

A. Skema til ansøgning om resultatkontraktmidler

Indsatsområde (titel):	Klimatilpasning og grøn omstilling	Evt. nr.:	3
Indsatsområde kort (resumé)			
<p>Tilpasning til klimaændringer er en stor samfundsmæssig udfordring i Danmark og globalt og er en essentiel del af den grønne omstilling. Målet med dette indsatsområde er at udvikle nye digitale værktøjer og services til klimatilpasning med fokus på integrerede og holistiske løsninger, der (i) tager hele vandkredsløbet og samspillet mellem by, land og hav i betragtning; (ii) inkluderer samspillet mellem forskellige virkemidler i form af infrastrukturplanlægning, prognose- og varslingsystemer samt styring af vand- og spildevandsstrømme og (iii) adresserer forskellige udfordringer relateret til både ”for meget vand”, ”for lidt vand” og ”for beskidt vand” med tilhørende økonomiske, miljømæssige og sundhedsmæssige aspekter.</p> <p>Aktiviteter under indsatsområdet inkluderer:</p> <ol style="list-style-type: none"><i>1. Risikoanalyse og beslutningsstøtte for klimatilpasning.</i> Der udvikles risikoanalyse- og økonomiske værktøjer for helhedsorienteret planlægning og beslutningsstøtte for klimatilpasning. Værktøjerne vil understøtte optimering af klimatilpasningsinvesteringer og reduktion af risiko under klimafremskrivninger ved analyse af forskellige virkemidler.<i>2. Hydrologisk prognose- og varslingservice.</i> Der etableres en landsdækkende hydrologisk prognoseservice for nøglevariable, herunder afstrømning og vandstand i vandløb og jordfugtighed til operationel beslutningsstøtte for vandressourceforvaltning på nationalt og regionalt niveau. Desuden vil servicen danne basis for udvikling af nedskalerede lokale prognosemodeller og services på kommune-/byniveau.<i>3. Digital tvilling af byens afløbssystem.</i> Der udvikles en digital tvilling, der integrerer hydrologiske og hydrauliske modeller, sensordata og styringsmodeller til effektivisering af planlægning, varsling og styring af infrastruktur i byens afløbssystem. Der implementeres automatiserede metoder til løbende opdatering og vedligeholdelse af modeller og opsætning af oplandsmodeller tilpasset forskellige anvendelser samt metoder til bedre udnyttelse af data fra afløbssystemet. <p>Indsatsområdet vil bidrage med nye løsninger, som vil være komplementære til eksisterende løsninger, og som vil bidrage til at fastholde og udbygge Danmarks førende og ledende position inden for klimatilpasning og grøn omstilling.</p> <p>Der vil blive leveret i form af digitale services med åbne interfaces, der kan anvendes bredt og integreres i virksomheders digitale løsninger og derved åbne nye markeder og forretningsmuligheder.</p>			
1) Målsætninger, aktiviteter og indikatorer			
<p>Tilpasning til klimaændringer er en stor samfundsmæssig udfordring globalt og en essentiel del af den grønne omstilling. I Danmark og mange andre steder i verden er der speciel fokus på tilpasning for at imødegå oversvømmelser fra skybrud og stormflod. Senest i starten af 2020 så vi i Danmark oversvømmelser fra vandløb forårsaget af kraftig nedbør over en længere periode i efteråret 2019 og vinteren 2020. Vi har også inden for de senere år set flere eksempler på oversvømmelser i danske byer forårsaget af skybrud og stormflod samt eksempler på tørke og vandmangel (fx sommeren 2018). Klimamodeller forudsiger, at disse forhold vil forværres i fremtiden med flere ekstreme vejrhændelser og skybrud, tørrere og varmere somre, øget nedbør i vintersæsonen og stigende havniveau¹.</p> <p>Der er et stort og voksende marked globalt for klimatilpasning. Danmark har en styrkeposition inden for området, specielt i relation til oversvømmelser fra skybrud. Det er visionen med indsatsområdet at styrke denne position for danske virksomheder samt at opbygge tilsvarende styrkeposition på andre problemområder inden for klimatilpasning og vand og derved skabe vækst og arbejdspladser i Danmark.</p> <p>Vi vil med dette indsatsområde udvikle nye digitale værktøjer og services til klimatilpasning med fokus på integrerede og holistiske løsninger, der</p>			

¹ <https://www.dmi.dk/klimaatlus/>

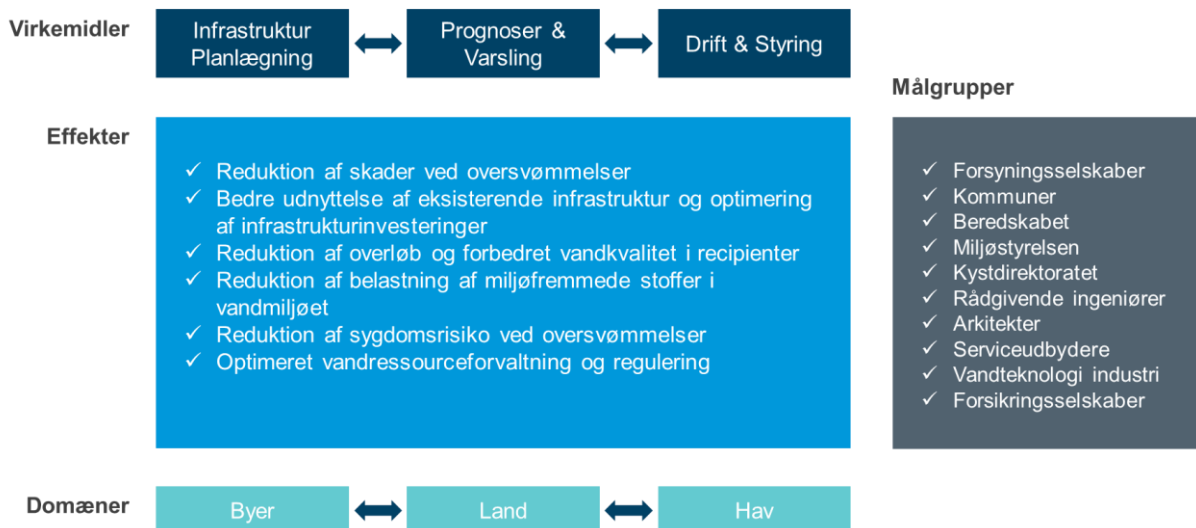
- tager hele vandkredsløbet og samspillet mellem by, land og hav i betragtning
- inkluderer samspillet mellem forskellige virkemidler i form af infrastrukturplanlægning (grønne og grå løsninger), prognose- og varslingsystemer samt styring af komplekse vand- og spildevandssystemer
- adresserer forskellige udfordringer relateret til både ”for meget vand”, ”for lidt vand” og ”for beskidt vand” med tilhørende økonomiske, miljømæssige og sundhedsmæssige aspekter.

Indsatsområdets aktiviteter har betydelige samfunds- og miljømæssige effekter:

- Reduktion af skader ved oversvømmelser
- Bedre udnyttelse af eksisterende infrastruktur og optimering af infrastrukturinvesteringer
- Reduktion af overløb af urensset spildevand fra afløbssystemer og forbedret vandkvalitet i recipienter
- Reduktion af belastning af miljøfremmede stoffer i vandmiljøet
- Reduktion af sygdomsrisiko ved oversvømmelser
- Optimeret vandressourceforvaltning og regulering

Som eksempel udleder BIOFOS årligt omkring 4 millioner m³ spildevand, der kun er mekanisk rensset². En reduktion på 10% ved bedre styring er absolut et realistisk mål. Det kan skaleres til betydelige mængder på nationalt plan og vil have en gunstig effekt på det danske vandmiljø.

Samspillet mellem virkemidler, domæner og de samfunds-, miljø- og sundhedsmæssige effekter af indsatsen er illustreret i figuren nedenfor.



Der planlægges aktiviteter inden for tre områder:

- Risikoanalyse og beslutningsstøtte for klimatilpasning
- Hydrologisk prognose- og varslingservice
- Digital tvilling af byens afløbssystem

1. Risikoanalyse og beslutningsstøtte for klimatilpasning

Under denne aktivitet udvikles nye metoder og tilhørende digitale services til understøttelse af risikoanalyser og økonomiske analyser for helhedsorienteret planlægning og beslutningsstøtte for klimatilpasning.

Værktøjerne integrerer de forskellige vanddomæner (land, by og hav) og vil inkludere modeller til beregning af økonomiske, socioøkonomiske, miljømæssige og sundhedsmæssige effekter. Eksempler på effektberegninger er skader på infrastruktur og socioøkonomiske konsekvenser ved oversvømmelser samt spredning af miljøfremmede stoffer og patogene mikroorganismer ved overløb af urensset spildevand fra afløbssystemer. Desuden inkluderes metoder til beregning af fx rekreativ værdi og værdien af øget biodiversitet af grønne klimatilpasningstiltag.

De udviklede værktøjer kan benyttes til adaptiv optimering af klimatilpasningsinvesteringer og reduktion af risiko under klimafremskrivninger for nedbør, havniveau og vandløbsafstrømning, hvor slutbrugere kan

² <https://udbudsmedia.dk/infrastruktur/biofos-facts-om-spildevandsudledning/>

analysere en bred vifte af virkemidler som fx udbygning af infrastruktur, brug af prognose- og varslingsmodeller og styring af regn- og spildevandsstrømme i afløbssystemer. Værktøjerne vil kunne benyttes til lokale risikoanalyser, men vil også kunne anvendes på et højere geografisk og strategisk niveau til at analysere effekten af samarbejde og samtænkning af planer, strategier og løsninger mellem kommuner og regioner og optimere på nationalt eller transnationalt niveau.

Værktøjerne udvikles og testes i tæt samarbejde med centrale aktører og fremtidige brugere, fx rådgivere, serviceudbydere, kommuner og forsikringsselskaber. De økonomiske komponenter udvikles i samarbejde med forskningsgrupper inden for miljø- og klimaøkonomi.

2. Hydrologisk prognose- og varslingservice

Aktiviteten udvikler prognose- og varslingservices, der vil levere pålidelig historisk dækning og operationelle prognoser af væsentlige hydrologiske og hydrauliske variable for at understøtte aktiviteter inden for vandressourceforvaltning. Det nationale hydrologiske prognosesystem, der er under udvikling i den nuværende resultatkontrakt, vil blive generaliseret, og der vil blive etableret en landsdækkende hydrologisk prognose- og varslingservice til operationel beslutningsstøtte på nationalt og regionalt niveau. Desuden vil servicen danne basis for udvikling af en række mere specifikke ydelser, herunder nedskalerede lokale prognosemodeller og services på kommune-/byniveau.

Der udvikles cloudbaserede, hydrologiske prognoseservices, som vil levere både historiske data, korttidsprognoser (op til 1-2 uger frem i tiden) og langtidsprognoser (sæsonbasis) af nøglevariable, herunder afstrømning og vandstand i vandløb og jordfugtighed (til varsling om tørke). Fokus vil være på at etablere et nyt datasæt af høj kvalitet ved assimilering af forskellige realtidsdatakilder, herunder målinger af vandstand og afstrømning i vandløb og satellitbaserede dataprodukter af jordfugtighed og fordampning. Nye metoder til usikkerhedskvantificering og løbende evaluering og forbedring af prognoserne vil blive udviklet med systematisk læring af tidligere hændelser til automatisk kalibrering og opdatering af de underliggende prognosemodeller.

De teknologiske komponenter udvikles og testes i tæt samarbejde med virksomheder (rådgivere, konsulenter og serviceudbydere) og slutbrugere (kommuner og offentlige myndigheder som fx Miljøstyrelsen). Aktiviteten vil benytte meteorologiske data og prognosedata fra vejrradar og vejrmodeller, der gøres tilgængelige fra DMI.

3. Digital tvilling af byens afløbssystem

Den digitale tvilling af byens afløbssystem vil integrere hydrologiske og hydrauliske modeller, sensordata og styringsmodeller til effektivisering af planlægning, varsling og styring af urban infrastruktur. En typisk anvendelse er reduktion af overløb fra afløbssystemer ved hjælp af optimeret realtidsstyring. Overløb udgør en væsentlig andel af byernes miljøbelastning på vores recipienter. Et andet konkret eksempel er pumpeanalyser, fx analyse af besparelsespotentiale ved udskiftning af pumper. Under aktiviteten bliver der udviklet automatiserede metoder til løbende opdatering og vedligeholdelse af modeller samt opsætning af modeller tilpasset forskellige anvendelser. Der ligger betydelige tids- og ressourcebesparelser i en automatiseret proces, og denne effektivisering vil både føre til mere pålidelige resultater og til øget anvendelse af de teknologiske muligheder, som i sig selv giver positive effekter for miljøet.

Der bliver implementeret metoder til automatiseret kvalitetssikring og validering af data og detektering af anomalier i afløbssystemet til fx generering af alarmer i driftssituation, detektering af uvedkommende vand og prædiktivt vedligehold af infrastruktur. Med en forbedret indsigt får forsyningsselskaberne øget mulighed for at investere i vedligeholdelse og opgradering, hvor de får mest grøn værdi for pengene. Den digitale tvilling vil inkludere modeller til forbedrede korttidsprognoser og prognosebaserede styringsmodeller til fx varsling af overløb og styring af afstrømning fra oplandet. Der påtænkes udvikling af såkaldte hybridmodeller, hvor områder af særlig interesse beskrives i en detaljeret model-del, mens andre områder beskrives mere groft med såkaldte surrogatmodeller. Denne hybridteknik øger beregningshastighederne betragteligt og muliggør analyse af langt flere scenarier, inkl. usikkerhedsanalyse og optimeret styring af afløbssystemet.

De teknologiske komponenter vil blive udviklet og afprøvet i tæt samarbejde med forsyningsselskaber samt rådgivere og serviceudbydere inden for vandsektoren.

De tre delaktiviteter vil alle bidrage med digitale værktøjer og services, som vil være skalérbare med åbne interfaces (API), der kan anvendes bredt og integreres i virksomheders forretningsmodeller og egne digitale løsninger (nedstrøms services). For eksempel kan data fra den nationale hydrologiske model anvendes til

etablering af mere detaljerede lokale prognosemodeller for bl.a. kommunerne. For at sikre effektivt optag af de udviklede services vil virksomheder blive involveret i aktiviteterne gennem dialogmøder og co-creation forløb.

Udviklingerne under de tre delaktiviteter udføres i et agilt framework, hvor der løbende færdiggøres funktioner og komponenter, der gøres tilgængelige gennem de digitale værktøjer. Til opfyldelse af visionen for indsatsområdet benyttes følgende indikatorer og mål:

- *Antal virksomheder (rådgivere, konsulenter, serviceudbydere), der aftager de digitale værktøjer og inkluderer dem i deres forretningsmodeller og digitale ydelser.* Det er målet, at mindst 30 virksomheder benytter de udviklede værktøjer - med mindst 5 virksomheder i de to første år, 10 i år 3 og 15 i år 4.
- *Antal installationer af de udviklede digitale værktøjer.* Det er målet at opnå mindst 60 installationer af de digitale værktøjer hos slutbrugere (fx kommuner, forsyningsselskaber og offentlige myndigheder) - med mindst 10 slutbrugere i de to første år, 20 i år 3 og 30 i år 4.
- *Antal deltagere på vidensformidlings- og træningskurser.* Målet er at eksponere indsatsområdets resultater gennem afholdelse af webinarer og kurser for mindst 100 personer om året.

2) Indsatsens relevans og potentiale

Klimatilpasning og integreret vandhåndtering i komplekse vandsystemer, der inkluderer by, land og hav, er nu - og vil i mange årtier fremover være - på dagsordenen og forventes at udgøre en stor post på både anlægs- og driftsbudgetter for kommuner og forsyningsselskaber samt for private aktører. Der er bl.a. gennem dialogmøder med slutbrugere og på BedreInnovation.dk identificeret behov for at udvikle nye helhedsorienterede løsninger og services til klimatilpasning og gøre disse tilgængelige i forhold til en bred vifte af aktører:

- Rådgivende ingeniører, arkitekter, jurister og økonomer vil med nye værktøjer kunne rådgive bedre og mere helhedsorienteret
- Lokale, regionale og nationale myndigheder, planlæggere og forvaltere vil på et bedre og mere oplyst grundlag kunne udvikle påkrævede planer
- Lokalt, regionalt og nationalt beredskab vil få et forbedret grundlag for beredskabsplanlægning og -udførelse
- Forsyningsselskaber vil bedre kunne tilrettelægge klimatilpasningstiltag og integrere forskellige virkemidler
- Forsikringsselskaber vil opnå mere realistiske estimater af risiko og risikoreduktion ved klimatilpasningstiltag.

Markedet for klimatilpasning og dermed behovet for vurdering af investeringers effektivitet og virkning er voksende på verdensplan. I de industrialiserede dele af verden er der p.t. meget fokus på at realisere projekter - fx investeres der i hovedstadsområdet over de næste 15 år 20 mia. kr. i klimatilpasning og skybrudssikring (BedreInnovation.dk), mens der for udviklingslandes vedkommende også ses en meget stor interesse for at udvikle klimatilpasning. En markant markør for dette er fx udmeldingen fra de 9 største udviklingsbanker om at forøge deres årlige klimarelaterede finansiering fra 111 mio. USD i 2018 til 175 mio. USD frem mod 2025³. I de kommende år skal Danmark og resten af EU desuden udvikle risikostyringsplaner og efterfølgende investere i klimatilpasning og byudvikling jf. EU's Oversvømmelsesdirektiv. De udviklede værktøjer til risikoanalyse og beslutningsstøtte vil være centrale værktøjer til optimering af de enorme investeringer og udvikling af intelligente tilpasningsstrategier. Der er allerede nu stor interesse for disse værktøjer hos danske rådgivere til både danske og internationale projekter.

Staten (Miljøstyrelsen) og kommuner påpeger behov for landsdækkende hydrologiske prognoser, især set i lyset af de seneste oversvømmelser fra vandløb i 2020 og flere eksempler på tørke og vandmangel i de senere år. Desuden er der fra kommuner og forsyningsselskaber udtrykt behov for prognoser på kommune-/byniveau til varsling af oversvømmelser og overløb af urensset spildevand. Med den nationale hydrologiske prognosemodel vil der blive etableret en operationel service til at understøtte vandressourceforvaltning på national og regional skala. Denne service vil desuden danne basis for etablering af mere detaljerede lokale prognosemodeller på kommune-/byniveau, som vil støtte håndtering af vand på land såvel som i byer og fra

³ <https://www.ebrd.com/news/2019/-mdbs-pledge-to-join-forces-to-raise-annual-climate-finance-to-175-bn-by-2025.html>

havet med dynamiske styringsmål og driftsoptimering af kontrolstrukturer, der implementeres som en del af klimatilpasningsløsninger.

Forsyningsselskaberne påpeger (bl.a. rapporteret i Miljøstyrelsens inspirationskatalog om digitalisering i vandsektoren⁴), at de i driftssituation mangler realtidsoverblik over belastning af afløbssystemer og mangler mulighed for bedre at styre vand- og spildevandstrømme. Rådgivere, kommuner og forsyningsselskaber efterspørger effektive, automatiserede metoder til løbende opdatering og operationel anvendelse af modeller. Forsyningsselskaberne har desuden et stort uudnyttet potentiale i de store datamængder, der løbende opsamles fra afløbssystemet.

Den digitale tvilling af byens afløbssystem vil give forsyningsselskaberne et effektivt redskab til bedre udnyttelse af data. Den store viden, der ligger i måledata, kan forbedre planlægning og drift betydeligt, og effekten vil kunne måles direkte i mindre og færre overbelastninger af afløbssystemet. Samtidig vil automatiseringen af arbejdstidstunge opgaver betyde, at vurderinger og beregninger, der i dag ikke altid gennemføres, vil blive en del af den naturlige arbejdsgang i forsyningsselskaberne. Der kan dermed både spares tid og findes bedre løsninger på de planlægnings- og driftsmæssige opgaver. Rådgivningssektoren kan tilsvarende levere mere værdi, idet den digitale tvilling reducerer det nødvendige tidsforbrug i betydeligt omfang. Dette kan også have stor betydning i international sammenhæng, hvor de større danske rådgivere har betydelig omsætning, der ofte er tæt knyttet til anvendelse af DHI's værktøjer.

Målgruppens behov er blevet analyseret gennem bilateral dialog og i møder med grupper af virksomheder, brancheorganisationer og myndigheder. Desuden har DHI's deltagelse i Innovationsnetværk for Miljøteknologi (Inno-MT) og en række forsknings- og udviklingsprojekter (fx Water Smart Cities, COHERENT, CHAIN, Digital Water City), hvor flere forsyningsselskaber og kommuner deltager, givet indsigt i markedsbegreberne.

Kommentarer på BedreInnovation.dk understøtter direkte de konkrete aktiviteter under indsatsområdet. Fx skriver Susanne Skov-Mikkelsen, Chefkonsulent, HOFOR: ”Vi mener det er den helt rigtige tilgang, at vi skal løse fremtidens udfordringer med vand fra alle sider, ved netop at lave holistiske løsninger. Vi skal arbejde med vandet indenfor hele vandets kredsløb. I hovedstadsområdet skal vi de næste 15 år, bruge mere end 20 mia. kr. på klimatilpasning og skybrudssikring. Ét af de vigtige værktøjer til håndtering af vandmængderne, er brug af intelligent styring, så vi kan håndtere vandet med dynamiske styringsmål. Fundamentet er data. Det bliver godt med hurtigere hydrauliske online modeller. Og endnu bedre når vi stabilt kan styre udfra vandkvalitet eller udfra forecast. Ja-tak til åbne værktøjer og systemer der løbende kan tilpasses den teknologiske udvikling og som gør det nemmere at integrere og aktivere hinandens data. Ja-tak til løsninger der understøtter øget grad af automatisering og til brugertilpassede interfaces. Vi har brug for værktøjer der understøtter fremtidens fællesskaber om vand, på tværs af selskaber og kommuner. Vi skal hjælpe hinanden til, at borgerne får mest muligt ud af de store investeringer vi står overfor.”

Indsatsområdet understøtter aktuelle strategiske fokusområder: grøn omstilling, regeringens klimapartnerskab inden for affald, vand og cirkulær økonomi⁵, Strategi for Danmarks digitale vækst⁶, Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse ”Erhvervsfremme i Danmark 2020-2023”⁷ og den danske styrkeposition inden for miljøteknologi. Indsatsen bidrager særligt til FN's verdensmål om Rent vand og sanitet (6) og Klimaindsats (13).

3) Markedssvigt og konkurrencesituation

Selvom der er et betydeligt potentiale for de digitale services og løsninger, der foreslås i dette indsatsområde, forventes de kun delvist at blive udviklet på markedsvilkår. Udviklingen kræver tæt samspil mellem højt specialiseret domæneviden inden for forskellige discipliner (fx statistisk, økonomi, socioøkonomi og udvikling af vandløsninger, der inkluderer påvirkninger på miljø og sundhed), IT-teknologisk kompetence og kommerialisering i en markedsrelevant kontekst. Der er store investeringer og risici for virksomheder forbundet med en sådan udvikling, som derfor udgør en stor barriere, især for SMV'er og start-ups. Det er målet at nedbryde denne barriere gennem inddragelse og udvikling af fyldestgørende teknologiske services.

⁴ https://mst.dk/media/190477/mst_digitalisering-af-vandsektoren_inspirationskatalog.pdf

⁵ <https://em.dk/media/13474/affald-vand-og-cirkulaer-oekonomi.pdf>

⁶ https://em.dk/media/11925/strategi-for-danmarks-digitale-vaekst_online.pdf

⁷ https://erhvervsfremmebestyrelsen.dk/sites/default/files/2020-03/Erhvervsfremme-i-Danmark-2020-2023_Strategi.pdf

Der eksisterer i dag forskellige værktøjer og digitale platforme på markedet til beregning af oversvømmelser. De inkluderer forskellige modeller fra GIS-baserede screeningsmodeller og stationære hydrauliske vandløbsmodeller til fuldt dynamiske og integrerede numeriske modeller, der inddrager hele vandkredsløbet. Platformene inkluderer kun i mindre grad risikoanalyse- og beslutningsstøtteværktøjer. Under dette indsatsområde udvikles unikke komponenter til risikoanalyse og beslutningsstøtte, der ikke eksisterer på markedet i dag, og som inddrager både økonomiske, socioøkonomiske, miljømæssige og sundhedsmæssige effekter og økonomisk optimering. De udviklede værktøjer kan benyttes i forbindelse med risikoanalyser af oversvømmelser, men også til miljømæssige risikoanalyser som fx spredning af miljøfremmede stoffer og patogene mikroorganismer ved overløb af urensset spildevand fra afløbssystemer. De udviklede værktøjer gøres tilgængelige som digitale services gennem åbne interfaces (API'er), der kan integreres i virksomheders egne digitale platforme og services.

Der eksisterer ikke i dag en landsdækkende hydrologisk prognose- og varslingservice. Etablering af en sådan service vil være central for at understøtte en bred vifte af aktiviteter inden for vandresourceforvaltning. Den udviklede service gøres tilgængelig gennem en cloudbaseret API og web-service, der kan anvendes af rådgivere og serviceudbydere til udvikling af nedstrøms services til fx etablering af lokale prognose- og varslingsystemer.

Inden for spildevandssektoren er markedet i Danmark fragmenteret. Større investeringer i ny teknologi kan derfor have svært ved at finde finansiering, også selv om potentialet for det enkelte forsyningsselskab kan være betydeligt. Forsyningssikkerheden er i højsædet, og det kalder i sig selv på en konservativ tilgang til nye muligheder. For at demonstrere, at ny teknologi på en og samme gang kan være både mere effektiv og mere driftsstabil, er det nødvendigt med dels front-runner forsyningsselskaber, der har mod på at prøve nyt, dels innovationsvirksomheder og endelig kapital til at få afprøvet de nye ideer. Når det så lykkes, giver skalérbarheden en samfundsbesparelse, der mangedobler den statslige medfinansiering og yderligere åbner for optag af den nye teknologi i løsninger og services udbudt af danske virksomheder på det danske marked såvel som til eksportmarkedet.

For at sikre en målrettet udvikling og en hurtig identifikation af overlappende eller konkurrerende udviklinger i markedet vil der blive brugt flere virkemidler:

- *Governance*. Internt vil DHI opbygge en governance struktur og tilhørende processer, der løbende monitorer udviklingen i relation til markedssituationen: (i) DHI Group Research Board (med CEO som chairman) har det overordnede ansvar for resultatkontrakten; (ii) Group Research Board nedsætter en intern styregruppe for hvert indsatsområde; (iii) Processer, der sikrer løbende monitoring af markedssituationen bliver inkluderet i DHI's Research and Development Processes under DHI Business Management System.
- *Synlighed og transparens*. Udviklingsaktiviteter vil løbende blive formidlet ved møder og konferencer, herunder arrangementer i regi af Danmarks Miljøteknologiklynge. Udviklingsplaner vil løbende blive publiceret på BedreInnovation.dk.
- *Stakeholder involvering*. Stakeholdere, herunder den følgegruppe der nedsættes for indsatsområdet (se Afsnit 4), involveres til løbende evaluering af teknologiudviklingen, slutbrugernes behov og markedssituationen.
- *Arbejdsprocesser*. Udviklingen af de nye teknologier udføres i et agilt framework, hvor udviklingsplaner løbende justeres og opdateres i henhold til slutbrugernes behov og markedets egne evner til at løfte udviklingen.

4) Vidensspredning og inddragelse i indsatsområdet

Det er essentielt at inddrage målgruppen i udviklingen af kravspecifikationer for de planlagte aktiviteter og identificere partnerskaber. Dette sikres via følgende processer:

- Aktiv brug af følgegruppen i udvælgelsen af aktørgrupper, der skal inddrages i udviklingen og evalueringen af de enkelte aktiviteter.
- Samarbejde med klyngeorganisationen Danmarks Miljøteknologiklynge og inddragelse af deres aktiviteter inden for match-making og netværksskabelse til at sikre udviklingens relevans for aktører, der spænder mere bredt end DHI's nuværende brugernetværk.
- Anvendelse af processer og redskaber forankret i design-thinking, såsom hackathons, co-creation workshops, proof-of-value og proof-of-market, for derved at sikre, at målgruppens behov og

værdiskabelse er i centrum i de prioriteringer, der træffes i løbet af implementeringen af indsatsområdets aktiviteter.

Udover videnspredning og inddragelse gennem Danmarks Miljøteknologiklynge, hvor DHI indgår som vidensinstitution, vil der ske videnspredning via DHI's deltagelse i den Danske Vandklynge, DANCORE, Dansk Miljøteknologi, Danish Water Technology Alliance og det Nationale Netværk for Klimatilpasning. Desuden vil indsatsens aktiviteter blive præsenteret på relevante møder og konferencer som fx ved arrangementer i DANVA, IDA Miljø, den årlige Hydrologidag og Danish Water Forum Annual Conference samt gennem medier og nyhedsbreve. Endelig vil der blive udarbejdet webinars og kurser, som vil blive udbudt via DHI's kursusorganisation, THE ACADEMY by DHI.

Der nedsættes en følgegruppe, som løbende vil følge udviklingen inden for indsatsområdet med fokus på aktiviteterne teknologiske og forretningsmæssige relevans for målgruppen og på, at indsatsen ikke bidrager til konkurrenceforvridning. Følgegruppen vil bestå af 5-10 medlemmer med indsigt i den teknologi, der udvikles, behov hos målgruppen samt markedssituationen. Potentielle medlemmer af følgegruppen vil være repræsentanter fra rådgivningsbranchen og serviceudbydere (herunder SMV'er), forsyningsselskaber, offentlige myndigheder, innovationssystemet (fx klyngeorganisation) og forskningsinstitutioner. Følgegruppen vil sammensættes, så den repræsenterer markedet bredt og når ud over DHI's etablerede kontakter i markedet. Følgegruppen inddrages til evaluering af nye aktiviteter, der påbegyndes, til løbende evaluering af udviklingerne samt til evaluering af slutprodukterne. Der vil blive afholdt følgegruppemøder ca. hvert halve år, som dokumenteres med mødereferat. Følgegruppen vil være etableret inden udgangen af første kvartal 2021. Nye medlemmer kan blive inddraget i løbet af resultatkontraktperioden for bedre at afspejle aktuelle aktiviteter.

5) Nyhedsværdi og ambitionsniveau

Ud fra dialog med slutbrugere (fx på BedreInnovation.dk) er der et stort behov for nye helhedsorienterede løsninger og digitale services til klimatilpasning. Indsatsområdet bygger på den viden og de værktøjer, der er udviklet under DHI's nuværende og tidligere resultatkontrakter, og bringer klimatilpasningsløsninger og services til et nyt niveau med et betydeligt bidrag til den grønne omstilling i Danmark såvel som på globalt plan gennem eksport af danske løsninger.

1. Risikoanalyse og beslutningsstøtte for klimatilpasning

Under aktiviteten udvikles unikke værktøjer og tilhørende digitale services, der på en gang integrerer og sammenkæder sandsynligheden for negative konsekvenser af klimaudvikling, risikoen for og afbødning af negative konsekvenser ved ekstreme vejrhændelser og investeringsstrategier i forhold til tiltag og byudvikling. Det inkluderer bl.a. en komponent til beskrivelse af den stokastiske karakter af ekstreme hændelser og i særdeleshed den stokastiske natur af samspillet mellem hændelser fra forskellige kilder (fx ekstremt regnvejr, stormflod og høj vandføring fra oplandet) til beregning af probabilistiske risikomål. Desuden inkluderes den nyeste viden inden for modellering af miljø- og sundhedsmæssige effekter af fx oversvømmelser og overløb af urensset spildevand til beregning af effekter og tilhørende risikomål (bl.a. gennem samarbejde med aktiviteter i DHI's indsatsområde "Grøn teknologi til blå vækst"). Endelig inddrages gennem samarbejdspartnere den nyeste viden om økonomiske og socioøkonomiske modeller til risikoberegninger.

Aktiviteten inddeles i parallelle udviklingsspor, der hver især udføres i en agil proces, så der jævnt hen over resultatkontraktperioden tilføjes nye komponenter til værktøjerne, der umiddelbart herefter vil kunne tilgås af markedsaktører, efterhånden som komponenterne færdiggøres, implementeres og testes.

2. Hydrologisk prognose- og varslingservice

Prototypen af den nationale hydrologiske prognosemodel, der udvikles under den nuværende resultatkontrakt, vil blive generaliseret og udvidet med en ny funktionalitet, som giver prognoser af nøglevariable, fx vandføring og vandstand i vandløb og jordfugtighed, som er væsentlige for at understøtte aktiviteter inden for vandressourceforvaltning. Desuden vil de nyeste forskningsresultater inden for brug af satellitdata og aktiviteter under indsatsområdet "Digitale vandløsninger til grøn omstilling" blive udnyttet til udvikling af nye metoder til assimilering af forskellige satellitbaserede dataprodukter, som fx jordfugtighed og fordampning, til at forbedre kvaliteten af prognoserne.

En væsentlig udfordring med aktuelle prognose- og varslingsystemer er løbende evaluering og forbedring af prognosekvalitet og kvantificering af usikkerheder. Forbedringer udføres traditionelt ved manuel re-

kalibrering af modeller, som ofte er en kostbar og tidskrævende proces. Aktiviteten vil inkludere udvikling af værktøjer til kvantificering af prognoseusikkerheder og evaluering af prognoser, som systematisk forbedrer og automatisk re-kalibrerer operationelle prognosemodeller med realtidsdata.

De nye udviklinger vil løbende blive implementeret og testet og gjort tilgængelige for markedsaktører gennem hele resultatkontraktperioden. De metoder og services, der udvikles, vil blive skaleret og gjort tilgængelige på global skala og derved understøtte eksport af løsninger fra danske virksomheder, der bygger nedstrøms services baseret på den globale hydrologiske model, der udvikles under indsatsområdet ”Digitale vandløsninger til grøn omstilling”.

3. Digital tvilling af byens afløbssystem

Den digitale tvilling af byens afløbssystem vil integrere en række modeller, herunder DHI's modelleringsværktøj MIKE URBAN, der anvendes af stort set alle forsyningselskaber og alle rådgivere i Danmark. MIKE URBAN har også stor international anvendelse med adskillige tusinde brugere. Aktiviteten vil udvikle nye komponenter, der integreres i den digitale tvilling, og som åbner nye muligheder for bl.a. (i) værdiskabelse af de store datamængder, der løbende bliver opsamlet i afløbssystemet, (ii) nye og forbedrede prognoser, der giver mere sikre forudsigelser af fx nedbør i de kommende dage, og (iii) mere effektive beregninger, der giver mulighed for at inkludere usikkerhed i beregningerne og dermed i beslutningsgrundlaget. Den digitale tvilling vil kombinere velafprøvet teknologi med ny viden og teknologi og dermed løfte modelanvendelserne betragteligt. Det forventes, at de foreslåede forbedringer umiddelbart vil finde anvendelse i Danmark såvel som internationalt og dermed styrke den danske vandeksportsektor.

Omfanget af arbejdet med at organisere og kvalitetssikre data kan være en barriere. Derfor er der både i denne aktivitet og i en særskilt aktivitet under indsatsområdet ”Digitale vandløsninger til grøn omstilling” fokus på denne udfordring. En anden udfordring er ifølge tidligere erfaringer, at omstilling til og ibrugtagning af nye metoder og værktøjer kan tage tid. Selv med et indlysende potentiale er det ofte svært at finde tid til indarbejdelse af nye metoder og workflows.

Den digitale tvilling indeholder en række delkomponenter, som vil blive udviklet over en periode på 3-4 år. De enkelte komponenter vil have værdi i sig selv. Derfor vil der løbende og allerede efter det første år være konkrete teknologikomponenter, som kan anvendes af markedsaktører.

6) Indsatsområdets kobling til videns- og innovationssystemet

Indsatsområdet bygger videre på etablerede og nye samarbejder med danske og internationale universiteter og forskningsinstitutioner. Der forventes bl.a. samarbejde med DTU Management, CBS og Institut for fødevarer- og ressourcøkonomi på KU omkring udvikling af økonomiske modeller, med DMI omkring brug af klimadata og meteorologiske prognosedata, med GEUS omkring brug af data fra den Nationale Vandressourcemodel, med DTU Miljø og DTU Space omkring brug af data fra satellitter og droner til hydrologisk modellering, med Arkitektskolen Aarhus omkring landskabs- og byudvikling samt med DTU Miljø omkring håndtering af vand i byer. Samarbejdet vil primært ske gennem fælles forsknings- og udviklingsprojekter og fælles master- og Ph.D.-projekter. Derudover vil der være samarbejde gennem Danmarks Miljøteknologiklynge.

DHI samarbejder med forskellige internationale universiteter og forskningsinstitutioner i H2020 projektet Digital Water City. Her udvikler DHI digitale teknologier til prognoser for indløb til renseanlæg og styring af afløbssystem. Der forventes deltagelse i forsknings- og udviklingsprojekter under Innovationsfonden, MUDP og EU's nye Horizon Europe program til at understøtte aktiviteterne i indsatsområdet.

7) Sammenhæng med instituttets strategi og afsæt i instituttets ressourcer

Indsatsområdet understøtter DHI's strategi om at være i førertrøjen for den digitale transformation af vandsektoren. Det bygger på DHI's kompetencer og akkumulerede erfaring med udvikling og anvendelse af numeriske modeller og digitale løsninger. DHI's erfaring med udvikling og implementering af nye teknologiske løsninger på tværs af vanddomæner og påvirkning af miljø og sundhed er et unikt fundament for at udvikle nye løsninger, der understøtter helhedsorienterede klimatilpasningstiltag. De digitale værktøjer og services, der udvikles gennem resultatkontraktperioden, forankres og udstilles gennem DHI's åbne cloud-platform, og vidensspredningsaktiviteter udføres gennem DHI's kursusorganisation, The ACADEMY by DHI.

Indsatsrådets aktiviteter udnytter det teknologiske fundament for digitale løsninger, der udvikles under indsatsområdet "Digitale vandløsninger til grøn omstilling". Aktiviteterne koordineres desuden med aktiviteter under indsatsområdet "Grøn teknologi til blå vækst" omkring miljømæssige effekter i det marine miljø og indsatsområdet "Hav, vand og klimamål 2030" i forhold til den digitale tvilling af renseanlæg.

8) Konkrete aktiviteter

Nedenstående beskriver de tekniske aktiviteter, der er planlagt de første år i tillæg til de vigtige design-thinking aktiviteter til målgruppeinddragelsen beskrevet i Afsnit 4 med henblik på at imødekomme bruger- og markedsbehov i de leverede løsninger.

1. Risikoanalyse og beslutningsstøtte for klimatilpasning

- *Risiko- og værdisætningsmodeller.* Der udvikles risikoindikatorer for økonomiske, miljømæssige og sundhedsmæssige konsekvenser af hydrologiske og hydrauliske ekstremhændelser og tilhørende modeller for økonomiske konsekvenser, der inkluderer direkte skadesomkostninger og afledte samfundsomkostninger.
- *Model for dynamiske hydrologiske og hydrauliske ekstremhændelser.* Der udvikles en statistisk metode til beregning af sandsynlighedsfordelingen af samtidige ekstremhændelser (fx ekstremt regnvejr, stormflod og høj vandføring fra oplandet) og tilhørende metode til bestemmelse af ensemble af ekstremhændelser for risikoberegninger.
- *Nye klimainvesteringsværktøjer.* Der udvikles et generisk finansieringsanalyseredskab, som sammenkobler værdisætningsmodeller og sandsynligheds- og ensemble-modeller med en metode til beregning og optimering af klimatilpasningsindsatsen. Der udarbejdes en metodik til risikoberegninger, der indregner sammenhænge mellem timing af klimateffekter og finansierings- og beslutningshorisonten.
- *Åbne interfaces (API'er).* Der udvikles API'er til de udviklede risikoanalyse- og beslutningsstøtteværktøjer.

2. Hydrologisk prognose- og varslingservice

- *Assimilering af realtidsdata.* Der udvikles nye data-assimileringsværktøjer til at forbedre kvaliteten af prognoserne i det nationale hydrologiske prognosesystem, som udnytter afstrømnings- og vandstandsdata til opdatering af prognosemodellen i realtid. Desuden testes assimilering af forskellige satellitbaserede dataprodukter, fx jordfugtighed og fordampning. Der udvikles en API, der udstiller de hydrologiske prognoser.
- *Vandressourceforvaltningsservices.* Der udvikles services og tilhørende API'er baseret på det nationale hydrologiske prognosesystem til at understøtte operationel vandressourceforvaltning på national og regional skala.
- *Usikkerhedskvantificering, monitoring og automatisk opdatering af prognosesystem.* Der udvikles metoder til estimering af prognoseusikkerhed og tilhørende konfidensmål for beslutningsparametre, der bl.a. udnytter ensemble-baserede meteorologiske prognoser. Der udvikles desuden værktøjer til løbende monitoring af kvaliteten af prognoserne og systematisk læring til automatisk kalibrering og opdatering af prognosemodellerne. De udviklede værktøjer vil blive gjort tilgængelige for det hydrologiske prognosesystem og *Digital tvilling af byens afløbssystem.*

3. Digital tvilling af byens afløbssystem

- *Modelreduktion og tilpasning af modeller for afløbssystem.* Der udvikles metoder til automatisk modelreduktion og tilpasning af modeller for forskellige anvendelser til planlægning og i operationelle systemer, fx om modellen skal bruges til planlægning af pumpestationer, renovering og strømpeforing, overløbsberegninger mv. Værktøjet forberedes til udvikling af hybride modeller, hvor oplandet beskrives detaljeret i nogle områder og stærkt simplificeret i andre områder, særligt med henblik på at indgå i beregningstunge realtidsoptimeringer af afløbssystemet.
- *Uvedkommende vand i separate kloaksystemer.* Der udvikles metoder til estimering af uvedkommende vand i kloaksystemer og identifikation af kilder (fx regnvandsbetinget bidrag fra overflade, fra umættet jordzone eller fra grundvand), som bruges til prioritering af renoveringstiltag og vurdering af effekter, herunder reduktion af tilløb til renseanlæg. Forskellige metoder implementeres og testes i den digitale tvilling til både planlægnings- og realtid anvendelser.
- *Prognoser for indløb til renseanlæg.* Der udvikles metoder for prognoser af indløb til renseanlæg baseret på machine learning modeller, herunder modeller til estimering af prognoseusikkerheder. Prognosemodellerne udnytter realtidsdata fra nedbørsmålere og sensorer i afløbssystemet samt

nedbørsprognoser baseret på vejrradar og numeriske vejrmodeller. Forskellige metoder implementeres og testes i den digitale tvilling og demonstreres på renseanlæg med fokus på brug af indløbsprognoser for at opnå en mere effektiv styring.

- *Stof- og vandbelastningsmodul.* Modul til beregning af stof- og vandbelastning fra byens opland, som er udviklet til *Digital tvilling af renseanlæg integreret med oplands- og recipientsystemer* under indsatsområdet ”Hav, vand og klimamål 2030”, integreres i *Digital tvilling af byens afløbssystem*. Dette modul supplerer de mere detaljerede beregninger i den digitale tvilling af byens afløbssystem, fx i forbindelse med tilløbsprognoser og beregning af overløb og aflastning fra bygværker.