

Indsatsområde (titel):	Datadrevet risikoevaluering som katalysator for grøn vækst i vindmøllebranchen	Evt. nr.:	FORCE 01
Indsatsområde kort (resumé)			
<p>Indsatsområdet vil medvirke til, at Danmark når Regeringens og Klimaaftalens mål om klimaneutralitet i 2050 særligt med fokus på planerne for udbygning af havvindenergi. Indsatsområdet vil udvikle teknologiske services til udbygning af havvind, som har behov for at styre og minimere sin risikoprofil gennem hele vindmøllebranchens værdikæde. Det gælder hele vejen fra idé til endelig implementering, og det gælder risikostyring af grænsefladen mellem leverandør og kunde, hvor design, produktion og drift af vindmøller er danske kernekompetencer, og hvor store og fejlfrie vindmøller er med til at reducere Danmarks udledning af CO₂ omkostningseffektivt.</p> <p>Indsatsområdet vil, med udgangspunkt i data opsamlet over mange år, udvikle nye og datadrevne services, der i langt højere grad kvantificerer den risiko, der knytter sig til fx kvalitetsvariationer i vindmøllevinger eller opvejer omkostninger og fordele ved enten en engangsprototypetest eller med avanceret komponenttest, og herved aktivt og værdiskabende udvikle branchens samlede risikoledeelse.</p>			
1) Målsætninger, aktiviteter og indikatorer			
<p>Visionen med denne indsats er at understøtte Regeringens ambitiøse plan for udbygning af havvindenergi kapaciteten i Danmark¹ og heraf sikre dansk vindmølleindustri en stærk international position i kapløbet om at levere de møller, der skal møtte verdens behov for havvindenergi. Visionen realiseres ved at udvikle en række nye services, der bygger på datadrevet risikoevaluering. De nye services vil give mere nøjagtige risikoprofiler og derigennem understøtte branchens risikoledeelse, særligt i forhold til investeringsbeslutninger og forebyggende vedligeholdelse (eng: <i>Predictive Maintenance</i>). I sidste ende medfører det langt mere sikre og effektive vindmøller og en mere omkostningseffektiv grøn omstilling.</p> <p>Indsatsen bidrager til at realisere regeringens målsætning om 70 % reduktion af drivhusgasser i 2030 og klimaneutralitet i 2050. Danmark har især valgt at satse på havvindenergi til den grønne omstilling. Ifølge den Europæiske vindorganisation er vindenergi den mest kost-effektive klimareducerende teknologi, der i 2015 reducerede CO₂-udledningen i EU med 118 mio. tons². Europa-Kommissionen anbefalede i 2019 en kraftig udbygning af havvind-vindenergi produktion som noget af det vigtigste for medlemsstaterne for at nå de ambitiøse mål for drivhusgasreduktion³.</p> <p>Havvind træder desuden ind i en ny epoke ved etablering af to energigøer med en installeret effekt på 10 GW allerede i 2030. Denne store udbygning af havvind forudsætter en effektiv værdikæde, og de økonomiske investeringer vil være kolossale, ikke alene i møllerne selv, men også i den omgivende infrastruktur. Risikoanalyse og -ledelse er særligt afgørende for havvindmøller, da de er komplekse og investeringstunge installationer, der samtidigt er udsat for kraftige driftspåvirkninger. Samtidigt udfordres havvind af stigende teknisk og organisatorisk kompleksitet. Møllerne bliver større og større og udfordrer derved grænserne for anerkendte og certificerede designkriterier. Dertil kommer, at havvind effektivt skal kunne konkurrere med olie og gas for at udfase tilskud.</p> <p>Samtidig er kravene, at:</p> <ul style="list-style-type: none"> · møllerne skal produceres hurtigere og produktionsomkostningerne holdes nede, · vindmøllerne kommer længere væk fra kysterne og på dybere vand, samt at · installation bliver mere kompleks, samtidigt med at vedligehold bliver mere besværlig. <p>Hertil kommer, at værdikæderne bliver verdensomspændende, og at nye kunde-til-leverandørrelationer hele tiden skal opstå for at opfylde efterspørgslen efter dansk vindenergi. På samme tid bliver kapitalbindingen i værdikæderne hurtigt større. Alene i Danmark med en udbygning på 12,4 GW havvind⁴ vil kapitalbindingen blive øget med langt over 1.500 mia. kr., og tendensen er den samme over hele verden.</p>			

¹ "Klimaaftale for energi og industri m.v. 2020 af 22. juni 2020", Regeringen m.fl., juni 2020

² Der er forskellige regnemetoder her, men mellem 100 og 200 mio. tons i 2015. Se Hernandez, C.H. et. al. "New method to assess the long-term role of wind energy generation in reduction of CO₂ emissions – Case study of the European Union", i Journal of Cleaner Production, vol 207, 2019

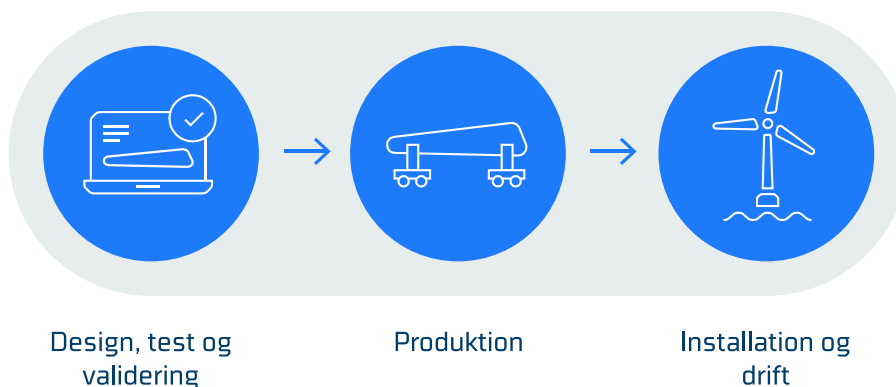
³ "The European Green Deal", Europa-Kommissionen, december 2019

⁴ [Havvindspotentialet i Danmark](#), Energistyrelsen, 2019

I krydsfeltet mellem stigende teknisk kompleksitet og større kapitalbinding, er det essentielt at kunne håndtere risiko kvantitativt og proaktivt. Konsekvenserne af forkerte designbeslutninger, fejl i produktionen eller fejlslagent vedligehold bliver større, efterhånden som investeringerne vokser, og de finansielle konsekvenser vil spredes op- og nedstrøms i værdikæden. Derfor peger Megavind⁵ på, at en kapabilitet til bedre risikoevaluering er afgørende som konkurrenceparameter og vækstdriver for branchen.

Virksomheder i vindmøllebranchens værdikæder deler et behov for at styre og minimere deres risikoprofil hele vejen fra idé til endelig implementering samt i grænsefladerne mellem leverandør og kunde. Tre faser i en vindmølles produktlivscyklus danner grundlaget for indsatsområdet. Disse faser er:

1. Design, test og validering
2. Produktion
3. Installation og drift



Hver fase i produktlivscyklussen har sine egne karakteristika og egen risikoprofil, der kan optimeres. Dertil kommer grænsefladen mellem leverandør og kunde, der er kendetegnet ved en særskilt risikoprofil.

Risikoprofilen er afhængig af de beslutninger, der træffes i hver fase i produktlivscyklussen, og hvordan de tilhørende aktiviteter nedbrydes. Indsatsområdet vil udvikle en række værktøjer og serviceydelser, der rettes mod de ovennævnte tre faser i produktlivscyklussen. Mange vindmølleejere står fx overfor en stor beslutning, når de opstillede møllers garanti udløber, nemlig om deres møller skal nedtages, eller om det kan svare sig at investere i service og vedligehold?

Indsatsen har fokus på følgende aktiviteter, som samlet set skaber en stærk videnbro for indsatsområdet:

- **Risikobaseret planlægning af validering og teststrategier**, relateret til både mekanisk og elektrisk test af kritiske vindmøllekomponenter og specielt mod et effektivt mix af udmattelses- og brudmekaniske tests, helt fra laboratorieniveau til fuldskala test for en omkostningseffektiv og risikostyret kvalifikation af produktudviklingen.
- **Datadrevet produktionskontrol og in-service inspektion af vindmøllevinger**, der omfatter automatiserede ikke-destruktive tests med kørende robotter/scannere. Målet er objektive og reproducerbare data til optimering af produktlevetiden og reduktion af risikoen for unødvendige reparationer og udskiftninger af vindmøllevinger.
- **Multidisciplinære monitoreringsløsninger** til sikring af optimalt design og drift af vindmøller, herunder præcise og robuste sensorsystemer, der kan holde i hele vindmøllens levetid for at indsamle data til at danne grundlag for kvalificerede risikoevalueringer om operation og inspektionsrutiner.
- **Datadrevet risikokvantificeringsværktøj**, der kan anvendes indenfor hvert af de ovenstående serviceområder til fx at opveje omkostninger og fordele ved enten en engangsprototypetest eller ved avanceret komponenttest. Risikokvantificeringsværktøjet vil samle og fungere på tværs af de tre andre aktivitetsområder og vil gøre det overskueligt for virksomheder at opveje omkostninger og fordele mellem forskellige aktiviteter, fx balancen og omfanget af modellering kontra test. Ydermere vil data opsamlet fra design, produktion og drift danne grundlag for at træffe operationelle beslutninger gennem hele vindmøllens levetid.

⁵ Megavind: "Annual Research and Innovation Agenda 2018", december 2018

- **Videnspredning**, specielt i regi af Energy Cluster Denmark og Megavind. Udover at bygge videnbro mellem videnmiljøer og teknologi- og produktionsvirksomheder, fordrer visionen, at myndigheder, men også klasse- og forsikringsselskaber, inddrages i videnbroen.

I løbet af første halvdel af projektperioden fokuseres udviklingsindsatsen på at etablere ydelser indenfor de enkelte aktivitetsområder og øge deres effektivitet med hensyn til produktpålidelighed, pålidelig drift og forlængelse af levetiden. I år tre og fire bliver der fokus på at integrere aktiviteterne på tværs af områdeaktiviteterne med henblik på at muliggøre en effektiv anvendelse af FoU- og udviklingsbudgetter og minimere risikoen ved grænseflader i værdikæden.

Samlet for perioden vil indsatsområdet have følgende indikatorer for værdi og succes:

- 30 samarbejdspartnere. Indsatsområdet vil etablere og løbende udvide økosystemet med samarbejdsrelationer til danske og internationale videnmiljøer og organisationer.
- 20 mio. kr. FoU-omsætning ansøgt. Indsatsområdet vil, for at styrke økosystemet og samarbejdsrelationerne, sikre en øget FoU-indsats igennem ansøgning af min. fem FoU-projekter i partnerskaber omkring indsatsområdet. Budgettet angiver FORCE Technologys andel heraf.
- 550 aktive virksomhedsrelationer. Indsatsen vil, baseret på en samlet vidensspredningsplatform, have et højt ambitionsniveau for aktiv deltagelse fra erhvervslivet (fx følgegrupper, demonstrationsprojekter, deltagelse i arrangementer, webinarer m.m.). Dertil kommer en omfattende øvrig videnspredning (artikler, webtrafik, SoMe m.m.)

2) Indsatsens relevans og potentiale

Med en førerposition indenfor vindenergi er Danmark ledende i den grønne omstilling, og energiteknologi er en dansk erhvervsmæssig styrkeposition⁶. En nylig gennemført analyse af ATV⁷ viser desuden, at vindenergi er det erhvervsområde, hvor vi i Danmark står stærkest globalt, hvis man måler på udtagne patenter og videnskabelige publikationer. Målt på omsætning, eksport og beskæftigelse er vind den klart dominerende branche, når det gælder vedvarende energiproduktion. Særligt på offshore (havvind) er Danmark internationalt førende og har den mest komplette og integrerede værdikæde af følgeindustri, ligesom havvind som sektor er medvirkende til en stor regionalisering, da kompetencerne skal ligge geografisk og kystnært spredt.

Internationalt spiller Vestas Wind Systems, MHI Vestas og Siemens Gamesa Renewable Energy naturligvis en afgørende rolle. Samtidig er Ørsted verdensledende indenfor havvindmøllefarme, ligesom E.ON og Vattenfall udvikler og driver vindfarme fra deres baser i Danmark. Hertil kommer et meget stort antal underleverandører. Design, produktion og drift af vindmøller er kompetencer i dansk industri, hvor større og fejlfrie vindmøller er med til at reducere Danmarks udledning af CO₂ omkostningseffektivt.

Vi står med andre ord enormt stærkt på vindenergi i Danmark, både for nuværende, men også i forhold til at kunne udvikle og styrke den erhvervsmæssige førerposition fremadrettet. Imidlertid forestår nogle teknologiske udfordringer, som nærværende indsats adresserer via en risikoorienteret tilgang. IRIS Group⁸ peger på nødvendigheden af at udvikle nye metoder til at designe, validere og tilpasse stadigt større turbiner og rotor til lokale og ekstreme vejrforhold, installation af vindmølleparker samt udvikling i avancerede datamodeller, machine learning, anvendelse af high performance computere og sensorteknologi til at optimere planlægning, overvågning og vedligeholdelse af vindmølleparker. Disse udfordringer skal adresseres, hvis vi på en sikker og kosteffektiv måde skal gennemføre den aftalte⁹ udbygning af vindenergi i Danmark.

Indsatsområdets primære værdiskabelse bliver indenfor følgende områder:

- **Reduktion af drivhusgasser.** Indsatsen bidrager direkte til at realisere klimalovens målsætning om 70 % reduktion af drivhusgasser i 2030 og klimaneutralitet i 2050 ved at muliggøre en accelereret udbygning af dansk havvind.
- **Vækst og beskæftigelse.** Indsatsen svarer direkte på anbefalinger fra Erhvervsministeriets vækstteam for grøn energi og miljøteknologi om bedre muligheder for stor-skala test og

⁶ Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse: 'Erhvervsfremme i Danmark 2020-2023'

⁷ "Verdens førende tech-regioner – Danmarks styrkepositioner i et globalt perspektiv", ATV, august 2020

⁸ "Analyse af statens indsats for forskning, udvikling og demonstration på energiområdet", IRIS Group for Klima, Energi og Forsyningsministeriet, Uddannelses- og Forskningsministeriet, Innovationsfonden og EUDP, august 2019

⁹ Klimaaftale for energi og industri m.v. af 22. juni 2020

demonstration af fx datadrevne løsninger¹⁰. Samtidig bidrager indsatsen til udvikling af kompetencer og fastholdelse af beskæftigelse indenfor vindmøllebranchen. Datadrevet risikoevaluering hjælper til, at Danmark beholder sin internationale førerposition indenfor vindenergi. Test af vindmøllekomponenter, produktion af vindmøllevinger, installation af vindmøller og monitorering under drift er noget, der skal mestres i en fremtid, hvor større og fejlfri vindmøller vil være med til, at Danmark fastholder og udvider arbejdsstyrken på 33.000 jobs¹¹ i sektoren. For at fastholde førerpositionen og sikre vækst, er det nødvendigt at øge fokus, hvor datadrevet risikoevaluering af hele værdikæden giver værdi.

- **Forsyningsikkerhed.** Risikokvantificeringsværktøjet på tværs af aktivitetsområderne vil give mulighed for at give en større forsyningsikkerhed for energileverandører. En mere effektiv produktion og en længere levetid fører til en større energiproduktion, der er til gavn for mølleejere og for samfundet.
- **Minimér risikoen i hele forsyningskæden.** Ingen konsulent, producent, tjenesteudbyder eller operatør er i stand til at operere indenfor vindbranchen uden opstrøms- og nedstrømsinteressenter. Dette indsatsområde vil medvirke til at identificere risikoen ved grænsefladerne mellem faserne og derved hjælpe med at nedbringe omkostningerne ved at minimere spild og øge effektiviteten.
- **Øget produktpålidelighed.** Nye komponenter til vindmøllevinger skal sikres ved veldokumenterede tests og produktionskontrol samt effektiv og tidlig indikation af fejl for at sikre produktets pålidelighed. Viden om skader i vinger giver vingeproducenter mulighed for at lave bedre designs til fremtidige vindmøllevinger, men giver også operatører mulighed for at udskyde reparationer, indtil de reelt er nødvendige at foretage.
- **Mere pålidelig drift og forlængelse af levetiden.** Øget opetid og levetidsforlængelse af en vindmøllepark skal baseres på solid evidens. Gennem datadrevet monitorering kan kritiske beslutninger om drift, reparation og udskiftning træffes ved hjælp af driftsdata og risikobaseret planlægning af inspektioner og vedligeholdelse. Muligheden for at levetidsforlænge vindmølleparker med 10-15 år vil bidrage betydeligt til forsyningsikkerheden og parkernes rentabilitet.
- **Effektiv udnyttelse af ressourcer og udviklingsbudgetter.** Vindmøller til havvindbranchen er blevet større gennem årene og vil snart være i 15 til 20 MW-klassen. Hver fase i værdikæden fordyrer det endelige produkt, hvor kritiske beslutninger og risici i hver fase skal evalueres. Vindmølleindustrien vurderer, at det koster et tocifret millionbeløb at skifte fx en enkelt havvindmøllevinge¹². Dyre specialfartøjer anvendes til afmontering af komponenter og montage af en ny komponent, og dertil kommer driftstab for den tid, møllen ikke er i produktion¹³. Desuden er der omkostninger forbundet med at genanvende og bortskaffe vinger. Derfor er der mange penge at spare ved at kunne estimere levetiden af en vindmøllekonstruktion.

Målgruppen for indsatsområdet er hele værdikæden indenfor vindenergi i Danmark, fx virksomheder, der arbejder med udvikling, test, produktion og drift af vindmøller. Der er gennemført en række interviews med centrale aktører i værdikæden for vindmølleindustrien og indsamlet input fra virksomheder i forskellige positioner og roller i branchen, herunder producenter, serviceorganisationer, SMV'er og store virksomheder. I forbindelse med arrangementer igennem året, er vindmølleindustrien blevet inviteret til at give bud på fremtiden.

Seneste branchestatistik for vindmøllebranchen¹⁴ understøtter billedet af et stærkt erhvervsområde, men også på et område, der ikke som en selvfølge er i vækst. Omsætningen var i 2018 knap 149 mia. kr., og det højeste indenfor det energiteknologiske område, men viser også et fald i på 3,7 % ift. 2017. Antal af beskæftigede var i 2018 næsten 33.000, hvilket tilsvarende er et mindre fald i forhold til 2017.

Beskæftigelsen har god regional fordeling med 38 % af arbejdspladserne og 56 % af omsætningen i Region Midtjylland. 25 % af omsætningen ligger i Region Syddanmark. Godt 10.000 medarbejdere er beskæftiget direkte hos vindmølleleverandørerne, mens omkring 23.000 er beskæftiget hos underleverandører og heraf 20.000 i virksomheder med under 200 ansatte¹⁵.

¹⁰ Rapport fra Vækstteam for grøn energi- og miljøteknologi, side 26ff

¹¹ "Branchestatistik for vindmøllebranchen 2019", Wind Denmark, januar 2020

¹² <http://xn--drmstre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/da/tour/econ/oandm.htm>

¹³ <https://www.o2owind.com/blog/2015/12/30/end-of-warranty-checklist>

¹⁴ "Branchestatistik for vindmøllebranchen 2019", Wind Denmark, januar 2020

¹⁵ Leverandøranalysen 2018 -Analyse af leverandører til vindmølleindustrien, Vindmølleindustrien, 2018

Målgruppen opdeles i fire grupper:

1. Virksomheder, der i forbindelse med produktudvikling har behov for brudmekaniske test af kritiske vindmøllekomponenter
2. Virksomheder, der arbejder med udvikling og produktion af kompositkomponenter til vindmøllevinger
3. Virksomheder, der er leverandører eller producenter af højteknologiske komponenter og serviceydelser til vindmøller
4. Vindmølleejere, producenter, forsikringsselskaber og statslige institutioner.

Langt flest virksomheder i de tre førstnævnte målgrupper udgøres af SMV'er. Indsatsområdet er målrettet beslutningstagere blandt ovenstående målgrupper, der har brug for et risikoværktøj på tværs af deres produkter og/eller værdikæder. Således er de affødte serviceydelser ikke relevante for inspektionsbranchen. Risikoværktøjet vil eventuelt på sigt kunne have interesse for inspektionsbranchen, hvis f.eks. målgrupperne efterspørger andre typer af data eller træffer beslutninger baseret på risikoværktøjet, der har betydning for deres behov for inspektion. Derfor vil indsatsområdet sikre vidensspredning til inspektions- og svejsebranchen i regi af brancheforeningen DSN (Dansk Svejse- og NDT Forening) og heraf tage initiativ til at etablere et forum, hvor alle interessenter i industrien inviteres. Her tænkes blandt andet på NDT-serviceudbydere, udstyrsleverandører, NDT-brugere og klasse-selskaber og Dansk Standard, der alle på sigt kan have gavn af viden oparbejdet i indsatsområdet.

Branchens behov for innovation understreges yderligere på Bedre Innovation.

Finn Daugaard Madsen fra Siemens Gamesa Renewable Energy pointerer på Bedreinnovation.dk, at aktivering af datadrevne risikobaserede beslutninger vil give virksomheder større pålidelighed og muliggøre en bedre udnyttelse af deres ressourcer:

"Især det datadrevne risiko-kvantificeringsværktøj, som er skitseret i dette projektforslag, vil hjælpe udviklere af verdens fremtidige vindmølleparker med at sikre, at F&U-indsatsen anvendes der, hvor de skaber mest værdi."

Find Mølholt Jensen, som er medstifter af opstartsvirksomheden Bladena, skriver på Bedreinnovation.dk: *"Bladena, som en erfaren virksomhed inden for skader på vinger i drift, ser dette som et værdifuldt projekt, da det vil give en detaljeret indsigt i havvind vinddrift. Desuden er idéen om at oprette et risikokvantificerings-værktøj baseret på data fra test meget relevant og kan skabe værdi for både Bladena og industrien generelt. Da der er et stort behov for et risikokvantificerings-værktøj i vindindustrien samt estimering af operation and maintenance omkostning baseret på test data. Derudover, kan dette også give Bladena ny viden til vores risiko- og brudmekanikgrupper. Derfor ville vi meget gerne følge og støtte projektet, når det udvikler sig. Vi diskuterer også meget gerne med Force Technology, hvordan vi kan hjælpe med at støtte dette udviklingsprojekt."*

Indsatsen vil arbejde tæt sammen med flere innovationspartnere både nationalt og internationalt. Yderligere samarbejde indenfor det danske forsknings- og udviklingslandskab søges med DHI og Energy Cluster Denmark. Henrik Böhmer fra Energy Innovation Cluster skriver på Bedreinnovation.dk:

"Som repræsentant for en stor del af energibranchen, bakker Energy Innovation Cluster også op om dette initiativ. Kombinationen af risk-baserede værktøjer og simuleringer er noget, vi hører nævnt som nødvendigt for at vindmølleindustrien kan blive ved med at vækste - specielt med henblik på udvikling af nye, større komponenter og anvendelse af nye koncepter på nye områder. Energy Innovation Cluster har set gode resultater fra FORCEs aktiviteter, er glade for samarbejdet og bakker op om, at FORCE kan fortsætte den gode udvikling til glæde for en af Danmarks vigtigste eksportvarer."

Et samarbejde med Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems (IWES) vil give aktiviteten et internationalt perspektiv og erfaring. Steffen Czichon, som er afdelingschef hos Fraunhofer Institutet i Tyskland, skriver på Bedreinnovation.dk

"Fraunhofer IWES shares your vision that data driven production control strategies have the potential to be a key enabler to further reduce LCOE and improve reliability of turbines. This is well in line with our research activities and we would be happy to cooperate in this field. Furthermore, sub-component and segment testing methods and associated validation strategies are absolutely crucial in order to ensure the validation of the next generation of havvind wind turbines in the 15-20 MW class... Finally, we agree with the approach to develop in-service inspection tools and multidisciplinary monitoring tools. Experience has

certainly shown that monitoring systems based on a single measurement technique are generally somewhat limited in their capabilities and combining several sensor types can leverage both sensitivity and accuracy. Possible collaborations could be based on sharing previously acquired data or it could be possible to validate monitoring systems in a full-scale blade test performed at Fraunhofer IWES. Overall, we support this proposal and would be extremely interested in collaboration in one or several aspects of the project."

3) Markedssvigt og konkurrencesituation

Forudsætningen for klimaaftalens ambitiøse plan for udbygning af havvindenergi kapaciteten i Danmark - og for gennem dette at sikre dansk vindmølleindustri styrke, internationale position - er, at hele værdikæden arbejder sammen. Derfor stiler indsatsen på at samle økosystemet omkring risikostyring af havvind og dermed bringe kunder og leverandører sammen.

FORCE Technology har en styrkeposition både nationalt og internationalt for automatiseret produktionskontrol, brudmekaniske tests samt avanceret modellering og simulering. Dette dækker over bl.a. specialistviden indenfor materialer, sensorer og fejlmekanismer. Derudover rådes over nogle af Danmarks største og mest veletablerede testfaciliteter til vindmølleindustrien, der ikke findes andre steder.

FORCE Technology indgår både som en vital del af udviklingsprojekter og som en nøgleleverandør på tværs af den fulde værdikæde, fra materialeleverandører til vindmølleejere og -operatører og fra små, nystartede virksomheder til internationale konsortier på specialkompetencer, der ikke findes i øvrigt i Danmark. FORCE Technology samler med indsatsområdet disse kompetencer, der spænder over design, produktion, installation og vedligehold af vindmøller og skaber herved et helt særligt og samlet fundament for at understøtte den samlede værdikæde i dens behov for kvantitativ og proaktiv risikoevaluering. Samtidigt skaber det forudsætningen for at binde værdikæden af leverandører stærkere sammen.

FORCE Technology driver sammen med andre centrale aktører Danmarks største og mest veletablerede mekaniske testfaciliteter på Lindø Component and Structure Testing A/S og hos Blade Test Center (BLAST) i Aalborg. Herudover driver FORCE Technology faciliteter i Lyngby, hvor vi simulerer vindmøllers aerodynamiske forhold i en vindtunnel. Disse faciliteter og indsatsområder kædes i denne platform sammen til servicemoduler, der kvantificerer risikoevaluering til en integreret servicepakke til vindmøllebranchen og dansk industri.

Risikokvantificeringsværktøjet udnytter unikke, historiske og empiriske data på tværs af kompetenceområder og findes ikke magen til andre steder. FORCE Technology vil med et samlet risikokoncept flytte sig yderligere højt i værdikæden, hvilket indebærer langt større tekniske risici end tidligere. Indsatsområdets største udfordring vil være at udvikle modeller for risikoevalueringer ved grænsefladerne i værdikæden. For en enkelt leverandør kan FORCE Technology afdække behovet for risikoevaluering og -styring, baseret på det stærke servicesæt og den infrastruktur, der allerede eksisterer. For at implementere pålidelige datadrevne risikoevalueringer i grænsefladen mellem virksomheder, skal der bygges videre på og kombineres veletablerede services, teknologier, løsninger og erfaringer, der dækker den fulde værdikæde. Indsatsen har fokus på at opsamle og gøre data tilgængelig og skabe værdi via risikovurdering og services. Til det formål vil det være nødvendigt at tilpasse eksisterende faciliteter og udstyr til at kunne sikre og anvende de relevante datasæt fra forskellige steder i værdikæden i et samlet værktøj. En uvildig tredjepartsvurdering er nødvendig for, at risikoevalueringen accepteres i hele branchen - og af både kunde og leverandør. Som et uafhængigt GTS-institut har FORCE Technology en unik mulighed for at udvikle og kombinere flere essentielle services relateret til test, inspektion, monitorering og simulering til gavn for en hel industri.

FORCE Technology har som mission at være på forkant med udviklingen for at støtte industrien, og må løbende tilpasse sine serviceydelser for at holde sig de forventede skridt foran branchen. FORCE Technology understøtter direkte værdikædebidragsydere indenfor design, validering, inspektion, installation, overvågning og drift. FORCE Technology er desuden, som GTS og med stærke videnbaserede relationer indenfor vindenergi, unikt velegnet til at udvikle og levere en række risikobaserede værktøjer til branchen.

Som etableret tjenesteudbyder og uafhængig tredjepart til vindbranchen, kan FORCE Technology samarbejde med alle interessenter på lige vilkår. Udviklingspartnere fra hele forsyningskæden bliver repræsenteret i følgegruppen. Følgegruppen skal sikre, at udviklingen i indsatsområdet kontinuerligt holdes foran markedet og sikre transparens, så alle i branchen inddrages.

4) Vidensspredning og inddragelse i indsatsområdet

Den nye nationale klynge for energi, Energy Cluster Denmark, vil være et centralt omdrejningspunkt for samarbejde og interaktion med den direkte målgruppe, men også i særdeleshed det øvrige økosystem for grøn energiteknologi i Danmark med virksomheder, videninstitutioner, brancheorganisationer og myndigheder. Omstillingen til mere vedvarende energi og 70 % reduktionen inden 2030 sker ikke alene via succesfuld installation af mere havvind, men kræver langt højere fleksibilitet af de samlede energisystemer og samarbejde på tværs af brancher, teknologier og aktører omkring fx udvikling af Power-to-X (PtX), energilagring eller CCUS. Her er den nye energiklynge et naturligt omdrejningspunkt. FORCE Technology har allerede et tæt samarbejde med de tre eksisterende energiklynger, og dette samarbejde vil fortsætte i den samlede nationale klynge. FORCE Technology har sæde i bestyrelsen i den nye nationale energiklynge, Energy Cluster Denmark, samt i klyngens 'bevillingsudvalg' hvor samarbejdsprojekter udfoldes og konkretiseres. FORCE Technology har hermed et godt udgangspunkt for at skabe stærke samarbejdsrelationer til klyngen og dens mange aktører.

Samarbejdet med Energy Cluster Denmark vil bl.a. udfoldes i:

- Analyser og kortlægninger. FORCE Technology samarbejder aktuelt med Energy Innovation Cluster omkring kortlægning af europæiske testfaciliteter for vindenergi, og dette samarbejde vil fortsætte i 2021.
- Vidensspredning af indsatsens resultater vil i alt væsentlighed blive formidlet til målgruppen i regi af eller i tæt samarbejde med Energy Cluster Denmark. Energy Cluster Denmark har desuden et tæt samarbejde med Wind Denmark, der ligeledes vil blive inddraget efter relevans.
- Samarbejdsprojekter i regi af Energy Cluster Denmark vil være et vigtigt virkemiddel for at udfolde samarbejder med virksomheder i målgruppen og øvrige aktører. Sigtet vil bl.a. være at demonstrere de udviklede metoder og kompetencer i praksis.
- Projektudvikling i samarbejdet med energiklyngen, hvor målgruppen og videninstitutioner indgår, og ansøgninger til fx Danmarks Innovationsfond eller EUDP vil desuden være et centralt samarbejds punkt. FORCE Technology har aktuelt en ansøgning omkring hybrid test af vindmøllekomponenter under forberedelse i samarbejde med Energy Innovation Cluster til forventelig indsendelse til Innovationsfonden primo 2021.

Dertil vil indsatsområdet udnytte FORCE Technologys samlede platform for vidensspredning, især klubber og digitale kanaler, ligesom erhvervshusene vil blive inddraget i regionaliseret vidensspredning.

Preben Birr, direktør i House of Energy bakker op om indsatsen med en kommentar på Bedreinnovation.dk.

"Når Energy Innovation Cluster, CLEAN og House of Energy til sommer samles i Energy Cluster Denmark vil vi være endnu bedre til at skabe nye samarbejder og viden i interaktion mellem klyngen og GTS'erne. Og med Energy Cluster Denmark har vi samlet hele den store gruppe af SMV'er der er underleverandører til vindmølleindustrien som får stor glæde af nye værktøjer til datadrevet risikoevaluering. Vi ser også frem til samarbejdet på dette område."

Følgegruppen for indsatsområdet etableres fra starten med følgende medlemmer. Følgegruppen vil løbende blive suppleret eller udskiftet i takt med udviklingen og behovet. Når industripartnerne har etableret sig som følgegruppe, vil gruppen i fællesskab udpege relevante repræsentanter fra offentlige myndigheder, forsikrings- og classeselskaber, videncenter og repræsentanter for slutbrugere. Følgegruppen vil have en særlig rolle i forhold til at pege på bredest mulig relevans af aktiviteter og vidensspredning med fokus på SMV. Fire af medlemmerne i følgegruppen repræsenterer SMV'er:

- Martin Huus Bjerge (CEO Rope Robotics ApS)
- Kasper Reck-Nielsen (CEO Ceko Sensors ApS)
- Torben Hedegaard (CEO Eltronic Wind Solutions)
- Torben Blaaholm (CEO Blaaholm)
- Juliane Seidel (Technical Project Manager C2Wind) Edit Lulu Nielsen (Senior Advisor – R&D policy for wind energy, Wind Denmark)
- Lars Oliver Bernhammer (Team Lead Blade Technology, Siemens Gamesa)
- Christin Fenselau (Chief Specialist Test & Validation, Vestas)
- Jon Kringelum (R&D Project Manager, Ørsted Windpower)
- Ronnie Refstrup Pedersen (Senior Chief Consultant, Rambøll Havvind Wind)
- Andreas Reuter (Director, Fraunhofer IWES)

5) Nyhedsværdi og ambitionsniveau

Sandsynligheds- og pålidelighedsbaseret evaluering af data har været et hastigt voksende forskningsfelt i de sidste 40 år, da øget beregningskapacitet har gjort det muligt at anvende avancerede matematiske modeller på store datamængder.

Med indsatsen hjælper FORCE Technology vindmøllebranchen op til et helt nyt niveau, hvor beslutningstagere kan træffe endnu mere kvalificerede, risikominimerende beslutninger. Risikostyring er vokset ud fra olie- og gasområdet og er modnet og optimeret med branchens udvikling, og nu er tiden kommet til, at havvind udnytter erfaringerne. Sandsynlighedsbaseret beslutningstagning anvendes i vid udstrækning i inspektions- og vedligeholdelsesplanlægning og kan bruges til at støtte i beslutninger om forlængelse af levetiden. Det er særligt relevant for havvindmølleparker, da de består af komplekse og investeringstunge installationer, der er udsat for kraftige driftspåvirkninger.

De enkelte fagområder i indsatsen har i de seneste mange år oplevet en ret betydelig udvikling i deres tekniske formåen. Indenfor destruktive komponenttest og hybridtest sker der en rivende udvikling mod en kombination af fysiske og virtuelle tests og validering. Indenfor produktionskontrol introduceres state-of-the-art automatiserede vingescanningsystemer med øget præcision, og hvor der tilknyttes effektive og værdiskabende machine learning-algoritmer til påvisning af højrisikoområder i en vingeproduktion. Indenfor driftsovervågning udvikles der monitoreringsløsninger, som overvåger en vindmølles tilstand under vanskelige miljøbelastninger.

Gennem tidligere udviklingsindsatser, herunder intern udvikling, EUDP-projekter, projekter under Danmarks Innovationsfond og EU-projekter, har FORCE Technology arbejdet på at udvikle de tekniske værktøjer indenfor hvert aktivitetsområde for at kunne støtte den danske industri med serviceydelser. Disse serviceydelser er målrettede den specifikke aktivitet og led i værdikæden og har indtil videre ikke været koordineret i en større indsats for at øge pålideligheden, forbedre gennemsigtigheden i kæden og skabe sammenhængende og databaserede værktøjer. Heri ligger også de største tekniske risici. Udgangspunktet er udvikling af risikoanalyseværktøjer og deres udnyttelse indenfor hvert aktivitetsområde, mens hen mod sidste halvdel af perioden at sammenkæde indsatserne for at opnå yderligere effektivitet og gevinst for udvikling og levetider, både for den enkelte virksomhed og på tværs af værdikæden.

Det forventes, at alle nye serviceydelser vil være tilgængelige ved udgangen af den fireårige resultatkontraktperiode. Indenfor de første to år vil udviklingen af risikoanalyseværktøjer og deres anvendelse indenfor aktiviteten være målet. I år tre og fire vil aktiviteterne være tværgående, og der vil blive udviklet en integreret tilgang til analyse af risici i værdikæden.

6) Indsatsområdets kobling til videns- og innovationssystemet

Indsatsområdet styrker og udbygger FORCE Technologys position centralt i økosystemet for vindenergi i Danmark. **Indsatsen har som mål** at etablere et stærkt økosystem via videnbroaktiviteter og samarbejde med de mest centrale videncenter på området for havvind. Indsatsen vil blive knyttet til flere innovationspartnere både nationalt og internationalt. FORCE Technology har tæt samarbejde med flere afdelinger og faciliteter hos DTU, AAU og SDU. Yderligere samarbejde indenfor det danske forsknings- og udviklingslandskab søges med DHI og Energy Cluster Denmark.

Dertil vil indsatsområdet løbende udvide sit økosystem med flere videncenter i ind- og udland, som også angivet i målsætningen for indsatsen. Et samarbejde med Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems (IWES) vil give indsatsen et internationalt perspektiv og erfaringsgrundlag.

Samspil med nationale videninstitutioner

FORCE Technology udbygger det igangværende samarbejde med DTU fra EUDP-projektet ReLife, 'Methodology for assessment of remaining life-time of wind turbine blades based on damage state', hvor målet er at udvikle en metodik til at bestemme den resterende brugstid for vindmøllevinger. Metodikken baserer sig på den enkelte vinges aktuelle skadetilstand og en modelforudsigelse af restlevetiden. Metodikken kombinerer ikke-destruktive testmetoder (karakterisering af aktuelle skader) og brudmekaniske modeller (forudsigelse af fremtidig skadevækst). Fremgangsmåden er især nyttig til vinger, der nærmer sig deres oprindelige designlevetid, hvor vinger med alvorlige skader kan identificeres og fjernes eller repareres, mens vinger uden betydelig skade kan få deres levetid forlænget med fx 15-20 år. Ligeledes udbygges samarbejdet med AAU i projektet CeJacket (Danmarks Innovationsfond), hvor målet er at udvikle

innovative løsninger til havvindfundamenter. Der er undersøgt flere elementtyper, der enten er modulopbyggede, sammensat med undersøiske bolte eller svejset sammen.

Sampil med internationale videninstitutioner

Samarbejdet med Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems (IWES) er kommet i stand gennem EUDP-projektet ReLiABlade, hvor målet er at udvikle og demonstrere teknikker til at skabe en digital tvilling af hver enkelt vinge med dens unikke fejl og afvigelser. Til dette formål vil der blive anvendt højpræcisionsscanning, ikke-destruktive prøvningsmetoder, avanceret billedbehandling og multiskala modellering af vinger. Tillige udvikler og demonstrerer projektet teknikker til at holde den digitale tvilling opdateret med information fra forskellige sensorer og måleanordninger således, at den digitale tvilling afspejler vingens aktuelle tilstand, og yderligere vil kunne forudsige opståen af fremtidige skader og deres udvikling i vingen.

Øvrige samarbejder

DHI og Energy Cluster Denmark er samarbejdspartnere i EUDP-projektet Hi5Jack, hvor målet er at udvikle omkostningsbesparende design- og produktionsløsninger til havvindjakkefundamenter til vindmøller. Projektet udnytter højstyrkestål og innovative produktionsmetoder til at reducere vægten og omkostningerne ved havvindfundamenter. Design og produktion vil blive valideret gennem prototypefremstilling og udførelse af store tests. Endeligt forventes, at det nye samarbejde med erhvervshusene naturligt inddrages i især en mere regional videnspredning, der er er kendetegnet for sektoren.

7) Sammenhæng med instituttets strategi og afsæt i instituttets ressourcer

Indsatsområdet understøtter ambitionen for GTS-systemet og strategien for FORCE Technology om at indtage en strategisk og central position i den danske forsknings- og innovationsstruktur, her på offshore vindenergiområdet, der er en central dansk styrkeposition og kernemålgruppe for FORCE Technology. Indsatsen medvirker til at realisere strategien om et øget antal samarbejdsrelationer, øget FoU-indsats og nå ud til flere virksomheder, hyppigere og dybere. Indsatsens fokusering på grøn omstilling og digitalisering i vindenergisektoren sikrer FORCE Technology et øget teknologisk lederskab og deraf højere placering i værdikæden.

Indsatsområdet understøtter især FORCE Technologys transformation til en øget grøn omstilling fra servicering af olie/gas til yderligere servicering af vedvarende energi vha. datadrevne risikoevalueringsværktøjer, som vil skabe et nyt videnniveau for FORCE Technology og dermed bevæge os op i værdikæden for at være på forkant med udviklingen for at støtte industrien. FORCE Technology har historisk set understøttet alle større grønne transformationer af det danske energisystem, og nærværende indsats skal ses som viljen til at tage ansvar også for det næste skridt mod en grøn fremtid.

Det er en klar og eksplicit strategi, at FORCE Technology skal understøtte udbygningen af dansk havvindenergi via relevant teknologisk service samt etablering af relevant test-, demonstrations- og udviklingsfaciliteter, der efterspørges af industrien og af klimapartnerskaberne.

8) Konkrete aktiviteter

Visionen med indsatsen er at udvikle en række nye teknologiske services baseret på datadrevet risikoevaluering af vindmøllerrelaterede komponenter, som understøtter et datadrevet risikokvantificeringsværktøj, der kan anvendes indenfor hvert af de følgende tre serviceområder. Der igangsættes følgende konkrete aktiviteter ved projektets start:

A1. Risikobaseret planlægning af validering og teststrategier

Denne aktivitet fokuserer på udvikling og eksekvering af testprogrammer, både indenfor det mekaniske, strukturelle og elektriske område. Fokus er på at identificere den mest passende og effektive testkompleksitet, der inkluderer et effektivt mix af udmattelses- og brudmekaniske tests helt fra laboratorieniveau til fuldskala test for en omkostningseffektiv og risikostyret kvalifikation af produktudviklingen. Destruktive tests vil muliggøre mere effektive testprogrammer og øge den viden, der udvindes fra testdata. Fx kan viden og data fra udmattelsestests hjælpe med at identificere kritiske operationelle forhold.

De indledende projektaktiviteter vil omfatte:

- a) Katalogisering og analyse af historiske testdata fra små, mellemstore og store testprogrammer

- b) Opbygning af en underpakke til risikovurderingsværktøjet til brug i test- og valideringsprogrammer, dvs. udvikling af sandsynlighedsmodelleringsværktøjer, der er anvendelige inden for testning og validering
- c) Arbejde med industrielle partnere i analyse af tidligere test- og valideringsprogrammer til vurdering af deres risikoprofiler
- d) Definition af tre eksempler på komponenter fra en vindmølle til udvikling af et risikobaseret test- og valideringsprogram

A2. Datadrevet produktionskontrol og in-service inspektion af vindmøllevinger

Denne aktivitet fokuserer på datadrevet produktionskontrol og in-service inspektion af vindmøllevinger baseret på automatiseret ikke-destruktiv ultralydinspektion i kombination med automatisk evaluering af inspektionsresultater. Aktiviteten består af:

- a) Opbygning af teknologiske moduler. Udvikling af phased-array ultralydinspektion til vingeinspektion samt opbygning af prototypescanner baseret på 'side-ind' teknologi
- b) Kortlægning af risikofaktorer og vurdering af datagrundlag i samarbejde med industrielle partnere
- c) Opbygning af hjælpeprogrammer til risikoevalueringsværktøjer
- d) Kortlægning af risikokvantificering på vindmøllevinger, herunder simulering af 'Probability of Detection'
- e) Udvikling af koncepter til datadrevet risikoevaluering, herunder modevaluering og studier af Deep-learning model til generering af Heat Maps og opbygning af en digital tvilling
- f) Planlægning af demonstrator i relevant miljø i samarbejde med industrielle partnere

A3. Multidisciplinære monitoreringsløsninger til sikring af optimalt design og drift af vindmøller, herunder præcise og robuste sensorsystemer, der kan holde i hele vindmøllens levetid for at indsamle data til at danne grundlag for kvalificerede risikoevalueringer om operation og inspektionsrutiner. Nærværende demonstratorprojekt, 'Repræsentativ Monitorering', skal verificere en alternativ monitoreringstilgang til risikoevaluering af den enkelte mølle hhv. den enkelte vindmøllevinge, via etablering og vedligehold af dennes digitale tvilling-instans. Det endelige mål er at kunne vedligeholde et reeltidsbillede af den enkelte vindmølles risikoprofilniveau, og ud fra dette styre/optimere udbytte af den enkelte mølle i henhold hertil.

- a) Proof-of-concept: Ud fra en teknisk vurdering sammenholdt med statistiske modeller, instrumenteres et større antal vindmøller.
- b) Demonstratorprojekt: Disse monitoreres i en periode for at samle data til at kunne fastlægge et minimumsniveau af monitorering på den enkelte mølle og stadig have data nok i realtid at kunne evaluere den enkelte mølles (eller vinges) risiko.

A4. Datadrevet risikokvantificeringsværktøj til analyse og kvantificering af et produkts risikoprofil. Test, inspektion, produktkontrol og monitorering kan bidrage med en uvurderlig mængde data, der kan give indblik i produktets ydeevne og sandsynlige risikoprofil. Dette værktøj vil muliggøre bedre planlægning, en mere skræddersyet og optimal anvendelse af udviklingsressourcer samt mere effektive løsninger indenfor hvert af kerneområderne. På sigt er målet at udvikle et værktøj, der er brugbart for beregningen for et produkt med en given test-, monitorerings- og inspektionsstrategi. I tillæg vil omkostninger og tidsplaner kunne vurderes med producenter og udviklere til at udvikle skræddersyede løsninger tilpasset deres udfordringer og arbejdsstil.

- a) Udvikling af risikobaserede probabilistiske modelleringskapaciteter
- b) Opbygning af et modellerings- og analyseværktøj, der kan anvendes på tværs af tre tekniske områder
- c) Forfine modellering og analyse med de historiske test- og inspektionsdata
- d) Undersøg demo-casestudier af test, inspektion og monitorering for vurdering af deres risikoprofiler

A5. Videnspredning og inddragelse. Følgegruppen samles ved opstart af indsatsområdet for at retningsgive og kvalificere de planlagte faglige aktiviteter. Dernæst vil følgegruppen udpege relevante følgegruppemedlemmer til at supplere den nuværende sammensætning af industriens kerneaktører. Der udarbejdes en plan for videnspredning i det første år samt udarbejdes de første FoU-ansøgninger for at styrke økosystemets nye samarbejder.