

## Klimaeffekter og klimatilpasning

Kraftigere nedbør, vandspejlsstigninger og voldsommere stormfloder vil være nogle af de effekter, som vil ramme Danmark som følge af klimaændringer. Påvirkningerne af det hydrologiske system omfatter bl.a. forøget risiko for oversvømmelser i byer, ændringer i grundvandsdannelse og grundvandsstand, forøgede problemer omkring saltvandsindtrængning i grundvandet i kystnære områder, ændret afstrømning i åer med mindre vandføring om sommeren og derved påvirkning af vandkvaliteten i åer og recipienter. Klimaændringer får også indflydelse på meteorologiske og oceanografiske (metocean) forhold i havet omkring Danmark. Udover en forventet havspejlsstigning vil ændringer i stormes intensitet og vindretning påvirke offshore og kystnære bølgeforld.

Aktivitetsplanen er opdelt i følgende delaktiviteter:

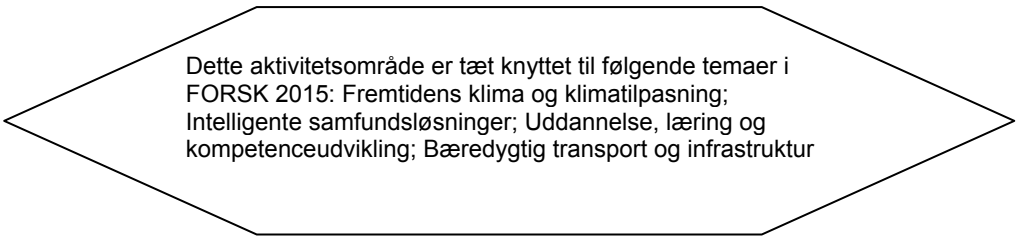
1. Udvikling af metoder til analyse af oversvømmelser i byer under klimaændringer og analyse af klimatilpasningstiltag til reduktion af skader fra oversvømmelser.
2. Udvikling af værktøjer til web-baseret beslutningsstøtte til forvaltning af Danmarks vandressourcer med inddragelse af klimaændringer.
3. Udvikling af koncepter til beskyttelse mod oversvømmelse af og erosion på kyster med fokus på løsninger, der er fleksible med hensyn til klimatilpasning.
4. Udvikling af system til effektiv gennemførelse af projektion af klimascenarier i havet omkring Danmark med henblik på kvantificering af ændringer i vandstand, bølger og strøm.
5. Udvikling af nye metoder til nedskalering af globale og regionale klimamodeller til effekt analyser og kvantificering af klimausikkerheder og risici.

Aktivitetsplanen har følgende milepæle:

- Værktøjer til analyse af oversvømmelsesrisiko i byområder, herunder analyse af kombinerede effekter af ekstremnedbør, havvandsspejlsstigning og stormfloder i kystnære områder.
- Web-baseret beslutningsstøttesystem til kvantificering og formidling af klimaeffekter med tilhørende usikkerheder og risici.
- Katalog med beskrivelser af klimatilpasningsmetoder til reduktion af oversvømmelsesskader og nye kystbeskyttelsesmetoder til afbødning af klimaeffekter.
- Morfologisk simuleringsværktøj med dige- og klitbrudsbeskrivelse til vurdering af risiko for digebrud og oversvømmelse.
- Projekterede klimascenarier for vandstand, bølger og strøm i havet omkring Danmark.
- Statistiske nedskalerings- og usikkerhedsværktøjer til evaluering af effekter af klimaændringer relateret til vandressourceforvaltning og håndtering af vand i byer.
- Metoder til risikobaseret design under klimaændringer.

Målgruppen er alle danske kommuner, vandselskaber og forsyningsvirksomheder – offentlige som private – disses leverandører og rådgivere, samt primærerhverv og danske virksomheder med udvikling, produktion og eksport af vandteknologier som speciale. Det forventes, at kommunerne har brug for en kraftig forøgelse af investeringer inden for klimateknologiområdet. Fx. skal efterslæbet på 2,3 milliarder kr/år i kloakinvesteringer indhentes. Udvalgte kyststrækninger og kystnære boligområder skal sikres mod effekter af øget vandstand, nedbør og ændrede vind-, bølge- og strømforhold, hvilket vil kræve øgede investeringer og dermed forøget omsætning indenfor dette område.

## Reference til FORSK 2015:



Dette aktivitetsområde er tæt knyttet til følgende temaer i FORSK 2015: Fremtidens klima og klimatilpasning; Intelligente samfundsløsninger; Uddannelse, læring og kompetenceudvikling; Bæredygtig transport og infrastruktur

Aktivetsområde:	Klimaeffekter og klimatilpasning:	Aktivetsområde nr. 7
<p><b>www.BedreInnovation.dk</b></p>	<p><b>Fremtidens klima og klimatilpasning</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bæredygtig udnyttelse af grundvand</li> <li>2. Effektiv forvaltning af knappe vandressourcer</li> <li>3. Håndtering af ekstreme regnmængder</li> <li>4. Katastrofeberedskab på vandområdet</li> <li>5. Klimatilpasning ved beskyttelse mod kysterosion og oversvømmelser</li> <li>6. Offshore: tilpasning af faste og flydende installationer til ændrede/vanskeligere drifts og fysiske hydrografiske forhold</li> <li>7. Risikobaserede beslutningsstrategier under klimaændringer</li> </ol> <p><b>Bæredygtig infrastruktur</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bæredygtige grønne byer</li> <li>2. Kyst- og stormflodssikring samt planlægning</li> <li>3. Optimal design og drift af havne og terminaler</li> <li>4. Vedligehold og opgradering af afløbs- og vandforsyningssystemer</li> </ol> <p><b>Vækst &amp; læring</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Virtuelle livsrum til oplevelser, leg og læring</li> </ol>	
<p><b>Formål og målgruppe</b></p>	<p>I denne aktivitetsplan fortsættes og udbygges de aktiviteter, som blev igangsat ifm med DHI's RK tillægsbevilling for 2008-2009 på området "Intelligent Klimatilpasning". I perioden 2010-2012 er der særligt fokus på nyligt opståede videnbehov mht. effekter af klimaændringer på det danske samfund.</p> <p>Aktivitetsplanen er opdelt i følgende delaktiviteter:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Reduktion af skader fra oversvømmelser af danske byer</li> <li>2) Forvaltning af Danmarks vandressourcer under påvirkning af klimaændringer: Effektanalyser og beslutningsstøtte</li> <li>3) Ændringer af kyst- og bundforhold i danske farvande</li> <li>4) Ændringer af vandstand, bølger, strøm, mm i havet omkring Danmark</li> <li>5) Risikobaserede beslutningsstrategier</li> </ol> <p><b>Rationale og behov</b></p> <p>Kraftigere nedbør, vandspejlstigninger og voldsommere stormfloder vil være nogle af de effekter som vil ramme Danmark som følge af klimaændringer. Påvirkningerne af det hydrologiske system omfatter bl.a.: forøget risiko for oversvømmelser i byer, ændringer i grundvandsdannelse og grundvandsstand, forøgede problemer omkring saltvandsindtrængning i grundvandet i kystnære områder, ændret afstrømning i åer med mindre vandføring om sommeren og derved påvirkning af vandkvaliteten i åer og recipienter. Klimaændringer får også indflydelse på <u>meteorologiske</u> og <u>oceanografiske</u> (metocean) forhold i havet omkring Danmark. Udover en forventet havspejlsstigning på op til 1m (<a href="http://climatecongress.ku.dk/pdf/synthesisreport">http://climatecongress.ku.dk/pdf/synthesisreport</a>) i det 21. århundrede, vil ændringer i stormes intensitet og vindretning påvirke offshore og kystnære bølgeforhold. Disse ændringer vil forårsage ændringer i oversvømmelsesrisikoen for kystnære områder, reduceret sikkerhed/levetid for marine konstruktioner, større "down-time" for havne og terminaler og ændringer i sedimenttransport og kysterosion</p> <p>I forbindelse med implementeringen af "Regeringens Klimatilpasningsstrategi" er de centrale elementer planlægning og design af fremtidig infrastruktur og forvaltning af naturressourcer. Der er derfor stort behov for kompetencer om klimaændringers effekter og tilpasningsstrategier hos danske myndigheder, virksomheder og primærerhverv.</p> <p>De ændrede klimaforhold har medført behov for afhjælpning af stigende</p>	

regnmængder. Mange kommuner og forsyningselskaber efterspørger ny teknologi og ny viden om, hvordan man planlægger og renoverer afløbssystemet på en økonomisk og bæredygtig måde. Behovet for nye rensesystemer til regnvand (f.eks. fra veje) og overløbsvand fra afløbssystemer er markant stigende. Desuden er der behov for teknologiudvikling af metoder til nyttiggørelse af regnvand i boliger, i industrien, mv.

Kommuner og miljøcentre efterlyser en vurdering af klimaændringers effekter og mulige tilpasningsstrategier for det samlede vandkredsløb. Med udsigt til varmere somre, større risiko for ekstrem regn og længere perioder uden nedbør og måske endda tørke, kan Danmark forvente øget pres på ferskvandressourcerne. Klimaændringer skal inddrages i planlægningen af Danmarks drikkevandsforsyning og vandingsbehov i landbrug. Hertil kommer direkte og indirekte effekter på akvatiske økosystemers vandkvalitet og biodiversitet. Der er også et akut behov for etablering af viden om, hvordan Danmarks kyster vil udvikle sig, hvordan eksisterende marine infrastrukturer tilpasses og hvordan nye infrastrukturer skal designes samt hvilke miljøparametre der skal anvendes for at sikre en lang levetid. Den kommende Fehmern Bælt forbindelse er et eksempel på en stor marin infrastruktur, som skal klimasikres.

Klimaændringer vil komme i Danmark, men hvor meget og hvornår er på det lokale niveau stadig usikkert. Der er derfor et stort behov for nye metoder til at belyse denne usikkerhed, og der er behov for risikobaserede beslutningsstøtteværktøjer, der kan benyttes af danske myndigheder til effektiv planlægning af klimatilpasningsstrategier. Dette omfatter også værktøjer, der kan nedskalere klimaprognoser fra de globale og regionale klimamodeller som er en forudsætning for meningsfulde beregninger af effekter af klimaændringer på lokal skala. Aktiviteten vil tage udgangspunkt i de nyeste klimamodellsimuleringer (fra EU projektet: ENSEMBLES) med transiente klimamodellsimuleringer for perioden 1950-2100. Hvor hidtidig praksis har været at gennemføre modellsimuleringer for en referenceperiode (1961-90) og for et klimascenarium (2071-2100), vil de nye transiente klimadata give et betydeligt bedre grundlag end tidligere klimaprognoser for evaluering af klimaeffekter for forskellige fremskrivningshorisonter.

Klimatilpasningsportalen (Klima og Energiministeriet) vil give et samlet overblik over hvilke klimainformationer, som findes for Danmark. Men der er en hel del klimainformation som i dag stadigvæk ikke er tilvejebragt. For at fremskaffe den viden, som det danske samfund har brug for, er der behov for en styrket dialog og øget samspil mellem virksomheder, primærerhverv og kommuner og vidensinstitutioner for at sikre, at målgrupperne kommer i besiddelse af strukturerede metoder til:

- Branchespecifik kvalificering og kvantifikation af potentielle problemer
- Estimering af usikkerheden på resultatet af konsekvensvurderinger af klimaændringer
- Beslutninger om hvor investeringer i klimatilpasning skal foretages.

### **Målgrupper**

Målgruppen er alle danske kommuner, vandselskaber og forsyningsvirksomheder – offentlige som private - disses leverandører og rådgivere, samt primærerhverv og danske virksomheder med udvikling, produktion og eksport af vandteknologier som speciale. Det forventes, at kommunerne har brug for en kraftig forøgelse af investeringer inden for klimateknologiområdet, f.eks. skal efterslæbet på 2,3 milliarder kr/år. (ref. Børsen 2008) i kloakinvesteringer indhentes. Udvalgte kyststrækninger og kystnære boligområder skal sikres mod effekter af øget vandstand, nedbør og ændrede vind-, bølge- og strømforhold, hvilket vil kræve

	<p>øgede investeringer og dermed forøget omsætning indenfor dette område. Derfor forventes der en øget vækst inden for virksomheder, der leverer teknologiske løsninger (klimateknologi, vandbesparelser, energibesparelse). Denne vækst kan meget vel komme langt over 20% per år specielt når den udviklede teknologi får globalt potentiale.</p> <p><b>Status på viden på det danske marked – hos universiteterne og på det danske marked</b>  DHI har i 2008-2009 modtaget en ekstra bevilling fra FI om "Intelligent Klimatilpasning". Den bevilling har betydet at DHI er førende i DK og verdens plan på mange områder indenfor analyse af effekter af klimaændringer på vandkredsløbet.</p> <p>Pt. findes der hos GEUS, Århus Universitet, DTU og DMI en del tung grundforskningsviden om klimaændringer. DHI hjælper Energistyrelsen med at kvalitetssikre information og viden på Klimatilpasningsportalen. Alt dette betyder at DHI på området for klimatilpasning yder en state-of-the-art viden og teknologisk service til det danske samfund i form af teknisk rådgivning, værktøjsudvikling og vidensformidling</p> <p><b>Målgruppeeffekt</b>  Aktiviteterne i perioden 2010-2012 vil blive udvidet til at inkludere flere fysiske fænomener og forhold end tidligere, fx ændringer af bundforhold langs danske kyster, ændringer i metocean forhold og effekter deraf på kyst- og havne sikring, samt forøget belastning af marine offshore konstruktioner. Denne aktivitet vil derfor give målgruppen adgang til analyser og et sikkert beslutningsgrundlag i forhold til at kunne klimatilpasse Danmarks infrastruktur optimalt og omkostningseffektivt til fremtiden. Hertil kommer at DHI vil arbejde videre med de igangværende aktiviteter under tillægs resultatkontrakten vedr. Intelligent Klimatilpasning. Herunder at gøre brug af nye klimadata fra ENSEMBLES til transiente 1950-2100 klimamodelsimuleringer.</p>
<p><b>Aktivitetsplanens indhold</b></p>	<p><b>Reduktion af skader fra oversvømmelser i danske byer</b></p> <p><b>Ny viden og teknologi</b>  Denne aktivitet vil udvikle metoder til analyse af oversvømmelser i byer under klimaændringer og analyse af klimatilpasningstiltag til reduktion af skader fra oversvømmelser. Til analyse af oversvømmelser i byer er der behov for udvikling af mere præcise modeller. Der vil blive udviklet nye metoder til kalibrering og validering af oversvømmelsesmodeller ved brug af satellitdata og regnrader data. Desuden vil aktiviteten udvikle simuleringsværktøjer til analyse af oversvømmelsesrisiko, der benytter nedskalerede klimadata i form af generede nedbørstidsserier og statistisk baserede design nedbørshændelser. Herunder vil der blive udviklet Monte Carlo baserede simuleringsmetoder til analyse af kombinerede effekter af ekstremnedbør, havvandsspejlsstigning og stormfloder på oversvømmelsesrisiko i kystnære byområder, der bygger på de statistiske joint-probability modeller udviklet i delaktiviteten "Risikobaserede beslutningsstrategier".</p> <p><b>Forbedring i teknologisk service</b>  Aktiviteten vil udvikle forskellige værktøjer, der vil forbedre den teknologiske service for bl.a. kommuner og forsyningsselskaber til bedre planlægning af håndtering af oversvømmelser i byer under klimaændringer. DHI er førende i verden indenfor udvikling af matematisk modellering af klimaændringers påvirkning af vand i byer.</p> <p><b>Markedsmodning</b>  Den viden som udvikles her vil være til nytte for det danske samfund allerede efter 1 år.</p>

## **Forvaltning af Danmarks vandressourcer under påvirkning af klimaændringer: Effektanalyser og beslutningsstøtte**

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

Denne aktivitet vil udvikle værktøjer til web-baseret beslutningsstøtte til forvaltning af Danmarks vandressourcer med inddragelse af klimaændringer. Underliggende procesbeskrivelser og metoder til analyse af vandressourcer under påvirkning af klimaændringer foregår under aktiviteten ” **Vandressourcer, landbrug og miljø**”. Resultaterne fra delaktiviteten ” *Risikobaserede beslutningsstrategier*” vil blive indbygget i beslutningsstøttesystemet.

Et web-baseret beslutningsstøttesystem er under udvikling i 2009. Den udvikling fokuserer på indhentning og fremvisning af klimadata fra klimamodeller, samt integration af beregningsmetoder til nedskalering af nedbørsdata, til brug i vandmodeller. I den kommende periode vil det web-baserede beslutningsstøttesystem blive videreudviklet med fokus på følgende aktiviteter:

- At inkludere nye transiente klimamodelberegninger. Dette gør det muligt at analysere effekter af klimaændringer på kortere planlægnings-horisonter.
- At inddrage nye metoder til nedskalering, risiko- og usikkerhedsanalyse udviklet i delaktiviteten ” *Risikobaserede beslutningsstrategier*”.
- At videreudvikle forskellige typer af klima-analyser og præsentation af klimadata og modelberegninger af effekter af klimaændringer og klimatilpasningsstrategier.

Aktiviteten vil også inkludere udvikling af værktøjer til DHI modelsystemer, der muliggør automatisk klimafremskrivning af model input data (eks. nedbør, fordampning, temperatur, vandstand) til analyse af klimascenarier. Dette værktøj vil benytte proceserede, nedskalerede klimadata fra globale og regionale klimamodeller.

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

Det web-baserede beslutningsstøttesystem gør information om fremtidige klimaændringer og klimatilpasning let tilgængelig, både for beslutningstagere og for borgerne. Beslutningsstøttesystemet vil blive baseret på den nyeste viden om klimaændringer i Danmark og inkludere state-of-the-art klima-analyse metoder. Automatisk klimafremskrivning i DHI modelsystemer vil gøre klima-analyser mere tilgængelige for brugere af DHI Software.

### ***Markedsmodning***

Markedet efterspørger allerede i dag disse analyse- og beslutningsstøtteværktøjer som løbende vil blive markedsmodnet efterhånden som delelementer færdiggøres. Der forventes en markedsmodning på under et år.

## **Ændringer af kyst- og bundforhold i danske farvande (Erosion og oversvømmelse)**

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

*Beskyttelse mod oversvømmelse og kysterosion:* Der vil blive arbejdet på modeller, der kan beskrive og forudsige de morfologiske ændringer på kysten som følge af klimarelaterede bølge- og vandstandsændringer over store tidsskalaer. Arbejdet vil involvere DHI's modeller for langtidsmorfologi såvel som detaljerede modeller for klit- og digebrud og udbredelsen af oversvømmelser i baglandet. I denne aktivitet arbejdes udelukkende med emner relateret til klimatilpasning, idet den grundlæggende udvikling af modellerne gennemføres under aktivitetsområdet ” **Kyst of Hav**”.

I dette aktivitetsområde vil der blive udviklet koncepter til beskyttelse mod oversvømmelse af og erosion på kyster med fokus på løsninger, der er fleksible med hensyn til klimatilpasning, fx en kombination af sandfodring på kysten og egentlige konstruktioner. Samspillet mellem kysten, konstruktionerne og sandfodring vil blive beskrevet for at optimere udformningen af konstruktionerne og strategien for sandfodring med hensyn til sandmængder, hyppighed af fodringer og placeringen af materialet. Det vil blandt andet blive undersøgt, om man ved at placere konstruktioner og/eller sand foran kysten kan opnå forbedringer.

*Håndbog:* DHI har udgivet en håndbog om planlægning og administration omkring kystlinier. Den seneste udgave (Shoreline Management Guidelines, Mangor 2004) har stor udbredelse i Danmark og i udlandet og anvendes i undervisningen på danske universiteter. Bogen har til formål at fremme forståelsen og samarbejdet mellem teknikere, planlæggere og administratorer. En ny udgave, der inkluderer betydningen af klimaeffekter, vil blive udarbejdet og udgivet.

Langtidsmorfologiske simuleringer som disse vil blive meget beregningstunge og kan i høj grad forventes at kunne drage nytte af adgang til High Performance Computing faciliteter som udvikles under aktiviteten "**Informations- og Kommunikationsteknologi**".

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

DHI er de eneste i Danmark, der udvikler numeriske modeller som beskrevet og er førende i anvendelse af disse til udvikling af nye koncepter for beskyttelse mod kysterosion og oversvømmelse af kystnære områder. DHI's modeller er i dag the-state-of-the-art. Den opnåede viden og de udviklede redskaber vil medføre bedre projekter med mindre usikkerhed og tilbydes kunder direkte eller i samarbejde med rådgivere og andre, der anvender DHI's software.

#### **Markedsmodning**

Problemstillinger, hvor dette udviklingsarbejde er relevant, optræder løbende i DHI's rådgivningsarbejde. Der er typisk sammenfald mellem DHI's udviklere og projektmedarbejdere. Resultaterne af udviklingsarbejdet vil derfor typisk finde anvendelse i løbet af få måneder. En egentlig produktmodning og indbygning i DHI's software har en horisont på 2-4 år.

#### **Ændringer af vandstand, bølger, strøm, mm i havet omkring Danmark**

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

Baseret på nyeste viden inden for regionale og globale klimamodeller vil DHI udvikle et system til effektiv gennemførelse af en projektion af et eller flere udvalgte IPCC scenarier i havet omkring Danmark og vurdere usikkerheden på IPCC scenarie-projektionen baseret på metoder og teknologier udviklet i delaktiviteten "*Risikobaserede beslutningsstrategier*". Desuden vil nyeste viden og udviklet teknologi omkring High Performance Computing under aktiviteten "**Informations- og Kommunikationsteknologi**" blive anvendt.

Projektionen vil blive gennemført første gang i 2010 og planlægges opdateret i 2012. Det udviklede system vil efterfølgende kunne anvendes til gennemførelse af nye scenarier. Hovedresultatet af analyserne vil blive offentliggjort i første halvdel af 2011 og ultimo 2012 og vil have en form, således at disse kan anvendes som input til lokale modeller i forbindelse med vurdering af bl.a. oversvømmelsesrisici for udvalgte kystnære land og byområder ved hjælp af lokale digitale terrænmodeller. Resultaterne vil blive tilbudt til regeringens "Klimatilpasningsportal".

Projektet vil også omfatte en analyse af i hvilket omfang tidevand i danske farvande kan forventes at blive påvirket af ændringer i klimaet primært som følge af general havspejlsstigning. Denne viden findes DHI bekendt ikke i Danmark. Hertil kommer, at betydningen af ændrede metocean forhold - med hovedvægten lagt på ekstreme hændelser - bliver.

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

Til vurdering af konsekvenserne af disse ændringer er der et samfundsøkonomisk behov for kortlægning af forventede ændrede metocean konditioner. Baseret på DHI's mere end 40 års erfaring med metocean data nationalt og internationalt, viden om avancerede simuleringsværktøjer og statistiske metoder kan DHI som de eneste i Danmark opfylde dette væsentlige samfundsbehov.

#### ***Markedsmodning***

Tidshorizonten for markedsmodningen af disse teknologier forventes at være mindre end 3 år.

#### **Risikobaserede beslutningsstrategier**

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

Aktiviteten vil indeholde udvikling af nye metoder til nedskalering af globale og regionale klimamodeller som grundlag for kvantificering af de statistiske ændringer i klimatiske ekstremer. Aktiviteten vil udvikle statistiske metoder, der kan belyse den tidlige udvikling i klimaekstremer og tilhørende risiko som grundlag for beslutningsstøtte og socioøkonomiske analyser til effektiv planlægning af klimatilpasningsstrategier på både kort og langt sigt. For en effektiv planlægning af fremtidig infrastruktur er det nødvendigt at se på de integrerede effekter af ekstreme hændelser grundet samspil mellem eks. forøgede vandstande af søer og åer, stigning af grundvandsstand, overbelastning af afløbssystemer og forøgede vandstande og ekstreme stormfloder langs kysten. I den forbindelse vil der blive udviklet værktøjer til estimering af de statistiske sammenhænge mellem forskellige klimaekstremer (såkaldte joint probabilities).

Når der gennemføres klimaprojekter skal der tages hensyn til en bred vifte af usikkerhedskilder. Udviklingen vil inkludere modelusikkerheder i klimaprognoerne kvantificeret ved variabiliteten af resultaterne fra de forskellige regionale klimamodeller, usikkerhederne tilknyttet nedskalering, og usikkerheder i de fremtidige klimascenarier. Systematisk beskrivelse og kvantificering af usikkerheder i klimastudier er et forholdsvis nyt forskningsområde, hvor der er et stort behov for udvikling af nye analysemetoder, og integrering af resultater i beslutningsstøtteværktøjer.

Aktiviteten vil udvikle forskellige services og beslutningsstøtte-værktøjer, der inkluderer:

1. Portefølje af værktøjer til nedskalering, risiko- og usikkerhedsanalyse.
2. Generiske metoder til processering af klimadata. Dette betyder at klimavejledninger løbende kan opdateres let, når der foreligger ny viden og prognoser om klimaændringer.
3. Processerede klimadata til brug for nedskalering, risiko- og usikkerhedsanalyse.
4. Vejledninger om brug af klimainformation og analyseværktøjer.
5. Demonstration af de udviklede services på et antal test cases, eks. vandressourceanalyser, oversvømmelser i byer og kystnære områder.

### **Forbedring i teknologisk service**

Denne aktivitet vil understøtte beslutningstagere i mange sektorer, som skal indarbejde klimaændringer i deres beslutningsprocesser. Det er internationalt anerkendt, at klima-afhængig risiko og usikkerhed skal inkorporeres i beslutninger for klimatilpasning. For eksempel inkluderer Regeringens klimatilpasningsstrategi en informations- og vejledningsindsats (bla. Klimakogebogen) for kommunerne i forbindelse med klimatilpasningstiltag på kommunalt niveau. Denne tjeneste kan udvides til at rumme vurdering af usikkerhederne og tilhørende risici.

### **Markedsmodning**

Den viden som udvikles her vil være til nytte for det danske samfund allerede efter 1 år.

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

Energistyrelsen: DHI vil løbende stille relevant viden til rådighed for Energistyrelsen og Klimatilpasningsportalen og vil indgå i styrelsens arbejdsgrupper om klimaændringer.

CRES - Centre for regional change in the Earth system. DHI indgår som partner i det nyligt etablerede danske klimaforskningscenter støttet af DSF. I centret deltager de førende forskningsinstitutioner i Danmark indenfor klimaforskning: DMI, AU-DJF, KU-LIFE, KU-NBI, GEUS, AU-DMU, RISØ DTU og DTU Miljø. Desuden deltager forskellige organisationer der repræsenterer slutbrugerne (DANVA, KL, Dansk Landbrugsrådgivning og Forskning & Pension) samt to kommuner. DHI's rolle i klimacentret vil være dialog med slutbrugere, klarlægning af behov for klimadata og – værktøjer, udvikling af værktøjer til nedskalering, risikoanalyse og effektmodellering samt anvendelse i to test cases. CRES samarbejdet vil således bidrage til delaktiviteterne "Reduktion af skader fra oversvømmelser af danske byer", "Forvaltning af Danmarks vandressourcer under påvirkning af klimaændringer" og "Risikobaserede beslutningsstrategier". Samarbejdet i CRES giver DHI mulighed for adgang til den seneste viden om klimaændringer og klimamodel simuleringer som grundlag for effektmodelleringer og klimatilpasningsanalyser indenfor alle DHIs forretningsområder.. Indenfor CRES vil der blive etableret et PhD-samarbejde med DTU Miljø vedr. nedskalering og ekstremværdianalyse med DHI som medvejleder.

DHI samarbejder med Kystdirektoratet og Institut for Geologi og Geografi, KU ligesom DHI medfinansierer og medvejleder en Ph.D. ved DTU MEK, som arbejder med langtidsmorfologi.

### **International videnhjemtagning**

Nice-Sofia University, Frankrig har betydelig viden om oversvømmelser i byer, samt beregning af oversvømmelser på forskellige byskalaer. DHI samarbejder med universitet i Nice-Sofia om en PhD med fokus på beregning af oversvømmelser på forskellige byskalaer. DHI medfinansierer dette Ph.D.

International videnhjemtagning vil også finde sted i regi af arbejdet i CRES, hvor Bjerkness Center (Norge), SMHI (Sverige) og University College London (UK) deltager, og der forventes etableret yderligere internationalt samarbejde.

DHI deltager i Advisory Board på projektet EU FP7 THESEUS (Innovative technologies for safer European coasts in a changing climate). Dette vil give en bred kontaktflade til forskere, der arbejder med klimatilpasning, fra bl.a. Holland, Storbritannien, Tyskland, Frankrig, Spanien og Italien.

Lulå University, Sverige er internationalt førende indenfor udvikling af bæredygtig håndtering af vand i byer. Lulå University vil indgå i



	samarbejde med DHI omkring udvikling og analyse af nye teknologier til styring af regnvand.
<b>Koordinering og samspil med andre FoU-aktiviteter</b>	<p><b>Igangværende:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. DSF: CRES - Centre for regional change in the Earth system (dansk klimaforskningscenter), 2009-2014. Se beskrivelse af DHIs rolle i klimacentret ovenfor.</li> <li>2. DSF: Danske kyster og klimatilpasning. 2009-2013. Udvikling af nye værktøjer og metoder til beskyttelse mod oversvømmelse og erosion.</li> <li>3. EU FP7 ENV: CORFU - Collaborative research on flood resilience in urban areas, 2010-2013. I projektet udvikles nye kort og langtidsstrategier til håndtering af oversvømmelser i byer med henblik på at reducere omkostninger for samfundet</li> <li>4. RTI: "MapMyClimate" et projekt vedr. visualisering af klimaændringer – bevilget i 2007</li> <li>5. EU COST action: FloodFreq – European procedures for flood frequency estimation, 2009-2013. DHI er koordinator for aktiviteter relateret til klimaændringers indflydelse på ændringer i ekstreme hændelser.</li> </ol>
<b>Formidlings- og spredningseffekt</b>	<p>Hovedresultater fra projektet vil blive stillet til rådighed på Regeringens "Klimatilpasningsportal" – <a href="http://www.klimatilpasning.dk">www.klimatilpasning.dk</a>.</p> <p>I Danmark anvendes MIKE by DHI software til analyse af vandmiljø af ca. 2000 brugere blandt hos rådgivere (de 8 største og yderligere knap 20 mindre rådgivere), forsyningselskaber, kommuner og på universiteterne. Aktivitetens resultater vil blive implementeret i DHI's softwarepakker til analyse af vandmiljø og således komme de danske softwarebrugere til gavn ifm den årlige opdatering af MIKE by DHI software. Det sikres således, at rådgivere, herunder SMV'er kan udføre best-practice analyser for danske myndigheder af klimaændringers effekter.</p> <p>Den følgegruppe, som er blevet oprettet ifm. DHI RK tillægsbevilling 2008-09 om intelligent klimatilpasning vil blive fortsat og udvidet efter behov. I takt med ny erkendelse og skitsering af løsninger udarbejdes målrettede efteruddannelsesforløb for kommuner, og virksomheder herunder entreprenører, rådgivere, kloakvirksomheder og landskabsarkitekter. Undervejs arrangeres temadage, hvor branchen som helhed inviteres til at bidrage direkte til teknologiudvikling af afløbskomponenter. Mundtlig formidling vil også finde sted ved netværksmøder og konferencer.. Arbejdet bliver formidlet i artikler i danske fagblade, ligesom de involverede forskere vil sikre international publicering. Endelig vil der blive udviklet undervisningsmateriale målrettet undervisning af folkeskoleelever, gymnasieelever og universitets studerende, Undervisningen af elever og studerende vil være med til at sikre et rekrutteringsgrundlag af folk med klimaviden til danske virksomheder og myndigheder. MapMyClimate - det igangværende RTI støttede klimaformidlingsprojekt - tænkes integreret som en del af den overordnede formidling til landets skoler, gymnasier mm. Herigennem forventes DHI at kunne nå en langt større gruppe af danskere og dermed sprede kendskabet til GTS-institutterne langt videre end det er muligt gennem almindelige formidlingskanaler.</p>
<b>Centrale kompetencer involveret i FoU-projektet</b>	<p><b>Ole Mark</b>, Ph.D er Forsknings- og udviklingschef hos DHI og er en internationalt anerkendt indenfor områderne: oversvømmelser i byer og klimaændringer. Han har tætte samarbejder med internationale anerkendte universiteter, så som: Nice-Sofia University, F; UNESCO-IHE Delft, Ni; Asian Institute of Technology, Th og DTU og Syddansk Universitet, Dk og har ca. 100 internationale publikationer på CV'et.</p> <p><b>Michael Butts</b>, Ph.D er Innovationschef indenfor Vandressourcer og Miljøforvaltning. Michael Butts er en internationalt anerkendt ekspert indenfor vandressourcer. Michael har tæt samarbejde med mange internationale forskningsmiljøer, så som: UK Met Office og Geocenter</p>

	<p>Denmark, UNESCO-IHE, NL, University of Idaho, US, University of Bristol, UK., og DTU, DTU-Space, KVL og KU. Han har deltaget i og koordineret nationale og internationale forskningsprojekter. Han har 3 bogbidrag, 14 artikler i internationale peer-reviewed publikationer samt et stort antal konferencebidrag (inklusive inviterede bidrag) på sit CV.</p> <p><b>Rolf Deigaard</b>, Ph.D er cheffingeniør og arbejder med hydrodynamik, sedimenttransport og morfologi på kyster og har arbejdet i en årrække som docent ved DTU. Han er medlem af Advisory Editorial Board for tidsskrifterne 'Coastal Engineering' og 'Continental Shelf Research', har fungeret som reviewer for 15 internationale tidsskrifter og for forskningsprogrammer fra USA, Holland og EU, er forfatter til mere end 20 artikler i internationale tidsskrifter og bogkapitler og medforfatter til en vidt udbredt international lærebog.</p> <p><b>Henrik Madsen</b>, Ph.D, innovationschef på området vandløb, søer og vådområder med speciale indenfor data assimilering, optimering, statistisk modellering, usikkerheds- og risikoanalyse og ekstremværdianalyse. Han har deltaget i og koordineret flere nationale og internationale forskningsprojekter, har samarbejde med adskillige danske og udenlandske forskningsmiljøer, og har 44 peer-reviewed internationale publikationer og et stort antal konferencebidrag på CV'et.</p> <p><b>Henrik Kofod-Hansen</b> er afdelingsleder indenfor havne og offshore teknologi og har 20 års erfaring indenfor modellering af metocean data. Han har været ansvarlig for udvikling af MIKE by DHI's marine software produkter i en årrække, har vejledt flere MSc/PhD projekter i Danmark og udland, og er forfatter til adskillige internationale publikationer.</p>
<p><b>Milepæle år 2010</b></p>	<p><b>Reduktion af skader fra oversvømmelser i danske byer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metode udviklet til anvendelse af satellitdata og radar regndata til kalibrering og validering af oversvømmelsesmodeller i byer.</li> </ul> <p><b>Forvaltning af Danmarks vandressourcer under påvirkning af klimaændringer: Effektanalyser og beslutningsstøtte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prototype af web-baseret beslutningsstøttesystem udviklet til beregning og formidling af usikkerheder i klimascenarie simuleringer.</li> <li>• Software udviklet til automatisk fremskrivning af model input data til DHI modelsystemer.</li> </ul> <p><b>Ændringer af bundforhold i danske farvande</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Katalog og diskussion af konsekvenser af klimaudvikling for kyster og oversvømmelsesrisiko.</li> <li>• Analyse af sedimenttransport nu og i fremtiden for ét klima scenarie</li> </ul> <p><b>Ændringer af vandstand, bølger, strøm, mm i havet omkring Danmark</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Design af system og udvikling af modelkomponenter. Udvælgelse af senarie(r) og hjemtagning af klimadata</li> <li>• Analyse af klimaændringers effekter på tidevand i danske farvande</li> </ul> <p><b>Risikobaserede beslutningsstrategier</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nedskaleringsværktøjer udviklet og aftestet med ENSEMBLES klimaprognoser til evaluering af effekter af klimaændringer relateret til vandressourceforvaltning og håndtering af vand i byer.</li> <li>• Statistisk model baseret på ikke-stationær ekstremværdianalyse udviklet til estimation af ekstreme hændelser under klimaændringer.</li> </ul> <p><b>Formidling af resultater</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Udvikling af undervisningsmateriale og undervisning af folkeskoleelever, gymnasieelever og universitets studerende.</li> <li>• Udbydelse af efteruddannelseskurser inden for analyse, management og modellering af klimaændringer.</li> <li>• Opbygning af undervisningsforløb til MapMyClimate til folkeskolens største klasser og spredning gennem skolenetværk, som fx UNI-C</li> <li>• 2 artikler i peer-reviewed internationale tidsskrifter og 1 artikel i dansk fagtidsskrift</li> <li>• 4 bidrag til nationale og internationale konferencer og workshops</li> <li>• 3 foredrag</li> <li>• Afholdelse af 1 temadag</li> </ul>

<p><b>Milepæle år 2011</b></p>	<p><b>Reduktion af skader fra oversvømmelser i danske byer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metode udviklet til kvantificering af usikkerheder i forbindelse med modellering af oversvømmelser i byer på forskellige skalaer.</li> <li>• Simuleringsværktøjer udviklet til analyse af oversvømmelsesrisiko med klimafremskrevne nedbørstidsserier og design nedbørshændelser. Anvendt på et test case.</li> </ul> <p><b>Forvaltning af Danmarks vandressourcer under påvirkning af klimaændringer: Effektanalyser og beslutningsstøtte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Web-baseret beslutningsstøttesystem udbygget med processerede, nedskalerede regionale klimadata og tilhørende effektanalyse værktøjer.</li> <li>• Klimabeslutningsstøttesystemet anvendt hos mindst en kunde.</li> <li>• Metode implementeret i DHI Software til automatisk fremskrivning af model input data. Manualer opdateret med beskrivelser af metoder til analyse af klimaændringer.</li> </ul> <p><b>Ændringer af bundforhold i danske farvande</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse og udvikling af metode til bestemmelse af klimaeffekter på kystlinier og kystprofiler.</li> <li>• Analyse af samspil mellem forstrand og klitter med henblik på beskrivelse af oversvømmelsesrisiko fra havet.</li> </ul> <p><b>Ændringer af vandstand, bølger, strøm, mm i havet omkring Danmark</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektion af scenarie vedr. metocean data og publicering af resultater</li> <li>• Anvendelse af statistiske metoder og teknologier (ikke-stationær ekstremværdi analyse og joint probabilities) på modelresultater</li> </ul> <p><b>Risikobaserede beslutningsstrategier</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Statistisk metode udviklet til kvantificering af usikkerheder på effektberegninger relateret til usikkerheder i klimamodeller, nedskalering og klimascenarier.</li> <li>• Statistisk model udviklet til estimation af oversvømmelsesrisiko</li> </ul> <p><b>Formidling af resultater</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Videreudvikling af klimatilpasningsundervisningsmateriale, som beskrevet ovenfor.</li> <li>• Opsamling på undervisningsforløb til MapMyClimate og udbygning i henhold til erfaringer. Herunder evaluering og opbygning af undervisningsforløb til 5. klasse op til og med gymnasiet.</li> <li>• 3 artikler i peer-reviewed internationale tidsskrifter og 1 artikel i dansk fagtidsskrift</li> <li>• 5 bidrag til nationale og internationale konferencer og workshops</li> <li>• 3 foredrag</li> <li>• Afholdelse af 1 temadag</li> </ul>
<p><b>Milepæle år 2012</b></p>	<p><b>Reduktion af skader fra oversvømmelser i danske byer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Katalog med beskrivelser af klimatilpasningsmetoder til reduktion af oversvømmelsesskader.</li> <li>• Simuleringsværktøjer udviklet til analyse af kombinerede effekter af ekstremnedbør, havvandsspejlsstigning og stormfloder på oversvømmelsesrisiko i kystnære byområder. Anvendt på test case.</li> </ul> <p><b>Forvaltning af Danmarks vandressourcer under påvirkning af klimaændringer: Effektanalyser og beslutningsstøtte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beslutningsstøtteværktøjer til risikobaseret design implementeret i beslutningsstøttesystem.</li> <li>• Klimafremskrivning af model input data i DHI Software opdateret med nye klimadata og nedskaleringmetoder.</li> </ul> <p><b>Ændringer af bundforhold i danske farvande</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Udvikling og analyse af nye kystbeskyttelsesmetoder til afbødning af klimaeffekter</li> <li>• Implementering og anvendelse af morfologisk model med dige- og klitbrudsbeskrivelse til vurdering af risiko for brud og oversvømmelse</li> <li>• Bog: 'Shoreline Management Guidelines' opdateret med klimaeffekter.</li> </ul>

	<p><b>Ændringer af vandstand, bølger, strøm, mm i havet omkring Danmark</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Hjemtagning af nyeste regionale klimadata og opdatering af projektion vedr. metocean data</li></ul> <p><b>Risikobaserede beslutningsstrategier</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Statistisk model baseret på joint-probability metoder for sammenhørende ekstreme hændelser og tilhørende integrerede effekter færdigudviklet.</li><li>• Risikobaserede design metoder færdigudviklet og anvendt på test case.</li></ul> <p><b>Formidling af resultater</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 1000 elever/kursister undervist i effekter af klimaændringer i perioden 2010-2012.</li><li>• 3 artikler i peer-reviewed internationale tidsskrifter og 1 artikel i dansk fagtidsskrift</li><li>• 5 bidrag til nationale og internationale konferencer og workshops</li><li>• 3 foredrag</li><li>• Afholdelse af 1 temadag</li></ul>
--	---