

# Crestwing

Redegørelse ved Energibyen Frederikshavns foretræde for Enerkipolitisk udvalg 10 nov. 2011



## Kontakt

Waveenergyfyn

Henning Pilgaard - Ruth Bloom

Kissendrupvej 15 - 5800 Nyborg

tlf. 65 36 17 65 - tlf. 24988056

mailto:crestwing@gmail.com - www.waveenergyfyn.dk

## Kort om Waveenergyfyn

Waveenergyfyn er en selvejende virksomhed etableret af maskiningeniør Henning Pilgaard i marts 2008. Virksomheden er dannet med henblik på udviklingen af bølgeenergikonceptet "Bølgevingen" - det nuværende Crestwing.

Henning Pilgaard har de sidste 30 år arbejdet med udvikling af energiteknologi herunder hovedsagelig udvikling af VE teknologier.

Har blandt andet forestået:

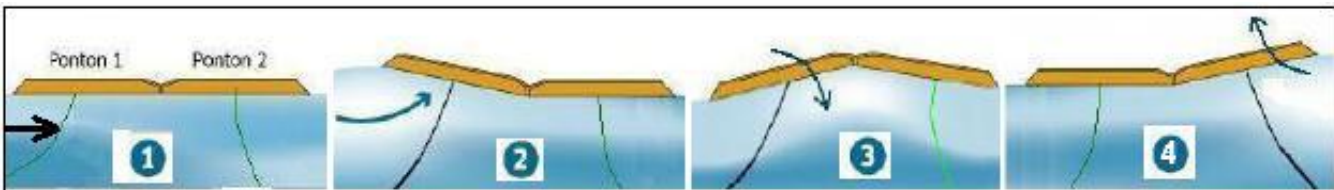
- Kerteminde rapporten (Græsrods energiplan)
- Båring Asperup projektet
- Ærø vindmøllepark (0,55 MW)
- Projekt vedvarende energi Bornholm (energiplan, biogasanlæg, halmfyr 1MW lokal prod.vindpark)
- Folkecentret f VE (decentral kraftvarme DK, cilobiogasanlæg, gårdbiogasanlæg)
- Waveenergyfyn (bølgeenergianlægget Crestwing)

Ingeniør på Lindø værftet i en 10 årig periode herunder som afdelingsleder for udvikling og udrustning.

## Bølgeenergianlægget Crestwing

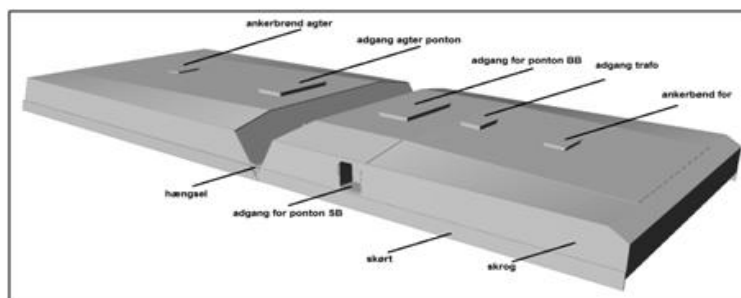
Bølgeenergianlægget Crestwing ligner umiddelbart et traditionelt flyderkoncept. Anlæggets grundstruktur er enkel og består af to sammenhængslede pontoner. Når bølgerne løber hen under anlægget vipper de to pontoner over hængslet, hvor deres bevægelse udnyttes af et power take off system placeret i den ene ponton.

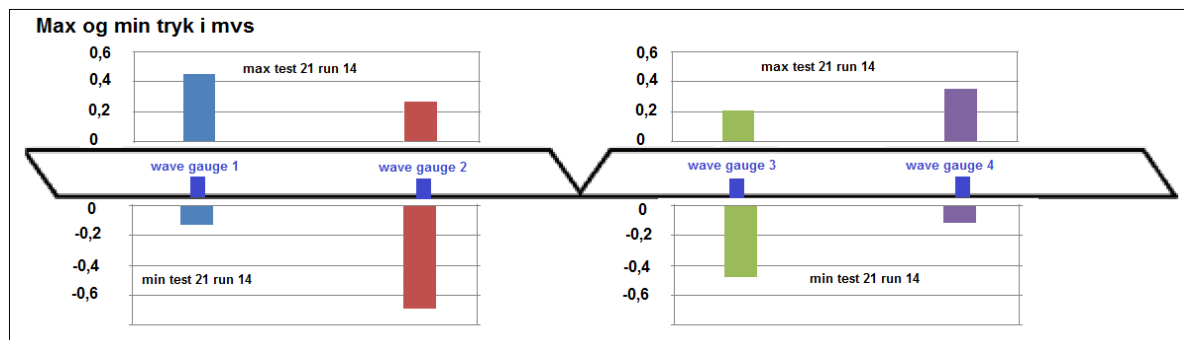
Crestwing producerer energi under funktionsfaserne 3 og 4 på nedenstående illustration.



De fleste flyderkoncepter inden for bølgeenergi opererer med kræfter fra opdrift for den opadgående bevægelse hvor anlæggets nedadgående bevægelse sikres gennem en høj egenvægt.

Med Crestwing opnås den nedadgående bevægelse i kraft af atmosfæretrykket og ikke anlægsvægten, hvorved der kan anvendes et let anlæg med en stor opadgående bevægelse. Den opadgående bevægelse efterfølges af en stor og kraftfuld nedadgående bevægelse drevet af atmosfæretrykket på 10 ton/m<sup>2</sup>. Det er her energiproduktionen foregår.





Funktionen blev påvist under de indledende forsøg i AAU's (Aalborg Universitet) bølgetank i 2008, hvor anlægsvægtens indflydelse på anlægget blev undersøgt. Anlægsvægten havde her ingen eller ringe indflydelse på anlæggets effektivitet.

Under testforløb på DHI (Dansk Hydraulisk Institut) i 2010 er trykforholdene under anlægget målt for at teste om, der dannes det estimerede undertryk eller vakuum under hængslet (pga. atmosfæretryk). Testens fire trykmålere bekræftede de estimerede trykforhold.

Dette sammen med målinger over anlæggets vinkelbevægelse (pitch vinkler) på op til 16 grader (ved Hs på 5m) er en bekræftelse som sætter Crestwing i forhold til traditionelle flyderkoncepter og begrundet den radikale højere virkningsgrad.

### Udviklingsstrategi

Udviklingen af WEC'er (Waveenergy Converter – bølgeenergienkoncepter) starter typisk med tests af meget små testmodeller i AAU's bølgetank typisk i en skala 1:40 og 1:50. Fra disse small scale koncepter går man normalt direkte videre med test off shore (Nissum Bredning) i en skala 1:10. Som det har vist sig i praksis, er en meget dyr, tidskrævende og ineffektiv procedure. Test af bølgeenergianlæg har været fokuseret omkring Aalborg universitets test faciliteter og dets kapacitet hvor udviklingen af koncepter har været rettet mod off shore test ved Nissum Bredning og Hanstholm.

Waveenergyfyns erfaringer i udviklingsarbejde (dels fra den vedvarende energi sektor og ikke mindst erfaringerne fra Lindø værftet) har gjort det naturligt med en maritim indgangsvinkel for udvikling af bølgeenergienkoncepter.

Frederikshavn som historisk er et maritimt centrum havde kun i ringe omfang deltaget i udvikling og opbygning af de hidtidige bølgeenergienkoncepter. Med kendskab til Frederikshavns status på det maritime område var det naturligt for os at kontakte Energiby Frederikshavn tilbage i 2009. Vi har siden haft et intensivt og godt samarbejde, hvor der i samarbejde med Energiby Frederikshavn, er etableret et tværgående konsortie-samarbejde med en række maritime virksomheder i Nordjylland.

Flyderkonceptet er i princippet at ligne med to sammenhængslede pramme hvorfor hovedkonstruktionen anses som uproblematisk af konsortiet. Fokus er derfor rettet mod tre områder; **hængslet**, **PTO systemet (power take off)** og **forankringen**.

## Forankring og hængsel

Forankringen er gennemtestet under DHI testforløbet og afprøves nu off shore i skalaen 1:5 ud for Frederikshavn hvor det har været udsat for et bølgemiljø som modsvarer det miljø den kommende prototype vil blive udsat for (skalaen taget i betragtning) det samme gør sig gældende med hængslet.

## Power take off - PTO

Power take off (PTO) systemet er ligeledes gennemtestet på DHI, medens test off-shore afventer at vi er færdige med afprøvning af hovedkonstruktion og forankring off-shore. Crestwings PTO system er mekanisk opbygget med målsætning om en PTO virkningsgrad som matcher hav vindmøllernes PTO virkningsgrad. Waveenergyfyn har via energinet.dk gennem flere år søgt om at få en testbænk til PTO systemet etableret på AAU. Vi er nu i samarbejde med Wave Star og AAU, som har fået støtte til en testbænk.

## Crestwing konceptets udvikling

Vi har ansøgt om midler til projektering af en 40 m Crestwing for udlægning uden for Hanstholm (DanWec). Vi forventer følgende udviklingsforløb:

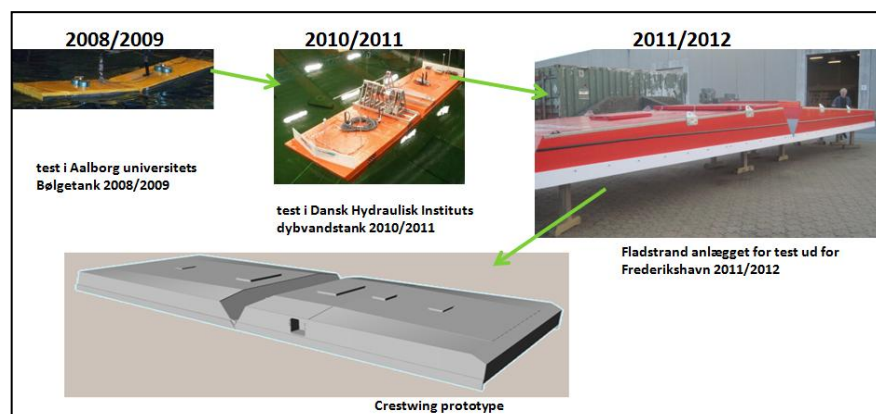
	Idébeskrivelse og uofficielle tests	Modelforsøg	Mellemfasetest	Pilotanlæg i beskyttet havlokalitet	Nær fuldskala demonstrationsanlæg
År	2005/2007	2008/2009	2010/2011	2011/2012	2012/2014
Test	Forsøg i 1:30 af fuldskala Nordsea	Forsøg i skala 1:30 af fuldskala Nordsea	Forsøg i skala 1:20 af fuldskala Norsesea/1:15 fuldskala Hanstholm	Forsøg i skala 1:8 af fuldskala Nordsea/1:5 fuldskala Hanstholm	Prototype skala 3:4 fuldskala Hanstholm
Site	Storebælt	AAU bølgetank	DHI dybvands tank	Frederikshavn site	Hanstholm site
Status	Udført	Udført	Udført	I gang	Forventet

### Overordnet udviklingsplan for Crestwing konceptet

Afvikling af pilotanlægget er godt i gang og den forudgående udvikling er gået som forventet.

### Udviklingen kan kort oprides som følger:

Crestwing har været under udvikling i seks år. Efter indledende test i Storebælt i 2005 er anlægget testet i Aalborg universitets bølgetank og i Dansk Hydraulisk Instituts dybvandstank. Crestwing er nu under off shore test ud for Frederikshavn i en skala 1:5.



### Testen i Aalborg universitets bølgetank – 2008-2009

Testen i Aalborg universitets bølgetank var en omfattende small scale test i skalaen 1:30. Her fandt konceptet sin endelige form. Den hydrauliske virkningsgrad blev dokumenteret til at ligge højt, mellem 40% og 50%, hvilket sammen med anlæggets enkle struktur gav grundlag for at fortsætte udviklingsarbejdet. (hydrauliske virkningsgrad=evne til at absorbere bølgeenergien)



#### Waveenergyfyn rapp AAU test:

Bølgevingen afrapportering 29 sept. PSO 10112  
slutrapport projekt bølgevingen febr 2009

#### AAU rapp AAU test:

DCE TR 42 Crest Wing WEC, total, duplex print  
Crest Wing Wave Energy Device, 2nd phase, 1\_0

### Testen i DHI's dybvandstank – 2010-2011

Testen *CrestWing final test* blev støttet af energinet.dk og var en omfattende test i skalaen 1:20 i DHI's dybvandstank. Der blev gennemført test af anlægget med en realistisk power take off system(PTO system), realistisk forankringssystem.

Under testforløbet på DHI blev konceptet ført op til et niveau(niveau med projektering af skibe) hvorfra det var muligt, at projektere og bygge en prototype for udlægning ved Hanstholm.



#### Waveenergyfyn rapp DHI test:

slutrapport Crestwing final test projekt 10465- 31marts11  
bilag til slutrapport Crestwing final test projekt 10465 rev13  
juni2011

#### DHI rapp DHI test:

Crestwing WEC Model Tests-Final-Rev. 2 14Jan11

*Rapporterne ovenfor fra henholdsvis AAU, DHI og Waveenergyfyn kan hjemhentes fra energinet.dk.*

### Off shore test ud for Frederikshavn

Efter testforløbet hos DHI har Waveenergyfyn i samarbejde med Frederikshavn området udviklet, bygget og udlagt en skala 1:5 anlæg udenfor Frederikshavn. Dette anlæg er udført for egne midler, der er ansøgt om støtte fra energinet.dk til ombygning af PTO systemet samt fem måneders måleprogram/testforløb.



Waveenergyfyn anser Crestwing for det danske koncept som har den højeste on shore dokumentation og de pågående skala 1:5 test har indtil videre bekræftet anlæggets stabilitet.

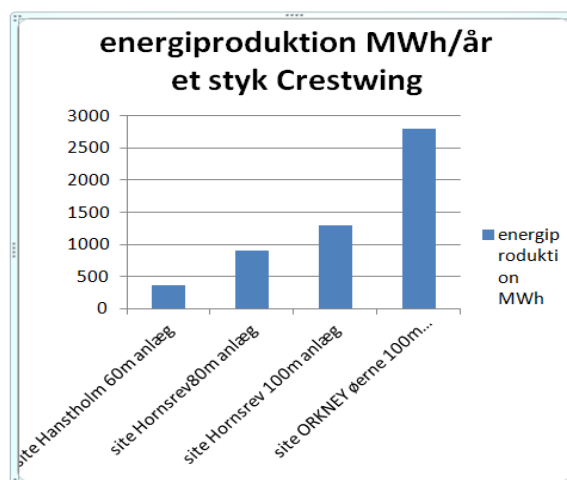
Gennem test(skala 1:20) i landets største fuldt udrustede onshore testtank har vi kunnet gå direkte til en test i skala 1:5. Ydermere har vi gennem onshore testene på DHI fået dokumenteret kræfter(belastning, træk, tryk m.m.) i skrog, hængsel, forankring og PTO systemet. Der er foretaget RAO log, hvorved test resultaterne umiddelbart kan indgå i projekteringen af kommende anlæg. Endeligt har vi fuldt overblik over anlæggets bevægelsesmønstre under skiftende bølgemiljøer.

Waveenergyfyn har fået tilskud til projektet på i alt ca. 3 mio. kr. hvilket har været vigtigt for realiseringen frem mod prototypen. Havde Crestwing konceptet ikke levet op til forventningerne, under de omfattende on-shore test, ville de investerede midler være begrænset.

## Udviklingsperspektiv

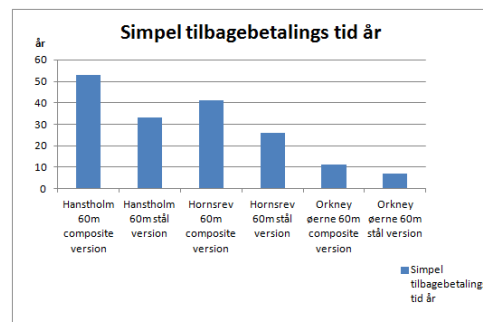
Der økonomiske, beskæftigelsesmæssige og miljømæssige perspektiv for realisering af konceptet Crestwing.

## Økonomisk perspektiv for realisering af konceptet Crestwing



Crestwingen økonomiske perspektiv afhænger af infrastruktur (el tilslutning, afregnings pris), investering, levetid, drift og vedligehold samt energi produktionen.

Energiproduktionen er beregnet for 1 stk. 60m. anlæg ved Hanstholm, 1 stk. 80 og 1 stk. 100m anlæg ved Hornsrev og endelig 1 stk. 100m anlæg ved Orkney øerne. For vurdering af de økonomiske perspektiver har vi beregnet simpel tilbagebetalingstid baseret på en el afregningspris på 1 kr/kWh, drift og vedligehold på 0,1 kr/kWh. Investeringen er baseret på en gennemregnet 60 m anlæg og herudfra skaleret med en faktor potens 2,5. Investeringen er regnet ud fra en 0 serie dvs. der er plads for at reducere yderligere. En relevant tilbagebetalingstid ligger mellem 15 og 20 år, dog længere ved composite versionen. Stål versionen på 60 m lagt ud på Hornsrev site må forventes at blive konkurrencedygtig i anden til tredje serie produktion.



## Beskæftigelsesmæssigt perspektiv ved realisering af konceptet Crestwing

Waveenergyfyn sigter mod at udvikling og produktion foregår med Frederikshavn som udgangspunkt. Beskæftigelseseffekten er baseret på en gennemregnet 60 m anlæg og herudfra skaleret med en faktor potens 2,5. Effekten er regnet ud fra en 0 serie.

## Miljømæssigt perspektiv for realisering af konceptet Crestwing

Crestwing vil med sin lave højde ikke være synlig fra land i modsætning til havvindmølle anlæg, alligevel er der alt mulig grund til at anvende livscyklustankegangen. Havvindmøller står, indtil videre, på faste fundamenter hvorimod flyderanlæg ligger forankret. Ved en udbredt udbygning med flyderanlæg world wide vil der være risiko for havmiljøet, specielt hvis materialeværdien i anlæggene er lav. Crestwing søges derfor produceret i composite, som dels på længere sigt kan produceres af organisk materiale, og dels vil indeholde en tilstrækkelig indre værdi, så det kan betale sig, at sørge for den kommer i land og bliver genbrugt når den er udtjent.

