

Resilient vindenergiproduktion - Teknologisk innovation og risikoledeelse

FT01.04 2026: Design- og operationsoptimering i maritime miljøer 2026



Indledende oplysninger

Indsatsområde	Resilient vindenergiproduktion - Teknologisk innovation og risikolethed under installation og drift i krævende miljøer
Institut	FORCE Technology
Titel	Design- og operationsoptimering i maritime miljøer 2026
Nummerering	FT01.04 2026
Version	1
Periode	Januar – december 2026
Kontaktperson	Steen Arnfred Nielsen, srn@forcetechnology.com Henrik Hassing, hnh@forcetechnology.com

Beskrivelse

Om aktivitetsplanen

Aktivitetsplanen for 2026 indeholder aktiviteter, der ligger i naturlig forlængelse af aktiviteterne og læringen fra 2025. Fokus er fortsat på at udvikle services til designoptimering vedrørende flydende vindenergi både i testfaciliteterne, i numeriske beregningsudregninger (CFD) og i realtidssimulering. Gennem vores styrkede berøringsflade med industrien gennem 2025 er vi blevet bestyrket i relevansen af disse services.

Mål

Visionen for indsatsen 'Resilient vindenergiproduktion - Teknologisk innovation og risikolethed under installation og drift i krævende miljøer' er at styrke samarbejdet og skabe større gennemsigtighed i vindenergibranchen. Dette sker ved at demonstrere, hvordan digitale løsninger, nye teknologier og metoder kan accelerere udviklingen af vindenergi.

Formålet med aktiviteten er at udvikle designværktøjer og simuleringsskemaer, der bruges til at optimere flydende havvindmøllefundamenter og forlængningssystemer under komplekse maritime forhold. Fokus er på at forstå påvirkninger fra bølger, vind og strøm gennem præcise simuleringsskemaer som Computational Fluid Dynamics (CFD), hvilket skal bidrage til forbedret design og øget driftssikkerhed. Derudover arbejdes der med innovative installationskoncepter understøttet af realtidsskemaer, der kan håndtere komplekse miljøpåvirkninger. VR/AR-baserede værktøjer vil blive forsøgt anvendt til at optimere service-, installations- og vedligeholdelsesoperationer med henblik på at øge sikkerhed, effektivitet og komfort.

I 2025 har vi som planlagt øget dialogen med branchen og udvidet vores netværk. På grund af situationen i USA har der været en del uro og usikkerhed i forhold til især havvindenergi, og det har forsinket eller sat en del aktiviteter på pause i hele verden. Bl.a. blev finansieringen af et bilateralt samarbejde, som vi havde søgt finansiering fra, lukket helt ned. Ikke desto mindre er der enighed i branchen om, at potentialet i flydende havvindenergi fortsat er stort og vigtigt for dekarboniseringen. Branchen står overfor en modning og industrialisering i forhold til hele infrastrukturen omkring design, bygning, installation og servicering af de flydende havvindsystemer. Relevansen af vores indsats på disse områder er derfor ikke blevet mindre.

Erfaringer viser, at det er nødvendigt at gennemføre både udtræk og forlængning af flydende havvindmøllefundamenter med mere avancerede trodser og opankringssystemer for at få det fulde udbytte af simulering og træning.

I 2026 vil indsatsen fokusere på videreudvikling af designværktøjer og simuleringsskemaer, især med henblik på optimering af installation, drift og vedligeholdelse af flydende havvindmøllefundamenter og forlængningssystemer. Avancerede simuleringsskemaer vil blive brugt til at modellere påvirkninger fra bølger, vind og strøm. Derudover vil installationskoncepter blive testet, og realtidsskemaer anvendt til at håndtere miljøpåvirkninger. VR/AR-

teknologier vil blive undersøgt og eventuelt udvidet for at optimere service-, installations- og vedligeholdelsesoperationer med særlig vægt på sikkerhed og effektivitet.

Målgruppe

Aktører i den stærke danske underskov af små og mellemstore virksomheder, der arbejder med udvikling af koncepter, teknologier og services indenfor flydende havvindmøller.

Indhold

FORCE Technology vil i 2026 gennemføre en række aktiviteter med fokus på robust vindenergiproduktion. Indsatsen skal realiseres gennem teknologisk innovation og digitale løsninger, der understøtter installation og drift under krævende miljøforhold.

Kompetenceopbygning, videnhjemtagning og vidensamarbejde

Dialog. Dialogen med nøgleaktører i vindmøllebranchen – herunder ejere, operatører af vindmølleparker og havne – fortsættes. Aktiviteten fokuserer på udvikling af integrerede designværktøjer og simuleringsmodeller til havvindmøllefundamenter og fortøjningssystemer med henblik på at analysere påvirkninger fra bølger, vind og strøm. Målet er at skabe et robust designkoncept, der reducerer risici og optimerer både drifts- og installationssikkerhed gennem anvendelse af CFD, eksperimentelle og hybride metoder.

- I 2025 er FORCE blevet en del af den danske delegation under det japanske FLOWRA-arbejde. Dette forum bestående af ledende danske interessenter indenfor flydende vindenergi udgør derfor en unik platform for dialog og samarbejde. I 2026 vil FORCE Technology fortsætte med at benytte dette forum som indgang til dialog og netværk gennem møder og fælles deltagelse i konferencer.

Vidensamarbejde. Der indgås samarbejde med eksperter og universiteter for at fremme udviklingen af robust vindenergiproduktion. Formålet er at udveksle den nyeste viden om teknologier indenfor realtidssimulatorer og VR/AR-værktøjer, der kan optimere installations- og vedligeholdelsesoperationer.

- Der vil i begyndelsen af 2026 blive aftalt konkrete samarbejder med rederier og operatører i forbindelse med udtræk og opankring med fokus på danske operatører.

Udvikling af teknologisk service

Testfacilitet. Arbejdet med at udvikle et hybridt testkoncept fortsættes. I konceptet påføres dynamiske vindkræfter som varierende punktkræfter i forbindelse med tankforsøg ved hjælp af et avanceret vindsimuleringssystem (Software-in-the-Loop). Konceptet anvendes til fysiske tests af havvindmøllefundamenter og fortøjningssystemer. Konceptet baseres på simulerede belastningsmodeller af vindkræfterne og bidrager til optimering af drift- og installationssikkerhed.

- Opbygning af fysisk skalamodel af flydende havvindmøllefundament til demonstration af hybrid koncept i bølgebassin. Modellen udstyres med sensorer til måling af position og bevægelser.
- Opbygning af aktuatorssystem til simulering af påvirkning fra vindturbine på den flydende fysiske skalamodel. Systemet skal kunne levere de kræfter og momenter, som den digitale tvilling af vindturbinen leverer.
- Udvikling af software til grænseflade mellem fysisk flydende platformsmodel og virtuel model af vindturbine (digital tvilling). Softwaren skal formidle og konvertere data fra sensorer på det fysiske flydende vindmøllefundament til den digitale tvilling og skal formidle og konvertere data fra den digitale tvilling til aktuatorsystemet.

Digital serviceydelse. Den digitale serviceydelse anvender realtidssimulatorer samt CFD-værktøjer til at optimere installations- og vedligeholdelsesoperationer for flydende havvindmøllefundamenter. Der arbejdes på, at vindsimuleringsværktøjerne fra det hybride koncept desuden kan anvendes i både CFD-miljø- og realtidssimulatorer.

- Færdiggøre og demonstrere tow-out systemer af flydende havvindsfundamenter.
- Undersøge, implementere og demonstrere forankring af flydende havvindsfundamenter.

- Undersøge fortøjning af servicefartøjer i forbindelse med servicering og vedligeholdelse af flydende havvindmøller.
- Konceptet for hybrid simulering i testfaciliteten vil blive anvendt til at integrere den digitale tvilling af vindturbinen med CFD-simuleringer af flydende havvindmøllefundament
- Simulering af kræfter fra fortøjningssystemet for det flydende havvindmøllefundament integreres med CFD-simuleringsværktøjerne.

VR/AR-teknologier integreres for at tilbyde interaktive træningsmoduler, der understøtter træning af operatører i at håndtere installation og vedligeholdelse af komplekse flydende fundamenter i et maritimt miljø. Simulatorerne inkluderer miljøpåvirkninger fra bølger, strøm og vind og understøtter dermed højere sikkerhed og komfort samt effektivitet under operationerne.

- Undersøgelse af brug af VR/AR værktøjer i vores simuleringsprodukter indenfor flydende havvindsfundamenter til at forbedre 3D-opfattelsen.

Demonstrator. Demonstratoren viser praktiske løsninger til design- og operationsoptimering af havvindmøller under udfordrende maritime forhold. Tre case-studier illustrerer de teknologiske services og deres anvendelse i virkelige scenarier, hvor mindst én case gennemføres i 2026:

- 1) Anvendelse af virtuelle bølgebassiner og CFD-modeller til at evaluere og optimere fremtidens fundamentdesigns. Dette gør det muligt at simulere fundamenternes respons på komplekse vind, bølge- og strømforhold og optimere designet.
- 2) Anvendelse af realtidssimulatorer til træning og analyse af optimal installation af flydende havvindmøller for at optimere operationsgrænser, reducere risici og øge installationssikkerheden.
- 3) Vise resultatet af undersøgelsen af brug af VR/AR-teknologier til at træne service- og vedligeholdelsesoperationer på havvindmøller, hvor operatører trænes i at udføre udsæls-, installations- og vedligeholdelsesoperationer, samtidig med at fokus er på sikkerhed og effektivitet.

Aktører

Afdelingerne 'Simulation, Ports and Human Factors' og 'Hydro- and Aerodynamics' er ansvarlige for aktivitetsplanen, og de to afdelinger vil begge bidrage til gennemførelsen af aktiviteterne.

Der opbygges et samarbejde med Dansk Hydraulisk Institut (DHI) med henblik på at demonstrere udvalgte teknologier for slutbrugere vedrørende design- og operationsoptimering i maritime miljøer.

Sammenhæng med andre projekter

Shipping Lab WP5 project - Digital models for crew comfort, som vi deltager i, har sammenhæng i forbindelse med overførsel af personel til serviceoperationer og systemerne, der er benyttet til opankring af de flydende havvindmøllefundamenter.

Indsatsen vil yderligere blive forsøgt gearret gennem deltagelse i internationale projekter. Det vil vi forsøge at opnå gennem samarbejde med vores etablerede danske netværk og vores samlede kontakter til internationale udviklingsmiljøer.

Følgegruppe

Nærværende aktivitetsbeskrivelse er forelagt følgegruppen i november 2025. Følgegruppen er etableret i starten af 2025 for løbende at sikre, at indsatsens aktiviteter og resultaterne er målrettet de danske aktører indenfor vindmøllebranchen.

Der vil også i den kommende Resultatkontraktperiode være opmærksomhed på eventuel konkurrenceforvridning. Dette indebærer industrirepræsentation i følgegrupperne og periodisk monitorering af konkurrencesituationen gennem intern governance. Bl.a. vil brancheorganisationer vil blive tilbudt pladser i følgegruppen, hvilket sikrer en bredere indsigt og bedre repræsentation af industrien samt sikrer gennemsigtighed og ligebehandling i forhold til alle markedsaktører.

Formidling af resultater

Formidling til aktører i vindmøllebranchen koordineres via aktiviteten 'FT01.01 Videnspredning og økosystem', der offentliggøres på Bedreinnovation.dk. Projektudviklere, ejere og operatører af havvindmølleparker inddrages løbende.