

## Talepapir Energipolitisk udvalg 08.10.2009

Waveenergyfyn er, med konceptet Bølgevingen, blevet bølgeenergisektorens outsider. Vi ønsker med foretræde for Energipolitisk Udvalg, at give vores vinkel på bølgeenergiens status, og vores overvejelser over hvilke tiltag som er nødvendige for en fremadrettet positiv udvikling inden for bølgekraft..

Allerede i 2005 fremlagde Henning Pilgaard ideen om Bølgevingen eller The Crestwing, som den hedder på engelsk, på bølgekraftforeningens halvårsmøde på teknikum i Odense. Vi havde da lavet forsøg i Storebælt som bekræftede teorien.

Tilhørende udviste ikke den store forståelse for konceptet.

Vi oprettede den selvejende virksomhed Waveenergyfyn for her igennem, at udvikle og afprøve anlægget.

Gennem energinet.dk blev der i september 2007 bevilliget 373.000 til at afprøve anlægget.

Det blev Ålborg universitet som deltog, som de der traditionelt er blevet brugt til afprøvning af bølgeenergianlæg.

Bølgevingen udviste udsædvanlig god effektivitet, men det var tydeligt at den kunne give mere.

Energinet.dk bevilligede efter ansøgning ekstra 200.000.

Igennem de sidste forsøg udviste den ekstrem god effektivitet. Den er omkring dobbelt så effektiv som andre anlæg. Den er meget enkel i sin opbygning og den er nem og billig at fremstille med kendt værfts teknologi.

Undervejs har vi fortsat med at fremlægge resultaterne i bølgekraftforeningen, og har også haft et oplæg i ingeniørhuset. Men stadig uden at vække genklang.

Vi har haft en artikel i ingeniøren, som I, i energi politisk udvalg har fået på forhånd.

Journalisten havde slutrapporten på testen, som er skrevet af Ålborg universitet.

Efter bølgekraftforeningens formand Stig Vindeløvs død i dec. 2008 består foreningens bestyrelse for seks ud af syvs vedkommende, af personer med egne interesser, da de har deres egne koncepter, derfor kan man ikke betragte foreningen som værende åben og uvildig.

De har offentligt erklæret, både i mundtlig og skriftlige faglige regi, at virkningsgraden er uinteressant. Det er kun Kr. pr. produceret kWh som er interessant - det er meget indviklet at udregne virkningsgraden, så den kan sammenlignes.

Det er vi og andre uenige i. Man kommer ikke uden om at skulle måle og beregne hvor meget af bølgeeffekten der er til rådighed, som optages i maskinen og hvor meget det bliver til - i produceret energi altså, kWh i løbet af et år, SÅ har man grundlaget for at beregne kr. pr. kWh.

I september 2008 søgte Waveenergifyn ca. 200.000 fra energinet.dk for at udvikle på power take of systemet, men fik afslag. De kunne ikke se perspektivet.

I april lavede vi en grundig udredning af perspektivet, og delte ansøgningen op i etaper så de kunne nøjes med, i første opgang at støtte med et par hundrede tusinde. Men fik afslag.

De synes vi inkluderede for meget.

Det er ikke bølgekraft Energinet.dk bruger flest støttekroner på. Inden for de senere år, har leancon fået ca. 3 millioner og Bølgevingen har fået omkring en halv million. De eneste som for alvor har fået støtte, er Wavestar, som man kan google sig til, i hvert fald har fået 50 millioner. Med det beløb ville vi have en fuld færdig udviklet Bølgevinge i Nordsøen som yder 1 million kWh om året.

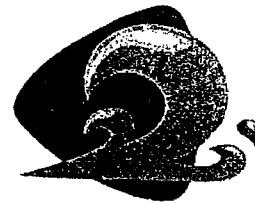
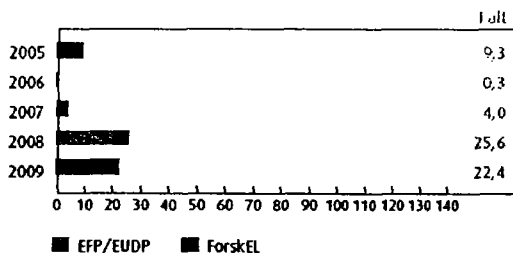
Vi har lavet en ansøgning til energinet.dk til den 18. september 2009, hvor vi har planlagt næste trin af udviklingen af Bølgevingen sammen med Dansk hydraulisk institut, et yacht værft og Frederikshavn kommune. Det har været en fornøjelse at være sammen med fagfolk som kan og vil se perspektivet.

Nu kunne vi læne os tilbage og vente til december, når der kommer svar fra energinet.dk. Men, vi kan se at der er en stor sandsynlighed for at bølgekraften risikerer at drukne i en Stein Bagger effekt.

Hvor det er den bedste sælger der får støtten og ikke det bedste anlæg.

Især når der ikke er nogen, uden for bølgekraft kredsen som kender kontroversen.

Hvis Bølgekraften skal bidrage med omlægningen af energi forsyningen, er det af afgørende betydning nu, at få skabt et uafhængigt fagligt forum for bølgekraften, som risø har været det for vindkraften. Hvor man samler og analyserer viden, og udvikler og tester bølgekraftanlæg med dertil udviklet testfaciliteter. Det er nødvendigt for et frit udviklingsmiljø, at det er uafhængigt af nuværende projekter og derfor kan sikre muligheden for nye og bedre koncepter.



## Første danske bølgekraftanlæg på vej til demonstrationsdrift i Nordsøen

I de seneste år har bølgekraft været inde i en positiv udvikling i Danmark, hvor der er et stort potentiale for elproduktion fra bølgeenergi. Ifølge den nationale F&U-strategi for bølgekraft, der blev udgivet i 2005 i et samarbejde mellem bl.a. de systemansvarlige elselskaber (i dag Energinet.dk), Energistyrelsen og Bølgekraftforeningen, svarer det teoretisk maksimale potentiale næsten til hele det aktuelle danske elforbrug. Men der skal endnu overvindes store produktionstekniske og sikkerhedsmæssige udfordringer, før bølgekraft kan bidrage væsentligt til den danske elforsyning.

Den danske teknologiudvikling inden for bølgekraft fik i midten af 1990'erne et løft med det nationale bølgekraftprogram, der frem til 2001 gjorde det muligt at teste op til en halv snes koncepter i skala 1:40 i Aalborg Universitets afprøvningsfaciliteter. Af disse oprindelige koncepter er to nået frem til 1:10 skala afprøvning i Nissum Bredning - Wave Dragon og Wave Star Energy - hvoraf den sidste har produceret el til nettet i over 20.000 timer.

I de senere år har Energinet.dk givet støtte til udvikling og småskala test af et par nye koncepter - LEANCON Wave Energy og Bølgevingen/Crestwing - mens udviklingen af endnu et par koncepter - Floating Power Plants Poseidon, Waveplane og DEXA - foreløbig har været baseret på privat risikovillig kapital.

### Teknologiudvikling gennem fire faser

Den nationale F&U-strategi har anbefalet de offentligt finansierede energiforskningsprogrammer at koncentrere deres indsats om tre hovedopgaver:

- Understøtte og videreføre forskning, udvikling og demonstration inden for anlægstyper, der allerede er igangsat, og som på grundlag af et vist udviklingsstadium kan udvise et teknisk og økonomisk potentiale,
- Igangsætte forskning og udvikling af nye anlægstyper med et teknisk, drifts- og anlægsøkonomisk potentiale, og

- Vurdere konkrete offshore lokaliseringsmuligheder i Danmark, vurdere teknologiske løsninger for fx sikker forankring og at afklare indpasning af el produceret af bølgekraftanlæg i det danske elsystem.

Da bølger dannes af vind, vil der være korrelation mellem produktion fra bølgekraft og vindkraft. Imidlertid vil bølgekraftproduktionen være faseforskudt i forhold til vindproduktionen. Bølgerne bygges langsomt op, når vinden vokser i styrke og dør langsomt ud, når vinden har lagt sig. Kombinationen af bølger og vind vil udgøre en mere stabil produktionsmulighed end vindkraft alene. Der vil dog stadig være behov for "back-up-power" både for vindkraft og bølgekraft. Dertil kommer, at produktionen fra bølgekraft vil være større om vinteren end om sommeren, hvilket giver en god korrelation med elforbruget, der også er højest på denne årstid.

Et bølgekraftkoncept skal typisk gennemløbe fire faser fra ide til fuldskala demonstration. I den første fase skal konceptet beskrives, og dets innovative fortrin beskrives. Der gennemføres fysiske tests af udvalgte løsninger på forskningsinstitutioner, og anlæggets fremtidige produktionsomkostninger vurderes.

I den næste fase gennemføres test af småskala modeller 1:40, hvor konceptet som helhed evalueres i forhold til energiproduktion (effektkurve), produktionsomkostninger, overlevelsessevne etc. Testen gennemføres inklusiv en mekanisk eller elektrisk Power Take Off (PTO), der sikrer en aftapning af energi. 1:40-modellen optimeres gennem nye laboratorieforsøg, der udføres numerisk modellering, og produktionsestimater bliver mere realistiske.

Den tredje fase indeholder detailprojektering af et 1:10 skala anlæg med ægte PTO, og resultater fra laboratorieforsøg søges verificeret gennem nettilsluttet drift i fx Nissum Bredning. Anlæggets forventede produktivitet og rentabilitet dokumenteres.

I den afsluttende fase udvikles og demonstreres en 1:2 eller 1:1 prototype, hvor projektgruppen skal dokumentere konceptets driftssikkerhed og fremtidige rentabilitet. De første faser vil normalt kunne støttes af ForskEL, mens EUDP og ForskVE normalt leverer hovedparten af den offentlige støtte i den afsluttende fase. Omkostningerne øges betragteligt fra fase til fase, og i den afsluttende fase forventes der en betydelig medfinansiering fra projektgruppen eller dens eksterne investorer.

#### Første demonstrationsanlæg i Nordsøen

Energinet.dk har inden for de senere år støttet opskaleringprojekter for Wave Dragon og Wave Star Energy og givet udviklingsstøtte til LEANCON Wave Energy og Bølgevingen. Med de seneste bevillinger fra EUDP, ForskEL og ForskVE har Wave Star Energy fået mulighed for at teste en 1:2 bølgekraftmaskine på 500 kW. EUDP har støttet demonstrationsprojektet med knap 20 mio. kr. ud af et samlet budget på knap 62 mio. kr.

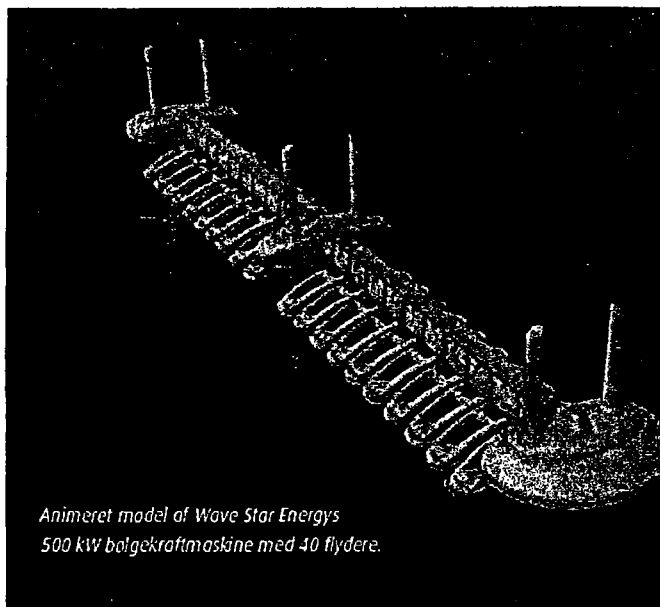
Første fase af demonstrationsprojektet går ud på at opføre en 110 kW testmaskine, hvor nøglekomponenterne er i samme størrelse som 1:2 skala maskinen for at kunne teste konstruktionen under så realistiske driftsbetingelser som muligt. Denne "forkortede" maskine etableres i Nordsøen ved virksomhedens udviklings- og testcenter i Hanstholm ved Roshage Mole. Efter tilfredsstillende resultater vil virksomheden derefter opføre 500 kW maskinen i tilknytning til havvindmølleparken Horns Rev 2.

ForskEL har ydet støtte til udvikling af testmaskinen og støtter også virksomhedens arbejde med at optimere produktionen gennem avanceret styring af modtrykket i hydrauliksystemet. ForskVE giver et tidsbegrænset tillæg til Wave Star Energys elproduktionspris, både fra testmaskinen ved Roshage Mole og fra 500 kW maskinen ved Horns Rev 2. Elproduktionstillægget udgør i alt 17 mio. kr. af ForskVE's samlede ramme på 50 mio. kr. for 2008 og 2009.

Wave Star Energy har kunnet få støtte fra både EUDP og ForskVE, fordi virksomheden i sin forretningsplan har anvist en overbevisende vej til kommercialisering. Virksomheden satser på at markedsføre sin 500 kW maskine globalt, så snart den kan bruge en kontinuert drift ved Horns Rev 2 som reference, og vil først satse på yderligere opskalering til 6 MW (1:1-modellen), når salget af 500 kW maskinen har genereret tilstrækkelige indtægter til at medfinansiere opskaleringen.

Wave Dragon har udover ForskEL også fået støtte fra EU's energiforskningsprogram til sin 1:4,5 maskine på 20 kW i Nissum Bredning samt støtte til det indledende arbejde med at opskalere til et fuldskala demonstrationsanlæg på 7 MW. Det var Wave Dra-

gons strategi at få dette anlæg demonstreret på en lokalitet ud for Wales i et projekt med EU-støtte på 25 mio. EUR, men det er ikke lykkedes for virksomheden at skaffe den nødvendige medfinansiering, og dette projekt har derfor måttet opgives i denne omgang. I stedet satser Wave Dragon nu på at kunne demonstrere sit koncept i en 1:2 model.



Animeret model af Wave Star Energys  
500 kW bølgekraftmaskine med 40 flydere.

Illustration: Wave Star Energy

#### Nye lovende koncepter

Mens Wave Star Energy og Wave Dragon opererer i demonstrationsfasen eller forberedelsen til den, er flere nye lovende koncepter undervejs, bl.a. med støtte fra ForskEL. LEANCON Wave Energy har fået støtte til at teste en 1:40 model i Aalborg Universitets testfacilitet og til at designe en 1:10 model. Blandt sine seneste projektbevillinger har ForskEL støttet projekteringen af en 1:10 model og design af en 1:4 model. LEANCON satser på at kunne sætte sin 1:10 maskine i efteråret 2009.

Et andet koncept, der har fået støtte fra ForskEL, er Crestwing/Bølgevingen, hvis skala 1:30 har vist meget lovende resultater under 325 tests hos Aalborg Universitet. Konceptet betragtes som særligt lovende, fordi konstruktionen betyder, at maskinens høje effektivitet på 40-50 % kan fastholdes, selv når maskinen opføres af lette materialer, der reducerer anlægsomkostningerne. Bølgevingens fuldskala maskine vil få en effekt på 1 MW og vil måle 18 x 80 meter. Virksomheden satser på, at dens 1:10 maskine kan begynde at producere el til nettet inden udgangen af 2009.



**Advanced Wave Energy Converter II**

**Ansvarlig:** LEANCON Wave Energy  
**Kontakt:** Kurt Due Rasmussen - kdr@leancon.dk  
 tlf: 75 50 57 62  
**Deltagere:** Fiberline, Dansk Komposit Teknik,  
 Institut for Maskinteknik-AAU,  
 Sektionen for Vand og Jord-AAU, DONG Energy  
**PSO:** 2.373.000 kr.  
**Budget i alt:** 3.959.000 kr.  
**Afsluttes:** 3. kvartal 2010

ForskEL · 10232

Projektet har til formål at konstruere en 24 meter lang skala 1:10 udgave af en Leancon bølgekræftmaskine, der udnytter de luftstrømme, der skabes, når bølgen bevæger sig op og ned i et rør. Udviklingen er baseret på et afsluttet ForskEL projekt med test af en 1:40 maskine i bølgetank.



**Optimisation af kWh production and reliability of WSE unit**

**Ansvarlig:** Wave Star Energy A/S  
**Kontakt:** Per Resen Steenstrup  
 prs@wavestarenergy.com · tlf: 39 40 46 96  
**Deltagere:** Svend Ole Hansen ApS, Benny Petersen Industri,  
 Sauer Danfoss, Yacht Design,  
 Sektionen for Vand og Jord-AAU, Jens Vulfh ApS  
**PSO:** 5.000.000 kr.  
**Budget i alt:** 5.000.000 kr.  
**Afsluttes:** 1. kvartal 2010

ForskEL · 10239

Formålet med projektet er at optimere produktionen fra Wave Star bølgemaskinen i irregulære bølger gennem en avanceret styring af modtrykket i hydrauliksystemet på hver enkelt flyder. Systemet udvikles på de to testflydere på Roshage Mole for senere at kunne implementeres på 500 kW maskinen med 40 flydere.



**Grid connection of the Roshage test section of Wave Star**

**Ansvarlig:** Wave Star Energy A/S  
**Kontakt:** Per Resen Steenstrup  
 prs@wavestarenergy.com · tlf: 39 40 46 96  
**Deltagere:** Svend Ole Hansen ApS, Benny Petersen Industri,  
 Sauer Danfoss, Yacht Design,  
 Sektionen for Vand og Jord-AAU  
**PSO:** 2.000.000 kr.  
**Budget i alt:** 3.000.000 kr.  
**Afsluttes:** 1. kvartal 2010

ForskVE · 10305

Nettilslutning og optimering af elproduktion fra Wave Star testanlægget ved Roshage Mole. Støtten gives som et tidsbegrænset tillæg til elprisen, og formålet med projektet er at demonstrere pålidelig elproduktion fra bølgekræft.



**Grid connection of the Horns Rev 500 kW system**

**Ansvarlig:** Wave Star Energy A/S  
**Kontakt:** Per Resen Steenstrup  
 prs@wavestarenergy.com · tlf: 39 40 46 96  
**Deltagere:** Svend Ole Hansen ApS, Benny Petersen Industri,  
 Sauer Danfoss, Yacht Design,  
 Sektionen for Vand og Jord-AAU  
**PSO:** 15.000.000 kr.  
**Budget i alt:** 15.000.000 kr.  
**Afsluttes:** 1. kvartal 2012

ForskVE · 10306

Nettilslutning og optimering af elproduktion fra en 500 kW Wave Star bølgekræftmaskine placeret ved Horns Rev. Projektet er tæt knyttet til ForskEL-projektet 10239. Opnås den forventede produktion fra testanlægget ved Roshage Mole, vil resultater kunne overføres og skaleres til 500 kW maskinen.



**Wave Star Energy, C5, 500 kW demonstrator til Nordsøen**

**Ansvarlig:** Wave Star Energy A/S  
**Kontakt:** Per Resen Steenstrup  
 info@wavestarenergy.com · tlf: 39 40 46 96  
**Deltagere:** Benny Petersens Industriservice ApS,  
 Jens Vulfh ApS, El-Kas A/S, Sauer-Danfoss A/S,  
 Aalborg Universitet, DONG Energy  
**EUDP:** 19.999.000 kr.  
**Budget i alt:** 61.997.000 kr.  
**Afsluttes:** 3. kvartal 2010

ENS-63011-0067

Wave Star projekterer og opfører en 500 kW bølgekræftmaskine, der først testes i nærheden af selskabets udviklingscenter ved Hansthøm og efter tilfredsstillende forsøgsdrift flyttes til en placering ved havvindmølleparken Horns Rev II, hvor maskinen skal køre i ubemandet døgndrift som optakt til en kommerciel serieproduktion



**Videreudvikling af bølgekraftanlægget Wave Dragon med henblik på fuld-skala demonstration i Nordsoen, fase B**

Ansvarlig:  
Kontakt:  
Afsluttes:

**Wave Dragon Test Aps**  
H.C. Sørensen - [hcs@wavedragon.net](mailto:hcs@wavedragon.net) · tlf: 35 36 02 20  
2. kvartal 2009 · PSO-tilskud: 4.293.020 kr.

ForskEL · 6459

**Afsluttede projekter · Bølgekraft**



**Etablering af molebaseret testcenter på Roshage mole ved Hanstholm, samt designstudie og test af costkritiske skala 1:2 bølgeenergi hovedkomponenter**

Ansvarlig:  
Tilskud:  
Resultat:

**Wave Star Energy · Per Resen Steenstrup · tlf: 39 40 46 96**

4.000.000 kr.

Afsluttet 4. kvartal 2008

Det mole-baserede Wave Star Energy testsystem er nu klar til installation ved Roshage mole i Hanstholm. Af sikkerhedsmæssige grunde er anlægget flyttet ud i det frie vand vest for molen. Ovenpå molen bygges en høj gangbro, så det er muligt at komme ud til testanlægget, selv i kraftig kuling. Testanlægget, der er koblet på elnettet, er en forkortet version af den første standard 500 kW maskine med to Ø5 m flydere og med en samlet elektrisk ydelse på 110 kW. Test anlægget vil fungere som en vigtig fleksibel eksperimentel plads for at forbedre og billiggøre teknologien. Bl.a kan nye og langt billigere materialer afprøves.

ForskEL · 7322



**Optimisation of energy production on a Wave Star converter**

Ansvarlig:  
Tilskud:  
Resultat:

**Wave Star Energy · Per Resen Steenstrup · tlf: 39 40 46 96**

2.692.000 kr.

Afsluttet 4. kvartal 2008

Projektet har demonstreret et meget stort potentiale for effektoptimering. Foreløbige målinger indikerer en effektförbedring på ca. 300 %, selv ved brug af simple styrealgoritmer. Til Ø1 m flyderstyring i Nissum Bredning er der opbygget en avanceret målestation, der tillader, at en næsten vilkårlig hydraulisk styrealgoritme kan afprøves i rigtige bølger, medens alle kraft- og momentpåvirkninger på arm og flyder måles i sand tid. De mest optimale styreformere kan derefter sikkert implementeres på Ø5m flydere på testanlægget i Hanstholm. Effektoptimering spiller en helt central rolle for at kunne sænke kWh-prisen.

ForskEL · 10023



**Advanced Wave Energy Converter**

Ansvarlig:  
Tilskud:  
Resultat:

**LEANCON Wave Energy · Kurt Due Rasmussen · tlf: 75 50 57 60**

661.000 kr.

Afsluttet 3. kvartal 2008

Energiproduktionen på en 6 meter bred skala 1:40 model af dette flydende OWC bølgeenergianlæg blev målt under forskellige forhold og fundet tilfredsstillende. Forankringskraften blev målt under ekstreme søtilstande. Der blev målt belastninger på en 0,5 meter bred sektion af anlægget samt belastninger på en et-rørs model. På baggrund af de beregnede og målte laster blev der lavet en FEM analyse på en skala 1:10 model i glasfiber. Der blev fremstillet en sektion af skala 1:10 hovedstrukturen samt rør for at teste produktionsteknologien emnene. Fuldskalaøkonomien ser lovende ud, når nogle specifikke optimeringer er implementeret.

ForskEL · 10035



**Bølgevingen**

Ansvarlig:  
Tilskud:  
Resultat:

**Waveenergyfyn · Henning Pilgaard · tlf: 65 36 17 60**

471.625 kr.

Afsluttet 3. kvartal 2008

Bølgevingen er blevet testet på Aalborg Universitet gennem 325 forsøg. Baseret på forsøgsresultaterne, mulige optimeringer og videreudvikling er effektiviteten beregnet til mellem 40 og 50 %. Årlig produktion fra en fuldskala bølgevinge i Nordsoen vil være omkring 1 GWh. Bølgevingen afviger fra andre flydende bølgekraftanlæg ved at udnytte det overliggende atmosfæriske tryk og er dermed uafhængig af sin egen vægt. En lav vægt reducerer produktionsomkostninger.

ForskEL · 10112