

# **Bølgekraftteknologi.**

## **Strategi for Forskning, Udvikling og Demonstration 2012**



**Partnerskabet for Bølgekraft**



## **Styregruppe**

**Jens Peter Kofoed**, Aalborg Universitet (projektleder)

**Jan Krogh**, Aalborg Universitet (projektovholder)

**Kim Nielsen**, Rambøll/Aalborg Universitet (hovedforfatter)

**Niels Ejnar Helstrup Jensen**, Energinet.dk

**Erik Friis-Madsen**, Bølgekraftforeningen

**Britta Vang Mikkelsen**, Hanstholm Havneforum

**Andy Jensen**, DanWEC (observatør)

Denne folder er et resume af følgende dokument:

K. Nielsen, J. Krogh, N. E. H. Jensen, J. P. Kofoed, E. Friis-Madsen, B. V. Mikkelsen, A. Jensen (2012). *Bølgekraftteknologi. Strategi for Forskning, Udvikling og Demonstration 2012*. Aalborg: Aalborg Universitet. Institut for Byggeri og Anlæg (DCE Technical Reports; 146).

## Intro

---

Bølgeenergianlæg har potentiale til at kunne levere et væsentligt bidrag til fremtidens energiproduktion, og der arbejdes ihærdigt med udviklingen af mange forskellige typer bølgekraftanlæg rundt om i verden. Erfaringerne viser, at det er muligt at producere energi fra bølger, men også at der kræves en fortsat målrettet og langsigtet udviklingsindsats for at gøre prisen for den producerede strøm konkurrencedygtig.

Bølgekraftbranchen vil med 'Bølgekraftteknologi. Strategi for Forskning, Udvikling og Demonstration 2012' præsentere en strategi, som kan gøre bølgekraft placeret på større vanddybder langt fra land, mere rentabel end vindkraft. Udviklingen skal ske gennem et styrket og udbygget samarbejde om teknologiudviklingen og understøttet af forbedrede rammevilkår for bølgekraft.

Projektet er udviklet af Forskningsgruppen for Bølgeenergi under Institut for Byggeri og Anlæg ved Aalborg Universitet og Hanstholm Havneforum efter drøftelser med Energinet.dk, som et led i EUDP-projektet "Ny strategi for bølgekraft gennem industrielt partnerskab". EUDP's medfinansiering af projektet betyder ikke nødvendigvis, at strategien er et udtryk for Energistyrelsen/EUDP's synspunkter.

Styregruppen

## Hvorfor bølgekraft?

---

I energiforliget 2012 er der til bølgeenergi specifikt afsat 25 mio. kr. til udvikling af bølgeenergiområdet som en del af regeringens plan mod en omstilling til et energisystem baseret 100 % på vedvarende energi.

Nogle af de mange fordele ved bølgekraft er bl.a.:

- Bølgekraft produceres uden fossilt brændstof.
- Bølgekraftanlæg er lave strukturer, som placeret til havs ikke generer visuelt.
- Bølgekraft er mere forudsigelig og stabil i forhold til vind.
- Bølgekraft producerer mere energi placeret på dybere vand længere fra land.
- Bølgekraftanlæg kan have en kystbeskyttende virkning.

Bølgekraft kan grundet fordelene være medvirkende til at nedbringe omkostningerne for energiparker til havs og dermed også energiprisen som et samfund, baseret på 100 % vedvarende energi, må betale. Der er gode forudsætninger for at nå dette mål, bl.a.:

1. Vindkraft og bølgekraft kan deles om omkostningstunge offshore installationer, f.eks. platforme, fundamenter, transformere, elkabler, forbindelse og servicefaciliteter, og desuden vil en kombination øge udnyttelsesgraden af det tilgængelige havareal. Desuden vil placering af bølgeenergianlæg foran offshore vindmølleparker reducere bølgerne, hvilket kan lette servicering af vindmøllerne.
2. Bølgekraft vokser op og klinger af langsommere end vindkraft og energiproduktionen fra bølger er mere stabil. Kombination vil derfor give en mere udjævnet energiforsyning end for vind alene. Bølgekraftproduktion kan, afhængig af lokalitet, forudsiges 6-9 timer forud med en langt større nøjagtighed, end det er tilfældet for vind og er derfor billigere at integrere i det samlede el-system.

3. Der er begrænsede lavt-vands områder til rådighed for store vindmølleparker, og placeringen på dybt vand betyder højere omkostninger uden en tilsvarende højere energiproduktion. For bølgekraft betyder dybt vand typisk et større energipotential, som giver en væsentlig forøgelse af energiproduktionen. Fremtidens energiparker kan igennem udvikling af bølgekraftteknologien placeres på dybt vand, hvor energiindholdet er meget højt, og hvor rene vindmølleparker næppe vil være økonomisk realiserbare. Desuden vil den visuelle påvirkning af horisonten fra bølgekraftanlæg på dybt vand, selv kombineret med høje havvindmøller, være forsvindende.

Endelig er den danske bølgekraftbranche internationalt med helt fremme. Erfaringerne fra offshore vind og offshore industri genbruges i vid udstrækning, og et væsentligt mål for branchen er at skabe danske arbejdspladser samt eksportere teknologi og knowhow. Dette er allerede realiseret i det små. Det internationale udskillelsesløb mellem forskellige bølgekraftteknologier er ved at blive løbet i gang, og vil tage til de kommende år. Danmark står teknologisk meget stærkt, men for at fastholde teknologiuudviklingen i Danmark er det afgørende, at der f.eks. sikres de nødvendige rammebetingelser for at etablere de første demonstrationsanlæg i danske farvande.

Bølgekraftbranchen vil med denne strategi styrke og udbygge samarbejdet om udvikling af teknologien, og i fællesskab arbejde politisk for at forbedre rammevilkårene for bølgekraft.

## Vision

---

*Visionen for dansk udvikling af bølgekraftteknologi er, at danske industri- og erhvervsvirksomheder opnår kompetencer til afsætning af konkurrencedygtige bølgekraftteknologier både på det danske og det internationale marked. Udnyttelse af bølgekraften er forudsætningen for, at der i fremtiden kan bygges offshore energiparker på større havdybder. Udvikling af bølgekraftteknologi skal senest fra 2030 sikre mulighed for en omkostningseffektiv, bæredygtig elforsyning fra offshore energiparker i Danmark.*

Danmark har i dag nogle af de bedst dokumenterede bølgekraftkoncepter i verden. Dette er opnået med relativt beskedne udviklingsmidler, idet udviklingen i Danmark typisk er foregået ved gradvist at opskalere og dokumentere anlæg, hvilket har minimeret de økonomiske og sikkerhedsmæssige risici. Samarbejdet mellem forskningsinstitutioner og udviklere om konkrete projekter har fastholdt et højt fagligt niveau.

Offshore vindmølleparker er et væsentligt element i fremtidens elforsyning. Offshore er dyrt, særligt når man af hensyn til natur og miljø må langt til havs, uden at der af den grund produceres mere energi. Bølgekraft er den eneste teknologi, der drager fordele af at blive placeret på dybt vand i store bølger langt fra land, og kan derfor blive forudsætningen for, at der kan anlægges omkostningseffektive kraftværker uden for de kystnære områder.

Fra 2030 forventes bølgekraft at kunne reducere de samfundsøkonomiske omkostninger forbundet med at udbygge el-produktionskapaciteten offshore. For at nå dette mål, er der i en overgang behov for tillægstariffer, der gradvist udfases efterhånden som produktionen fra bølgekraft stiger.

## Partnerskabet for Bølgekraft

### **Bølgekraftteknologiudviklere og netværksorganisationer**

Wavestar  
Floating Power Plant  
Wave Dragon  
WavePlane  
Dexawave  
CrestWing WaveEnergyFyn  
Leancon Wave Energy  
Resen Energy  
Rolling cylinder  
WavePiston  
Weptos

### **Offentlige myndigheder og energiselskaber**

Energinet.dk  
DONG Energy A/S

### **Universiteter, Godkendt Teknologisk Serviceinstitutter(GTS) og testcentre**

Aalborg Universitet  
DHI  
DanWEC

### **Bølgekraftforeningen**

Alliancen for Grøn Offshore Energi  
Esbjerg Erhvervsudvikling  
Lindø Offshore Renewable Center (LORC)  
Hanstholm Havneforum  
Offshore Center Danmark

### **Rådgivere og service**

Rambøll  
Innovayt  
Sandroos, advokatfirma

**Bølgekrafts gennemsnitlige FUD-investeringer af offentlige støttemidler per år, herunder tillægstariffer**

|                                                    |                                                                                                                                                                 | Feed-in Tarif kr/kWh |           |  |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------|--|
| År                                                 | Aktivitet                                                                                                                                                       | Samlet Tarif         | Mertarif* |  |
| 2012 -                                             | <b>FUD</b><br>Tilskud til prioriterede F&U-projekter, samt generel forskning og udviklingsstøtte                                                                |                      |           |  |
| 2012 - 2020                                        | <b>"ForskVE"-model</b><br>Ydelsesbetinget støtte (ForskVE-modellen), baseret på maskinens ydelse i forhold til bølgerne, ikke kWh                               |                      |           |  |
| 2013 - 2020                                        | <b>Design og etableringsstøtte</b><br>Tilskud til design og fremstilling af demonstrationsanlæg. Støttensammenkædes med tillægstariffen til demonstrationsanlæg |                      |           |  |
| 2015 - 2025                                        | <b>Demo-anlæg 2- 5 MW</b><br>Ekstra feed-in tarif til 7000 MWh/år til de første demonstrationsanlæg, sikret i en periode på 10 år.                              | 4,50                 | 3,50      |  |
| 2020 - 2030                                        | <b>Demo-parker 10-20 MW</b><br>Ekstra feed-in tarif til de første små parker med en årlig elproduktion på ca. 30.000 MWh                                        | 3,00                 | 2,00      |  |
| 2025 - 2035                                        | <b>Større bølgekraftparker 30-60 MW</b><br>Første større parker, produktion 100.000 MWh/år                                                                      | 1,50                 | 0,50      |  |
| Efter 2030                                         | <b>Udbudte energiparker 500-1000 MW</b><br>Udbud af større energiparker, hvor bølgekraft kommer til at bidrage med 1500 GWh årligt                              | 0,90                 | -0,10     |  |
| Gennemsnitlige årlige investeringer mio. kr. pr år |                                                                                                                                                                 |                      |           |  |
| GWh produceret per år                              |                                                                                                                                                                 |                      |           |  |

\*i forhold til dagens havmøller. For større energiparker forventes prisen på energi at komme 10 øre under rene offshore vindmølleparker. Der forventes derfor en samfundsmæssig besparelse.



|  | 2015              | 2020              | 2025              | 2030              | 2035 og efter        |      |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|------|
|  |                   |                   | 20 mio. kr. pr år |                   |                      |      |
|  | 10 mio. kr. pr år |                   |                   |                   |                      |      |
|  | 25 mio. kr. pr år |                   |                   |                   |                      |      |
|  |                   | 25 mio. kr. pr år |                   |                   |                      |      |
|  |                   |                   | 60 mio. kr. pr år |                   |                      |      |
|  |                   |                   |                   | 50 mio. kr. pr år |                      |      |
|  |                   |                   |                   |                   | - 150 mio. kr. pr år |      |
|  | 55                | 80                | 105               | 130               | -80                  | -150 |
|  | 0,1               | 6                 | 36                | 130               | 1500                 | 1500 |

## Strategi og anbefalinger

---

Strategiens udviklingsplan i tabellen på forrige side viser en oversigt over de nødvendige investeringer for at opnå den forventede teknologiudvikling.

Målsætningen er at producere 1500 GWh/år til en reduceret pris på 0,10 kr/kWh i forhold til ren offshore vindkraft. Dette vil kræve en offentlig investering på ca. 1,5 milliard over de næste 20 år. Denne investering vil alene ved den reducerede el-produktionspris være tilbagebetalt på 10 år.

Den danske bølgekraftbranche er i dag nået til et punkt, hvor driftserfaring er afgørende for at udviklingen for alvor tager fart. Den videre udvikling af teknologi sker bedst ved en hurtig kommercialisering igennem tidsbegrænsede tillægstariffer, hvor igennem der sættes fokus på omkostninger, ydelse og driftssikkerhed. Desuden skal partnerskaber styrke samarbejde imellem forskningsmiljøer, udviklingsselskaber, industrivirksomheder samt aktører inden for markedet.

Det danske Partnerskab for Bølgekraft vil opfylde den overordnede vision igennem:

- At bølgekraft sidestilles med offshore vindkraft i forhold til nettilslutningsvilkår og afregningstarif, således at bølgekraft kan indgå på lige fod med vindenergi i udbud af offshore energiparker.
- At der som supplement til ovenstående indføres tidbegrænsede og produktionsbegrænsede tillægstariffer for bølgekraft, for herigennem at gennemføre en hurtig kommercialisering af bølgekraft og skabe fokus på omkostninger, ydelse og driftssikkerhed.
- At ForskVE-modellen, hvor støtten er betinget af, at projektet leverer en aftalt el-produktion afhængig af bølgeforskel, videreføres på relevante demonstrationsprojekter.
- At der sikres offentlig medfinansiering til etablering af demonstrationsanlæg af de mest lovende konkurrerende bølgekraftkoncepter inden 2016.
- At fokusere udviklingen igennem COE-beregninger (Cost Of Energy), og sandsynliggøre, at anlæggene på sigt kan fremstille elektricitet til en konkurrencedygtig pris for offshore vedvarende energi.
- At gennemføre en miljømæssig og samfundsmæssig vurdering af konkrete offshore lokaliseringmuligheder for bølgekraftværker i Danmark, hvor der samlet kan produceres mindst 1500 GWh om året.
- At Danmark fortsat er stærkt repræsenteret i internationalt samarbejde.

## Prioriterede indsatsområder

Som baggrund for udarbejdelsen af strategien er der gennemført en række interviews med bølgekraftudviklere samt øvrige interessenter suppleret med en spørgeskemaundersøgelse. Formålet har været at få kortlagt og prioriteret en række fælles problemstillinger og udviklingsfelter på tværs af de enkelte bølgekraftprojekter og gerne med sideblik til mulige industrielle partnere uden for den lidt snævrere kreds af udviklere.

De udviklingsområder som Partnerskabet har prioriteret som områder, der med størst fordel kan udvikles i fællesskab, er følgende:

| Emne og tidshorisont                     | Beskrivelse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Forankringssystemer<br/>2012-2015</i> | Et fælles udviklingsprojekt med henblik på at udvikle nye forankringsmetoder for flydende anlæg med øget sikkerhed og levetid og som kan udføres til reducerede udgifter.                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <i>PTO-systemer<br/>2014-2017</i>        | Det handler om hele kæden fra overføring af energi fra bølgeabsorbere (gear, hydraulik etc.) til generator. Et samarbejde omkring at udvikle og afprøve den PTO og effektteknologi, der er mest hensigtsmæssig mht. de enkelte generatorer i en bølgekraftmaskine fra en maskine (AC/DC til AC-konverter på bølgemaskineniveau) til en "farm" af bølgemaskiner inkl. en transformerstation. Herunder vurdering af virkningsgrad, pris, vedligehold mm. |

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>El-transmission fra flydende anlæg til havbund 2013 - 2016</i> | Udviklingen og afprøvningen af en fleksibel elkabelforbindelse, som kan benyttes til at tilslutte en flydende bølgemaskine, der kan svaje omkring sit ankerpunkt til et fast punkt på havbunden. Det er en udfordring tæt knyttet til forankringsmetoden mht. anlæggets størrelse, vanddybden, bundforhold og havområdet. |
| <i>Materialer og komponenter (løbende)</i>                        | Der er behov for fælles udviklingsprojekter omkring afprøvning af nye materialer og komponenter på prototyper, således at erfaringer omkring holdbarhed, begroning, korrosion mm. fra afprøvning af et anlæg kunne komme et andet til gode.                                                                               |
| <i>Placeringsmuligheder 2012-15</i>                               | Udarbejdelsen af en skitseplan for mulig fremtidig placering af bølgekraftanlæg i Danmark.                                                                                                                                                                                                                                |
| <i>Faciliteter til demoanlæg (løbende)</i>                        | DanWEC som GreenLab indgår i målsætningen for at reducere udgifterne til etablering af fuldskalaforsøg.                                                                                                                                                                                                                   |

Styregruppen vil hermed gerne takke alle, der på positiv og engageret vis har deltaget i projektets gennemførelse, og ser frem til videreførelsen af partnerskabet som ramme for gennemførelsen af strategien.

## Partnerskabets videreførelse

---

Med afslutning af EUDP-projektet "Ny strategi for bølgekraft gennem industrielt partnerskab" med udgangen af juni 2012, er opgaven og udfordringen at sikre, at Partnerskabet for Bølgekraft videreføres og konsolideres. Det er afgørende, at Partnerskabet løftes ud af og oven over diverse øvrige foreningsaktiviteter og netværksdannelser m.v. Derfor er nedenstående forslag skitseret:

### Formål

Formålet for Partnerskabet for Bølgekraft er at arbejde for udvikling af bølgekraft gennem industrielle partnerskaber. Dette sker ved at arbejde for implementering af strategien, herunder at stimulere og medvirke til etablering af projekter og samarbejder i henhold til de prioriterede udviklings- og samarbejdsområder.

Partnerskabet bør endvidere løbende arbejde for, at der sker den størst mulige koordinering af diverse udadvendte aktiviteter for bølgekraftudvikling i form af fælles møder, konferencer m.v.

### Deltagerkreds

Partnerskabet vil omfatte følgende interessentskabskredse:

- Bølgekraftudviklere og øvrige netværk
- Forskningsinstitutioner, Godkendte Teknologiske Serviceinstitutioner og testcentre
- Industri og specialiserede virksomheder
- Offentlige myndigheder og energiselskaber
- Relaterede servicefunktioner (fundraisere, rådgivere, advokater m.v.)

**Styregruppe**

Partnerskabet ledes af en styregruppe, der sammensættes med repræsentation i forhold til førnævnte deltagerkreds.

Som overgangsstyregruppe og med det formål at sikre videreførelsen af Partnerskabet indtræder styregruppen for partnerskabsprojektet fra 1. juli 2012 og virker indtil udgangen af 2012, hvor en nyvalgt styregruppe tager over.

Styregruppen vælges for en 2-årig periode og fastsætter selv sin forretningsorden.

**Virke**

Partnerskabet virker gennem partnerskabsmøder, der som udgangspunkt afholdes to gange årligt. Partnerskabet kan etablere en samarbejdsaftale med en af førnævnte interessenter med henblik på varetagelse af sekretariatsfunktionen for Partnerskabet.

Partnerskabet virker som udgangspunkt inden for rammerne af 2012-strategien, indtil denne afløses af en ny eller revideret strategi.

**Kontakt info**

Jan Krogh, Aalborg Universitet, [jk@civil.aau.dk](mailto:jk@civil.aau.dk)

Kim Nielsen, Rambøll/Aalborg Universitet, [kin@ramboll.dk](mailto:kin@ramboll.dk)

**Internetadresse**

<http://goo.gl/uAawr>

## Partnerskabet for Bølgekraft

