



# CRESTWING

Fremtidens grønne  
energiforsyning



# Indholdsfortegnelse

3

INTRODUKTION

8

PRODUKTET

15

KONKURRENTER

18

FORRETNINGSMODEL

25

KAPITALBEHOV

# Crestwing

## Et bølgeenergianlæg med stort potentiale

- Crestwing bølgeenergianlæg har dokumenteret høj effektivitet og kan producere billig grøn energi på det åbne hav.
- Prototypen har vist effektivitet og holdbarhed under 14 måneders offshore test i Kattegat.
- Konceptet er løbende opskaleret og grundigt testet bl.a. i Aalborg Universitets (AAU) bølgetank samt ad to omgange i bølgetanken på Dansk Hydraulisk Institut (DHI), senest i maj 2021.
- Crestwing har potentiale til at være en betydelig del af verdens energiforsyning.

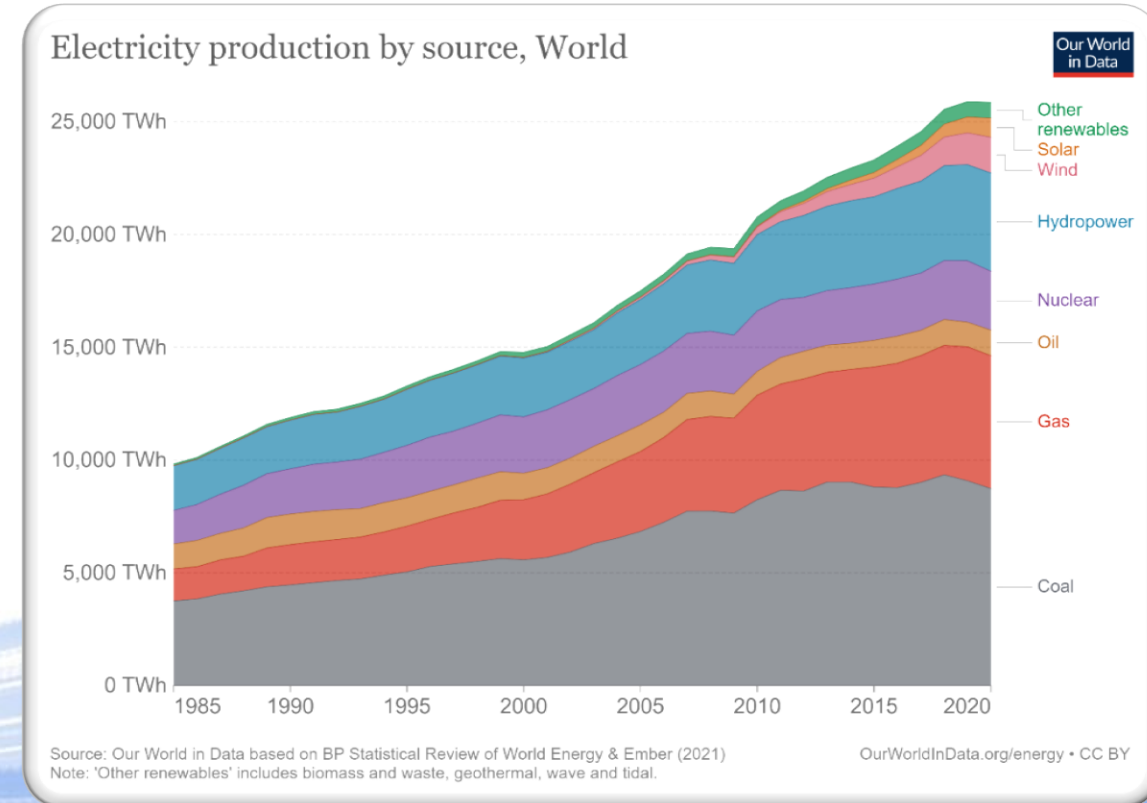
Crestwings mål er at blive hovedleverandør af bølgeenergianlæg til de kommende store vedvarende energiprojekter



# Presserende behov for nye løsninger

## Crestwing er en del af løsningen på den fremtidige grønne energiforsyning

- Nye vedvarende energikilder er afgørende for at nå klimamålene.
- Verden har brug for bølgeenergi i omstillingen til grøn energiforsyning og kampen mod klimaforandringerne. I dag kommer en stor del af verdens produktion af elektricitet fra fossile energikilder, og behovet for elektricitet stiger år efter år.
- Den nuværende grønne energiproduktion har brug for stabilitet for at reducere pris fluktuationer. Bølgeenergi er en meget mere stabil energiform.
- Energiforsker Peter Enevoldsen fra Aarhus Universitet konkluderer efter flere års forskning i bølgeenergi: - Bølgeenergi kan supportere vedvarende energisystemer, når vinden ikke blæser, og solen ikke skinner.
- Bølgeenergi har et stort potentiale og vil kunne accelerere overgangen til en vedvarende energiforsyning.



# Teamet bag Crestwing



**Ruth Bloom**

Direktør og medstifter

10+ års erfaring med Crestwing

35+ års erfaring med miljøet

Klejnsmed, lærer, 3Dtegner, bogholder



**Peter Høstgaard-Jensen**

Bestyrelsesformand

5+ års erfaring med Crestwing

40+ års erfaring med energisektoren

Civilingeniør (Kemi)



**Peter Balling**

Medlem af bestyrelsen

1+ års erfaring med Crestwing

25+ års erfaring med Fysik

Professor på Institut for Fysik og Astronomi, AU



**Trygve Natvig**

Medejer og medlem af bestyrelsen

4+ års erfaring med Crestwing

40+ års kommerciel erfaring



**Rune Pilgaard Bloom**

Teknisk ansvarlig og medlem af bestyrelsen

10+ års erfaring med Crestwing

Master of science i Fysik

**Crestwing ApS**

CVR-nr. 34 62 41 00

## Bestyrelse

Peter Høstgaard-Jensen

Peter Balling

Trygve Natvig

Ruth Bloom

Rune Bloom

## Direktion

Ruth Bloom

## Daglig ledelse

Ruth Bloom - CEO

Rune Pilgaard Bloom - CTO

## Kommunikation

Mette Byrgesen Jensen

## Teknisk team

Poul Bjørnager

Erik Bøgh Pedersen

Niels Ole Jensen

# Bliv en del af et nyt forretningseventyr

Der er påvist høj effektivitet både ved forsøg i bølgetanke, offshore og ved simuleringer

Et anlæg kan skaleres alt efter position. Crestwings planer er at begynde med produktion af små anlæg, men fremtiden peger på store anlæg i samme klasse som havvindmøller.

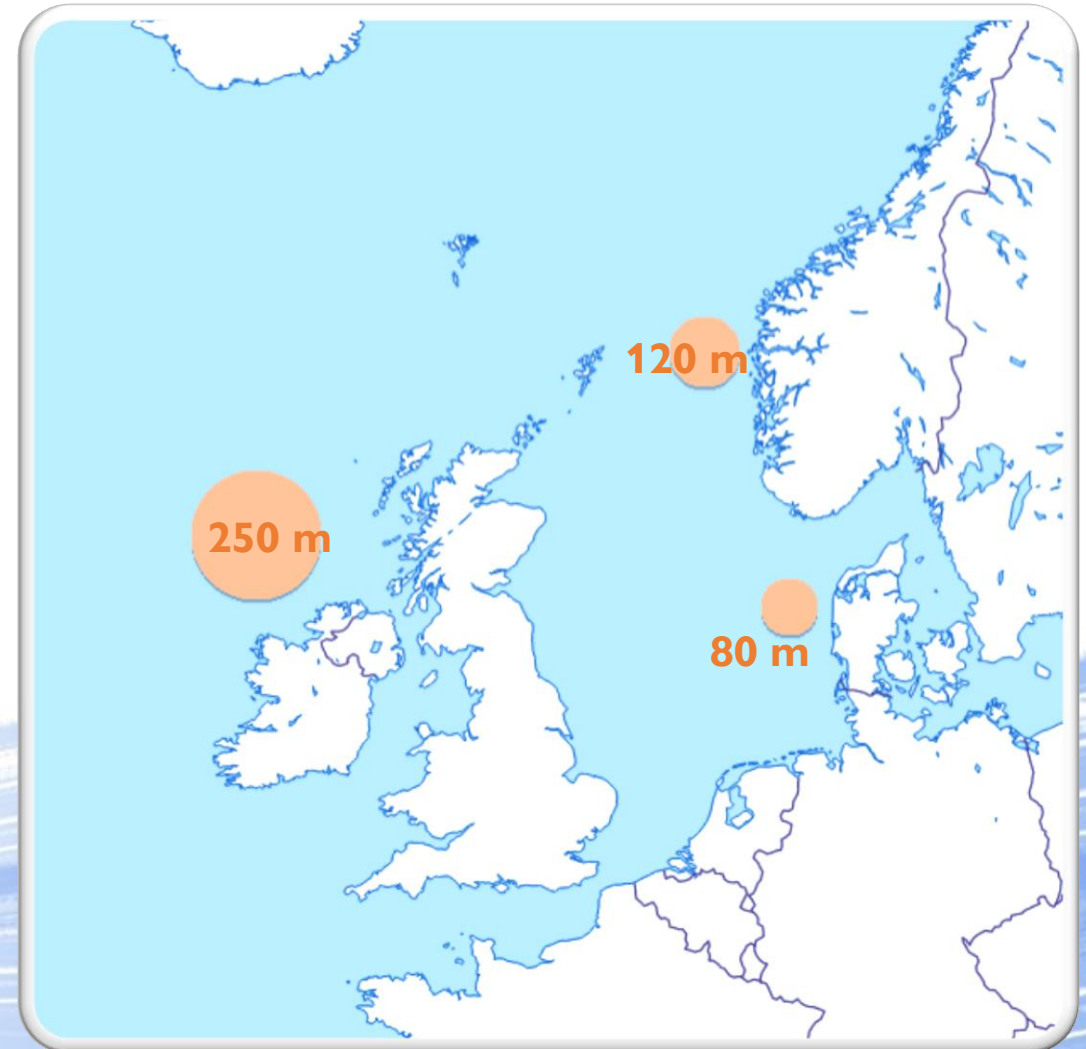
Den indledede nominelle generator størrelse er:

**500 kW på et 80 meter langt anlæg ved den danske vestkyst.**

**2-3 MW på et 120 meter anlæg i Norge**

**4-8 MW på et 250 meter anlæg i Skotland**

Med fremtidig optimering af anlæggene vil disse generator størrelser øges.

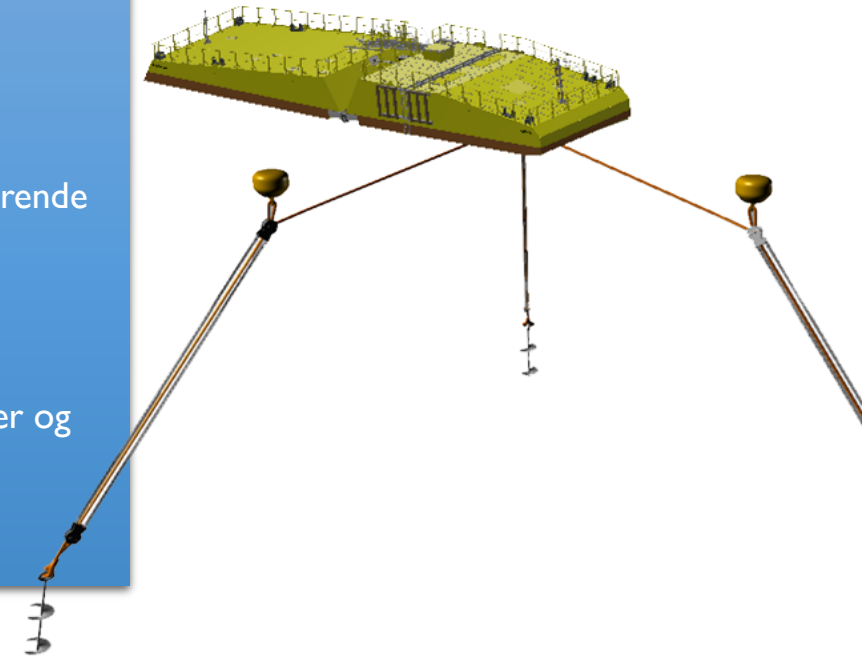


# Forventninger til udviklingen i Crestwing bølgeenergi



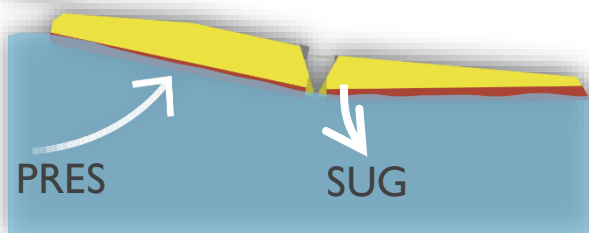
# Crestwing bølgeenergianlæg

- Crestwing producerer energi både på regnvejs- og vindstille dage
- Crestwing anlæg er en simpel konstruktion bestående af to hængslede pontoner, som flyder på havoverfladen – den ene ponton er forankret til havbunden
- Der er dokumenteret høj effektivitet, lave drifts-og vedligeholdelsesomkostninger, samt velfungerende og holdbart forankringssystem efter vellykkede offshore test
- Anlæggets årlige effektivitet er 40-60%
- Pontonerne bygges efter traditionel skibsteknologi og kan produceres lokalt på store skibsværfter og derefter nemt bugseres til endelig lokation
- Et Crestwing anlæg kan placeres på alle havdybder

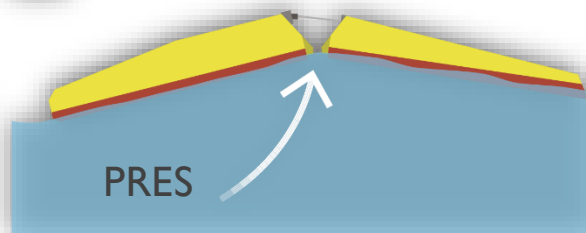


Crestwing udvinder energien fra bølgen i fire trin

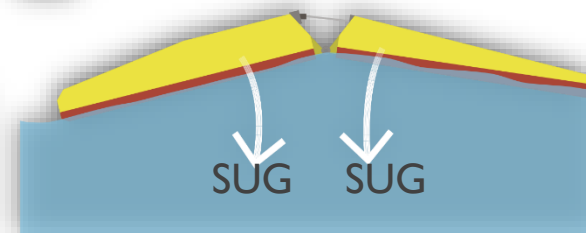
**1** Delvis produktion



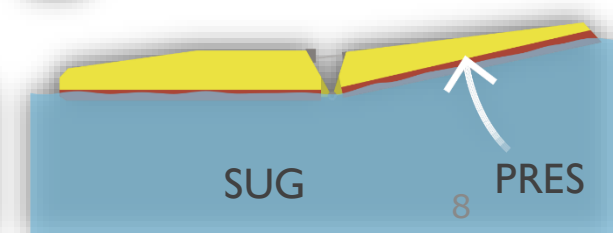
**2** Friløb



**3** Produktion



**4** Delvis produktion





# Effektiv og dokumenteret funktionalitet

14 måneders offshore test og forbedringer 2018 - 2020

Crestwing er en teknologi, der er let at implementere, da anlægget ligger stabilt på havets overflade og bygger på allerede eksisterende teknologier inden for skibsbygning

Vigtigste konklusioner fra offshore testene i Kattegat:

- Power Take Off omsætter bevægelsen til strøm som forudsagt
- Kan modstå havmiljøet
- Velfungerende og holdbart forankringssystem
- Nem manøvrering samt til- og frakobling
- Tørt maskinrum
- Nem vedligeholdelse
- Funktionel fjernbetjening og overvågning
- Avanceret dataindsamling og analyse



Crestwings prototype, **Tordenskiold**  
Måler 30x7,5 meter og vejer ca. 65 tons.

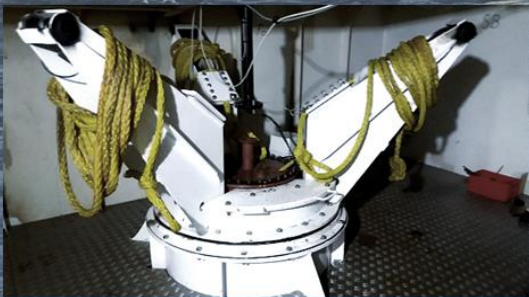
# Tordenskiold



PTO-system i maskinrummet



Stort og tørt maskinrum til det tekniske udstyr



Fleksibelt og pålideligt forankringssystem



Effektivt mekanisk Power Take Off System



# Crestwing's value proposition

Inden for få år kan Crestwings bølgeenergi blive et konkurrencedygtigt alternativ til andre bæredygtige energikilder

## Forsyningsikkerhed

Bølger er en mere stabil og forudsigelig energikilde end vind- og sol, da havet altid er i bevægelse.

Et bølgeenergianlæg vil derfor stadig producere energi, også selv om der ikke er vind. Crestwings anlæg har reduceret nedetid, da der er flere PTO-systemer i et anlæg. Der vil derfor stadig blive produceret energi, selv hvis en generator er ude af drift.

Derudover er det lave konstruktioner, der er lette at komme om bord og vedligeholde for ethvert servicefartøj.

## Fleksibel placering

Der er kun begrænset plads til store vedvarende energi projekter.

Crestwing er en flydende teknologi og kan placeres på alle havdybder, også på mere end 100-meter, og med alle typer af havbund. Dette åbner en række nye muligheder for placering af vedvarende energi projekter. Et eksempel er Norges kyststrækning, hvor der er meget dybt allerede tæt på land. Et flydende Crestwing anlæg er derfor perfekt til dette miljø.

## Stor energi produktion

Hvert af Crestwings anlæg har en energiproduktion på mellem 0,5 og 10 MW afhængig af størrelse og placering. Dette kan sammenlignes med de nuværende vindmøller. Crestwing er unik, da det er det eneste bølgeenergianlæg, der producerer strøm i så stor skala. For at sikre strømforsyningen til nettet er det nødvendigt, at offshore-energiparkerne har en stor energiproduktion.

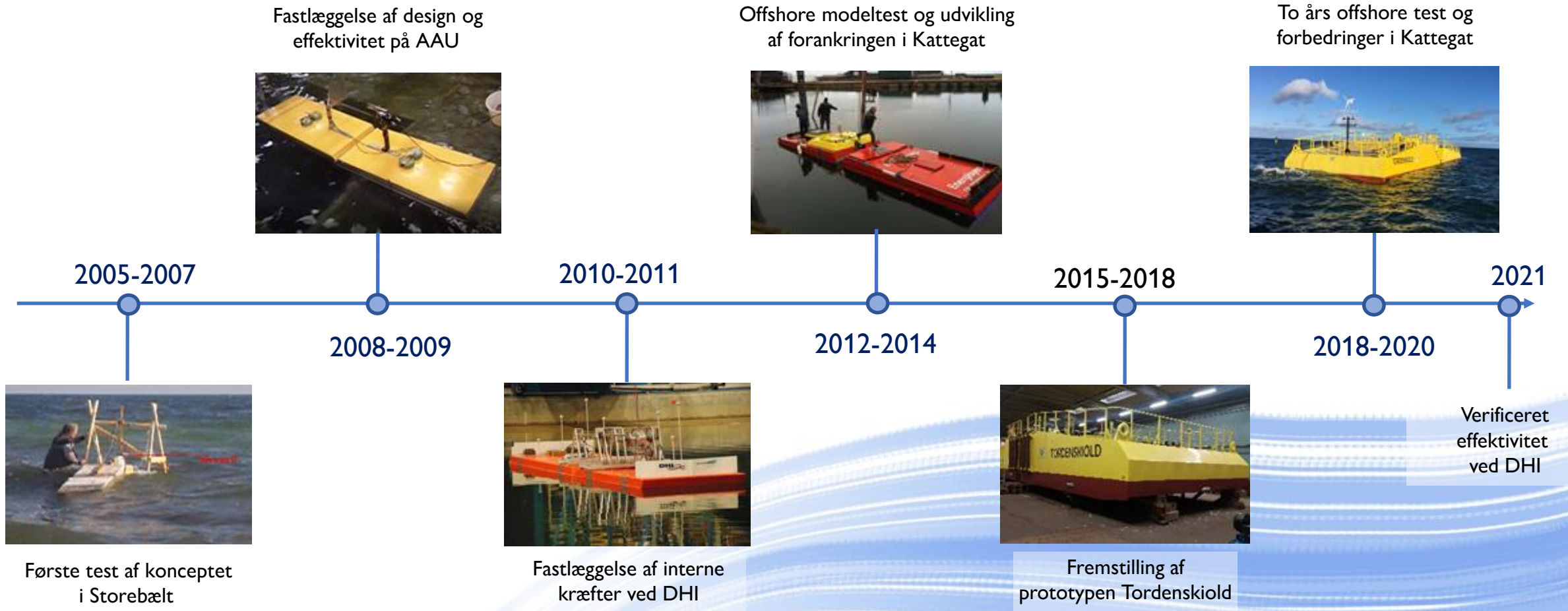
Netop det kræver store, vedligeholdelsesvenlige og robuste anlæg, som Crestwings, for at holde udgifterne nede.

## Bæredygtighed

Crestwing er et bæredygtigt bølgeenergianlæg, der har en minimal påvirkning på miljøet og samtidig reducerer CO<sub>2</sub>-udledningen betragteligt. Forankringssystemet har forspændte elastisk liner, som ikke slæber hen ad havbunden. Anlægget er designet, så det er muligt at bruge eksisterende skibsværfters produktionsfaciliteter samt de nyeste bæredygtige produktionsmetoder.

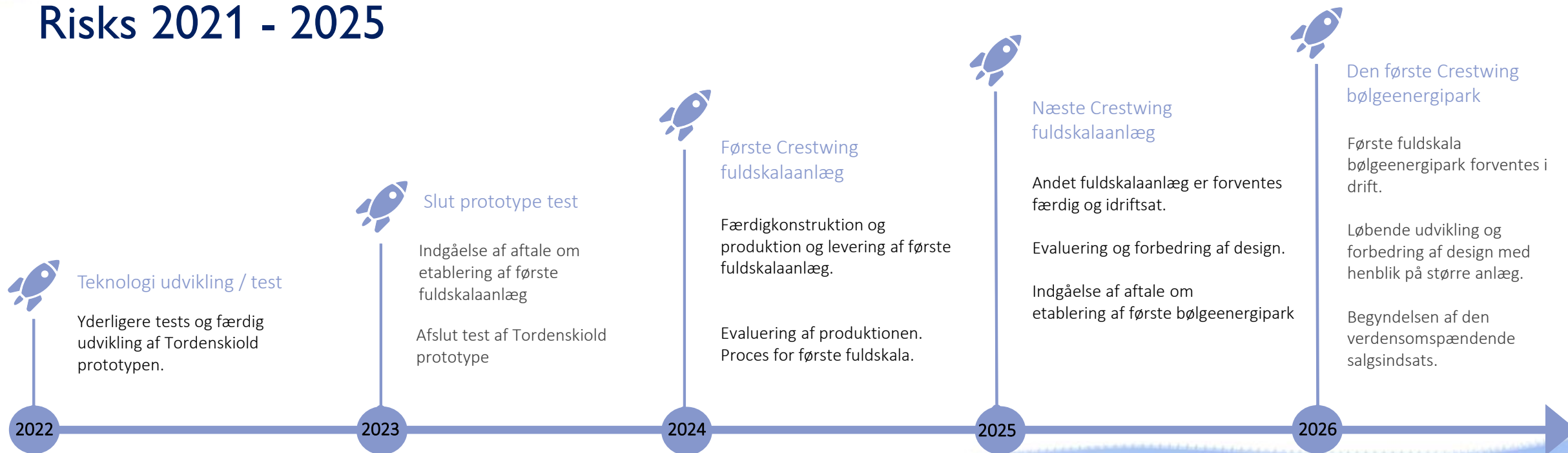
# Crestwing konceptet har været under udvikling i over 15 år

Der er aldrig lavet ændringer på hoveddesignet, da anlægget gang på gang har vist sin høje effektivitet



# Teknologisk udvikling 2021 - 2025

## Risks 2021 - 2025



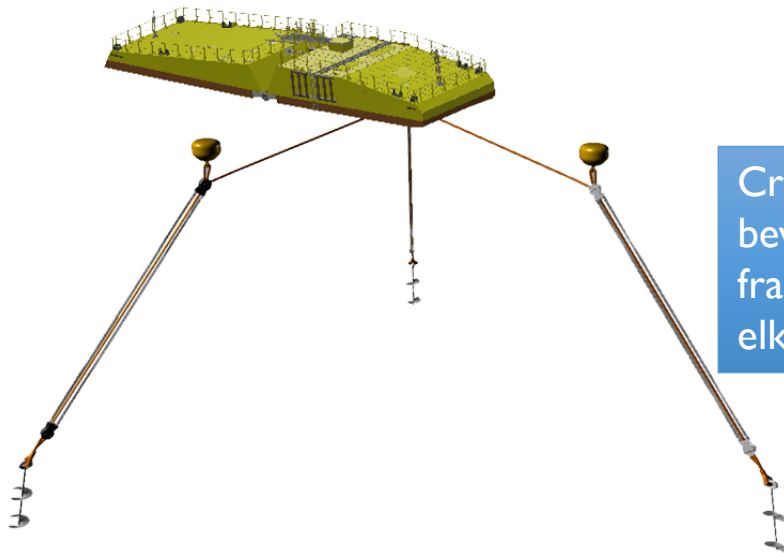
### Forudsætninger:

- Den nødvendige finansiering er sikret.
- Der indgås leveranceaftale i forhold til levering af første fuldskalaanlæg og første bølgeenergi park.
- Den kommercielle ledelse styrkes.

# Teknologien er patentérbar

Crestwings teknologi har flere patenterbare funktioner

PTO-systemet, som omdanner energi til elektricitet, er designet specielt til Crestwing.



Crestwings forankringssystem har tre fortøjningslinier, der reducerer bevægelsen og øger sikkerheden. Systemet har desuden en nem til- og frakoblingsmekanisme. Forankringssystemet er designet således, at elkablerne kan tilsluttes her.

Crestwings anlæg er som helhed patentérbar. Anlægget bruger en ny metode til at udvinde energi fra bølgerne og er designet til at overleve det barske havmiljø.



# Konkurrenter og samarbejdspartnere

Crestwings marked er hovedsageligt uudnyttet, da der endnu ikke findes et kommercielt bølgeenergianlæg. En række forskellige teknologier er dog under udvikling og påvirker markedet.

Meget få teknologier er direkte konkurrenter til Crestwing. For at konkurrere om samme marked skal teknologien kunne producere strøm:

- På alle havdybder
- Til elnettet
- På samme tidspunkt som Crestwing

Der er kun få bølgeenergi anlæg, der passer til disse kriterier.

Markedet for bølgeenergi er ekstremt stort. Derfor forventer vi, at selv hvis enkelte af vores konkurrenter får et gennembrud, så er det ikke muligt at opskalere en produktion hurtigt nok til at reducere markedet for Crestwing.

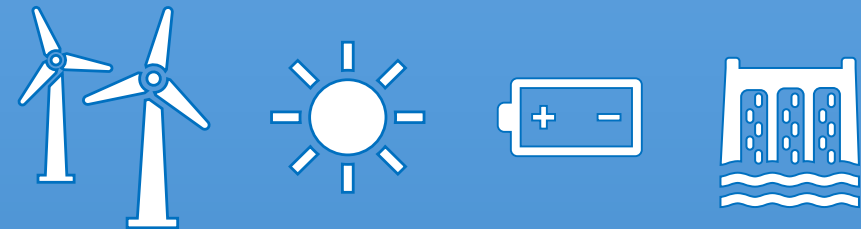
Ud over bølgeenergi eksisterer der en række andre teknologier, hvis markeder har delvist overlap med Crestwings.

Offshore vindmøller

Flydende solceller

Energilagringsteknologier

Vandkraft



Crestwing anser disse teknologier som værende samarbejdspartnere til kombinerede vedvarende energiparker, og derfor ikke som direkte konkurrenter. Det skyldes, at der er forskel på, hvornår og hvordan anlæggene bidrager til forsyningssikkerheden.

# Crestwing teknologien har konkurrenceevne

Crestwings bølgeenergi kan inden for en kortere årrække være et konkurrencedygtigt alternativ til andre bæredygtige energikilder

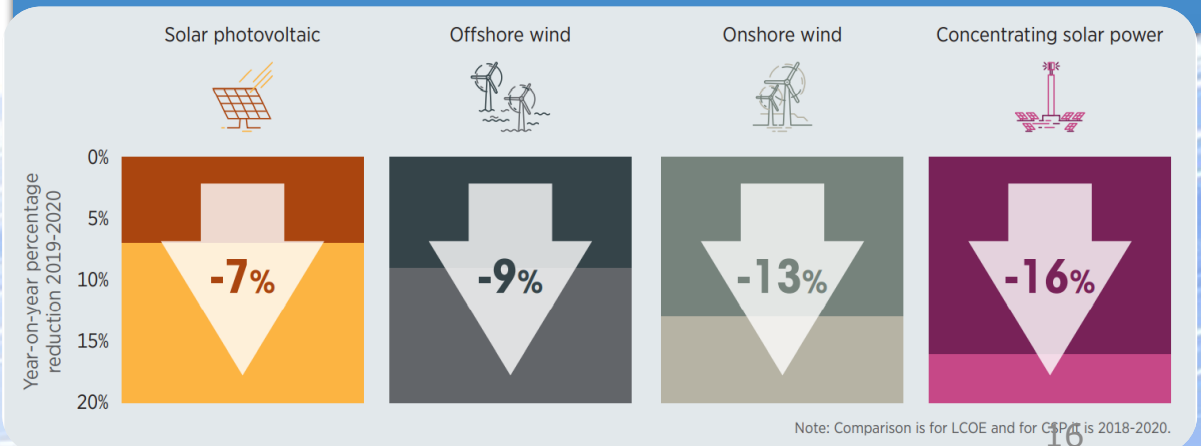
Erfaringer viser, at nye bæredygtige energiformer er kostbare i de første generationer. Efterfølgende falder priserne dog som følge af:

- Øget effektivitet
- Optimeret design
- Masseproduktion

Det seneste år er hastigheden, hvormed priserne falder, øget. Det skyldes bl.a., at teknologiudviklingen og udrulningen af vedvarende energiformer generelt går hurtigere og hurtigere.











Crestwing bølgeenergi vil på sigt kunne bringes på niveau med konkurrerende bæredygtige kommercielle energikilder. Det skyldes, at vores teknologi er simpel, samtidig med at produktionen er let skalerbar.

- LCoE er den gennemsnitlige omkostning ved at producere en MWh el over et energianlægs levetid, inklusiv omkostninger til etablering, drift, vedligeholdelse og skrotning.
- Ved første fuldskaalanlæg vurderes Crestwing bølgeenergi at have en LCoE på 400 – 500 EUR pr. MWh. Denne vurderes i takt med videreudvikling og volumen at kunne nedbringes til 30 til 50 EUR pr. MWh.
- Udviklingen går hurtig – fra 2019 til 2020 faldt LCoE for udvalgte bæredygtige energikilder som følger:





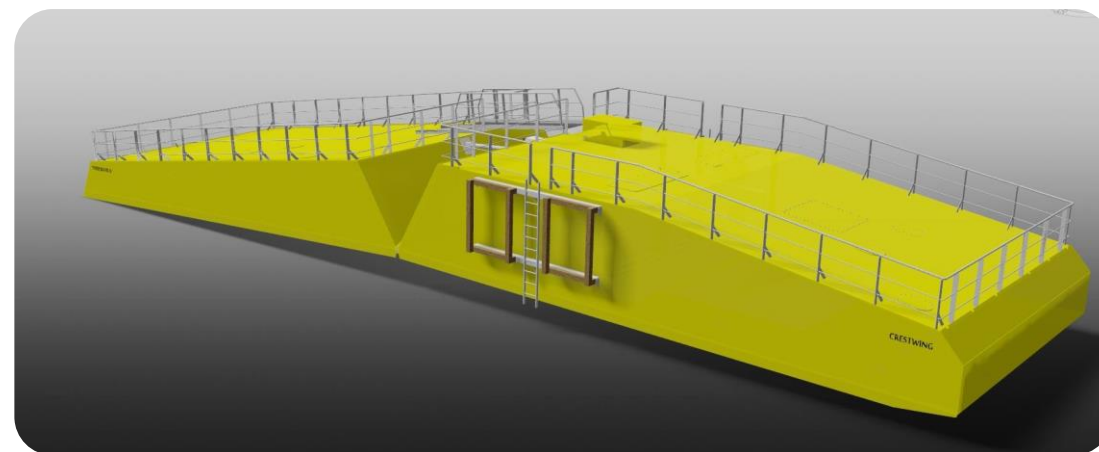
# Crestwing er en ener inden for bølgeenergi

Udvikler	Generator effekt pr. anlæg	Havdybde	Noter om teknologi
 CRESTWING	1-15 MW	Alle dybder	Kommerciel bølgeenergi
 WAVEP STON	<0.5 MW	Tæt på land	Specialiseret produktionsfaciliteter
 Wello	0.5 – 1 MW	Alle dybder	Gyroskopisk PTO
 WAVEROLLER® PLUG INTO WAVE ENERGY	<2 MW	8-20 meter	Placeret på havbunden
 OCEAN ENERGY A WORLD OF POWER	0.5 MW	Ukendt	Meget stort overskyldningsanlæg Amerikansk
 FLOATING POWER PLANT	1-4 MW	Ukendt	Overskyldningsanlæg som fundament til vindmøller
 Reson Waves	<1 kW	Alle dybder	Lille bølge for lokale målinger
 mocean energy	< 0.5 MW	Alle dybder	Unikt design besværliggør M&O
 Carnegie CLEAN ENERGY	< 1MW	< 50 meter	Undervandsrør under tryk
 WEPTOS	< 1 MW	Ukendt	Kompleks design

# Forretningsmodel med ambitioner

Crestwing sælger bølgeenergianlæg til bæredygtige energiprojekter overalt i verden og vil indtage samme rolle i værdikæden som vindmølleproducenterne

- Crestwings kerneydelse vil være bølgeenergianlæg.
- Slutkunden vil være ejeren af energianlægget, der betaler anlægget i rater, der sandsynligvis forefalder ved bestilling, levering og idriftsættelse. Dette er efter samme princip som ejerskabet af havvindmølleparker.
- Det forventes, at anlæggene oftest finansieres via investorer, såsom pensionskasser, investeringsselskaber osv.
- Målet er, at det skal være lige så sikkert at investere i Crestwing bølgeenergiplaner, som flydende havvindmølleparker.



# Fra aftale til levering

## Vejen fra aftale til levering af et Crestwing anlæg

Projektudviklere og investorer arbejder sammen med Crestwing om et nyt projekt

Crestwing og projektudvikleren beregner omkostningerne og energiproduktionen ved at bruge Crestwings anlæg i projektet

Crestwing påbegynder design og produktion af Crestwing anlæg

Skroget produceres på skibsværfter og superviseres af Crestwing ingeniører.

Forankringssystemet designes og fremstilles i samarbejde med relevante samarbejdspartnere.

Generator-systemet (PTO) fremstilles af Crestwing.

Crestwing installerer PTO, det elektriske system og gør anlægget klar til idriftsættelse.

Crestwing idriftsættes

Crestwing etablerer forankringen på siten.

Projektudvikleren installerer elkabler og transformestationer.

Anlæg bugseres til siten, tilsluttes til forankring og begynder at producere elektricitet.

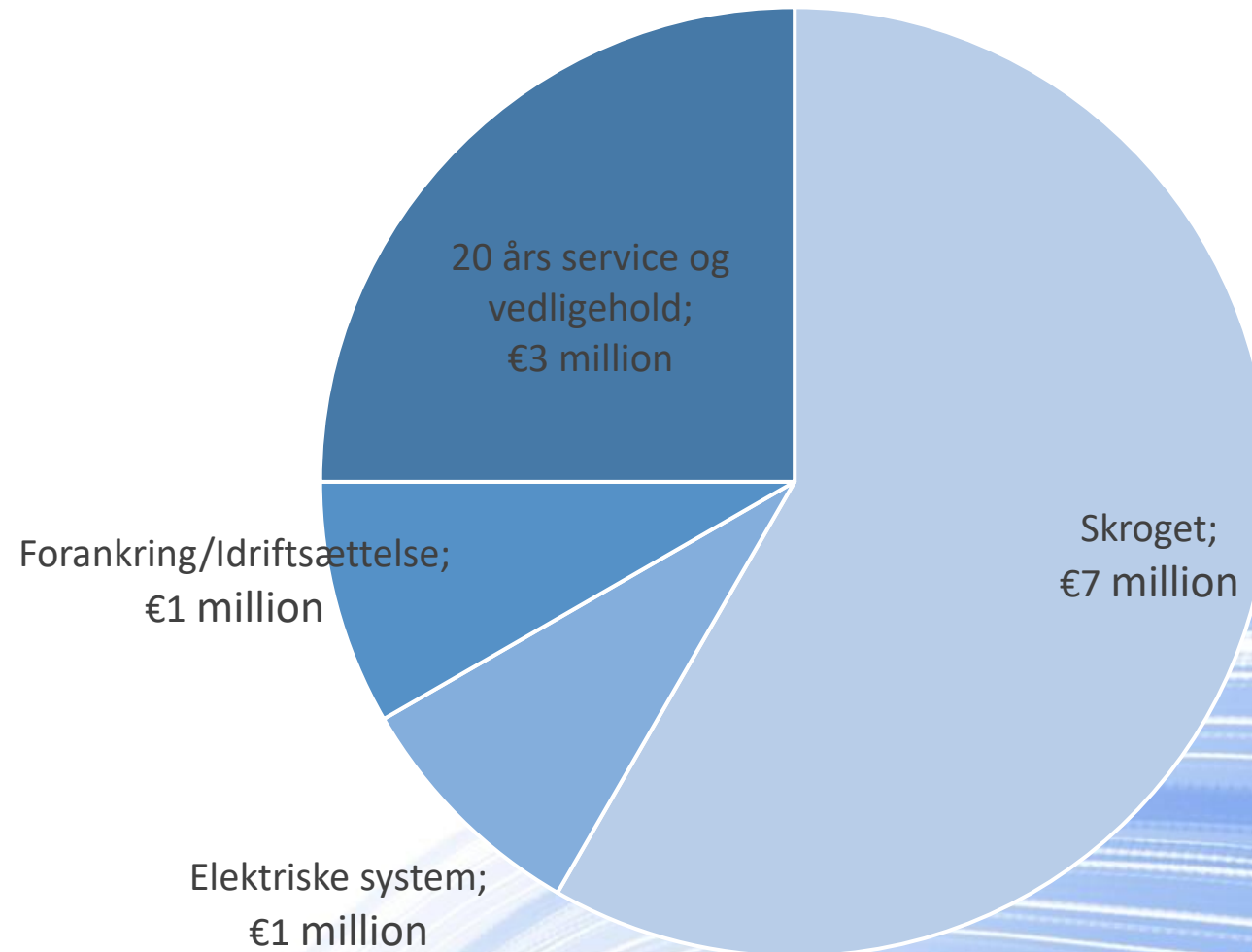
Efter idriftsættelse

Crestwing tilbyder vedligeholdelse og drift.

Crestwing tilbyder at stå for afvikling af anlæggene.

# Fordeling af omkostninger

Et 120 meter Crestwing bølgeenergianlæg placeret i Nordsøen



# Fokus på viden, samarbejde og bæredygtighed

Crestwing vil være en videns virksomhed, der har fokus på salg, koordinering, innovation og design under hensyntagen til FN's 17 verdensmål.

Crestwings tilbyder følgende ydelser:

- Levering af bølgeenergianlæg
- Drift af bølgeenergianlæg
- Service på bølgeenergianlæg

Produktion og service skal som hidtil i hovedtræk varetages af professionelle underleverandører i tæt samarbejde med Crestwing.

Organisationen i Crestwing skal løbende udvides med kompetencer indenfor ledelse, projektstyring, udvikling, salg, kvalitetsstyring etc.

Crestwing kan sikre bæredygtig energi til alle dele af verden, da anlæggene kan producere strøm på alle havdybder, samtidigt med at det er nemt at op- og nedskalere alt efter behov og placering.

Produktion af anlæg kan varetages af de fleste skibsværfter rundt om i verden, og anlæggene bugseres til den endelige placering under opsyn af Crestwing.



# Ambitiøs energi- og klimapolitik vil accelerere udviklingen

En langsigtet understøttende energi- og klimapolitik strategi vil gavne udrulningen af bølgekraft

Mange faktorer spiller ind i energi- og klimapolitikken; herunder:

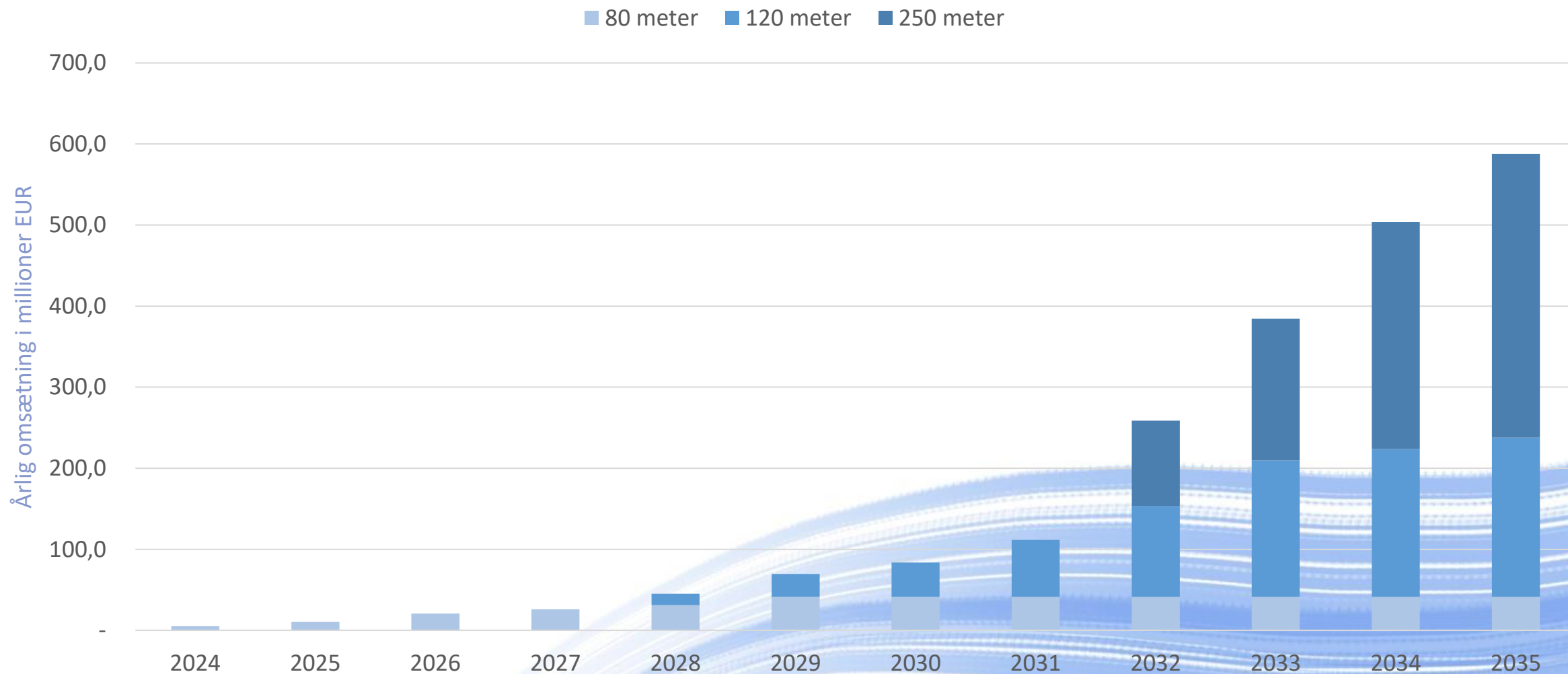
- Forsyningsikkerhed
- Økonomi
- Globale klima- og miljøtiltag

Væsentlige værktøjer i energipolitikken er afgifter, tilskud og udbud:

- Afgifter på energi til forskellige formål
- Tilskud og udbud som fremme af bæredygtige energikilder, såsom sol, vind og bølgeenergi

- Reelt betyder alt dette, at bæredygtig energi indledende er dyrere end markedsprisen, hvilket betyder, at rentabiliteten i begyndelsen er afhængig af tilskud, hvis energipriserne falder igen til niveauet i 2020  
Dette vil også gælde for de første år for bølgeenergi produceret af Crestwing
- Mindre private bæredygtige energianlæg har modtaget et fast tilskud pr. kWh, der reguleres over tid
- Større kommercielle bæredygtige energianlæg modtager tilskud på kommercielle vilkår, således at man f.eks. får koncession på etablering og drift af en havvindmøllepark
- Koncessionen markedsudsættes, således at man tilbyder at levere en vis produktion mod et tilskud pr. MWh

# Indtjeningspotentialiet i Crestwing er stort



# Teknologien danner basis for igangværende forskning

I 2022 igangsættes der forskningsprojekter med budget på 6,2 mio. kr.



## Teknoøkonomisk analyse og optimering

1 PhD  
Speciale og bachelor projekter

Fokuseret på

- Produktions optimering
- Forsygningskæde
- LCoE optimering
- Positionsanalyse

I samarbejde med Stanford



## Computational fluid dynamics

1 PhD  
Speciale og bachelor projekter

Fokuseret på

- Optimering af anlægsdesign
- Kraftfordeling og holdbarhed af anlæg
  - Park layout og design

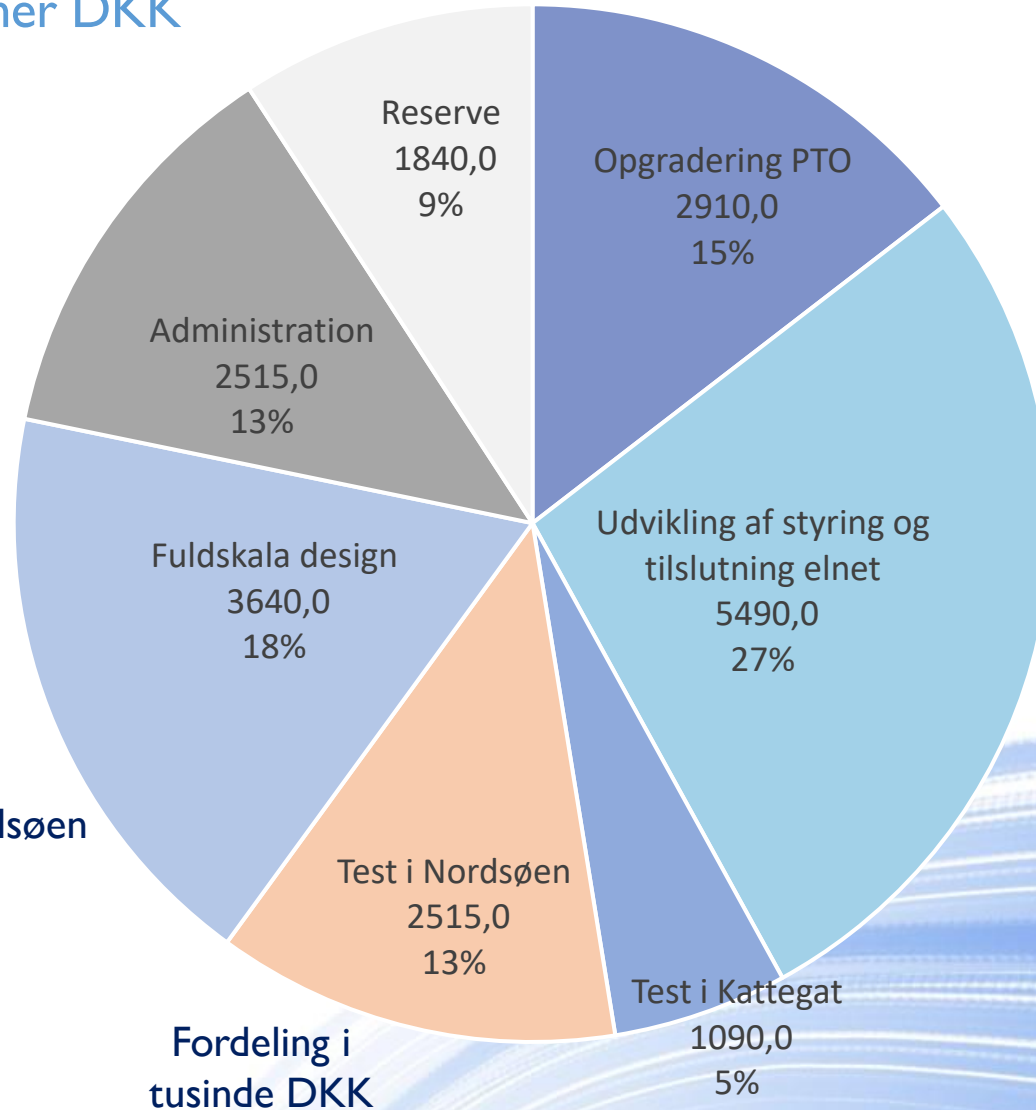
I samarbejde med Harvard





# Kapitalbehov frem til færdigt kommercielt produkt

Kapitalbehov 20 millioner DKK



Omkostningerne omfatter færdiggørelse af Crestwing teknologien inklusiv test i Nordsøen og design af fuldskalaanlæg

Fordeling i tusinde DKK

I det omfang det er muligt søges soft funding.

EU ansøgning afsendt pr. 5. januar 2022, svar i juni.

Dansk ansøgning til EUDP søges 4. marts 2022 med stor mulighed for tilsagn.

Den nuværende ejerkreds er bevidste om, at kapitalbehovet er så stort, at de må påregne at blive minoritetsaktionærer.

Let's

DIVE



into oceans  
of clean energy

[www.crestwing.dk](http://www.crestwing.dk)



Klimaneutral økonomi i 2050!  
Har vi råd til ikke at indtænke  
bølgeenergi i omstillingen?

Ruth Bloom  
**[rb@crestwing.dk](mailto:rb@crestwing.dk)**  
+45 24 98 80 56  
**[www.crestwing.dk](http://www.crestwing.dk)**