk">www.hyacints.dk</a></li> <li>• EU-FP 7 projekt TWIN2GO: Syntetiserer erfaringer og værktøjer til bedre adaptiv forvaltning af vandressourcer på vanddistriktsniveau.</li> </ul> <p><b>GTS koordinering:</b> Delaktivitet <b>Bæredygtigt miljø og intelligent landbrug</b> (med fokus på oplandsskala), koordineres med aktivitetsområdet <b>Den Grønne Produktivitet</b> hos Agrotech (med fokus på bedriftsniveau) og vil blive benyttet til at indlede et forsknings Samarbejde med AgroTech til udvikling af værktøjer, der udnytter vore komplementære kompetencer.</p>
<p><b>Formidlings- og spredningseffekt</b></p>	<p>Videnspredning til forsynings selskaber, private firmaer, rådgivere og myndigheder vil blive sikret via nyhedsbreve, temaarrangementer, m.m. Særarrangementer for slutbrugere vedrørende nyudvikling af virkemiddel værktøj samt økologisk modellering i forhold til Vandrammedirektiv er planlagt. DHI er et internationalt anerkendt videncenter inden for miljø- og vandressourceforvaltning, herunder især inden for udvikling af integrerede modeller til vandressource- og miljøberegninger. DHI's softwareprodukter på vandressourceområdet har mere end 8000 globale brugere, heraf knap 1000 i Danmark, og er således velafprøvede formidlings- og spredningsmedier for DHI's viden og teknologi både nationalt og internationalt. Aktivitetsområdets udvikling af både internet- og PC-baserede beslutningsstøttesystemer forventes at spille en stadig større rolle i fremtidens vandressource- og miljøforvaltning.</p> <p>Der regnes med mindst 10 publikationer per år, heraf omkring to peer-reviewed artikler i internationale videnskabelige tidsskrifter</p>
<p><b>Centrale kompetencer involveret i FoU-projektet</b></p>	<p><b>Michael Butts</b>, PhD og Innovationschef inden for Vandressourcer og Miljøforvaltning, har en bred ekspertise inden for vandressourcer og har stor FoU erfaring inden for hydrologi, grundvandsforurening, oversvømmelser, beslutningsstøttesystemer, klimaændring og grundvand-overfladevand modellering. Han har tætte netværksforbindelser med mange danske og udenlandske forskningsmiljøer, så som UK Met. Office, UNESCO-IHE, NL, University of Idaho, US, University of Bristol, UK og DTU, DTU-Space, KVL</p>

	<p>og KU. Han har deltaget i og koordineret flere nationale og internationale forskningsprojekter og har tre bogbidrag, 14 internationale peer-reviewed artikler samt et stort antal konferencebidrag (inklusive inviterede bidrag) på sit CV</p> <p><b>Henrik Larsen</b>, M.Sc. Env. Eng. og Innovationschef i DHI Water Policy, er en internationalt anerkendt ekspert inden for integreret vandressourceforvaltning og sammenhænge mellem vand- og energiresourcer, hvor han har tætte samarbejder med anerkendte organisationer og universiteter som Global Water Partnership, European Water Partners, World Water Assessment Programme (UNESCO), Nice-Sofia University, F og DTU. Han har ca. 15 internationale publikationer på sit CV.</p> <p><b>Henrik Madsen</b>, PhD og Innovationschef i Water Resources, har stor FoU erfaring inden for områderne: dataassimilering, optimering, statistisk modellering, usikkerheds- og risikoanalyse og ekstremværdianalyse. Han har deltaget i og koordineret flere nationale og internationale forskningsprojekter og har samarbejde med adskillige danske og udenlandske forskningsmiljøer. Han har 44 peer-reviewed internationale publikationer og et stort antal konferencebidrag (inklusive inviterede bidrag) på sit CV.</p> <p><b>Torsten Jacobsen</b>, Ph.D. og cheffingeniør i Water Resources, har arbejdet nationalt og internationalt på forsknings- og rådgivningsprojekter. Hovedparten af arbejdet vedrører integreret vandressourceforvaltning, vandplaner og vandkvalitet i relation til EU's Vandrammedirektiv. Han har arbejdet tæt sammen med danske kunder og kender derfor behovet for udvikling af værktøjer og metoder. Han medvirker i samarbejdet med især danske universiteter under en række forskningsprojekter og har 10 publikationer på sit CV.</p>
<p><b>Milepæle år 2010</b></p>	<p><b>Formidling</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 videnskabelige publikationer, heraf 2 peer-reviewed artikler, og mindst 3 indlæg i dansk konferencer og fagtidsskrifter</li> <li>• 2-4 foredrag (f.eks. i IDA, universiteter, m.m.)</li> <li>• Formidlingsseminar for slutbruger vedrørende brugerbehov og udvikling af virkemiddel værktøj for VRD afholdes</li> </ul> <p><b>Beskyttelse af Danmarks vandressourcer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konceptuelle modeller og værktøjer til beskyttelse af jord- og vandmiljøet i forbindelse med stoffrigivelse fra punktkilder udviklet som basis for et nyt rådgivningsværktøj</li> <li>• Implementering af nye avancerede klimarelaterede procesbeskrivelser (sne og fordampning) i DHI's integrerede hydrologiske model MIKE SHE foretaget</li> <li>• Prototype klimamodelkobling mellem MIKE SHE (DHI) og HIRHAM (DMI) udvikles.</li> </ul> <p><b>Teknologi til opfyldelse af Vandrammedirektiv</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prototype af ny kobling mellem vandkemiske processer i DHI's integrerede hydrologisk model MIKE SHE og DHI's generelt anvendelige økologiske model ECOLAB færdigudviklet og testet.</li> <li>• Metode udviklet til behandling af vandindvindingsstilladelser i forhold til vandplaner på oplandsskala diskuteres, udviklet og evalueret sammen med interessenter</li> <li>• Metoder og modelprocesformuleringer beskrevet for modellering af vandtemperatur i danske vandløb, baseret på en integreret grundvands- og overfladevandsmodel MIKE SHE/MIKE 11 udviklet</li> </ul> <p><b>Bedre beslutningsværktøjer til vandressourceforvaltning</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cost-efficiency (minimering af omkostninger) planlægningsværktøjerudviklet til beslutningsstøttesystem</li> <li>• Design og prototype af et generisk redskab til håndtering og visualisering af usikkerhed indenfor beslutningsværktøjer udviklet</li> </ul> <p><b>Bæredygtigt miljø og intelligent landbrug</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Udvikling af konceptuel model for fosforbelastning fra landbrugsarealer og landbrugsbedrifter foretaget</li> <li>• Integration af en model for landbrugsmiljøbelastning og landbrugsmodel og en af DHI's hydrologiske modeller udviklet</li> </ul>

<p><b>Milepæle år 2011</b></p>	<p><b>Formidling</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 videnskabelige publikationer, heraf 2 peer-reviewed artikler, 3 indlæg i dansk konferencer og fagtidsskrifter</li> <li>• 2-4 foredrag (f.eks. i IDA, universiteter, m.m.)</li> </ul> <p><b>Beskyttelse af Danmarks vandressourcer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De nye avancerede procesbeskrivelser i MIKE SHE (sne og fordampning) anvendt i DHI projekter</li> <li>• Fleksible beregningsnet integreret i et nyt koblet hydrologisk modelværktøj og anvendt i forhold til krav om placering af boringsnære beskyttelsesområder samt forskning på skalaeffekter i grundvandsmodellering udviklet</li> </ul> <p><b>Teknologi til opfyldelse af Vandrammedirektiv</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ny integreret hydrologisk og økologisk model anvendt på forskellige problemstillinger i forhold til implementeringen af Vandrammedirektivet</li> <li>• Internetbaseret – og dermed transparent – ”model” til behandling af vandindvindingstilladelser i forhold til vandplaner på oplandsskala udviklet</li> <li>• Integration af modeller for landbrugsmiljøbelastning og landbrugsmodel og hydrologisk model afprøvet på en oplandsskala</li> <li>• Modul til beregning af virkemidlers effekt på de vigtigste økologiske ”endpoints” i vandløb i relation til VRD udviklet</li> </ul> <p><b>Bedre beslutningsværktøjer til vandressourceforvaltning</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cost efficiency planlægningsværktøjer testet i en udvalgt forvaltningsproblemstilling</li> <li>• Udvikling af Key Performance Indicators med testresultater fra forskellige vandressourceproblemstillinger foretaget</li> <li>• Nye metoder til effektiv til kvantificering af usikkerheder på modelresultater udviklet</li> </ul> <p><b>Bæredygtigt miljø og intelligent landbrug</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kvantificering af virkemidler på areal- og bedriftsniveau til begrænsning af Fosfor-belastning foretaget</li> </ul>
<p><b>Milepæle år 2012</b></p>	<p><b>Formidling</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 videnskabelige publikationer, heraf 2 peer-reviewed artikler, 3 indlæg i danske konferencer og fagtidsskrifter</li> <li>• 2-4 foredrag (f.eks. i IDA, universiteter, m.m.)</li> <li>• Formidlingsseminar vedrørende økologiske modellering for VRD</li> </ul> <p><b>Beskyttelse af Danmarks vandressourcer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sammenhæng mellem skalaeffekter og modelpålidelighed undersøgt og publiceret</li> <li>• Evaluering af betydning af vekselvirkning mellem land og atmosfære på klimaændringen og det hydrologiske kredsløb, herunder grundvand, foretaget og publiceret</li> <li>• Prototype rådgivningsværktøj til vurdering af forureningsrisikoen fra punktkilder udviklet</li> <li>• Udvikling af prototype distribueret infiltrationsmodul og ny kobling til FEFLOW model til at beskrive saltvandsindtrængning for kystnære grundvandsboringer samt klimapåvirkning</li> </ul> <p><b>Teknologi til opfyldelse af Vandrammedirektiv</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuld integration af vand, stof og økologisk modellering opnået ved reformulering af DHI’s distribuerede hydrologiske modelsystem MIKE SHE</li> <li>• Modul til beregning af variationer i vandtemperatur i en integreret grundvands- og overfladevandsmodel udviklet og testet på en udvalgt case</li> </ul> <p><b>Bedre beslutningsværktøjer til vandressourceforvaltning</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interaktive vandressourcermodeller, der inddrager interessenter og kortlægger deres interesser, udviklet</li> <li>• Nyt generisk multi-kriterie planlægningsværktøj hvor optimering samtrisikoanalyseevaluering, er udviklet og afprøvet</li> <li>• Anvendelse af hydrologiske modeller samt nye satellitdata til vandresourceplanlægning afprøvet og publiceret</li> </ul>

	<b>Bæredygtigt miljø og intelligent landbrug</b>
--	--

- Afprøvning af værktøj til beregning af fosforbelastning og transport i vandmiljøet dækkende fra bedrifts- til oplandsniveau foretaget inkl. publicering af resultater
- Udvikling af kombineret virkemiddelværktøj for Vand rammedirektiv og beslutningsstøtteværktøj med opgørelse af miljøeffekt og omkostning på bedrifts og oplandsniveau foretaget