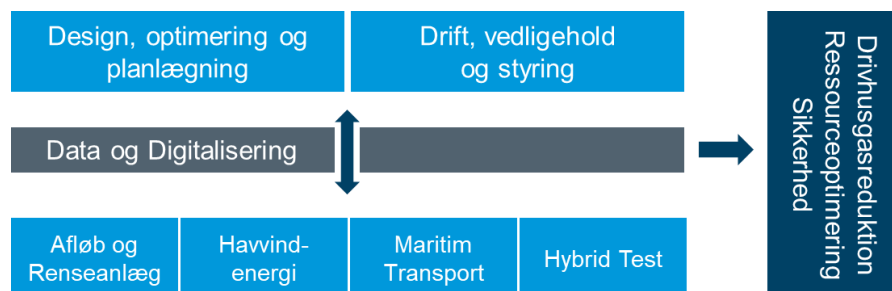


A. Skema til ansøgning om resultatkontraktmidler

Indsatsområde (titel):	Hav, vand og klimamål 2030	Evt. nr.:	2
-------------------------------	-----------------------------------	------------------	---

Indsatsområde kort (resumé)

DHI samler i ”Hav, vand og klimamål 2030” udviklingen af de digitale og teknologiske ydelser, der direkte bidrager til drivhusgasreduktion og derigennem til opnåelse af Danmarks klimamål i 2030. Disse aktiviteter dækker nye digitale ydelser til offshore vindenergi samt energi- og ressourceoptimering af såvel vandsektoren som maritim transport og operationer til havs. Potentialet for eksport af de nye digitale vand- og energiteknologiske løsninger i EU og resten af verden er stort og vil kunne bidrage til ikke bare dansk, men også international drivhusgasreduktion samt bidrage til vækst og skabelse af danske arbejdspladser.



DHI's digitale platform vil være fundamentet for udvikling af nye dataintensive løsninger. Dette er illustreret i ovenstående diagram, hvor indsatsområdets aktiviteter er vist i sammenhæng. Indsatsområdets delmål vil omfatte følgende:

1. Let tilgængelige digitale ydelser, der hurtigere kan give et bedre designgrundlag til havvindenergianlæg og forbedre datagrundlaget til planlægning, drift og vedligehold
2. En digital tvilling af renseanlæg rettet mod energi- og ressourceoptimering, øget automatisering af sensorintegration og samspil med indløb af spildevand og nedstrøms recipienter
3. Operationelle dataservices, som udnytter nye datakilder og modeller til at øge energieffektiviteten af skibe, støtte omstillingen til grønne brændstoffer og den spirende maritime autonome navigation
4. Hybride testfaciliteter til energi-, vandbygnings- og transportsektorerne, der skaber nye løsninger til design og planlægning ved at kombinere fysiske modeltestfaciliteter og digitale tvillinger af samme

1) Målsætninger, aktiviteter og indikatorer

Danmarks udledning af drivhusgasser kan reduceres ved hurtigere omstilling til vedvarende energi og mere effektiv energiomsætning. DHI samler i dette indsatsområde udviklingen af de digitale og teknologiske ydelser, der som primær målsætning direkte bidrager til at reducere drivhusgasemission og nå de opstillede klimamål på 70% reduktion af drivhusgasudledning i 2030 i forhold til niveauet i 1990. Vi vil fokusere på at styrke indsatsen, hvor DHI's vandviden, teknologiske forankring samt rolle for SMV'er og markedet generelt kan udgøre et tydeligt bidrag til både drivhusgasreduktion og skabelsen af nye jobs. Disse aktiviteter dækker nye digitale ydelser til at støtte en accelereret udvikling af offshore vindenergi samt energi- og ressourceoptimering af såvel den danske vandsektor som maritim transport og operationer til havs.

Et fælles udgangspunkt for indsatsområdets aktiviteter er, at vi vil udnytte og bidrage til den digitale transformation af vand-, transport- og energisektorerne. DHI's digitale platform vil være fundamentet for udvikling af nye dataintensive løsninger. Indsatsområdets delmål defineres inden for fire aktiviteter:

1) Digitale services til havvindenergi, 2) Digital tvilling af renseanlæg integreret med oplands- og recipientsystemer, 3) Operationelle dataservices til maritim transport og 4) Hybride modeltestfaciliteter.

Indsatsen opfylder desuden sekundære mål, der understøtter Danmarks grønne omstilling og digitalisering. Disse omfatter forbedret forvaltning af natur og biodiversitet, teknologisk service til effektiv klimatilpasning samt at bringe digitale løsninger i anvendelse på forkant af markedet.

1. Digitale services til havvindenergi

Sikrere og billigere design giver udviklings- og energiforsyningselskaber en bedre business case og dermed verdenssamfundet en hurtigere omstilling fra fossile brændstoffer til grøn vindenergi, med reduktion af CO₂

emission til følge. El- og fjernvarmeforsyningen udledte i referenceåret 1990 30,7 mio. ton CO₂-ækv., hvilket af Energistyrelsen fremskrives til blot 0,5 mio. ton CO₂-ækv. i 2030¹. En væsentlig del af dette fald skyldes omstilling til VE-baseret elforsyning, herunder havvindenergi, der fremskrives til at udgøre ca. en tredjedel i 2030 og altså udgør et hovedbidrag til Danmarks fremtidige drivhusgasreduktion.

Hastigheden, hvormed havvindenergianlæg kan komme i drift, og den faktisk realiserede energiproduktion for et givet anlæg er begge variable, der kan optimeres i forhold til basisfremskrivningen. Vi ønsker med denne aktivitet på kortere tid at levere bedre metocean data til design af havvindmølleparker, at udnytte den stot stigende mængde observationsdata til robust kvantificering af usikkerhed og at gøre dette tilgængeligt i digitale services. Flere operationelle beslutninger optimeres gennem forudsigelse af risici og gennemførlighed af forretningsmæssigt kritiske operationer, hvilket giver mere effektiv og sikker installation og færre perioder med nedsat energiproduktion. Endelig vil denne aktivitet øge automatiseringen af de metoder, der i dag bruges til at beregne og validere designdata i høj modelopløsning for den enkelte havvindmøllepark, samt tilføje last og respons af faste og flydende vindmøllefundamenter til listen af statistisk analyserede parametre.

De indikatorer, der bruges til at fastsætte del- og slutmål, vil være antallet af nye online metocean dataservices udviklet pr. år og antal anvendelser sammen med danske partnere i inden- og udenlandske projekter. Målet er to nye servicekomponenter lanceret og testet i markedet pr. år og anvendelse i mindst 8 forskellige havvindmølleparker om året inden for de første to år efter lanceringen. DHI har været involveret i ca. 85% af verdens havvindmølleparker til dato, hvilket har givet en unik markedsforståelse og et stærkt netværk med SMV'er, industri, myndigheder og universiteter, som vil blive brugt til sammen med Energy Cluster Denmark og Wind Denmark at planlægge vidensspredningsaktiviteter og bidrage til standardiseringsarbejder i branchen.

2. Digital tvilling af renseanlæg integreret med oplands- og recipientsystemer

Nye og bedre modelbeskrivelser og udnyttelse af en stigende mængde data fra eksisterende og nye datakilder giver forsyningsselskaberne mulighed for at reducere udledning af klimagasser uden at gå på kompromis med ressourceforbrug og udledningskvalitet. Direkte og indirekte drivhusgasemissioner fra spildevandsopsamling, -transport og -behandling er estimeret til at udgøre henholdsvis 118 kt CO₂-ækv. og 125 kt CO₂-ækv.² (2017 tal). Vi estimerer, at en digital tvilling af renseanlæg og opland kan bidrage med en reduktion på helt op til 30% af de nuværende emissioner ved direkte at støtte procesoptimering, overvågning og kontrol af drivhusgasemission og energineutralitet.

Målet med aktiviteten er at støtte den grønne omstilling og digitalisering ved konkret at integrere den digitale tvilling af renseanlæg med detaljerede realtidsdata fra urbane datakilder og oplandsmodeller samt modeller til vurdering af det miljømæssige aftryk på vandområdet således, at der opnås et holistisk beslutningsstøtteværktøj til planlægning, optimering og styring af renseanlæg. Der integreres nye ydelser baseret på datavalidering og databaserede prædiktionsmodeller samt nye parametre til vurdering af konsekvensanalyser i scenarieberegninger. Vi ønsker desuden med aktiviteten at integrere opdateret viden og data om skæbne og miljømæssig effekt af prioriterede forurenende stoffer i den digitale tvilling af renseanlæg for at bidrage til en hurtigere opfyldelse af Vandområdeplanernes miljømål og EU's Vandrammedirektiv. Løsningerne bliver tilgængelige som cloud-baserede services for at sikre udbredelsen til interessenterne.

Aktivitetens succes måles ved antallet af nyudviklede ydelser implementeret i den digitale tvilling af renseanlæg samt antallet af nye installationer af digitale tvillinger på renseanlæg i Danmark og udlandet - med en målbar reduktion af lattergasemission og energiforbrug samt en forbedring af vandkvalitet til følge. Konkret er det målet at lancere og teste to nye servicekomponenter i markedet om året samt opnå mindst 8 installationer om året inden for de første to år efter lanceringen af ydelserne i den digitale tvilling. DHI's tætte samarbejde med hovedparten af danske spildevandselskaber samt spildevandselskaber i resten af Europa, USA og Kina har dannet basis for en solid markedsforståelse i Danmark og internationalt og vil blive anvendt i forbindelse med vidensudveksling om nye teknologier og data.

3. Operationelle dataservices til maritim transport

Dansk maritim transport har en betydelig drivhusgasudledning og er derfor en vigtig partner i opnåelse af de danske reduktionsmål. Ifølge Klimapartnerskabet for Det Blå Danmark udleder international dansk skibsfart

¹ https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/basisfremskrivning_2020.pdf

² https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/klimapartnerskab_afrapportering-for-affald-vand-og-cirkulaer-oekonomi.pdf

alene 52,8 mio. tons CO₂-ækv. om året, svarende til 46% af drivhusgasudslippet fra de samlede danske økonomiske aktiviteter i 2018³. Internationalt har IMO sat reduktionsmål på 50% for emissioner i 2050 sammenlignet med 2008⁴. DHI's målsætning er at bidrage til at nå disse mål med operationelle dataservices rettet mod den maritime sektor, der kan støtte en effektiv digitalisering og samtidig øge den internationale konkurrenceevne.

Visionen er en integreret operationel digital platform, der bruges til at effektivisere fremtidens maritime transport ved hjælp af bedre planlægning og overblik i dedikerede tilhørende digitale services. Platformen vil integrere fartøjer, der dynamisk repræsenteres som mobile enheder, der kan følge realistiske sejladsmønstre. Dette støttes af detaljerede data fra DHI's automatisk nedskalerede og data-assimilerede bølge- og strømmodeller samt observationer fra bølger og online sensorer på fartøjer i drift, der prædikerer besejlingsforhold til havs, i vanskelige passager og ved havneanløb. Platformen vil udnytte nye analysemetoder, der tager hensyn til usikkerhed og ensemble-prædiktioner og bygger på direkte beslutningsparametre centreret omkring skibene. Aktiviteten vil kvantificere værdiskabelsen for omstillingen til grønne brændstoffer, power-to-X og samspillet med havvind og energi-øer.

Målet for fremdriften er to nye servicekomponenter til den operationelle digitale platform om året og 10 anvendelser af disse allerede fra år 2 via demonstrationer, proof-of-value og proof-of-market i tæt samarbejde med ledende danske rederier, serviceudbydere og rådgivere samt ved samarbejder med CBS, DTU og FORCE Technology. Vidensdelingsaktiviteter er uhyre vigtige på dette felt, hvor løsninger på tværs af klassiske organisatoriske og faglige barrierer bliver afgørende. Her spiller samarbejdet med klyngen, Maritime & Logistics Innovation Denmark, en vigtig rolle i at skabe fælles innovationskraft.

4. *Hybride modeltestfaciliteter*

Nye hybride testmetoder bidrager til drivhusgasreduktion og klimatilpasning via anvendelse inden for havvindenergi og beskyttelsen af kystnære strukturer og værdier. Den danske vindmølleindustri og danske forskningsinstitutioner har i regi af MEGAVind's Annual Research and Innovation Agenda 2019⁵, fremhævet behovet for investeringer i Danmarks testinfrastruktur for at holde innovationskapaciteten høj og Danmark i førerfeltet. Desuden lægges der vægt på en styrkelse af danske kompetencer, viden og ydelser, der kan sikre et stort dansk aftryk inden for det voksende globale marked for flydende havvindmølleparker.

DHI vil i denne aktivitet udvikle hybride modeltestmetoder, der giver mest mulig værdi i forbindelse med design og installation af flydende såvel som fast funderede havvindmøller. Dette inkluderer hybride modelforsøg designet til at bygge og validere de numeriske og datadrevne modeller, der udgør digitale tvillinger af havvindmøller og fundamentets samlede respons. Der arbejdes her tæt sammen med særligt DTU, AAU, små specialkonsulenter og globalt førende udviklere af havvindmøller og fundamentdesign. Både design, drift, levetidsbestemmelse og installation af flydende vindmøller indeholder i dag mange ubekendte ricisi, der vil kunne reduceres ved brug af denne aktivitetens nye testteknologi. De hybride testmetoder vil desuden blive brugt til at optimere klimasikrede moledesign for bedre at beskytte havne og andre kystnære værdier.

Målopfyldelsen realiseres ved at bringe de nyudviklede hybride testfaciliteter i spil i egentlige kommercielle designprocesser som proof-of-market og i forskningsprojekter som proof-of-value. Indikatorer på fremdrift vil være to færdigudviklinger af nye hybride testkomponenter om året, inkl. tilhørende nye digitale tvillinger, samt fem projektanvendelser af disse det følgende år. Formidlingen vil blive koordineret med FORCE Technology, Dansk Vandbygningsteknisk Selskab, Energy Cluster Denmark og EERA JP WIND.

2) **Indsatsens relevans og potentiale**

Danske aktører og teknologier spiller nøgleroller, både nationalt og globalt, for at sikre en hurtig og sikker grøn omstilling af energiforsyning, renseanlæg og maritim transport. Indsatsen leverer og strukturerer nye afgørende datalag og digitale tvillinger af vand og kritisk infrastruktur hos disse sektorer. Med udgangspunkt i den stærke globale position af danske spillere på disse markeder giver indsatsen, med sit bidrag til den digitale infrastruktur, et unikt potentiale for samtidig at realisere de danske målsætninger for grøn omstilling og indgå i nye vækst- og eksporteventyr. Indsatsområdet målgruppe spænder fra energiudviklere til forsyningsselskaber, skibsfartsselskaber samt deres rådgivere, entreprenører og øvrige underleverandører.

³ <https://em.dk/media/13475/det-blaa-danmark.pdf>

⁴ <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/GHG-Emissions.aspx>

⁵ <https://megavind.winddenmark.dk/publications/annual-research-and-innovation-agenda-2019>

DHI har analyseret og afdækket behovet hos indsatsens målgruppe via regulær afholdelse af dialogfora, aktiv markedsdeltagelse, software-brugergruppemøder samt co-creation workshops, hackathons og vidensdelingsmøder med grupper af virksomheder, brancheorganisationer, myndigheder og ikke mindst klyngesamarbejder. Derudover har DHI deltaget i en række forskningsfora og -projekter, der ligeledes samler nøgleaktører i stærke innovationsfællesskaber (fx H2020 Digital Water Cities, H2020 CEASELESS, ESA Global Seas, IFD Water Smart Cities, IFD FloatStep, IFD DeRisk, IFD SIMOS).

Indsatsområdet understøtter aktuelle nationale og internationale strategiske fokusområder og i særdeleshed grøn omstilling og digitalisering. Innovationsfondens klimapanel⁶ kategoriserer udviklingen af offshore vindenergi som havende meget høj effekt på drivhusgasemissionen frem til 2050 og udviklingen af nye maritime teknologier som havende høj effekt. Klimapartnerskabet for affald, vand og cirkulær økonomi⁷ har som vision for vandsektoren, at den skal være energi- og klimaneutral i 2030, at Danmark skal være verdensførende i at levere intelligente, bæredygtige og effektive vandløsninger, samt at eksporten fordobles til 40 mia. kr. om året. Endvidere bidrager indsatsen til skabelse og vedligeholdelse af danske arbejdspladser via direkte bidrag til og samarbejde med tre af de ti danske styrkepositioner i Danmarks Erhvervsfremmebestyrelses strategi⁸: Miljøteknologi, Energiteknologi og Maritime erhverv og logistik. Indsatsen bidrager særligt til FN's verdensmål om Rent vand og sanitet (6), Bæredygtig energi (7) og Klimainsats (13).

1. Digitale services til havvindenergi

Projektudvikling, konstruktion og drift af havvindenergianlæg er i dag en stor og ekspanderende industri, der tiltrækker enorme investeringer og mange nye spillere. Målgruppen for denne aktivitet er markedets små, mellemstore og store rådgivere, projektudviklere, teknologileverandører og underleverandører, forsyningsselskaber, entreprenører og myndigheder. Den samlede industri er dybt afhængig af at kende betingelserne på havet til design, planlægning og drift. DHI leverer med denne aktivitet en let tilgængelig, mere nøjagtig og usikkerhedskvantificeret beskrivelse af vejr og hav, og netop dette er en klar differentiator for målgruppen i jagten på de konkurrencedygtige omkostninger og tidsplaner, der skal til for at vinde opgaver og derigennem levere mere strøm hurtigere og med færre omkostninger for forbrugeren.

Aktivitetens brug af globale datalag og generiske metoder vil samtidig hjælpe danske aktører med at få hurtigt fodfæste i mindre kendte farvande på eksportmarkeder og derved omsætte danske firmaers globale førerposition inden for mange grene af havvindenergi til CO₂ reduktionen på verdensplan.

Aktivitetens relevans og potentiale bakkes bredt op af målgruppen på BedreInnovation.dk eksemplificeret af følgende repræsentative kommentar fra Jørgen Juhl (Project Director, COWI): *"Indsatsområdet er en meget vigtig brik i opnåelsen af klimamålene i Danmark og globalt, og i den forbindelse for danske virksomheders mulighed for øget eksport indenfor offshore vindenergi. Bedre og mere pålidelige metocean data er af stor betydning for rådgiverne i forbindelse med design, optimering og planlægning af offshore vindenergianlæg."*

2. Digital tvilling af renselanlæg integreret med oplands- og recipientsystemer

Der er de senere år sat turbo på forsyningsselskabernes omstilling fra at være en energi- og ressourcekrævende sektor med en væsentlig udledning af drivhusgasser til i stedet at være energiproducerende, ressourcegenanvendende og bæredygtig. Dette understøttes af Vandsektorens "Vandvision for 2025"⁹ og Regeringens "Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi"¹⁰. Omstillingen motiveres yderligere af den igangværende konsolidering af anlæg/selskaber i branchen, som åbner op for teknologisk udbygning og optimering af eksisterende og nye anlæg. Værktøjer til holistiske analyser, optimering af anlæg og valg af teknologier optimerer investeringstunge beslutninger og involverer både spildevandsselskaber, teknologi-leverandører og underleverandører, rådgivere og projektudviklere samt entreprenører og myndigheder.

DHI leverer med denne aktivitet intelligente styringssystemer, der kombinerer avancerede modeller med automatiseret dataindsamling, -behandling, -analyse og -kommunikation med henblik på at øge kapacitet og

⁶ <https://innovationsfonden.dk/sites/default/files/2019-11/innovations-fund-denmark-climate-solutions-panel-plausible-solutions-compressed.pdf>

⁷ https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/klimapartnerskab_afrapportering-for-affald-vand-og-cirkulaer-oekonomi.pdf

⁸ https://erhvervsfremmebestyrelsen.dk/sites/default/files/2020-03/Erhvervsfremme-i-Danmark-2020-2023_Strategi.pdf

⁹ <https://www.vandvision.dk/>

¹⁰ https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/MFVM/Pressemeddelelser/Aftaletekst_-_affald.pdf

fleksibilitet af afløbssystemer og renselanlæg og gøre disse energi- og ressourceeffektive. Dette samtidig med, at påvirkningen på recipienten fra renselanlægget kan reduceres, og driftsomkostningerne holdes nede. En integreret digital tvilling af renselanlæg, kloakopland og vandområde vil skabe det nødvendige beslutningsgrundlag for offentlige og private spildevandsoperatører, rådgivere og teknologileverandører.

Dialogen på BedreInnovation.dk understøtter aktivitetens relevans og potentiale eksemplificeret ved Dines Thornberg (Udviklingschef, BIOFOS): *"BIOFOS har som en del af sin strategi at effektivisere og udnytte ressourcer i Københavns spildevand. Vi ønsker at fortsætte den gode kurs, vi har med energioverskud og klimapositivitet. BIOFOS har brug for kvalificerede værktøjer til at skelne gode og dårlige løsninger. Derfor er DHI's arbejde med stadig bedre modelbeskrivelser af renselanlæg og afløbssystemer af største vigtighed. Troværdige digitale tvillinger vil være af stor værdi og indebærer store eksportmuligheder."*

3. Operationelle dataservices til maritim transport

At international skibsfart bidrager med næsten halvdelen af drivhusgasudslippet fra danske økonomiske aktiviteter, som beskrevet i Afsnit 1, er en helt særlig situation for Danmark, da olie er det dominerende drivmiddel til de mange skibe i vores store maritime sektor. Krav om effektivisering og reduktion i emissioner er store, og de danske aktører går forrest, når ambitionsniveauet skal sættes. Danske Rederier sigter således mod en fuldt ud klimaneutral drift i 2050. Der er i branchen derfor et udtalt behov for avancerede metocean informationssystemer, der kan kombinere data fra havet med informationer fra skibe og dermed støtte serviceudbydere og redere til en mere grøn og sikker drift. Dette er for eksempel afspejlet i svarene på BedreInnovation.

Jakob Steffensen (Head of Innovation & Partnerships, DFDS): *"Det er nogle virkelige vigtige og spændende fokus områder I vil kigge ind i. Specielt lyder områder som operationelle services til accelereret udbygning af havvind og emissionsreduktion i skibsfarten virkelig interessante. Dansk søfart behøver hjælp til effektiv grøn omstilling, ellers når vi det ikke i tide. Så fokus områder der vil hjælpe med at skabe billig grøn energi (f.eks. havvind og grøn brint i store mængder) til den nye generation af skibe, og reducere emissioner fra den eksisterende flåde, vil skabe stor værdi."*

Bedre dataydelser i den maritime sektor vil bidrage til danske styrkepositioner inden for vedvarende energi og skibsfart.

4. Hybride modeltestfaciliteter

I tillæg til testfaciliteter udpeger MEGAVind i deres 2019 strategi udvikling af flydende vindturbiner som en væsentlig strategisk aktivitet for at nå den grønne omstillings 2030 mål som defineret i anbefalinger fra Regeringens klimapartnerskaber, Energi- og forsyningssektoren¹¹. Anvendelse af flydende fundamenter under fremtidens kæmpemøller er nødvendig for at kunne levere havvindenergi i de mange områder i verden, hvor havet er dybere end de ca. 60m, som konventionelle faste fundamenter tillader. Udvikling af en effektiv marin infrastruktur centreret om nye energi-øer udpeges endvidere som væsentlig for yderligere udbygning af dansk havvindenergi i Østersøen og Nordsøen og som integreret del af fremtidens Power-to-X løsninger og infrastruktur. Den hybride testfacilitet gør de modeltests, der kræves i designoptimeringen, mere effektive og afdækker flere ricisi og scenarier, end klassiske modeltests og numeriske modeller kan hver for sig.

Kasper Laugesen (Siemens Gamesa Renewable Energy): *"Spændende projekt med hybride modeltestfaciliteter, der i fremtiden vil kunne hjælpe med at teste forskellige koncepter, metoder, installationsprocesser samt simuleringsmodeller for flydende vindmøller. Dette vil kunne give værdifuld indsigt i muligheder og begrænsninger i de forskellige faser af design og installationsprocessen."*

Aktiviteten bidrager samtidig med nye effektive hybride testmetoder til udvikling og optimering af klimatilpasningsinitiativers kystbeskyttelse i Danmarks mange kystbyer såvel som udenlands.

3) Markedssvigt og konkurrencesituation

Fælles for de foreslåede aktiviteter er, at opbygning af ny digital infrastruktur, data og analysemetoder er en aktivitet, der kræver samarbejde og koordination mellem mange forskellige interessenter. Derfor er dette en fælles pre-marked aktivitet, der vanskeligt kan gennemføres på normale markedsvilkår. Den initiale indsats med præcis behovsafdækning, oparbejdning af data, modeller og analysemetoder, udvikling af infrastruktur

¹¹ [https://www.danskenergi.dk/sites/danskenergi.dk/files/media/dokumenter/2020-03/I maal med den grønne omstilling 2030 klimapartnerskab energi forsyningssektor.pdf](https://www.danskenergi.dk/sites/danskenergi.dk/files/media/dokumenter/2020-03/I%20maal%20med%20den%20gronne%20omstilling%202030%20klimapartnerskab%20energi%20forsyningssektor.pdf)

og nye bæredygtige forretningsmodeller udgør en forhindring, der er vanskelig at overvinde, selvom der i samfundet er et udtalt behov for fælles tilgængelige løsninger.

Indenfor havvind vil en platform med pålidelige innovative metocean ydelser støtte en konkurrencedygtig vækst af den danske havvindenergisektor både i vores nærområder og globalt. På spildevandsområdet findes ikke i dag danske løsninger, der integrerer hele spildevandscyklussen og samtidig bygger på avancerede modeller og dataopsamling i realtid. En integreret digital dataplatform med fokus på havets energi- og transportaktiviteter, som mange parter deler, står højt på branchens ønskeseddel. Hybride testfaciliteter er ikke tilgængelige i dag for mange marine forsøg, men kan fremme udviklingen af flydende havvind.

DHI har gennem dialogfora med de berørte branchers vigtigste aktører samt deltagelse i projekter - heriblandt nationale og internationale forskningsprogrammer og netværk - udviklet en tæt kontakt til SMV'er, større spillere og myndigheder og opbygget forståelse for, hvilken udvikling der styrker dem hver især, samt for det danske økosystem bredt på hvert marked.

Som GTS-institut deltager DHI aktivt i relevante danske erhvervs- og forskningssammenhænge som beskrevet i Afsnit 4. Dette giver et godt organisatorisk fodfæste for at koordinere og yde services på tværs af markeder og binde interessenter sammen i en fælles front i forhold til eksport og undgå forvriddinger i markedet.

For at sikre en målrettet udvikling og hurtigt identificere 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 klyngeorganisationer (se Afsnit 4). 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) Videnspredning og inddragelse i indsatsområdet

For at sikre indsatsens markedsrelevans og -udbredelse er det essentielt at inddrage de danske målgrupper aktivt i udviklingen af kravspecifikationer for de planlagte aktiviteter og i formidlingen af resultaterne.

DHI vil specifikt sikre indsatsområdets relevans for målgruppen via følgende fokusområder og processer:

- Aktiv brug af følgegruppen i udvælgelsen af aktørgrupper, der skal inddrages i udviklingen og evalueringen af de enkelte aktivitetsplaner og derved nå ud over DHI's etablerede kontakter i markedet
- Specifikt samarbejde med klyngeorganisationerne - Energy Cluster Denmark, CLEAN - Danmarks Miljøteknologiklynge samt Maritime & Logistics Innovation Denmark (MARLOG) - 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 værdiskabelse i slutanvendelsen er i centrum i de prioriteringer, der træffes i løbet af implementeringen af delaktiviteter

Udover videnspredning gennem klyngeorganisationerne vil indsatsområdets fremdrift og resultater blive formidlet via DHI's engagement i og bidrag til Den Danske Vandklynge, Dansk Miljøteknologi, Danish Water Forum, Water Technology Alliance (WTA), PIANC Danmark og Dansk Vandbygningsteknisk Selskab, som DHI er sekretariat for. DHI bidrager aktivt til Dansk Forskningskonsortium for Vindenergi samt Wind Denmark og formidler herigennem bidrag til vindenergisektoren, herunder på den årlige

konference ”Wind Energy Denmark” som DHI er medarrangør af. Indenfor maritim transport bruges særligt MARLOG, IDA Maritim, Danske Maritime og samarbejde med DTU og CBS i formidlingsaktiviteter. Herudover afholdes årlige webinars, seminarer og kurser for relevante danske interessenter i regi af THE ACADEMY by DHI. Studerende inddrages bl.a. ved at tilbyde et årligt kursus i modellering af metocean og kysttekniske vandbygningsproblemstillinger samt en årlig ph.d. sommerskole for vand, hvor nye metoder til modellering af afløbssystem og renseanlæg formidles. Det forventes, at mindst 100 aftagere årligt fra den primære målgruppe vil få del i den nye viden via disse arrangementer. Der formidles desuden via videnskabelige publikationer samt sociale medier, DHI blog og danske medier.

Vi vil nedsætte en følgegruppe, der 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 (herunder SMV'er), entreprenører, forsyningsselskaber, rederier, offentlige myndigheder, innovationssystemet (fx klyngeorganisationer) og forskningsinstitutioner. Følgegruppen inddrages til evaluering af nye aktiviteter, der påbegyndes, løbende evaluering af udviklingerne samt 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

Med anvendelse af nye digitale teknologier og automatisering bygget ovenpå et solidt fundament af anerkendt teknologi, analysemetoder, fagkompetence og markedskendskab bidrager indsatsen med nyskabende og ambitiøse teknologiske services til optimering af den operationelle værdikæde såvel som til effektivisering af manuelle sagsge. Dette åbner op for helt nye værdiskabende løsninger til drift, planlægning og design af samfundsmæssigt kritisk infrastruktur, hvilket giver basis for nye måder at arbejde mere grønt og økonomisk på inden for indsatsens markeder – fra havvindparker til renseanlæg eller skibsfart. Målgruppens brancher er alle relativt konservative med ansvar for værditung infrastruktur og operationer, og digitalisering er stadig i sin opstart. Aktiviteten indeholder derfor en potentiel barriere ifm. optaget på markedet og indarbejdelse i guidelines. Indsatsen afspejler den generelle udvikling, hvor mere videnstunge teknologier bliver udviklet til planlægning og drift. DHI har derfor fokus på at tilegne sig yderligere viden og erfaring for bedre at kunne servicere operationel anvendelse af instituttets kernekompetencer. Indsatsens aktiviteter udvikles agilt med lancering af nye services, produkter og opdateringer årligt.

1. Digitale services til havvindenergi

DHI har i dag en førende position indenfor metocean data og har i den nuværende resultatkontrakt skabt en unik digital metocean dataplatform, der sammen med manuelt model-, validerings-, analyse- og rapporteringsarbejde udgør state-of-the-art for brug af metocean data til design, planlægning og drift. Denne aktivitet bygger oven på dette fundament, så vores ydelser kan møde de nye behov, der stilles, når havvind bevæger sig mod større vanddybder, hårdere betingelser, og når der er stadig flere havvindmøller i drift. Det gør vi ved integration af nye, bedre og flere datalag og udnyttelse af beregningsressourcer i skyen til at reducere usikkerheden i beslutningsgrundlaget. Vi vil udvikle og tilpasse statistiske teknikker til pålideligt at bestemme usikkerheden på metocean data, laster og respons og derved probabilistisk kvantificere de risici, der oftest er en del af det faktiske beslutningsgrundlag. Vi vil samtidig øge automatisering af tidskrævende og store modellerings- og dataprocesseringsopgaver og derved frigøre menneskelige ressourcer til at fokusere på afgørende kvalitetssikring, komplekse analyser, fleksibilitet og procesoptimeringer i samarbejde med fx udviklere og operatører.

2. Digital tvilling af renseanlæg integreret med oplands- og recipientsystemer

Indsatsområdet tager afsæt i fundamentet skabt under den nuværende resultatkontrakt og bygger næste lag af services, som efterspørges af spildevandsbranchen i deres omstilling mod en grøn, bæredygtig og digital fremtid. I løbet af de første to år af resultatkontraktperioden vil nye komponenter til integrering af detaljerede oplandsinput fra urbane datakilder og modeller blive inkluderet i den digitale tvilling af renseanlæg. Desuden vil nye værktøjer til automatisk validering af online data og anomali-detektering blive integreret. Udvikling af disse services er prioriteret, da de vil forbedre de underliggende data og modellers nøjagtighed og dermed give en mere optimeret styring af renseanlæg. I anden del af resultatkontraktperioden vil der blive fokuseret på udviklingen af ydelser til evaluering af muligheder for ressourcegenindvinding og genanvendelse af rensed

spildevand samt vurdering af det miljømæssige aftryk på vandområdet. Ved at inkludere både konventionelle indikatorer (som fosfor) og nye indikatorer (som miljøfarlige forurenende stoffer) vil denne service muliggøre en forbedring af forsyningsselskabernes energi- og ressourcegenindvinding og føre til en mere sikker genanvendelse af behandlet spildevand, slam eller andre faste stoffer og dermed minimere renselanlæggets samlede klimaaftryk. Ved at integrere disse services i en digital tvilling af renselanlæg sikres en holistisk tilgang til styring af byens spildevandscyklus.

3. Operationelle dataservices til maritim transport

DHI ønsker at lede en ambitiøs udvikling af viden, data og teknologi, der tilsammen skaber en integreret operationel digital platform, hvor fremtidens effektive maritime transport kan planlægges. DHI har gennem tidligere resultatkontrakter og udviklingsprojekter lagt grundstenene til denne aktivitet. Basis er DHI's kvalitets metocean data, vores numeriske modeller og den digitale platform med tilhørende nye analysemetoder. De nye services vil integrere dynamiske data fra fartøjer i drift og online observationer, således at de nye services kan blive operationelle (24/7) og benyttes til planlægning og drift. De nye services vil blandt andet omfatte en tæt, automatiseret integration af vores havmodeller med online data. Dette vil reducere usikkerhed på forudsigelser og gøre avancerede modeller bredt tilgængelige direkte i brugernes egne digitale platforme. Eksplorativt vil aktiviteten se på, hvilken rolle den operationelle platform kan have i planlægningen og operationen af grønne brændstof-alternativer, der forventes at kræve hyppigere bunkering med tilhørende flere stop, operationer og lagre såvel som samspillet med havvindenergi. Her kan DHI udvikle løsninger, der giver effektive og pålidelige svar.

4. Hybride modeltestfaciliteter

Fysiske modeltests har en anerkendt værdiskabelse i forbindelse med vandbygning, ofte til optimering af design og operationer og integreret i industriens guidelines og certificeringsprocesser. Med vigtige bidrag fra den nuværende resultatkontrakt foregår der i disse år en rivende udvikling af testfaciliteter, der prioriteret udnytter potentialer, som digitalisering og nye sensortyper giver. På dette grundlag vil denne aktivitet bygge og konsolidere en ny hybrid testteknologi, der måler laster og respons af flydende og fastfunderede havvindmøller baseret på software in-the-loop, hvor en fysisk vind- og skalamodel af nacelle, rotor og vinger erstattes af en numerisk model, som så kobles i realtid med fysiske bølger. Også installation af flydende vindmøller indeholder i dag mange ricisi, der kan testes for.

6) Indsatsområdets kobling til videns- og innovationssystemet

Inden for indsatsområdet tager DHI afsæt i veletablerede samarbejder med danske virksomheder, konsulenter, myndigheder og universiteter igennem dialog, netværksaktiviteter og fælles forsknings- og udviklingsprojekter. For udviklingen af videnstunge digitale værktøjer til de påtænkte anvendelser i markedet er brede tillidsbaserede samarbejder gennem hele innovationsprocessen et afgørende element.

DHI arbejder specifikt med målgruppens virksomheder, ledende danske og udenlandske universiteter og videninstitutioner via EUDP projektet GASPOC, hvor de automatiserede metocean modeller anvendes af SMV'er til nye services til havvind, ESA projektet Global Seas, hvor DHI's havmodeller og satellitdata bedre forudsiger havstrøm, som rederier og SMV'er bruger, Innovationsfond-projektet FloatStep, der udvikler hybride testkomponenter til flydende havvind sammen med teknologiudviklere og EU H2020 Digital Water Cities, hvor DHI's avancerede digitale teknologier anvendes til smart styring af spildevand. Endelig er DHI ofte involveret i industriens internationale forskning, fx ACE JIP, der udarbejder nye metocean designguidelines for bl.a. orkaner.

DHI vil fortsat bidrage aktivt til innovation gennem dansk forskningskonsortium for vindenergi og det europæiske forskningssamarbejde, EERA JP Wind, agere som sekretariat for Dansk Vandbygningsteknisk Selskab og indgå aktivt i de tre nye klyngeorganisationer inden for energiteknologi (Energy Cluster Denmark), miljøteknologi (CLEAN - Danmarks Miljøteknologiklynge) samt maritime erhverv og transport, (MARLOG). DHI vil fortsætte det tætte udviklingssamarbejde via projekter og co-creation events med GTS-institutter omkring bl.a. rense- og sensorteknologier til renselanlæg (Teknologisk Institut), kunstig intelligens og machine learning (Alexandra Instituttet) samt IoT, hybride testfaciliteter og services til det maritime erhverv (FORCE Technology).

Der er p.t. indsendt en ansøgning til EUDP, "PLATON", sammen med AAU, DTU og danske SMV'er om udvikling af usikkerhedskvantificering og nye lastmodeller til havvindmøllefundamenter, og det forventes at tiltrække 2-3 nye danske eller internationale forskningsprojekter årligt, der understøtter aktiviteterne.

7) Sammenhæng med instituttets strategi og afsæt i instituttets ressourcer

Fokus på nye datakilder, automatisering, kunstig intelligens og cloud computing er essentielt i DHI's strategi. DHI har desuden som strategisk mål, at operationelle tjenester og beslutningsstøtte, der bruges i realtid, prioriteres. Ved at kombinere disse elementer med vandekspertviden, unikke modeltestfaciliteter og avancerede modeller udvikler aktiviteten nye markedsnære teknologiske services for at nå sin målsætning om at bidrage til Danmarks drivhusgasreduktion inden for instituttets kompetenceområder.

De digitale services og kompetencer, der løbende udvikles gennem resultatkontraktperioden, er designet til strategisk at styrke DHI's rolle i den grønne omstilling fremadrettet. De forankres og udstilles gennem DHI's åbne cloud platform, og vidensspredningsaktiviteter udføres gennem DHI's kursusorganisation, THE ACADEMY by DHI. For at bevare fokus på målgrupperelevans står instituttets markedsnære afdelinger centralt i organiseringen af indsatsen, hvilket også sikrer det udstyrmæssige afsæt for hybride tests.

Indsatsområdet leverer services til DHI's forretningsområder for havvind, afløbssystemer, maritim transport og fysiske modeltest. Det udnytter det teknologiske fundament for digitale løsninger i DHI indsatsområdet "Digitale vandløsninger til grøn omstilling". Indsatsområdets aktiviteter koordineres med aktiviteter i "Klimatilpasning og grøn omstilling" med kobling til *Digital tvilling af byens opland* såvel som hybride model-tests og med "Grøn teknologi til blå vækst" for beregning af effekter på vandmiljøet. Aktiviteten *Hybride modeltestfaciliteter* koordineres med aktiviteter under FORCE Technology's indsatsområde "Fremtidens hybride testbed".

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. Digitale services til havvindenergi

Indenfor havvindenergi vil vi starte med aktiviteter, der kombinerer DHI's domæneviden om metocean forhold, de nye digitale teknologier til automatisering samt datastatistiske analysemetoder og machine learning til at levere nye services til udviklingen og driften af havvindenergi. Indsatsen de første år centrerer om følgende aktiviteter, der primært bliver tilgængelige for branchen via DHI's digitale metocean platform og gennem samarbejdsprojekter:

- Kvantificering af model- og datausikkerheder i de historiske data-analyser, der bruges til metocean designdata. Dette vil få stor betydning for et mere effektivt design og en bedre planlægning.
- Forudsigelse af risici og gennemførlighed af en række nye kritiske forretningsmæssige operationer, hvilket giver mere effektiv og sikker installation og færre perioder med nedsat energiproduktion.
- Øget automatisering af de metoder, der i dag bruges til at forfine, udregne og validere designdata i høj modelopløsning (100m-500m) for den enkelte havvindmøllepark samt tilføje last og respons.
- Statistisk nedskalering til lokale observationer og data til forbedring af metocean betingelser som input til forbedret design, operationelle beslutninger og optimering af havvindmølleparkers levetid.

2. Digital tvilling af renseanlæg integreret med oplands- og recipientsystemer

Aktiviteterne det første år vil fokusere på at gøre sensordata mere pålidelige og integrere disse og tilstrømningen fra oplandet bedre i den digitale tvilling af renseanlæg:

- Udvikling af en datavalideringsløsning til automatiseret vurdering af datakvalitet og anomali-detektion baseret på multivariat statistisk analyse og machine learning.
- Implementering af nyt modul i den digitale tvilling, der advarer om afvigelser i inputdata og integrerer disse i modelkalibreringsworkflow med øget brug af automatisering.
- Udvikling af en fleksibel 'oplandskomponent' i den digitale tvilling til
 - generering af effektive realtidssimuleringer af hydrauliske og kvalitetsmæssige indløbsflow til renseanlæg
 - integrering af avancerede hydrauliske oplandsmodeller baseret på *Digital tvilling af byens opland* udviklet under indstatsområdet "Klimatilpasning og grøn omstilling".

- Identificering af udvalgte miljøfarlige forurenende stoffer baseret på Vandområdeplanerne 2021-27 og Vandrammedirektivet samt udvikling af en database omkring fysiske og biokemiske egenskaber.

3. Operationelle dataservices til maritim transport

Der startes i de første år aktiviteter, der tilsammen understøtter probabilistiske forudsigelser med nedskalering til havneanløb:

- Nyt modul til beskrivelse af datausikkerheden i de globale og regionale metocean forudsigelser, der danner grundlag for operationelle dataservices. Der udvikles machine learning modeller, som kombinerer ensemble-forudsigelser og sensorer på skibene til kvantificering af usikkerhed på prognoserne.
- Automatisering af modelleringsteknik svær nedskalering til forudsigelse af metocean betingelser for besejlingsforhold i vanskelige passagerer og havneanløb. Brug af machine learning modeller, der kombinerer dybdekort, lokale målinger og driftserfaring til automatisk modelkalibrering og data-assimilering.
- Udvikling af en forbedret platform til risikobaseret optimering af navigation, hvor skibe kan følge opskrevne regler og ruter, så det bliver muligt at vurdere risici ved operationelle beslutninger baseret på de direkte beslutningsparametre og dermed optimere operationer for en flåde eller havn.
- Udvikling af probabilistisk morfologisk prognose til havneanløb og snævre passager for bedre at forvalte skibstrafik i forhold til risiko for grundstødning og vedligehold af sejlrender.

4. Hybride modeltestfaciliteter

Fokus vil de første år være udvikling af testfaciliteter til flydende vindenergi og sekundært beskyttelse af bl.a. moler mod stigende vandstand og bølger. De første års aktiviteter vil derfor være rettet mod en prototype på en hybrid facilitet for flydende vindturbiner og moleoverskyl som beskrevet herunder:

- Gennemførelse af hybride modelforsøg designet til at bygge de numeriske og datadrevne modeller, der udgør digitale tvillinger af havvindmøller og deres flydende fundamenters samlede respons.
- Demonstration af software in-the-loop som hybrid testmetode, hvor vind og møllehoved erstattes af en numerisk model, som kobles i realtid med fysiske bølger, og samlet last samt respons måles.
- Udvikling og demonstration af hybrid testmetode til installation af flydende havvindmøller.
- Hybride testmetoder optimeret til moledesign, der bruger nye digitale sensorer med automatisk fejldetektion samt numeriske modeller til virtuelt at udvide modelfaciliteten i rum og tid.