

OKTOBER 2015  
EUDP - ENERGINET.DK - DANSK ENERGI

# Evaluering af Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets forsknings- og udviklingsprogrammer for ny energiteknologi





OKTOBER 2015  
EUDP - ENERGINET.DK - DANSK ENERGI

# Evaluering af Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets forsknings- og udviklingsprogrammer for ny energiteknologi

PROJEKTNR. A064565  
DOKUMENTNR. 3  
VERSION 2  
UDGIVELSESDATO 01.10.2015  
UDARBEJDET ccm, kdm, abk, hwjo  
KONTROLLERET nvbe, rmh, pnso, kjab  
GODKENDT ccm



# INDHOLD

Summary in English	7
1 Indledning	10
1.1 Læsevejledning	10
1.2 Energistrategi 2050. Energi- og klimapolitikken som fælles grundlag for energiforskningsprogrammerne	11
1.3 Tre energiforskningsprogrammer: Samme overordnede mål – forskelligt fokus	12
2 Samlet evaluering af energiforskning under Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet	15
2.1 Samlet konklusion	15
2.2 Programmernes resultater	18
2.3 Programmernes effekter	33
3 Tilgang og metode	45
3.1 Evalueringsformål	45
3.2 Proces	45
3.3 Metodetilgang	45
4 EUDP	55
4.1 Baggrund, formål og evalueringsfokus	55
4.2 Konklusion	58
4.3 Resultater	60
4.4 Effekter	74

5	ForskEL	82
5.1	Baggrund, formål og evalueringsfokus	82
5.2	Konklusion	84
5.3	Resultater	86
5.4	Effekter	102
6	ELFORSK	108
6.1	Baggrund, formål og evalueringsfokus	108
6.2	Konklusion	111
6.3	Resultater	113
6.4	Effekter	128

## BILAG

Bilag A	Casestudier – EUDP
Bilag B	Casestudier – ForskEL
Bilag C	Casestudier – ELFORSK
Bilag D	Bilag til forskningsanalysen

## Summary in English

To support research, development and demonstration (FUD) of energy technology, the Danish Ministry of Energy, Utilities and Climate established three energy research programmes, EUDP, ForskEL and ELFORSK. The overall objectives of the programmes are to increase employment, sales and exports and to reduce CO<sub>2</sub> emissions.

The evaluation of the FUD-programmes carried out by COWI, DAMVAD Analytics and EA Energy Analysis indicates that the FUD-programmes contribute to programme objectives for sales/exports and employment. In addition, the programmes have proven successful in creating more energy efficient solutions and assisting Danish companies in reducing CO<sub>2</sub> emissions.

While public investment in projects through the FUD-programmes has had an effect on a number of factors, the most important are 1) The significant increase in Danish exports of green energy technology, 2) Changes in the composition of Danish energy consumption, characterised by an increase in the use of renewable energy sources and 3) An increase in the overall production of Danish industry coupled with a decrease in the energy consumption of industry.

### **Results of the FUD-programmes**

The assessed effect of the programmes on the above factors is based on the results generated by the projects supported by FUD programmes. According to the project participants' own assessments, the majority of the projects (85 percent) have achieved their objectives to a high degree or to a very high degree. At the time of evaluation, 78 percent of the participants had completed projects to develop a new or improved technology, process or performance either within the project period (35 percent) or after project completion (43 percent).

Close to 1/3 of the projects had produced an effect on growth and employment at the time of evaluation. According to the companies participating in the projects, this increased sales by DKK 727 million, of which DKK 499 million came from exports and the rest from domestic sales. Increased growth allowed the companies to retain staff and recruit new employees.

All effects are generated on the basis of the companies' participation in projects completed during the period 2007-2014, with a total of DKK 292.4 million in public funding granted through the FUD-programmes.

To this should be added the effects produced by companies supported by the programmes, but not included in the present survey and effects produced by companies, which did not participate as formal partners in the projects. Other effects are the future project effects, which, however, are subject to too much uncertainty to be quantified at this stage.

### **Risk alleviation mechanism**

The evaluation suggests that the success of the programmes is in part due to the built-in risk alleviation mechanism. By providing financial support to the projects, some of the risks associated with investments in research and development are mitigated. The statements of project participants corroborate this conclusion. No less than 55 percent of the participants concluded that without support from the programmes, their project would not have been implemented. An additional 41 percent replied that even though their project would have been implemented without funding from the programmes, it would have been done on a smaller scale, the implementation time would have been longer and/or the project would have produced lower levels of output. Only four percent of the participants assessed that they would have been able to carry out their project in the same way by own funding or by other external resources.

### **Supporting network and cooperation**

The evaluation also found the programmes to have contributed to the establishment of networks and cooperation between stakeholders, who would otherwise not have cooperated. While large corporations with in-house research units are often used to cooperating with research institutions, such as universities, this is not the case for many of the small and medium-sized companies participating in the programmes. By providing a platform for interaction between small or medium-sized companies and research institutions, a base of trust and a forum for knowledge exchange were built.

Even though many participating projects apply for additional funding because project results are only partial steps towards long-term goals, such applications could also be a sign that new networks and modes of cooperation contribute to generating new ideas. The evaluation thus concludes that the FUD-programmes play an important role in supporting continuous technological development and enhancing the global competitiveness of Danish industry.

### **Effect of the programmes on research**

One of the key elements is that the FUD-programmes support research in new sustainable energy solutions. The evaluation found that the research funded by the programmes was performed at a high international level. A sign of this is the quality of the articles published in internationally recognised journals. The programmes thus help affirming Denmark's position as an international leader on green energy technology - a position of great commercial value to Danish companies and Danish society.



The programmes contributed to the creation of 217 new research positions in the projects funded. Of these, 105 are PhDs, 15 Industrial PhDs, 92 Postdocs and 5 Industrial Postdocs.

### **Contribution to green transition**

Even though the evaluation cannot provide exact estimates of the impact of the programmes on green transition, some of the products developed as part of the projects will have a considerable impact on the reduction of CO<sub>2</sub> emissions - if successful on the market. In addition, the evaluation of project data and national statistics indicates that there is a connection between the research and development effort and the current green transition. It is assessed that the green transition is in part due to the knowledge, streamlining and change of practices in industry and households, which the programmes have helped generate.

To assess a project's focus on green transition, the evaluation considered the project manager's own assessment of whether project results would provide sustainable solutions. With this in mind, the evaluation found that the projects focused very much on green transition, including security in supply and cost effectiveness.

A review of completed projects reveals that it often takes time before the output is realised. For completed projects, which had obtained an energy effect by enhancing security supply, increasing energy efficiency, reducing CO<sub>2</sub> emissions and/or an improving cost efficiency, 61 percent of the participants reported that it took up to one year after completion before the project started showing results. No less than 31 percent indicated that it took two to five years.

The overall impact of the projects on green transition should be assessed with the rather large group of research development projects in mind. Even though many of the projects cannot produce directly measurable effects of the output in the short or medium term, they may still be important to the competitiveness of Danish businesses, and hence to exports and employment. In addition, there are a number of promising projects on energy efficient solutions, which have been completed but which still have to produce results.

### **Facts, methods and challenges**

The FUD-programmes include the three programmes EUDP, ForskEL and ELFORSK. The evaluation is based on a questionnaire survey among project managers and participants in the projects. In the case of EUDP and ELFORSK, both active and completed projects have been included in the evaluation. For EUDP, the evaluation includes projects funded in the period 2007-2014. The evaluation of ELFORSK includes projects funded in the period 2009-2014. Finally, for ForskEL, the evaluation included completed projects only funded in the period 2007-2014.

The evaluation used case descriptions prepared on the basis of interviews with project managers and participants in 25 completed projects. Bibliometric analyses have been made on completed projects. Publication lists have been collected from final reports and questionnaire surveys.

# 1 Indledning

Denne rapport indeholder resultaterne af den første samlede evaluering af Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets forsknings- og udviklingsprogrammer for ny energiteknologi, dvs. af:

- › EUDP - Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram, som sekretariatsbetjenes af Energistyrelsen
- › ForskEL, som administreres af Energinet.dk
- › ELFORSK, som administreres af Dansk Energi

Ministeriet har som led i et samordningsinitiativ besluttet, at der i 2015 og fremover skal udføres samlede evalueringer af programmerne med henblik på at opgøre resultaterne og effekterne af den samlede energiforskningsindsats (se afsnit 3.1 for en uddybning af evalueringens formål).

Rapporten er udarbejdet af COWI i samarbejde med EA Energianalyse og DAMVAD Analytics.

Indledningen indeholder en læsevejledning, en præsentation af den energi- og klimapolitiske baggrund for energiforskningsprogrammerne samt en kort introduktion til de tre programmer.

## 1.1 Læsevejledning

Der er i overensstemmelse med evalueringens kommissorium lagt vægt på samordningsperspektivet, dvs. at resultater og effekter af de tre programmer vurderes samlet. I rapportens kapitel 2 præsenteres derfor de samlede resultater og effekter af de tre programmer. Kapitlet kan enten læses selvstændigt eller sammen med kapitel 1 og 3.

Kapitel 4, 5 og 6 indeholder resultater og effekter af de enkelte programmer beskrevet hver for sig. Disse kapitler kan læses uafhængigt af hinanden. Evalueringens disposition ser således ud:

- › Kapitel 1 indeholder en kort introduktion til den danske energipolitik og de tre programmer.
- › Kapitel 2 indeholder præsentation af data, analyse og konklusioner vedrørende de tre programmets samlede resultater og effekter.
- › Kapitel 3 indeholder præsentationen af evalueringens formål samt en grundig metodebeskrivelse.
- › Resultater og konklusioner vedrørende EUDP kan læses i kapitel 4 og i Bilag A, som indeholder EUDP casestudierne.
- › Resultater og konklusioner vedrørende ForskEL kan læses i kapitel 5 og i Bilag B, som indeholder ForskEL casestudierne.
- › Resultater og konklusioner vedrørende ELFORSK kan læses i kapitel 6 og i Bilag C, som indeholder ELFORSK casestudierne.

## 1.2 Energistrategi 2050. Energi- og klimapolitikken som fælles grundlag for energiforskningsprogrammerne

Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets forsknings- og udviklingsprogrammer for ny energiteknologi, bestående af EUDP, ForskEL og ELFORSK, har til formål at støtte op om energiteknologisk forskning, udvikling og demonstration (FUD).

Målet med FUD programmerne er at effektivisere eksisterende løsninger samt udvikle nye løsninger, der endnu ikke har været afprøvede i større skala på markedet og/eller i sammenhæng med det eksisterende energisystem.

For nye energiteknologiske løsninger gælder det, at de må konkurrere med de konventionelle, etablerede og typisk billigere energiteknologier på markedet. Konkurrencen betyder, at kommercialiseringen af ny energiteknologi kan være en udfordring for virksomhederne. Et af målene med FUD programmerne er, at de skal støtte op om, at nye og innovative forskningsresultater kan udvikle sig til gode energiteknologiske løsninger, der kan markedsføres i større skala. Støtten fungerer som en form for økonomisk risikobærer, hvor staten i kraft af de tildelte midler påtager sig en del af virksomhedernes risici forbundet med investeringerne i nye energiløsninger. Ved på den måde at øge danske virksomheders incitament og risikovillighed til at investere i grøn omstilling, bidrager programmerne til at fastholde og udbygge Danmarks internationale styrkeposition på energiområdet.

Energi- og klimamålene er fastlagt igennem en række strategier og politiske aftaler med det overordnede mål at udvikle Danmark til et fossilfrit samfund i 2050. Visionen blev fastlagt i Klima- og Energiministeriets publikation fra 2011 *Energistrategi 2050* og videreført i et nyt oplæg til en langsigtet energipolitik – *Vores Energi* – udgivet af den tidligere regering i november 2011.

*Energistrategi 2050* og *Vores Energi* danner baggrund for den brede politiske aftale om energipolitikken frem til 2020 indgået i marts 2012<sup>1</sup>. Baggrunden var udsigten til stigende energipriser, der giver meromkostninger for både borgere og virksomheder. For at sikre virksomhederne og samfundet lavere omkostninger til energi og en fremtidig høj forsyningssikkerhed, blev det besluttet at satse på energieffektivisering og vedvarende energi. Med Energifaftalen er der igangsat en ambitiøs omstilling af det danske energisystem, hvor ca. halvdelen af Danmarks traditionelle elforbrug skal komme fra vind i 2020, hvor drivhusgasudledningen reduceres med 34% i 2020 ift. 1990, og hvor der er 35% vedvarende energi (VE) i energiforbruget i 2020.

Omstillingen af det danske energisystem sker ikke alene af hensyn til at sikre lave energiomkostninger og høj forsyningssikkerhed. Det sker også af hensyn til klimaet, hvor der er behov for en global indsats for at bekæmpe klimaforandringerne. Danmark bidrager til den globale indsats, bl.a. med reduktion af drivhusgasudledningen fra den danske energisektor. I EU har Danmark forpligtet sig til at nå flere klimamål. Drivhusgasudledningen skal reduceres med 20% i 2020 i forhold til

---

<sup>1</sup> Med støtte fra samtlige partier i Folketinget bortset fra Liberal Alliance.

2005-niveau. Andelen af det samlede energiforbrug, der skal komme fra vedvarende energi, skal være 27% inden 2020 og der skal sikres energieffektiviseringer svarende til en nedgang på 12,6%. Udmøntningen af Energifaften forventes at føre til en reduktion af drivhusgasudledningen med 34% - 37%<sup>2</sup> inden 2020.

### 1.3 Tre energiforskningsprogrammer: Samme overordnede mål – forskelligt fokus

Energiforskningsprogrammerne indgår som en del af det samlede danske forsknings- og udviklingssystem med både private og andre offentlige aktører. De tre programmer dækker alle den del af forskningsværdikæden, som vedrører anvendt forskning, udvikling, demonstration og markedsmodning, med forskellig vægtning. Programmerne vedrører altså ikke grundforskning (se beskrivelserne nedenfor).

Den samlede offentlige støtte til FUD på energiområdet har siden 2010 været på ca. 1 mia. kr. årligt (se Figur 1.1). Som det ses er bevillingerne til energiforskning faldet fra 1.071 mia. kr. i 2011 til 928 mio. kr. i 2014.

Figur 1.1 Samlede offentlige bevillinger til energiforskning (Ekskl. EU-bevillinger)



Kilde: Energiåret – Status 2015, s. 4. Dækker Innovationsfonden, FORSK VE, EUDP, ForskEL og ELFORSK

Det samlede danske forskningsbudget i 2014 var på 21,6 mia. kr. Energiforskningens andel af det samlede offentlige forskningsbudget udgjorde 4,4% i 2014 (se Tabel 1.1). Et fald fra 5,3% i 2011.

Tabel 1.1 Energiforskningens andel af det offentlige forskningsbudget (procent)

2005	2,4	2010	4,9
2006	2,7	2011	5,3
2007	3,0	2012	5
2008	3,3	2013	4,7
2009	4,1	2014	4,4

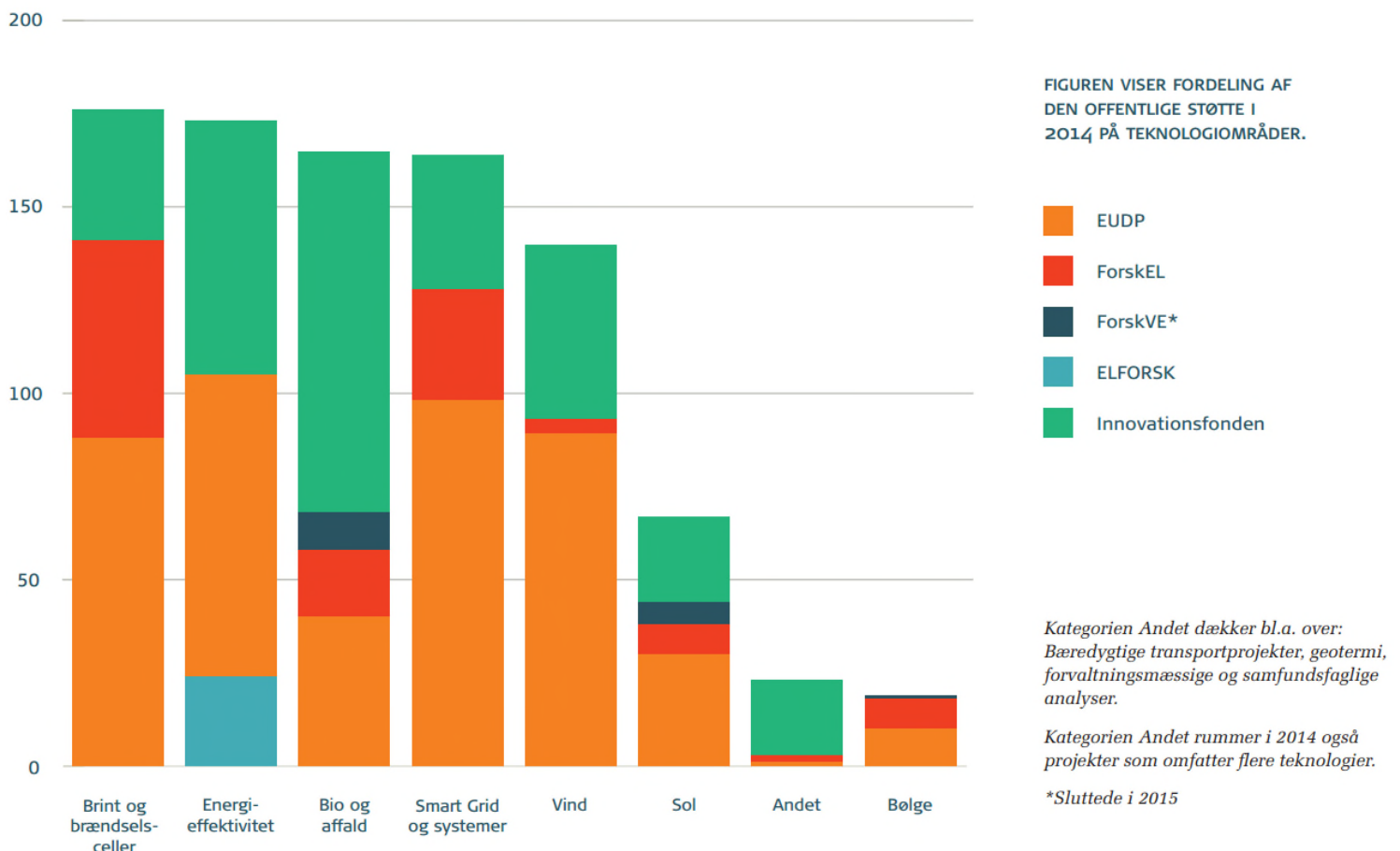
Kilde: Energiåret – Status 2015, s. 4. Dækker Innovationsfonden, ForskVE, EUDP, ForskEL og ELFORSK

<sup>2</sup> I februar 2014 indgik Socialdemokratiet, Det radikale Venstre, Enhedslisten, Socialistisk Folkeparti og de Konservative en aftale om at reducere Danmarks udledning af drivhusgasser med 40% i 2020 i forhold til 1990-niveauet.

Af de samlede offentlige bevillinger til energiforskning i 2014 på 928 mio. kr. udgjorde EUDP, ForskEL og ELFORSK i alt 555 mio. kr., eller ca. 60%. De tre programmers andel svarer til 2,6% af det samlede offentlige forskningsbudget i 2014.

De samlede offentlige energirelaterede FUD-bevillinger fordelte sig i 2014 på teknologiområder som vist i Figur 1.2. Forskning og udvikling inden for brint- og brændselsceller modtager de største bevillinger, tæt fulgt af energieffektivitet, bio og affald samt 'smart grid og systemer'.

Figur 1.2 Samlede offentlige energi FUD bevillinger fordelt på teknologiområder i 2014



Kilde: Energiåret – Status 2015, s. 5.

De tre programmer har i evalueringsperioden 2007-2014 bevilget i alt 3,77 mia. kr. i projektstøtte (se i øvrigt kap. 3). Bevillingerne vedrører i alt 608 projekter. Programmerne forfølger samme overordnede mål fra Energiaftalen men med forskelligt fokus:

**EUDP – Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram** – blev oprettet i 2007<sup>3</sup>. Det er det største af de tre programmer med et budget i 2014 på 400 mio. kr. EUDP skal sikre, at der gennemføres F&U projekter, som understøtter opnåelsen af de energipolitiske målsætninger om forsyningsikkerhed, hensyn til det globale klima og et renere miljø samt omkostningseffektivitet. Samtidig skal EUDP fremme udnyttelsen og udviklingen af erhvervspotentialer på området til gavn for

<sup>3</sup> Lov om Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (LOV nr 555 af 06/06/2007) med ændringer af 22.12.2010, som trådte i kraft 26.4.2011.)

vækst og beskæftigelse. EUDP er finansieret over finansloven, har en uafhængig bestyrelse og sekretariatsbetjenes af Energistyrelsen.

**ForskEL** er det ældste af programmerne. I 1998 besluttede Folketinget at opdele den danske elsektor i hhv. produktion, transport og salg af el. Energinet.dk blev etableret i 2005 til at varetage systemansvaret og i den forbindelse oprettedes ForskEL for at sikre koordination af den nødvendige forskning og udvikling på området. Hovedmålsætningerne for ForskEL-projekterne er:

- › Projekterne skal have et stort og dokumenteret potentiale for effekt på miljø og sikkerhed i forhold til elsystemet.
- › Projekterne udvælges hovedsagelig med udgangspunkt i relevans, kvalitet og potentiale, og støtten skal samtidig tjene til at afdække en finansiel og teknologisk risiko, der skal være betydelig.
- › Det er ambitionen, at projekterne leder til positive resultater og effekter for elsystemet eller afdækker ikke realiserbare teknologiske udviklingsveje.
- › At projekterne bidrager til udnyttelse og indpasning af miljøvenlige elproduktionssteknologier i elsystemet.

ForskEL er finansieret via PSO-tariffen og har et årligt budget på 130 mio. kr.

**ELFORSK** er oprettet i 2002 og er forpligtet til efter el-lovens § 22<sup>4</sup> at gennemføre den nødvendige forskning og udvikling for effektiv energianvendelse. ELFORSK er PSO-finansieret med en årlig ramme på 25 mio. kr. og administreres af et sekretariat hos Dansk Energi. ELFORSKs vigtigste mål er at bidrage til udviklingen af energieffektive teknologier, metoder og virkemidler, der nedbringer eller flytter energiforbruget. Det er en central opgave at udvikle energieffektive elbaserede alternativer til bygningsopvarmning, samt at energieffektivisere bygningsinstallationer og deres anvendelse samt søge at erstatte ineffektiv anvendelse af fossile brændsler i industriens processer med effektive elforsynende processer. Derudover har programmet også fokus på at fremme sidegevinster som 'drivere' for implementering af elbesparende og energieffektive teknologier.

For at skabe samordning mellem energiforskningsprogrammerne, fremlagde programmernes formænd i maj 2013 en handlingsplan for samordning af energiforskningsprogrammerne under Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, dvs. EUDP, ForskEL og ELFORSK. Nærværende evaluering af energiforskningsprogrammerne skal ses som et led i samordningen af programmerne.

---

<sup>4</sup> Flg. er gældende: BEK nr. 856 af 01/10/2001 og BEK nr. 1121 af 19/11/2004.

## 2 Samlet evaluering af energiforskning under Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet

Kapitel 2 indeholder evalueringens samlede konklusion på tværs af de tre programmer. Først præsenterer vi evalueringens hovedkonklusion i kapitel 2.1. Dernæst præsenteres de data og evaluators analyser, som konklusionerne er baseret på, i kapitel 2.2 (resultater) og i kapitel 2.3 (effekter, dvs. omsætning, eksport, beskæftigelse og grøn omstilling).

### 2.1 Samlet konklusion

Baseret på data fra evalueringen og evaluators analyser er det den overordnede konklusion vedrørende de tre energiforskningsprogrammer under Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, at:

- › Programmernes projekter bidrager til at skabe vækst, beskæftigelse og grøn omstilling i danske virksomheder og i det danske samfund generelt.
- › Evalueringen bekræfter resultater, som er dokumenteret af Danmarks Statistik og forskningskilder. Det er evaluators vurdering, at de betydelige private og offentlige investeringer i forskning, udvikling og demonstration, som de tre programmer er en del af, udgør en vigtig del af årsagen til (i) de betydelige fremskridt i dansk eksport af grøn energiteknologi, (ii) at vedvarende energi fylder stadig mere i det samlede danske energiforbrug og (iii) det forhold at dansk industri øger sin samlede produktion, samtidig med at det samlede energiforbrug er faldende.
- › Det er en meget væsentlig del af konklusionen, at programmerne i høj grad bidrager til at etablere netværk mellem offentlige og private aktører på energiområdet. Evaluator vurderer, at disse netværk udgør en uundværlig del af den videnudvikling, der finder sted, og er en forudsætning for den fortsatte udvikling af dansk industris konkurrenceevne på området.

I det følgende uddybes konklusionerne. Først vedrørende evalueringens resultater.

- › Det konkluderes, at projekterne når sine resultatmål. Et flertal af projekterne i programmerne opnår i meget høj grad (43%) eller i høj grad (42%) sine målsætninger, baseret på projektledernes egne vurderinger.
- › Evaluator konkluderer, at programmerne i høj grad fører til etablering af netværk og samarbejde mellem aktører på projekterne, der under andre omstændigheder ikke nødvendigvis ville samarbejde. Store industrivirksomheder med egne forskningsafdelinger er ofte vant til at samarbejde med universiteter og andre forskningsinstitutioner. I programmerne deltager imidlertid også en lang række mindre og mellemstore virksomheder uden samme erfaring, der oplever stort udbytte af det offentligt-privat samarbejde. Resultatet har vist sig i form af

en øget grad af tillid og vidensudveksling mellem parterne. Begge dele forudsætninger for en fortsat teknologisk udvikling og dansk industris konkurrenceevne.

- › Det kan konkluderes, at de tre programmer supplerer hinanden, på den måde at EUDP har størst fokus på kommercialisering af energiteknologier, ForskEL fokuserer på forskning relateret til produktion og distribution af el og ELFORSK fokuserer på forbrugerledet, blandt andet husholdningernes og industriens slutanvendelse af el.
- › Det er en af konklusionerne, at programmerne har en risikoafbødende effekt for de deltagende virksomheder og dermed også den additionalitet, der er til sigtet. Mere end halvdelen af projektlederne og –deltagerne (55%) angiver, at projektet ikke ville være gennemført uden den offentlige støtte, da det ville have været for risikofyldt.
- › Evaluatoren konkluderer, at programmerne bidrager til at forbedre forsyningssikkerheden i Danmark. Deltagerne i projekterne vurderer selv, at projekterne bidrager i meget høj grad (22%), i høj grad (28%) og i nogen grad (21%) til at forbedre forsyningssikkerheden.
- › Det konkluderes, at forskningen, der udarbejdes med støtte fra programmerne, er af høj international kvalitet målt på citationer. Programmerne bidrager hermed til, at Danmark på området for grøn energiteknologi ligger i den internationale topklasse. En position der har stor kommerciel værdi for danske virksomheder og det danske samfund.

Nedenfor følger en uddybning af konklusionerne vedrørende programmernes effekter<sup>5</sup> (bemærk at data og analyser præsenteres i afsnit 2.3):

- › Programmerne bidrager til at skabe vækst, beskæftigelse og grøn omstilling, som det også er nævnt i hovedkonklusionen ovenfor. Denne konklusion bygger på følgende data, som er yderligere uddybet og analyseret i afsnit 2.3:
  - › Blandt de afsluttede projekter er det på evalueringstidspunktet 31% af de deltagende virksomheder, der har realiseret en omsætningsfremgang, og 24% der har realiseret en beskæftigelsesfremgang som resultat af deltagelsen i projektet.
  - › Realiserede vækst- og beskæftigelseseffekter er rapporteret af i alt 91 forskellige virksomheder fra 80 forskellige projekter, der har modtaget i alt 292,4 mio. kr. i støtte. Effekterne kan ifølge de 91 virksomheder opgøres til en samlet realiseret meromsætning siden projektafslutning på 727,4 mio. kr. Heraf kommer 498,6 mio. kr. fra eksport. Meromsætningen har yderli-

---

<sup>5</sup> Det hører med til den samlede konklusion, at evalueringen, ligesom forskningen, har stået overfor måletekniske udfordringer med at etablere entydige kausalforhold mellem tilskud til et konkret projekt og de resultater og effekter, der rent faktisk realiseres. Det er en del af evaluators opdrag at bidrage med forslag til, hvorledes en fremtidig evalueringsindsats kan tilrettelægges. Dette foreligger i et separat notat.



gere resulteret i 382 nyansættelser og fastholdelser i virksomhederne. Der-til kommer, at virksomhederne forventer yderligere fremtidig vækst og beskæftigelse.

- › Casene indeholder en række konkrete eksempler på den praktiske betydning af dette for virksomhedernes konkurrenceevne og grøn omstilling.
- › Data fra evalueringen, samt en lang række danske og internationale evidensbaserede undersøgelser, dokumenterer, at investeringer i FUD har samfundsmæssig værdi, hvilket blandt andet kan aflæses i vækst og beskæftigelseseffekter.
- › I alt 80 respondenter fra 59 projekter svarer, at deres projekt allerede i slutfasen har ført til forbedret energieffektivitet, reduceret CO<sub>2</sub>-udledning, og øget forsyningssikkerhed og/eller omkostningseffektivitet. Af de 98 afsluttede projekter, der har arbejdet med at udvikle en konkret teknologi, har 45% angivet, at det produkt eller den ydelse/proces, der arbejdes med, vil føre til en mere effektiv produktion af primær energi.
- › Det er evaluators konklusion, at man skal være varsom med at vurdere programmernes værdi for ensidigt i forhold til deres effekt på vækst, beskæftigelse og grøn omstilling. Andre resultater er på kortere sigt mindst ligeså vigtige, f.eks. netværksdannelse mellem offentlige og private aktører, forskningsresultater af høj kvalitet, additionalitet og forsyningssikkerhed. Følgende ræsonnementer ligger bag (se i øvrigt data og analyse i kapitlerne 2.2 og 2.3):
  - › Mange af de involverede projekter er forsknings- eller udviklingsprojekter, hvilket er i tråd med programmernes mandat. Evaluators analyse viser, at modningstiden for denne type projekter – dvs. den tid, der skal til før projekternes resultater slår igennem som vækst, beskæftigelse og grøn omstilling - ofte er mere end 10 år.
  - › Evalueringen leverer flere konkrete eksempler fra de deltagende virksomhederne på, at de teknologier, processer og ydelser, som programmerne støtter, er komplekse og sammenhængende. Et projekt kan levere succesfulde resultater, som i sig selv alene udgør en nødvendig del af eller forudsætning for at en anden teknologisk eller praktisk produktionsmæssig udfordring kan løses. Det er først, når kombinationen af de forskellige udfordringer er løst, at de fulde effekter i form af omsætning, eksport og beskæftigelse samt grøn omstilling kan slå igennem. Det er for evaluator derfor heller ikke overraskende, at ikke alle projekter kan rapportere sådanne effekter.
  - › Eksempelvis peges der i evalueringen på, at 49% af de virksomhedsdeltagere, der regner med væksteffekter, tidligst forventer, at de første omsætnings- og beskæftigelseseffekter viser sig 2-5 år efter projektafslutning. Desuden regnes der med, at der derfra vil gå yderligere 3,3 år før produktet/processen/ydelsen er veletableret på markedet.

- › For flertallet af projekterne ligger effekterne af en grøn omstilling et godt stykke ude i fremtiden. Selv for de 59 afsluttede projekter, som på evalueringstidspunktet har realiseret grønne omstillingseffekter i form af forbedret energieffektivitet, reduceret CO<sub>2</sub>-udledning, forsyningssikkerhed og/eller omkostningseffektivitet, er der en 'modningsperiode'. Af de allerede afsluttede projekter svarede 61%, at der gik op til et år efter projektafslutningen før effekterne begyndte at vise sig, mens 30% oplyste, at der gik 2-5 år.

I kapitlerne 2.2 og 2.3 nedenfor redegøres for de data og analyser, som ligger til grund for konklusionerne.

## 2.2 Programmernes resultater

De tre programmets andel af de samlede offentlige forskningsmidler i 2014 udgjorde 2,3%. I evalueringstiden, der dækker seks år fra 2007-2014, har programmerne støttet med i alt 3.77 mia. kr. Spørgeskemaundersøgelsen omfatter 407 projekter, der tilsammen har modtaget 1,74 mia. kr. i støtte (se afsnit 3.3.1 for en detaljeret redegørelse for tallene).

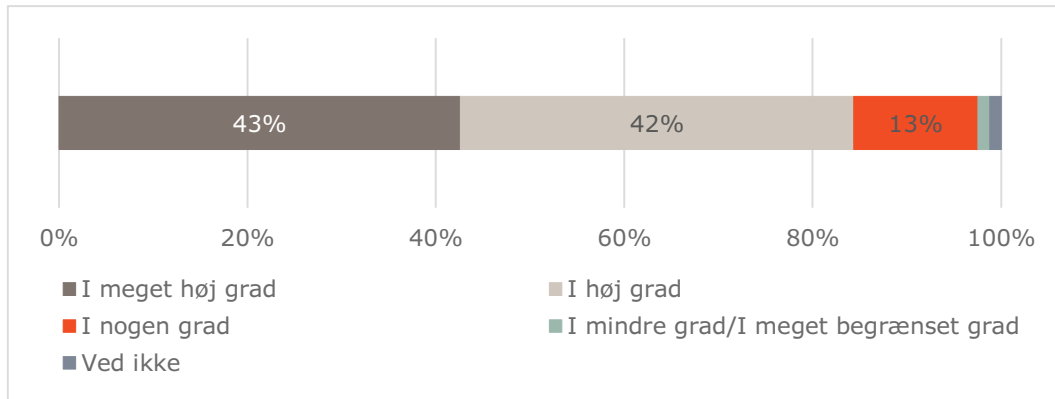
I de følgende afsnit præsenteres data og analyse for henholdsvis:

- › De overordnede resultater
- › De tre programmets samspil og forskningsværdikæden
- › Programmernes bidrag til risikoafdækning og additionalitet
- › Programmernes bidrag til forsyningssikkerhed
- › Programmernes bidrag til at etablere netværk, OPS og andre former for partnerskaber og internationalt samarbejde
- › Programmernes resultater relateret til forskning

### 2.2.1 Overordnede resultater

Kigger man snævert på projekterne og måler deres resultater i forhold til de oprindelige målsætninger, vurderer projektlederne selv, at projekterne er succesfulde. 43% svarer, at de i meget høj grad er lykkedes og 42% svarer, at de i høj grad er lykkedes (se Figur 2.1).

**Figur 2.1** I hvor høj grad vurderer du, at projektet er lykkedes sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?

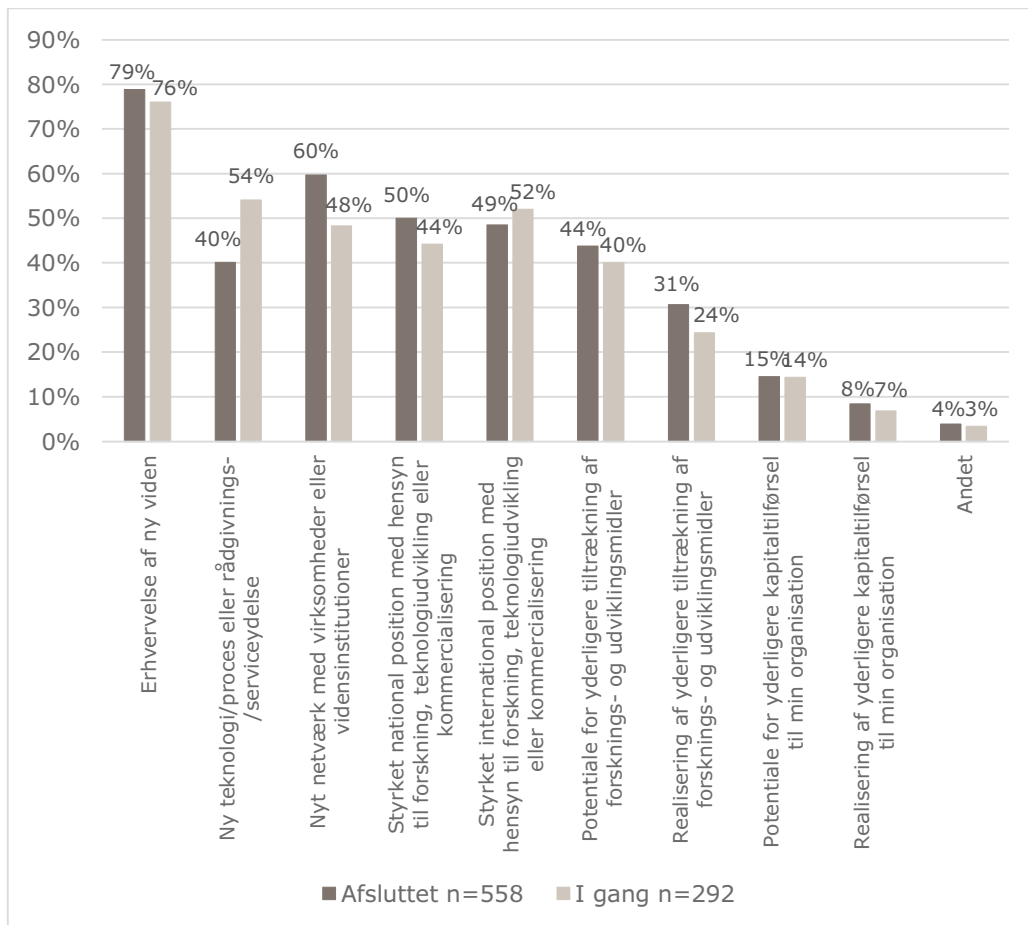


Note: Baseret på 194 projektlederes svar (afsluttede projekter). Svarene er vægtet ift. støtstens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Evalueringen viser også, hvilken type resultater projekterne opnår. Som det fremgår af Figur 2.2, er det for de afsluttede projekter først og fremmest resultater relateret til ny viden (76%), nyt netværk (60%), styrket national position (50%) og styrket international position (49%), der er skabt i projektperioden.

**Figur 2.2** Hvilke resultater vurderer du, at projektet har skabt undervejs i projektperioden eller umiddelbart efter projektets afslutning i din virksomhed/organisation?



Note: Baseret på 850 projektlederes og -deltageres svar (afsluttede og igangværende projekter). Hver respondent kan have angivet flere svar, hvorfor andelen ikke summer til 100.

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

For de igangværende projekter<sup>6</sup> ser vurderingerne lidt anderledes ud. De vigtigste (foreløbige) resultater er ny viden (79%), ny teknologi/ydelse/proces (54%), styrket international position (52%) og netværk (48%).

Netværksdannelse er således et af de vigtigste resultater (resultatet uddybes yderligere i afsnit 2.2.2 nedenfor). Derudover er erhvervelse af ny viden det vigtigste resultat, hvilket interviews foretaget i forbindelse med evalueringens casestudier også viser:

- › *"Det betyder noget for Aarhus Vand at have F&U-projekter. Det borger for en vis forskningsmæssig kvalitet og anvendelse af ny viden i stedet for udelukkende at optimere eksisterende systemløsninger... Støtten er vigtig for at kunne få andre parter – f.eks. rådgivere og universiteter – med på projekterne" (FO7, Pia Jacobsen, Aarhus Vand).*
- › *"Et vigtigt resultat af projektet er den forbedrede viden om materialer, hvilket er dokumenteret ved, at der blev publiceret artikler undervejs i projektet" (FO6, Karin Vels Hansen, DTU Energi).*

Projekterne opnår deres målsætninger og der udvikles ny viden og netværk. Endnu et overordnet resultat vedrører de stillinger, der er skabt for projektstøtten og egenfinansieringen i projektperioden<sup>7</sup>. Afsluttede og igangværende projekter har skabt i alt 1.810 stillinger (i virksomheder, universiteter og forskningsinstitutioner), som et resultat af den modtagne støtte og egenfinansieringen. Disse stillinger er i udgangspunktet midlertidige, da de er direkte afhængige af projektaktiviteten.

Kigger man snævert på antallet af forskerstillinger, er der blandt både igangværende og afsluttede projekter skabt i alt 217 forskerstillinger, jf.

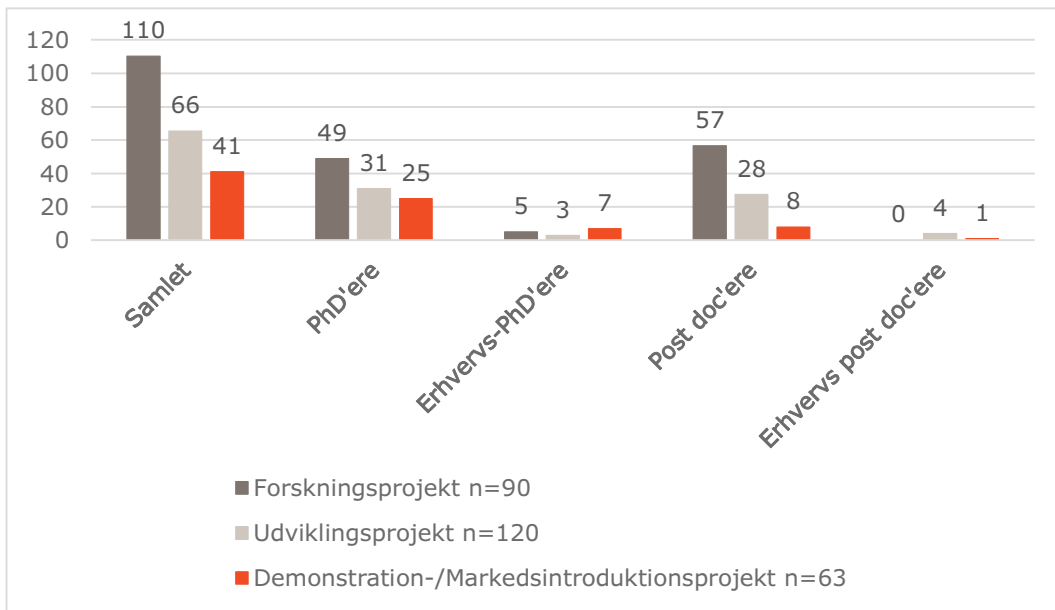
---

<sup>6</sup> Evalueringen omfatter igangværende projekter for EUDP og ELFORSK, men ikke for ForskEL.

<sup>7</sup> Der skelnes i evalueringen mellem beskæftigelses *effekter*, dvs. på den ene side nye eller fastholdte stillinger skabt i kraft af de produkter/ydelser/processer, som projekterne udvikler (se afsnit 2.3 om effekter) og på den anden side stillinger som skabes i projektperioden som et *resultat* af projektstøtten.

Figur 2.3 nedenfor.

Figur 2.3 *Hvor mange forskerstillinger blev/bliver i alt etableret i direkte forbindelse med projektet, både i din egen virksomhed/institutioner og hos de øvrige projektdeltagere? (antal stillinger)*



Note: Baseret på 273 projektlederes svar (afsluttede og igangværende projekter)

To projektledere har ikke angivet svar på spørgsmålet

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

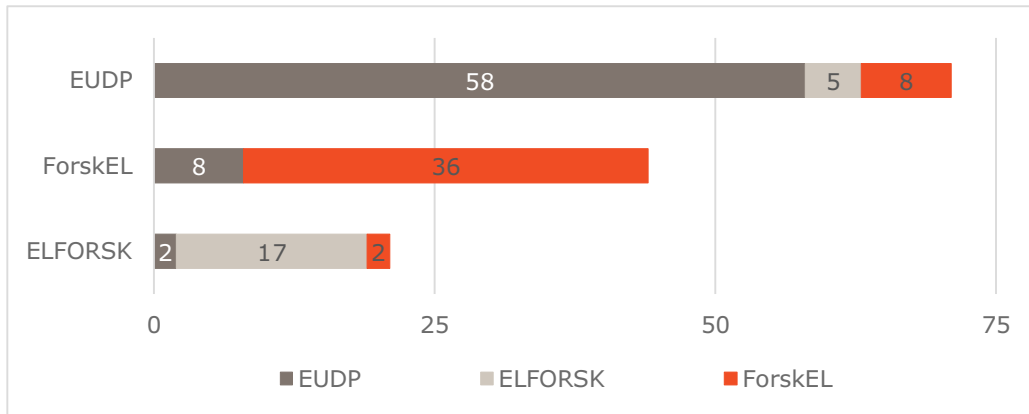
Som man kan se af figuren skaber forskningsprojekterne ikke overraskende de fleste forskerstillinger i projektperioden (110 stillinger), mens udviklings- (66 stillinger) og demonstrationsprojekterne (41 stillinger) generer lidt færre forskerstillinger.

## 2.2.2 Samspelet mellem de tre programmer og forskningsværdikæden

En lang række projekter bygger videre på et eller flere tidligere projekter, som har fået offentlig støtte, som oftest fra det samme program. I alt har 159 projektledere indikeret, at deres projekt bygger videre på et tidligere offentligt støttet projekt (se Figur 2.4):

- › 71 afsluttede eller igangværende projekter bygger videre på et projekt, som fik støtte fra EUDP. Af dem får 58 også i dag støtte fra EUDP, 8 får fra ForskEL og 5 får fra ELFORSK.
- › 44 afsluttede eller igangværende projekter bygger videre på et projekt, som fik støtte fra ForskEL. 36 projekter får også i dag støtte til nye projekter fra ForskEL, mens 8 projekter får støtte til et nye projekter fra EUDP.
- › 21 projekter har tidligere fået støtte fra ELFORSK. 17 projekter får også i dag støtte til et nye projekter fra ELFORSK, mens 2 projekter får støtte til nye projekter fra EUDP og 2 projekter fra ForskEL.

Figur 2.4 Hvilken støtteordning modtog det tidligere projekt finansiering fra? (Antal projekter)



Note: Baseret på 159 projektlederes svar (afsluttede og igangværende projekter)

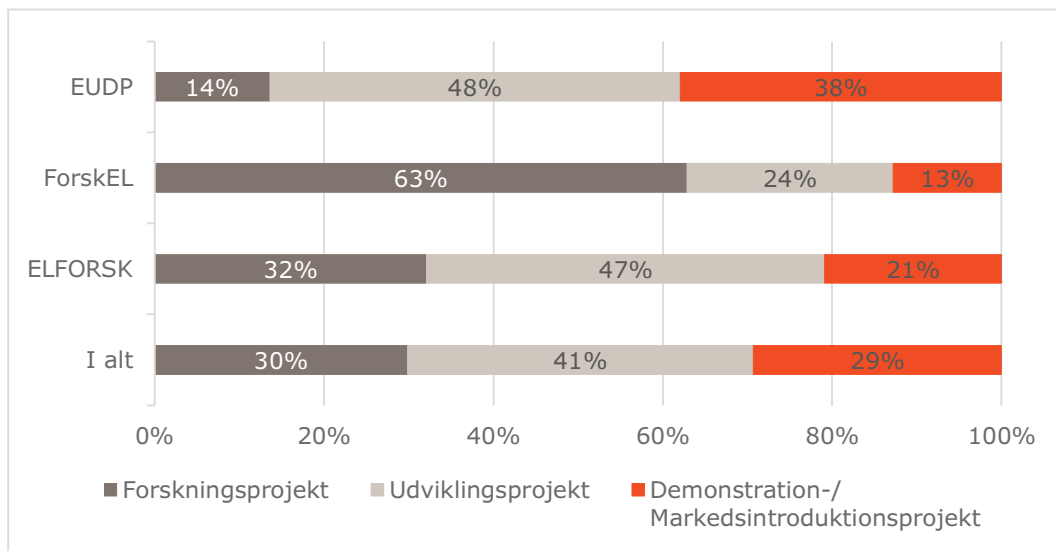
Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Et relevant spørgsmål i den sammenhæng er, om vi har at gøre med 'professionelle støttemodtagere', som er dygtige til at skrue ansøgninger sammen, og derfor modtager støtte gentagne gange. Data fra case-materialet peger dog på, at det ikke er tilfældet. Der sker ofte en progression fra en ansøgning til den næste. Projektresultater rejser nye spørgsmål, som man ønsker at løse ved at gå i gang med et nyt projekt. Det peger følgende udsagn bl.a. på:

- › Projektet er blot ét "projekt i en længere række af internationale projekter, der behandler emnet rebound... SBi har i dag et 5-årigt projekt, kaldet "UserTEC" som har modtaget 17 mio. kr. i støtte fra Innovationsfonden, hvor der arbejdes videre med mange af de samme tankegange som i varmepumpeprojektet. Vi tager skridtet videre og går i dybden med, hvordan man kan adressere rebound" (EL1, Kirsten Gram-Hanssen, SBi).
- › "Der kommer ofte inspiration fra et projekt til et andet, uden at der nødvendigvis er et direkte link mellem projekterne... Det roadmap, der blev udarbejdet i projektet, kortlagde de teknologiske udfordringer inden for vingedesign og skitserede fremtidige relevante arbejdsområder. Roadmappen vil således ligge til grund for nye projekter, da det peger på, hvad vi skal bygge videre på" (EU10, Kim Branner, DTU Vindenergi).

Et andet relevant spørgsmål er, om de tre programmer supplerer hinanden på en måde, der muliggør, at relevante projekter kan søge midler gennem et af de tre programmer, alt afhængig af, om fokus er på forsknings-, udviklings- eller demonstrations/markedsmodningsfokus? En indikation for, om det forholder sig sådan, får man ved at se på programmernes relative fokus på henholdsvis forskning-, udvikling- eller demonstrations/markedsmodning. Figur 2.5 nedenfor viser projektledernes egen vurdering af deres projekts karakteristika. Som det fremgår, støtter EUDP primært udvikling (48%) og demonstration (38%), ForskEL støtter primært forskning (63%), og ELFORSK støtter primært udvikling (47%) og forskning (32%).

Figur 2.5 Fordeling på projekttyper – Alle tre programmer



Note: EUDP baseret på 126 og ELFORSK på 53 projektlederes svar (afsluttede og igangværende projekter). ForskEL baseret på 94 projektlederes svar (afsluttede projekter). Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Det er evaluators vurdering, at programmerne supplerer hinanden qua deres fokus på forskellige energiteknologier. Jf. Figur 1.2 i kapitel 1. Det skal bemærkes, at figuren viser situationen for 2014, og at fokus ændrer sig fra år til år. Ikke desto mindre er det en indikation på, at programmernes har forskelligt fokus.

Det fremgår yderligere af data, at programmernes forskningsresultater, i form af publikationer, har forskelligt teknologifokus (se Tabel 2.1):

- › 70 ud af 100 publikationer fra EUDP-støttede projekter vedrører brint og brændselsceller (25 publikationer) og sol (45 publikationer).
- › 129 ud af 149 publikationer fra ForskEL-støttede projekter vedrører brint og brændselsceller (78 publikationer) og bio og affald (51 publikationer).
- › Alle 14 publikationer fra ELFORSK vedrører energieffektivitet.

Tabel 2.1 Internationalt publicerede artikler fordelt på energiområde

Energiområde	EUDP	ForskEL	ELFORSK	Total
Bio og affald	9	51		60
Brint og brændselsceller	25	78		103
Bølge		2		2
Energieffektivitet	5		14	19
Smart Grid og systemer		3		3
Sol	45	8		53
Vind	14	5		19
Andet	2	2		4
Sum	100	149	14	263

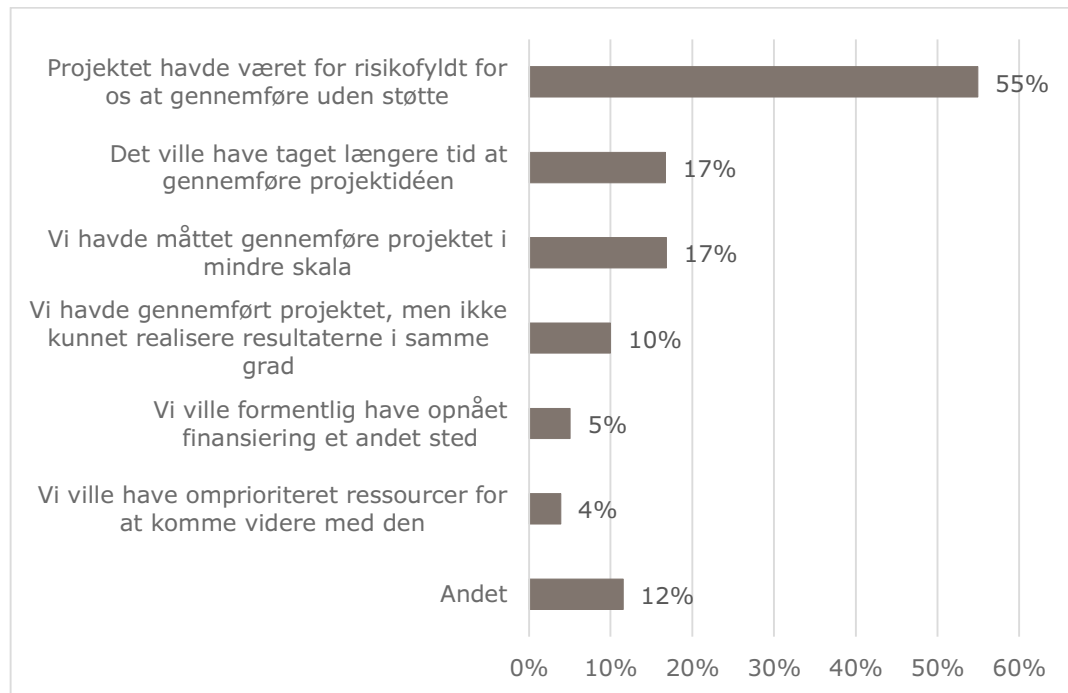
Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015 baseret data fra Scopus



### 2.2.3 Additionalitet og risikoafdækning

I forhold til additionalitet og risikoafdækning viser evalueringens data, at mere end halvdelen af projekterne (55%) ikke ville være gennemført uden den offentlige støtte, da det vurderes at have været for risikofyldt. En række projekter ville sandsynligvis være gennemført uden den offentlige støtte (se Figur 2.6). Disse vurderes dog at ville have taget længere tid (17%), være udført i mindre skala (17%) eller ikke at kunne være blevet realiseret i samme omfang (10%).

Figur 2.6 *Ville projektidéen efter din opfattelse være blevet gennemført, hvis projektet ikke havde modtaget støtte?*



Note: Baseret på 850 projektlederes og -deltageres svar (afsluttede og igangværende projekter). Hver respondent kan have angivet flere svar, hvorfor andelen ikke summer til 100. Respondenter, der har angivet, at "projektet havde været for risikofyldt for os at gennemføre uden støtte" har ikke samtidig kunne angive andre svarmuligheder.

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Støtten kan således bidrage til at afbøde den risiko, der for virksomheder ofte er forbundet med investeringer i forskning og udvikling. På den måde giver støtten additionalitet. Det gælder for eksempel i nedenstående case-eksempler:

- › "Uden støtten ville projektet have taget længere tid at gennemføre og muligvis være gennemført i mindre skala. Støtten muliggjorde at intensivere udviklingsarbejdet med henblik på at have en første version af gærstammen klar til demonstration i december 2009 i forbindelse med COP15... Investeringssmidler fra Syddansk Teknologisk ... gjorde det muligt at starte virksomheden. Det, sammen med den kendsgerning at virksomheden har modtaget støtte fra EUDP og har et godt forankret netværk, har fungeret som en slags blåstempling, der har gjort det muligt for Terranol at tiltrække endnu en investor." (EU2, Birgitte Rønnow, Terranol).
- › "Intentionen var at skubbe en udvikling i gang i retning af større solfangeranlæg i Danmark, således at lagerkapaciteten i fjernvarmen på sigt kan fungere som aftager af "overskudsstrøm" fra vindmøllerne. Dronninglund Fjernvarme er forbrugerejet. Det ville ikke have været muligt uden støtten

at få opbakning til at påtage sig den finansielle risiko, som projektet indebærer" (EU3, Carsten Møller Nielsen, Dronninglund Fjernvarme).

- › "Jeg tvivler på, at produkterne var kommet så hurtigt på markedet, hvis ikke projektet havde fået EUDP-støtte. Det er vigtigt at kunne bevise over for aftagerne, at produkterne virker og kan opnå de ønskede energibesparelser" (EU8, Per Henrik Pedersen, Teknologisk Institut).
- › "Projektet var CeramicSpeeds første projekt med offentlig støtte ... Vi kunne måske også have fundet finansiering andet steds, men det havde signalværdi, at pengene kom fra et energiforskningsprogram, hvor der bl.a. er fokus på energibesparelser. Vi har ikke skullet ud og eftervise, at vi er legitime" (EL2 – Elbesparende kuglelejer, projektdeltager Bøje Schaumann Kjær, CeramicSpeed).

Et aspekt af risikoafdækning og additionalitet er, at en vis procentdel af projekterne i princippet skal fejle. Ellers påtager programmerne sig ikke en stor nok risiko. Omvendt kan programmerne ikke bevilge støtte til projekter, som ville være gennemført alligevel.

15% af projektlederne svarer, at de enten ikke ved, eller at de kun i nogen grad, i mindre grad eller i meget begrænset grad når målsætningerne (se Figur 2.1). Programmerne har ikke succeskriterier for hvor stor en 'fejlpcent', der kan accepteres. Umiddelbart er det evaluators vurdering, at programmerne har et vist niveau af risikovillighed – og at 'fejlpcenten' ikke er for høj. Selve det 'at fejle' kan i sig selv være et acceptabelt resultat, fordi al forskning jo bl.a. drejer sig om at eliminere muligheder gennem trial-and-error.

Støttemodtagerne er villige til at indrømme, at der ikke kom noget, eller kun meget lidt, ud af deres projekt, jf. også følgende citat:

- › "Projektet var kun i mindre grad en succes. [...] Enhver forskning er jo gæt, og man kan i sagens natur ikke forudse alle de problemer, der opstår undervejs. I det konkrete projekt stødte vi på nogle praktiske problemer [...] Projektet var meget lærerigt [...] vi er takket været projektets problemer i dag klogere. [...] Der kan være et godt team og en god idé, og så kan projektet alligevel godt floppe. Og det er ikke flovt, når blot man tager læringen til sig" (EL6, Anne Bay, Dansk Center for Lys).

Projektansøgninger, som får afslag

Evaluator har haft til opgave specifikt at undersøge, hvad der sker med afviste ansøgere. Der er i case-undersøgelsen taget kontakt til fem afviste projektansøgere for at illustrere, hvilke veje ansøgerne vælger at gå efter afslag. I evalueringen er der bevidst valgt projektansøgere, hvis projekt ifølge sekretariatene ikke kom gennem nåleøjet, hovedsageligt fordi støttemidlerne er begrænsede eller fordi projektet ikke var fokusområde i den pågældende støtterunde eller pulje.

Analysen viser, at projektansøgerne i alle fem tilfælde er fortsat med at forfølge deres idéer, omend på meget forskellig vis, som det også er redegjort for nedenfor:

- › Én mulighed er, at selve projektet er opgivet, men at idéen fortsat forfølges: '**Udvikling af metoder til energirådgivning af små og mellemstore virksomheder**' (342-002) indsendt i 2010 havde til hensigt at udvikle og afprøve nye tilgange til at få små og mellemstore virksomheder (SMV'er) til at efterspørge og bruge energirådgivning samt at realisere angivne besparelser. Desuden skulle projektet få energispareaktørerne til i højere grad at interessere sig for

SMV'er, da energispareindsatsen over for disse har været stærkt begrænset. Partnerskabet bestod af Håndværksrådet og Lokalenergi Handel. Selve projektet er efterfølgende opgivet, selvom Håndværksrådet stadig arbejder aktivt for at få aktører på banen med henblik på energirådgivning i SMV'er, som ifølge Henrik Lilja er meget lavt prioriteret både politisk og i de relevante administrative organer.

- › En anden mulighed at parterne, der har lavet ansøgningen, forbedrer den og søger igen. Samtidig bevirker ændrede rammevilkår, at projektets økonomi i anden ansøgningsrunde er stærkere:

**'Efficient incorporation of wind power in district heating systems'** (64010-0480) indsendt i 2010 havde til hensigt at udvikle løsninger for udnyttelse af søvand til fjernvarmeproduktion via en varmepumpe. Teknologisk Institut var projektansvarlig og projektteamet bestod af en bred kreds af rådgivere, leverandørvirksomheder og institutioner. På opfordring fra sekretariatet uddybes de kommercielle aspekter i en ny ansøgning i 2011 (64011-0349), bl.a. for firmaet Boatech, som skulle stå for leverancer til og installation af søvandsdelen. Desuden blev der i 2011 søgt et mindre støttebeløb end i 2010, da el-afgifterne for strøm til varmepumper i mellemtiden var blevet sænket, så projektets økonomi dermed så bedre ud. Det nye projekt blev accepteret.

I mellem disse to projekter, ligger de tre andre projekter. Ansøgerne har her valgt at søge andre støttepuljer eller at fortsætte med delelementer af projektet på anden vis:

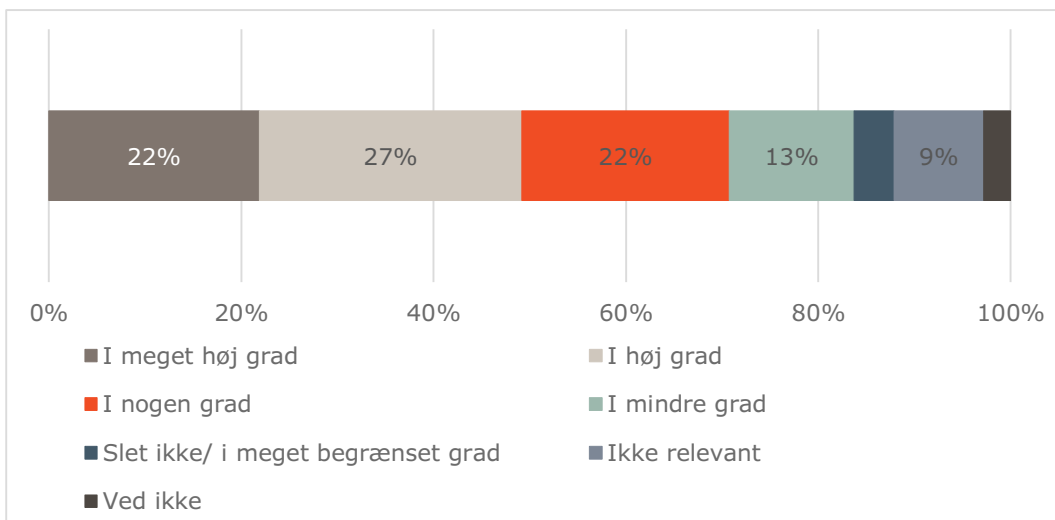
- › **'DEAP as an Energy Harvesting Technology'** (64010-0079), indsendt i 2010, havde til hensigt at demonstrere, at dielektriske elektroaktive polymerer (DEAP) kan anvendes til at generere energi ved praktisk anvendelse i fx et bølgekraftanlæg. Forud for ansøgningen var der ansøgt om patenter på opfindelser med anvendelse af DEAP-teknologien. I ansøgningen stod Danfoss Polypower som hovedkraften på projektet, der også havde deltagelse af Aalborg Universitets Institut for Energiteknologi samt Syddansk Universitet. Efter afslaget fra EUDP søgte partnerskabet midler fra Højteknologifonden til et lignende men mere omfattende projekt, som blev godkendt og gennemført i perioden 2011-15. Hans-Erik Kiil, Danfoss Polypower, mener i dag, at en forklaring på, at der ikke blev bevilliget støtte fra EUDP, er, at der nærmere var tale om grundforskning end demonstration. Projektets mål om at demonstrere teknologien i praktisk anvendelse var urealistisk på daværende tidspunkt. Højteknologifonden passede bedre til projektet, da den i højere grad støtter grundforskning.
- › **'Næste generation af affaldsfyrede kedler'** (10652), indsendt i 2011, havde til hensigt at forbedre elvirkningsgrader og forbrændingsforhold i affaldsforbrænding, bl.a. ved at se på aske- og slaggerdannelse og korrosionsforhold i kedler m.v. En del af indholdet var eksperimentelt og indeholdt afprøvning af nye målemetoder. Projektpartnerskabet blev anført af DTU Kemiteknik på vegne af et konsortium med såvel affalds-værker, rådgivere og leverandører, hvor Babcock & Wilcox Vølund havde en stor rolle. Projektet skulle bygge videre på resultater opnået i flere tidligere ForskEL-projekter, men fik afslag. Der blev efterfølgende søgt støtte til projektet fra Det Frie Forskningsråd Teknik og Produktion (FTP), Højteknologifonden og Det Strategiske Forskningsråd, men også her uden resultat. Flemming Frandsen, DTU Kemiteknik, mener, at en af årsagerne til, at projektet ikke blev tildelt støtte var, at projektet er mere driftsrelateret end typisk støttede projekter. En del af projektets elementer er dog senere brugt i andre sammenhænge. F.eks. i et projekt med Vølund, der søges støttet af Innovationsfonden, samt som del af et større projekt, der støttes af European Research Area Network (ERA-net).

- › **'IndEx Tool – Software for optimering af energisystemer i industrielle processer – Fase 1 Behovsanalyse og grundlagsskabelse'** (343-062), indsendt i 2011, havde til hensigt at udvikle et let tilgængeligt software værktøj, som kunne være en støtte i beslutninger om konkrete tiltag til procesoptimeringer og energiprojekter i procesindustrivirksomheder. Projektpartnerskabet bestod af DTU Mekanisk Teknologi, rådgivningsfirmaet Viegand & Maagøe, Arla Foods samt to andre industrivirksomheder. Der er ikke søgt støtte til lignende projekter fra andre sider, men projektets idé er efter afslaget forsøgt videreført gennem andre aktiviteter, herunder nogle eksamensprojekter. Endvidere er der i 2014 givet en intern bevilling til et PhD-projekt, der skal arbejde mere videnskabeligt med samme problemstilling. Dette kan eventuelt være med til at dokumentere, at der stadig findes et behov for et konkret værktøj, og kan dermed måske skabe et grundlag for en ny ansøgning om støtte.

## 2.2.4 Forsyningssikkerhed

Formålet med evalueringen er blandt andet at analysere programmernes bidrag til forsyningssikkerhed. Spørgeskemaundersøgelsen indeholder derfor også et spørgsmål til dette. Det er projektdeltagernes vurdering, at projekterne bidrager til at forbedre forsyningssikkerheden i Danmark, jf. Figur 2.7 nedenfor.

Figur 2.7 I hvor høj grad vil projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret - efter din vurdering kunne bidrage til at forbedre forsyningssikkerheden?



Note: Baseret på 275 projektlederes svar (afsluttede og igangværende projekter)

Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

22% af projektlederne vurderer, at deres projekt i meget høj grad vil bidrage til at forbedre forsyningssikkerheden, 28% vurderer, det i høj grad vil bidrage og 21% mener, at projektet i nogen grad vil bidrage. Følgende eksempel fra evalueringens case materiale viser, hvordan et projekt bidrager til forsyningssikkerhed:

- › "[Den udviklede metode] hjælper til, at der stilles korrekte specifikationer for elkompneter til vindmøller og dermed opnås et mere pålideligt system, hvorved risici for udskiftning af komponenter reduceres... Den gør det muligt at forudse, hvad der kan ske i komplekse elsystemer og dermed mindske risikoen for uforudsigelige uheldsmæssige hændelser i elsystemet" (FO1 – Elektriske hovedkomponenter i vindmøller, Joachim Holbøll, DTU Elektro).

Evalueringen bekræfter således oplysninger, der i øvrigt foreligger fra for eksempel Energistyrelsen vedrørende elforsyningssikkerheden<sup>8</sup>:

- > *"Ved elforsyningssikkerheden forstås 'sandsynligheden for, at der er el til rådighed for forbrugerne, når den efterspørges'. Elforsyningssikkerheden i Danmark er i dag godt 99,99%.... Mangel på el-produktionskapacitet i Danmark har ikke i historisk tid bidraget til manglende levering af el til forbrugerne... Danmark har høj elforsyningssikkerhed i en international sammenligning" (Fra Elforsyningssikkerhed i Danmark, Energistyrelsen, juli 2015).*

## 2.2.5 Netværk og samarbejder

Dannelse af netværk og samarbejdsrelationer på energiteknologiområdet er ifølge projektejernes egne udsagn et af de væsentlige og meget værdifulde resultater af de tre forskningsprogrammer. En væsentlig styrke ved de tre programmer er deres evne til at skabe samarbejde og netværk mellem private virksomheder, forskningsinstitutioner, GTSer og universiteter. Følgende udsagn vidner om dette:

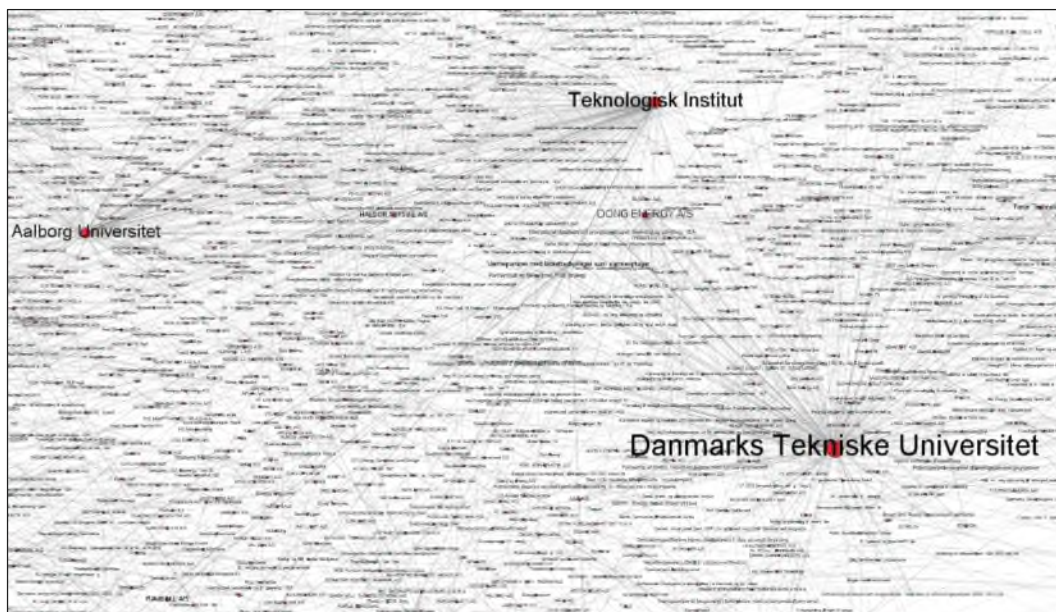
- > *"Omfanget af IT-Energys involvering begrænsede sig således til under en mandmåned, og IT-Energys udbytte af projektet var derfor især, at projektet var en lejlighed til at bekræfte og aktivere eksisterende samarbejdsnetværk" (EL1, Troels Fjordbak Larsen, IT-Energy).*
- > *"Brint- og brændselscelleområdet er på et udviklingsstadium, der kræver tæt tilknytning til forskning og udvikling og måske endda grundforskning. Derfor er det en fordel, at testcentret har et tæt bånd til universitetsmiljøet" (EU5, Anke Hagen, DTU Energikonvertering).*

Figur 2.8 indeholder et netværksskema for de tre programmer. Figuren illustrerer, at programmerne etablerer mange netværk, herunder offentligt-privat samarbejde mellem flere aktører: industri, universiteter, forskningsinstitutioner og GTSer. Hver prik repræsenterer en aktør, som er involveret i et eller flere projekter, mens stregerne repræsenterer de relationer, aktørerne indgår i. Størrelsen af prikkerne indikerer antallet af netværk, den enkelte aktør indgår i. Som skemaet viser, indgår videnskabelige institutioner i flest netværk, hvorfor de også udgør de største prikker: DTU, Teknologisk Institut (TI) og Aalborg Universitet er de tre institutioner, der i projekterne indgår i flest netværk med virksomheder og offentlige institutioner. Dette er således helt i tråd med programmernes formål om at skabe privat-offentligt samarbejde og inddragelse af GTSer (TI).

---

<sup>8</sup> Elforsyningssikkerheden er naturligvis alene en delmængde af den samlede forsyningssikkerhed, som også inkluderer varme- og transport forsyningssikkerhed. Det er medtaget her som en indikator på at programmerne bidrager til den samlede forsyningssikkerhed.

Figur 2.8 Netværkskort for de tre programmer: Aktører og relationer



Kilde: COWI/EA Energianalyse/Damvad Analytics, 2015

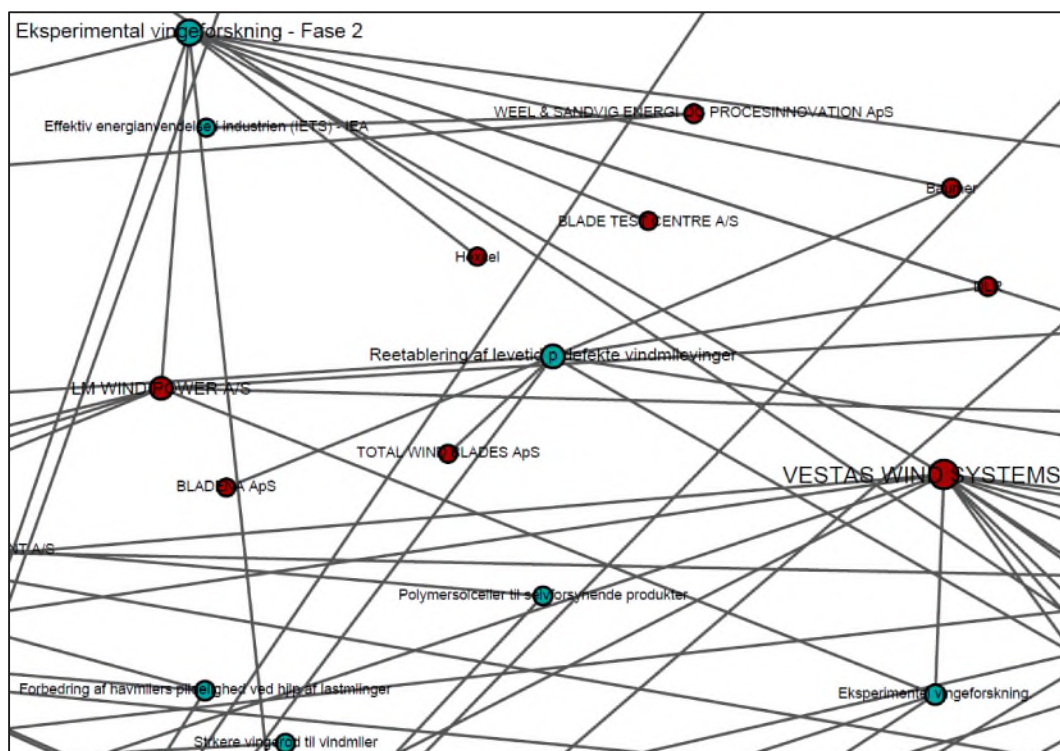
Note: Netværkskortet illustrerer samarbejdskonstellationer blandt brugerne af energiordningerne og viser ikke fordelingen af midler.

Tallene bag figuren viser, at 63% af alle deltagere i energiprogrammernes projekter er virksomheder. Blandt de deltagende virksomhederne er over halvdelen (56%) virksomheder med under 50 ansatte. Virksomhederne deltager ofte kun i et eller nogle få projekter. Derfor ses de kun som små prikker på kortet.

For at illustrere netværk på 'mikro-plan' er der i Figur 2.9 zoomet ind på et område af netværkskortet. Figuren viser EUDP projekter inden for vindområdet (de blå prikker) samt deltagerne i disse projekter (de røde prikker). Figuren viser eksempelvis projekterne 'Eksperimental vingeforskning', 'Reetablering af levetid på defekte vindmøllevinger' og 'Forbedring af havmøllers pålidelighed ved hjælp af lastmålinger'. Blandt deltagere i projekterne er virksomheder som LM Windpower, Total Wind Blades, Blade Test Centre og Vestas<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Bemærk at de fulde kort i højopløsning er leveret til hver energiordning.

Figur 2.9 Netværkskort med 'zoom ind' på EUDP vind projekter



Netværkskortene dokumenterer altså, at programmerne skaber netværk mellem virksomheder og GTSer samt OPS i øvrigt. Etableringen af offentlig-private samarbejder kan også aflæses af samforfatterskabet af de videnskabelige publikationer mellem offentlige og private aktører, som projekterne udgiver. Evalueringens data viser, at 46 ud af 258 forskningspublikationer (svarende til 18%) er forfattet i fællesskab mellem universiteter og private virksomheder. Dette er dobbelt så højt som gennemsnittet af danske universiteters samforfatterskab generelt<sup>10</sup>. De tre programmer fører altså til offentlige-private-samarbejder (OPS), som også tydeligt kan aflæses på denne indikator.

Også internationalt bidrager programmerne til dannelse af netværk, selvom der dog ikke er mange eksempler på dette fra materialet:

- > "[Projektet] inspirerede det norske SIFO til at lave et tilsvarende projekt i Norge med dansk deltagelse fra SBI." (EL1, Kirsten Gram-Hanssen, SBI).
- > "Uden det internationale samarbejde havde det næppe været muligt at gennemføre projektet, da vores tyske partner dels leverede det beregningsprogram, som blev anvendt ved design af anlægget, dels var åben om de tekniske løsninger, som er valgt i Tyskland (rør, sonder, opbygning af lågmønster i borehuller og forbindelse mellem dem). Dette gjorde, at vi konstant havde en erfaren partner til kvalitetssikring af de løsninger, vi valgte for projektet i Brædstrup." (FO5, Per Alex Sørensens, PlanEnergi).

<sup>10</sup> Gennemsnittet er 8,8%. Tal fra 2015 versionen af Leiden Ranking, [www.leidenranking.com](http://www.leidenranking.com)

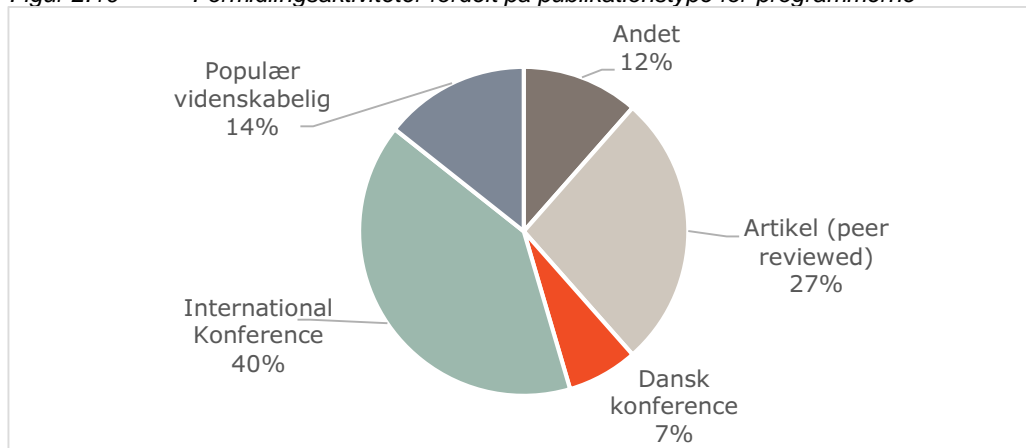
Som supplement til evalueringens egne data viser en undersøgelse fra 2014<sup>11</sup>, at de tre programmer er gode til at skabe netværk og samarbejde mellem private virksomheder og vidensinstitutioner. Undersøgelsen viste blandt andet, at 71% af EUDPs projekter har deltagelse af både virksomheder og vidensinstitutioner. Det samme gælder for 80% af ForskELs projekter og 86% af ELFORSKs projekter.

## 2.2.6 Resultater relateret til forskning

På den mellemlange bane afhænger dansk konkurrenceevne inden for energiområdet af, at dansk offentlig finansieret FUD understøtter de private virksomheders behov. Et studie fra 2014<sup>12</sup> af den danske vindmøllebranche og forskning viser for eksempel en tæt sammenhæng mellem et højt forskningsniveau og mulighederne for at skabe kommerciel værdi og styrke konkurrenceevnen i branchen. Tilstedeværelsen af stærke danske forskningsmiljøer inden for alle energiteknologiske områder er afgørende for, at danske virksomheder kan skabe udvikling, omsætning og eksport. Som et led i evalueringen har evaluator derfor gennemført en kvantitativ og kvalitativ måling af forskningsudbyttet fra energiforskningsprogrammerne (se afsnit 3.3.4 for en gennemgang af metoden).

Programmernes projekter har udgivet i alt 990 publikationer i perioden fordelt på 194 projekter. Langt de fleste er bidrag til internationale konferencer (40%) eller artikler publiceret i internationale peer reviewed journals (27%) (se Figur 2.10). Samlet set fylder bidrag til internationale konferencer og publicering i internationalt anerkendte tidsskrifter en stor del af formidlingsaktiviteterne i de tre programmer. Dette er med til at understrege den internationale dimension og forskningskvaliteten i programmerne.

Figur 2.10 Formidlingsaktiviteter fordelt på publikationstype for programmerne



Note: Baseret på 990 publikationer blandt 194 projekter (afsluttede projekter)

Kilde: COW/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

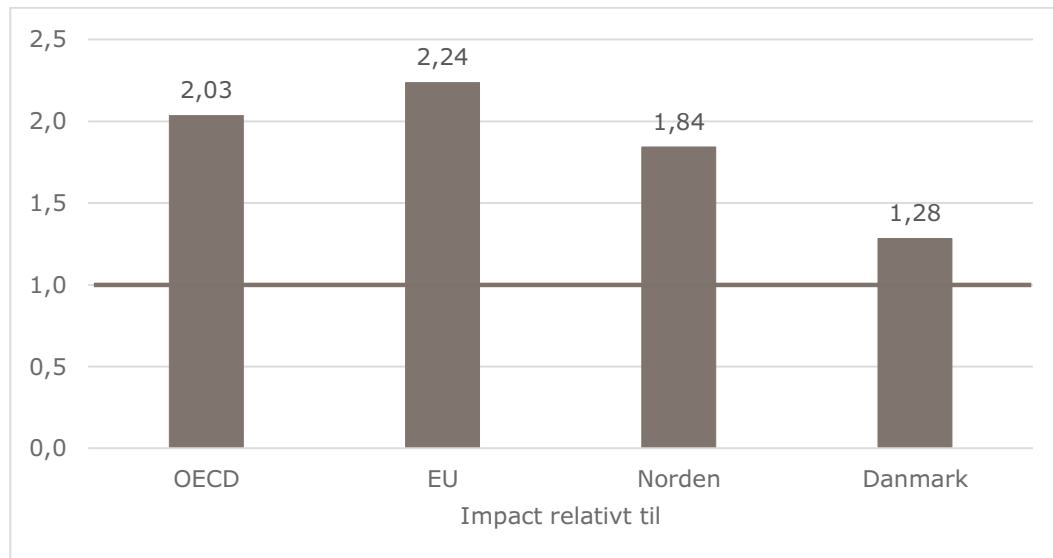
<sup>11</sup> Danske Energiordninger. Brugerkortlægning for statslige tilskudsprogrammer. DAMVAD Analytics, 2014, s.28.

<sup>12</sup> [http://issuu.com/DAMVAD\\_Analytics/docs/DAMVAD\\_Analytics\\_dtu\\_vind\\_maj\\_2014](http://issuu.com/DAMVAD_Analytics/docs/DAMVAD_Analytics_dtu_vind_maj_2014)



Evaluatoren har vurderet kvaliteten af de 258 artikler, som programmernes projekter har fået publiceret i internationalt anerkendte tidsskrifter<sup>13</sup>. Kvaliteten måles på, i hvilken udstrækning artiklen citeres. Figur 2.11 viser den gennemsnitlige gennemslagskraft set i forhold til lignende artikler i OECD, EU, Norden og Danmark samlet. Den vandrette streg i figuren repræsenterer gennemsnittet (benchmark'et).

Figur 2.11 Forskningspublikationernes kvalitet – Alle tre programmer



Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015, baseret på tal fra Scopus

Note: Gennemsnitlig gennemslagskraft for de anvendte benchmark er lig 1, vist ved den vandrette streg

Analysen viser, at det samlede gennemsnit for kvaliteten af de tre programmernes forskningspublikationer er højere end alle de anvendte benchmarks. Specielt i forhold til EU, hvor de er en faktor 2,24 højere, men også i forhold til OECD, Norden og Danmark generelt<sup>14</sup>.

Forskningsanalysen viser patenteringsaktiviteten for de afsluttede projekter. Ligesom antal citationer er et udtryk for forskningskvaliteten, er antal patenter det ligeledes. Derudover ser evaluatoren antal patenter som et udtryk for den potentielle kommercieliserings-effekt for virksomhederne, der indgår i forskningsprojekterne – og dermed som et udtryk for programmernes potentielle effekt på vækst, beskæfti-

<sup>13</sup> Se afsnit 4.3.3 vedr. metoden for kvalitetssammenligningen. Kvaliteten er vurderet ved at kigge på antal citationer af artiklerne registreret i Scopus og sammenholde det med internationale benchmarks for tilsvarende artikler. Ud fra antallet af citationer kan man vurdere hvorvidt en publikation har opnået en vis anerkendelse af professionelle fagfæller – og dermed har man et kvalitetsmål for artiklernes anerkendelse og 'gennemslagskraft'.

<sup>14</sup> Fra andre lignende studier ved vi, at når man måler forskningskvalitet op i mod Norden som helhed sættes niveauet højt. Dette skyldes at nordiske forskningspublikationer generelt modtager mange citationer og udkommer i højt estimerede tidsskrifter, sammenlignet med både OECD og EU. Se endvidere Bilag D, hvor forskningen analyseres yderligere i forhold til energiområder (bio og affald, brint og brændselsceller, bølge, etc.), de mest aktive forskningsinstitutioner, etc.

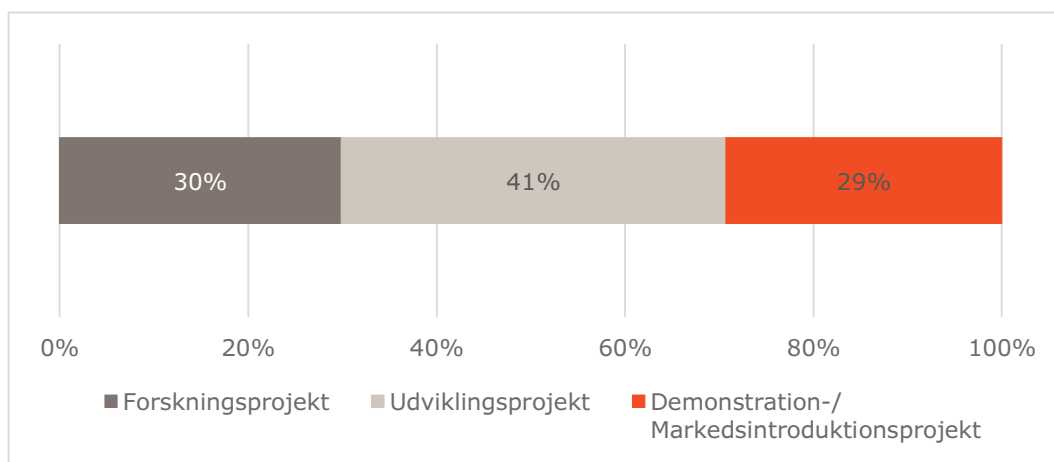
gelse og grøn omstilling gennem udvikling af ny teknologi. Knap hvert tredje afsluttede projekt har ført til en patenteringsaktivitet. Blandt de 194 afsluttede projekter, for hvilke evalueringen har indhentet data, er der ansøgt om 44 patenter<sup>15</sup>.

Samlet set konkluderer evaluatoren på den baggrund, at de tre forskningsprogrammer yder et væsentligt bidrag til danske energiteknologiske forskning, både kvantitativt og kvalitativt. Et bidrag, som har en væsentlig betydning for danske industris teknologiske stade, konkurrenceevne og afsætningsmuligheder.

## 2.3 Programmernes effekter

Udfordringerne med at måle og dokumentere effekterne af de tre programmer hænger blandt andet sammen med den type projekter, som programmerne støtter<sup>16</sup>. Figur 2.12 nedenfor viser, hvordan projektlederne selv karakteriserer sine projekter. Ifølge deres udsagn er 30% af den samlede portefølje forsknings-, 41% er udviklings- og 29% er demonstrations/markedsintroduktionsprojekter.

Figur 2.12 Fordeling på projekttyper – Alle tre programmer



Note: Baseret på 273 projektlederens svar (afsluttede og igangværende projekter) (to projektledere har ikke angivet svar på spørgsmålet). Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Evaluatoren har analyseret programmernes projektporteføljer med henblik på at skabe overblik over projekternes forskellige karakteristika. På den baggrund kan vi konstatere, at projekterne har forskellig gennemslagskraft og 'modningstid' alt efter, hvor de befinder sig på værdikæden. Effekter kan typisk forventes relativt hurtigt fra demonstrationsprojekter og hurtigst fra markedsintroduktionsprojekter, mens effekter fra forskningsprojekter og mange udviklingsprojekter typisk først viser effekter efter 10 år eller mere. Vi kan som følge af analysen inddele projekterne i minimum fire forskellige karakteristiske projekttyper, som tilsammen omfatter ca. 80%

<sup>15</sup> Programmerne har ikke særskilt fokus på at projekterne skal føre til patenter og vi har ikke et måltal eller andet benchmark at holde de absolutte tal op imod.

<sup>16</sup> Metodekapitlet (Kap.3) indeholder en grundig beskrivelse af de forsknings- og måleteknisk udfordringer forbundet med at måle effekterne af FUD-programmer i almindelighed og effekter af energiforskningsprogrammer i særdeleshed.

af den samlede portefølje. Typerne har forskellige formål, og de skal måles i forhold til forskellige succeskriterier<sup>17</sup>. Dette er vigtigt, fordi man dermed opnår et mere nuanceret billede af projekternes resultater og effekter. De fire typer er:

- › Type 1: Strategiske forskningssatsninger på "nye/lovende" teknologier.
- › Type 2: Forskning/videnudvikling/testplatforme.
- › Type 3: Optimering/effektivisering af eksisterende teknologier.
- › Type 4: Kombination af eksisterende teknologier i nye sammenhænge.

### Strategisk sats

De strategiske forskningssatsninger inden for nye, lovende teknologier er de projekter, der måske rummer det største potentiale på langt sigt. De kan føre til et 'nyt vindmølleeventyr'. Men det er også projekter med mange ubekendte faktorer. Man er nødt til gradvist at udvikle forståelser, viden og komponenter, typisk først i mindre skala og til sidst i fuldskala demonstration. Satsningen skal i nogle tilfælde ikke bare resultere i en teknologisk succes, den skal også ske tids nok, så udenlandske aktører ikke kommer Danmark i forkøbet som frontløber. Projekterne har således ikke som mål at skabe beskæftigelse, omsætning, eksport eller grøn omstilling på kort sigt, men derimod på langt sigt. Udbyttet af det enkelte projekt i en længere række af projekter opgøres derfor bedst på, om projektpartnerskabet når de projektspecifikke mål og skaber viden (herunder også publikationer og patenter) og om de skaber grundlag for næste trin i udviklingen. Konkrete eksempler på denne type projekt er:

- › Demonstration af 2G bioethanolproduktion (EU1, 63011-0013)
- › PolyStar – Nye materialer og fremstillingsmetoder til plastsolceller med forbedret holdbarhed og pålidelighed (FO3)

### Viden

De videngenererende projekter har til formål at tilvejebringe viden. Projekternes 'værdiskabelse' består bl.a. i at bidrage med ny viden, data og analyser, som gøres offentligt tilgængelige og dermed kommer flere aktører og hele brancher til gode. Projekterne kan også bidrage med værktøjer og fysiske test- eller certificeringsmiljøer. Disse projekter skaber typisk kun i begrænset omfang vækst og beskæftigelse i private virksomheder på kort sigt og nytten vil derfor bedst kunne vurderes ud fra formidlingen og brugen af den skabte viden, faciliteter og værktøjer. Konkrete eksempler er:

- › Eksperimentel vingeforskning fase 2 (EU10, 64011-006)
- › Elektriske hovedkomponenter i vindmøller (FO1, 10087)
- › 2. generationsværktøj til systemoptimering (EL5, 344-008)

### Optimering

Projekttype 3 har til formål at optimere/effektivisere eksisterende teknologier, produkter eller tjenesteydelser, som allerede findes på markedet. Det kan være ved at fremstille produktet på en mere effektiv måde, så omkostningerne reduceres og/eller ved at gøre selve genstanden mere energieffektiv. Der findes typisk allerede et marked for produktet – og dermed også afsætningsmuligheder for det forbedrede produkt – og en eller flere virksomheder, der kan drage nytte af det. Der er således

<sup>17</sup> Et resultat af evalueringen som peger fremad i forhold til fremtidige evalueringsindsatser.

gode muligheder for, at projektresultaterne fører til omsætning, eksport, beskæftigelse og grøn omstilling på kort sigt. Og det giver derfor god mening at vurdere effekten af denne type projekter på netop disse parametre. Konkrete eksempler er:

- › Fremtidssikring af dansk produktion af professionelle kølemøbler (EU8, 64010-0412)
- › Elbesparende kuglelejer (EL2, 342-032)

#### Nye kombinationer

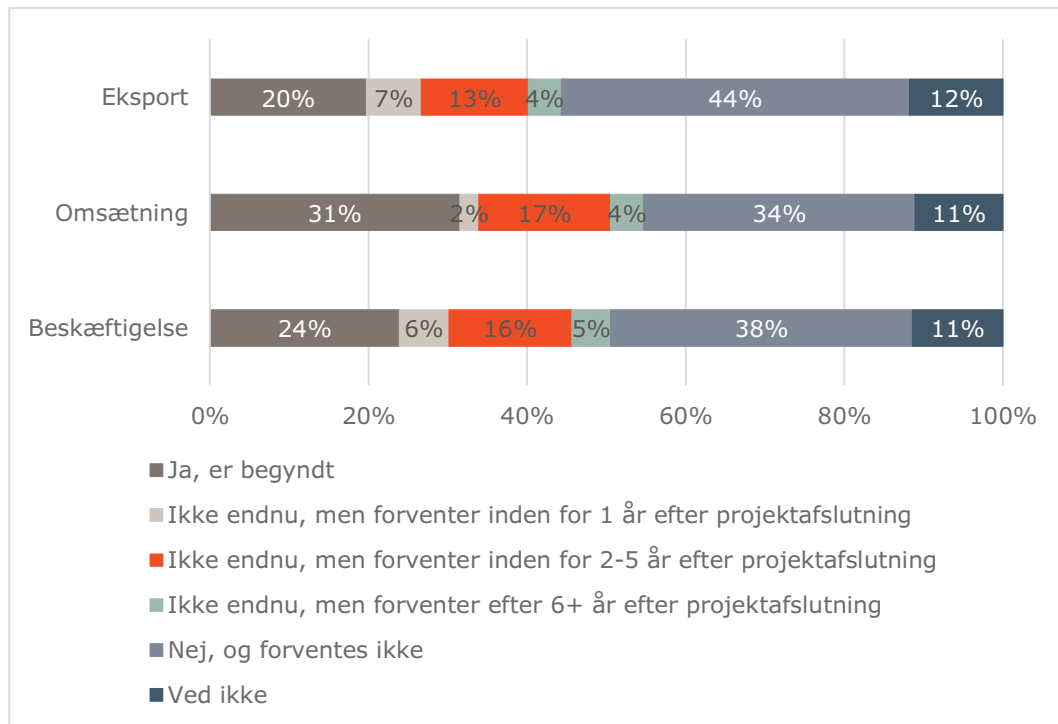
Den sidste kategori af projekter har som mål at kombinere eksisterende viden og teknologi på nye måder eller brede disse ud til nye anvendelsesområder. Der kan være tale om relativt velkendte og simple teknologier, men også ofte i kombination med nyere banebrydende elementer. I nogle tilfælde vil der være eksisterende virksomheder, der direkte kan tilføje produktet i deres produktsortiment. I andre tilfælde opstår der nye virksomheder med netop det nye produkt som deres særlige niche. Fælles er, at produkterne typisk skal bevise deres værdi overfor potentielle kunder, før markedsefterspørgslen tager fat. Projekttype 4 har typisk gode muligheder for at omsætte projektresultater til omsætning, eksport, beskæftigelse og grøn omstilling på relativt kort sigt og i hvert fald på mellemlangt sigt. Konkrete eksempler er:

- › Højtemperatur varmepumper kan bruge lavtemperatur spildvarme (EU6, 64010-0026)
- › Højeffektive – højtemperatur varmepumper til industriel køling (EL3, 342-078)

### 2.3.1 Vækst og beskæftigelse

Vi har taget højde for de fire projekttypers forskellige 'modningstid', når vi nedenfor tolker evalueringens data vedrørende vækst, beskæftigelse og grøn omstilling. Følgende data og analysen af dem ligger bag vores samlede konklusion i afsnit 2.1 ovenfor.

I Figur 2.13 præsenterer vi virksomhedernes forventning til beskæftigelses-, omsætnings- og eksporteffekter. I figuren indgår alene vurderinger blandt virksomheder, der har deltaget i projekter, der på evalueringstidspunktet er afsluttet.

Figur 2.13 *Gevinst for deltagende virksomheder – realiseret og forventet*


Note: Baseret på 289 virksomhedsdeltageres svar (afsluttede projekter)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Figuren viser, at 24% af virksomhederne allerede har realiseret en fremgang i beskæftigelsen, 31% har realiseret vækst i omsætningen og 20% har realiseret stigende eksport.

Som det ses, forventer 38% af virksomhederne ikke vækst i beskæftigelsen, 34% forventer ikke omsætningsfremgang, og 44% forventer ikke eksportfremgang. Disse tal skal sammenholdes med, at 30% af projekterne er forskningsprojekter (jf. Figur 2.12). Samtidig skal det bemærkes, at tallene stemmer overens med evalueringens påvisning af, at projekttyperne 1 og 2 ikke kan forventes at generere vækst på kort og mellemlangt sigt.

Spørgsmålet er, hvor stor programmernes effekt på vækst og beskæftigelse er?

Tabel 2.2 viser effekterne, som virksomheds deltagere på afsluttede projekter henfører til deres projektdeltagelse. Figuren viser den ekstra omsætning, eksport og beskæftigelse, der er opnået siden projektperiodens afslutning for virksomheder<sup>18</sup>, som har besvaret spørgeskemaet.

---

<sup>18</sup> Det skal bemærkes, at disse tal er baseret på respondenternes egne realistiske estimater. Vi har også spurgt til optimistiske estimater – men anvender altså her de realistiske. Virksomhedernes fremtidige forventning er i sagens natur behæftet med usikkerhed. En lang række eksterne faktorer kan påvirke, hvorvidt et produkt, en proces eller en ydelse reelt bliver etableret på markedet. Denne usikkerhed bliver større, jo længere tidsspændet mellem projektperioden og udbredelse af projektets output er. Det må forventes, at der blandt de deltagere, der har undladt at svare, også i et vist omfang er sket effektivskabelse. Størrelsen af denne er dog ikke mulig at estimere med den nødvendige sikkerhed. Se nærmere i kap. 3 om evalueringens metode.

**Tabel 2.2** Afsluttede projekter: Realiseret samlet effekt siden projektafslutningen og som følge af projektdeltagelsen (opgjort på evalueringstidspunktet)

	Total for alle virksomheder, afsluttede projekter	Antal respondenter
Ekstra omsætning siden projektafslutning	727,4 mio. kr.	91
Ekstra eksport siden projektafslutning.	498,6 mio. kr.	56
Beskæftigelse siden projektafslutning (nyansættelse og fastholdelser)	382 medarbejdere	69

Note: Baseret på 91 virksomhedsdeltageres svar (afsluttede projekter)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

I alt har virksomhederne realiseret en ekstra omsætning på 727,4 mio. kr. siden projekterne blev afsluttet. De 91 respondenter fra virksomhederne repræsenterer 80 forskellige projekter, som tilsammen har modtaget et tilskud på 292,4 mio. kr. Af den øgede omsætning udgør eksporten 498,6 mio. kr. I opgørelsen af beskæftigelseseffekter er det vigtigt at huske på, at projekternes beskæftigelsesmæssige succes ikke kun skal måles i antallet af nye jobs men også fastholdte jobs: Nyansættelser og fastholdelser som et resultat af ekstraomsætningen udgør 382 stillinger.

Ud over det allerede realiserede, er der i evalueringen også spurgt til virksomhedernes forventninger til fremtiden. Givet at deres produkt/proces/ydelse bliver etableret på markedet, forventer de 117 virksomheder, som har svaret, gennemsnitligt 10,8 mio. kr. i øget årlig omsætning, 6,5 mio. kr. i øget årlig eksport og ansættelse/fastholdelse af 10,9 medarbejdere<sup>19</sup>.

Der er i evalueringen også spurgt til, hvor lang tid der går fra de første effekter viser sig, til projektets produkt er etableret på markedet og herved skaber en mere stabil omsætning for virksomheden (se Tabel 2.3).

**Tabel 2.3** Hvornår ift. de første resultater har vist sig forventer du, at produktet/processen/ydelsen vil være veletableret på markedet?

Første effekter forventes at vise sig...	Gennemsnitligt tidsspænd fra de første effekter har vist sig og til 'veletableret på markedet'	Andel virksomheder
Senest 1 år efter projektafslutning	2,8 år	41%
2-5 år efter projektafslutning	3,3 år	49%
6 år efter projektafslutning eller senere	5,3 år	10%

Note: Baseret på 167 virksomhedsdeltageres, der har opnået eller forventer at opnå øget omsætning (afsluttede projekter).

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

<sup>19</sup> Se nærmere i kapitel 3 vedrørende metoden for beregningerne. 'Forventninger' indeholder i sig selv relativt stor usikkerhed og der er meget stor spredning (outliers) mellem svarene.

41% af virksomhedsdeltagerne har opnået eller forventer at opnå effekt i form af øget omsætning inden for et år efter projektets afslutning. Disse virksomheder forventer gennemsnitligt, at der går yderligere 2,8 år fra de første effekter viser sig – og til den fulde effekt slår igennem. For 49% af projekterne viser de første effekter sig tidligst efter 2-5 år. Fra det tidspunkt går der yderligere gennemsnitligt 3,3 år før de fulde effekter viser sig. Dette understreger igen konklusionen om, at effekterne af forskningsprogrammerne har en betydelig modningstid.

Evalueringens data bekræfter statistiske oplysninger fra Danmarks Statistik og andre autoritative kilder. For eksempel er grøn energiteknologi en stor og voksende eksportvare, der fylder mere og mere i det danske eksportregnskab. I 2014 nåede eksporten af energiteknologi op på 74,4 mia. kr. – det højeste niveau nogensinde. Heraf udgør den grønne energiteknologi den største andel med 43,6 mia. kr. og med en vækst på 15,4% fra 2013 til 2014, jf. Tabel 2.4:

Tabel 2.4 Danmarks eksport af grøn og øvrig energiteknologi 2013 og 2014 (mia. kr.)

	2013	2014	Vækst i %
Grøn energiteknologi	37,8	43,6	15,4%
Øvrig energiteknologi	29,5	30,9	4,8%
<b>Eksport af energiteknologi i alt</b>	<b>67,2</b>	<b>74,4</b>	<b>10,7%</b>

Kilde: *Energijåret – Status 2015*

Eksporten af energiteknologi udgør 12% af den samlede danske vareeksport. Og grøn energiteknologi udgør alene 7% af den samlede danske vareeksport. Dermed fastholder danske virksomheder og Danmark sin position som det land blandt EU15-landene, hvor eksporten af grøn energiteknologi udgør den største andel af den samlede vareeksport. En position Danmark har haft siden 2001. Evaluator vurderer, at de tre forskningsprogrammer har udgjort et væsentligt bidrag til, at danske industrivirksomheder har kunnet etablere denne internationale førerposition.

Tilsvarende opgørelser findes ikke for omsætning og beskæftigelse i energiteknologiske virksomheder. Forskning, som har undersøgt effekten af investeringer i forskning og udvikling (F&U) peger generelt på, at:

- › Den gennemsnitlige værditilvækst per ansat er højere i virksomheder, der investerer i F&U end i virksomheder, der ikke investerer.
- › Værditilvæksten er signifikant højere blandt de virksomheder som har F&U samarbejde med offentlige forskningsinstitutioner, end for virksomheder som har F&U men ikke samarbejder med offentlige forskningsinstitutioner.
- › Der sker en betydelig vækst i samfundsøkonomien som en konsekvens af F&U-investeringer.
- › Foruden en stigning i bruttonationalproduktet fører investeringer i F&U til en forbedring af de danske virksomheders konkurrenceevne som følge af øget produktivitet per medarbejder.

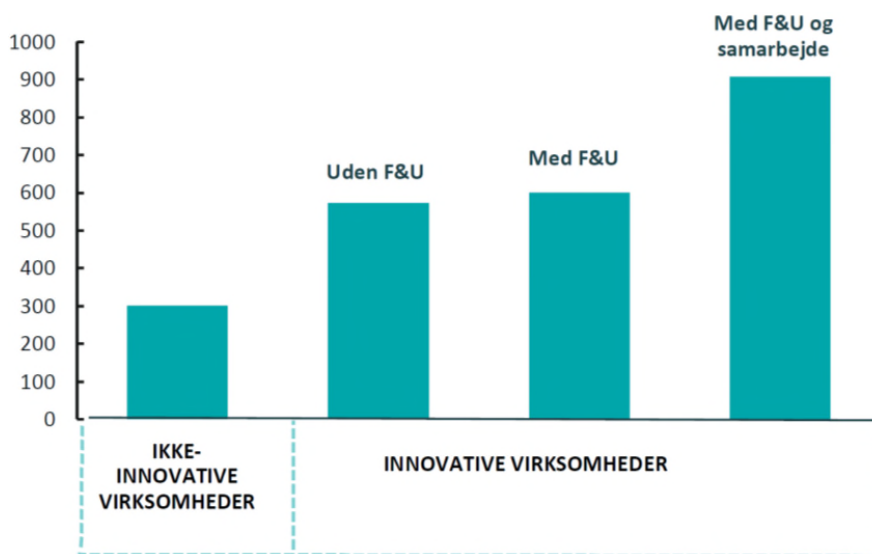


- > F&U-investeringer resulterer i øget beskæftigelse og et øget skatteprovenu<sup>20</sup>.

Tilsvarende resultater er bekræftet i andre videnskabelige studier, f.eks.: "In general, the private returns to R&D are strongly positive and somewhat higher than those for ordinary capital, while the social returns are even higher"<sup>21</sup>.

Endelig ved vi fra danske undersøgelser (se Figur 2.14 nedenfor, fra *Vækst og beskæftigelse gennem Innovationsfonden*, 2015), at arbejdskraftproduktiviteten er højere for virksomheder som investerer i F&U og samtidig samarbejder med universiteter og andre forskningsinstitutioner. En høj arbejdskraftproduktivitet påvirker normalt konkurrenceevnen positivt og dermed også beskæftigelsen positivt.

Figur 2.14 Arbejdskraftproduktivitet, 2010



Note: y-aksen angiver et indekseret tal for arbejdskraftproduktivitet.

Kilde: *Vækst og beskæftigelse gennem Innovationsfonden*, 2015, s. 9.

Der findes ikke undersøgelser, der specifikt sætter tal på omsætnings- og beskæftigelseseffekterne i Danmark af FUD-investeringer i energiteknologi. Der er intet der taler for at den vel-dokumenterede positive sammenhæng mellem generelle FUD-investeringer og vækst ikke også skulle gælde for FUD-investeringer på energiteknologiområdet. Det er derfor evaluators vurdering, at effekten af FUD-investeringer i energiteknologi svarer til effekten af generelle FUD-investeringer.

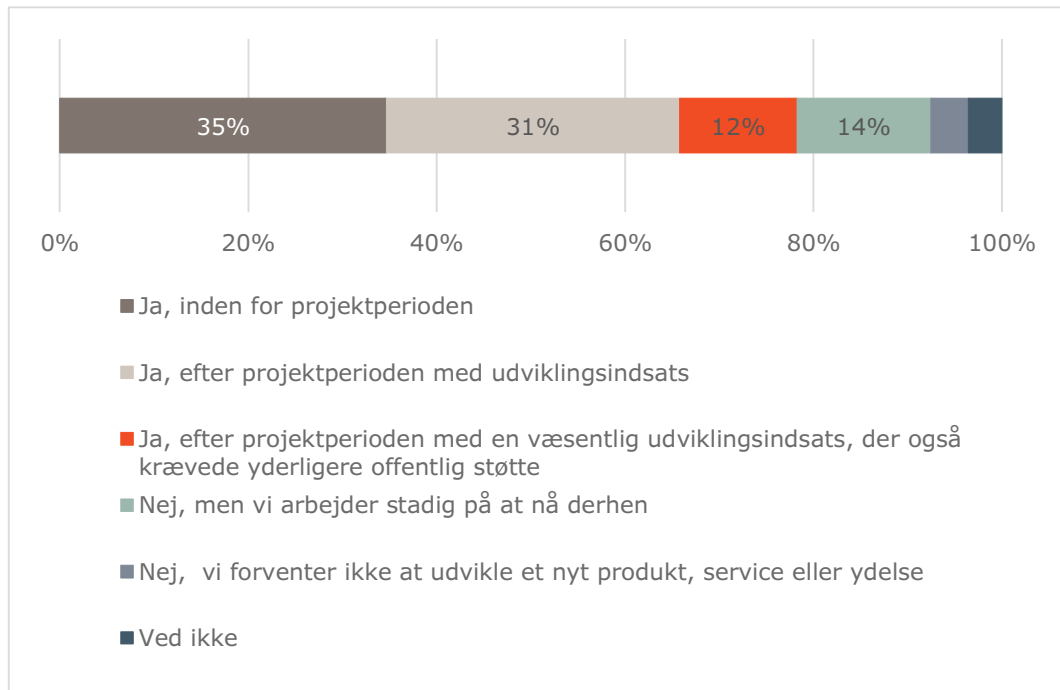
<sup>20</sup> Her fra *Business Research, Development and Innovation in Denmark – policies and effects*. Rapport, Ministeriet for Forskning Innovation og Videregående Uddannelser (Thomas Alslev Christensen), 2011. *Analysis of the Danish Research and Innovation System*, s. B16, Kompendie fra Ministeriet for Forskning Innovation og Videregående Uddannelser, 2014

<sup>21</sup> Social returns ... "can come from R&D done 1) by other firms in the sector, 2) by firms in other industries, 3) by public research laboratories and universities" Citater fra Hall, B.H, Mairesse, J. and Mohnen, P (2010): *Measuring the Returns to R&D* i *Handbook of the Economics of Innovation*, B.H.Hall and N.Rosenberg (eds.), 2010. Elsevier.

### 2.3.2 Grøn omstilling

Som det fremgår af Figur 2.15 vurderer 35% af projektlederne for afsluttede projekter, at de er lykkedes med at udvikle et nyt produkt/ydelse/proces inden for projektperioden. 31% svarer, at der skulle yderligere udviklingsindsats til, før målsætningerne blev nået, og yderligere 12% at denne yderligere udviklingsindsats krævede yderligere offentlig støtte. Svarene understreger effekternes modningstid og viser, at den grønne omstilling tager tid – også selvom projekterne når sine mål.

Figur 2.15 Er I lykkedes med at udvikle en ny eller forbedret teknologi/ proces eller rådgivnings-/serviceydelse?

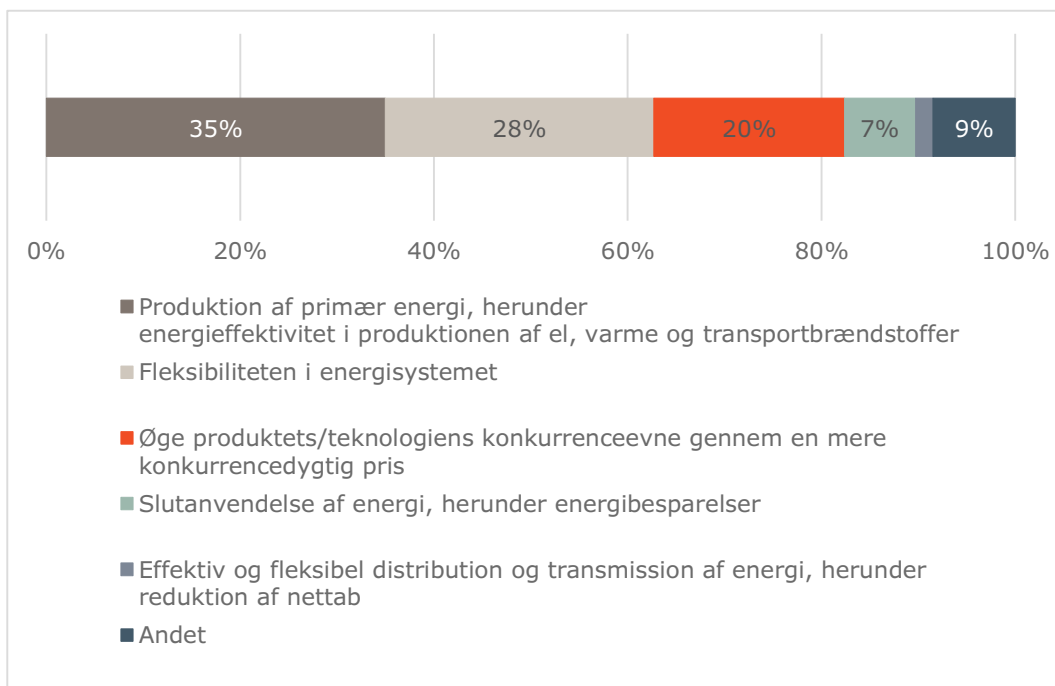


Note: Baseret på 225 projektlederes og -deltageres svar (afsluttede projekter)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Figur 2.16 viser projekternes fordeling i forhold til den del af energisystemet, som projekterne vedrører. Figuren viser, at de fleste projekter (35%) retter sig mod produktion af primær energi, herunder energieffektivitet 28% retter sig mod fleksibilitet i energisystemet og 20% retter sig mod produktets/teknologiens konkurrenceevne.

Figur 2.16 Hvilken del af energisystemet har projektet primært haft som mål at udvikle?

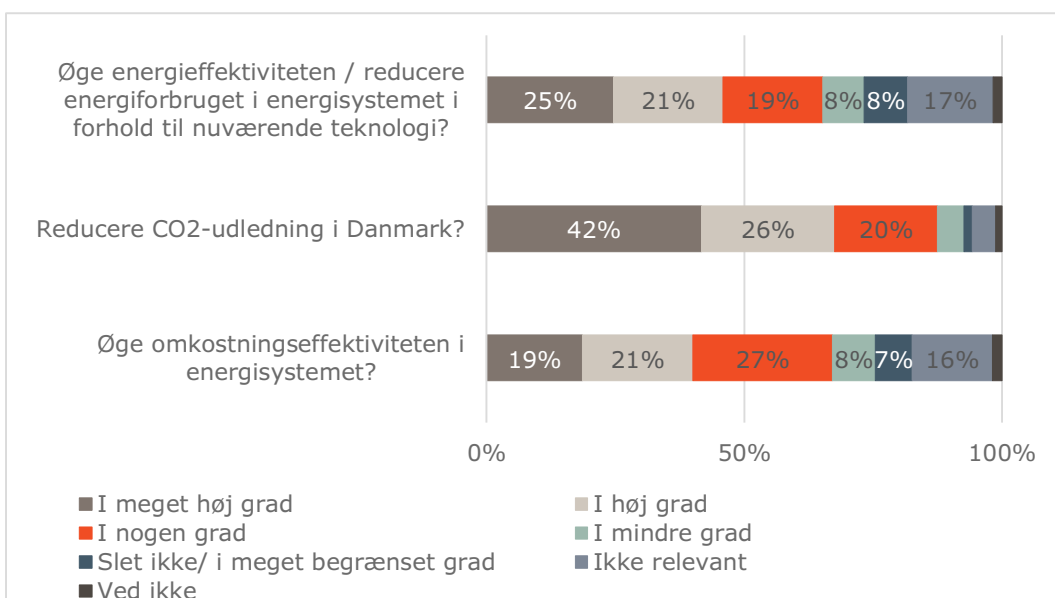


Note: Antal observationer: 275 projekter

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

I projekternes egne vurderinger af, i hvor høj grad projektets konkrete resultater, når fuldt udviklet og implementeret, vil bidrage til de forventede resultater, forventer 42%, at projektet i meget høj grad vil bidrage til at reducere CO<sub>2</sub>-udledning, 25% forventer, at projektet i meget høj grad vil bidrage til øget energieffektivitet og 19% forventer, at projektet i meget høj grad vil bidrage til øget omkostningseffektivitet. Af evaluatoren vurderes dette som en klar indikation på, at projekterne i høj og meget høj grad er fokuseret på grøn omstilling.

Figur 2.17 I hvor høj grad vil projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret - efter din vurdering kunne bidrage til ...



Note: Baseret på 275 projektlederes svar (afsluttede og igangværende projekter)

Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Når man yderligere beder projekterne uddybe, hvori den grønne omstilling består, svarer 45%, at det produkt/ydelse/proces der arbejdes med vil føre til mere effektiv produktion af primær energi. 46% mener, at det vil føre til mere effektiv forbrug af energi i slutanvendelsen og 31% forventer, at det vil føre til en reduktion af omkostningerne ved produktion af vedvarende energi.

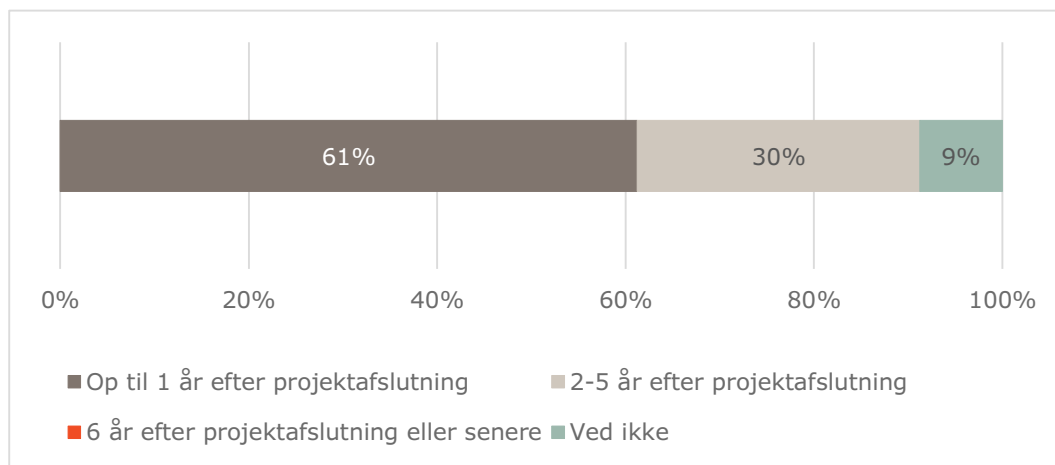
Som det fremgår af tekstboksen er effektkæderne ift. grøn omstilling komplekse.

*Tekstboks 2.1 Eksempel på udfordring ved at beregne energimæssig effekt*

Forskning vedrørende 'rebound effekten' er et eksempel på, hvorfor det er meget vanskeligt entydigt at opgøre effekter fra enkelte projekter eller programmer på f.eks. den grønne omstilling. Hvor en række projekter viser betydelige energieffektiviseringsgevinster ved nye og mere effektive varmepumper, viser andre projekter, at der i praksis er en vis rebound effekt: "Jeg mener ikke, at det er muligt med forskningsmæssig integritet at regne på, hvad energimæssig effekt projektet har haft. Det man derimod kan konstatere er, at varmepumper har været et godt sted at starte, men relevansen af konklusionerne vedrørende rebound begrænser sig ikke til varmepumper. Det er også stærkt relevant for initiativer relateret til bygningsopvarmning og -køling og dermed tiltag i forbindelse med bygningsrenovering og nybyggeri." (EL1, Kirsten Gram-Hanssen, SBI).

Udover selve kompleksiteten gælder det også, at effekter indfinder sig med en vis forsinkelse, ligesom vi så det med vækst og beskæftigelseeffekterne. I Figur 2.18 viser vi for afsluttede projekter, hvor energimæssige effekter<sup>22</sup> allerede er realiseret, hvornår, i forhold til projektafslutningen, effekterne begyndte at vise sig. 61% svarer, at der gik op til et år efter projektafslutningen, og 30% at der gik 2-5 år.

*Figur 2.18 Hvornår ift. projektafslutningen begyndte projektet at resultere i energimæssige effekter (energieffektivitet, reduceret CO<sub>2</sub>-udledning, forsyningsikkerhed og/eller omkostningseffektivitet) på markedet eller i daglig anvendelse?*



*Note: Antal observationer: 80 respondenter i 59 afsluttede projekter, hvor projektet på **evalueringstidspunktet** har skabt energimæssige effekter, **og** hvor projektets primære fokus var udvikling/forbedring af et nyt produkt, en ny proces eller rådgivningsydelse*

*Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015*

<sup>22</sup> Bemærk at 'energimæssige effekter' her er de projekter, der har haft effekter i form af forbedret energieffektivitet, reduceret CO<sub>2</sub>-udledning, forbedret forsyningsikkerhed og/eller omkostningseffektivitet).

De samlede effekter for grøn omstilling skal således ses i forhold til den store gruppe af forsknings- og udviklingsprojekter som ikke nødvendigvis giver direkte målbare effekter på grøn omstilling på kort eller mellemlangt. Samt i forhold til igangværende projekter, hvor projektdeltagerne stadig forventer, at effekterne vil indfinde sig<sup>23</sup>.

På baggrund af ovenstående er det samlet set evaluators vurdering, at programmerne bidrager til grøn omstilling, også selvom det ikke er tilfældet for samtlige projekter. For mange projekters vedkommende tager det tid, før effekterne slår fuldt igennem. Ved at finansiere FUD sikres Danmarks deltagelse i den internationale teknologiudvikling, som på sigt forventes at få en effekt i forhold til grøn omstilling (og vækst og beskæftigelse), også illustreret ved følgende citat:

- › *"Det største potentiale og den bedste rentabilitet for et bølgeenergianlæg er, hvis anlægget placeres i Atlanterhavet, hvor bølgerne er to gange større, hvilket betyder 11 gange mere energi. Men det er energiforholdene til trods vigtigt, at der også bliver etableret anlæg i Danmark for at kunne sikre en dansk rolle i denne teknologiudvikling." (FO4, Henning Pilgaard, Crestwing).*

Evalueringen sætter ikke absolutte tal på programmernes effekt på grøn omstilling<sup>24</sup>. Evalueringens data understøttes til gengæld af tal fra Danmarks Statistik og Energistyrelsen.

Overordnet set viser data fra Danmarks Statistik, at den grønne omstilling er godt på vej. I hvert fald hvis man måler på industriens energiforbrug (se Figur 2.19).

Figur 2.19 Industriens produktion og energiforbrug



Kilde: Danmarks Statistik, 12. august 2015 Nr. 394

Som det fremgår af figuren, er industriens energiforbrug faldet konstant siden 2005. Industriens produktion er i samme periode fra 2005 til 2014 også faldet. Det

<sup>23</sup> Tallene fra spørgeskemaundersøgelsen viser, at 37% forventer, at energieffekterne først vil indfinde sig 2-5 år efter projektafslutningen. 22% forventer først det vil ske efter 6 år eller mere.

<sup>24</sup> Det har fra evalueringens start været et metodisk udgangspunktet, at dette ikke i praksis kan lade sig gøre igennem en spørgeskemaundersøgelse.

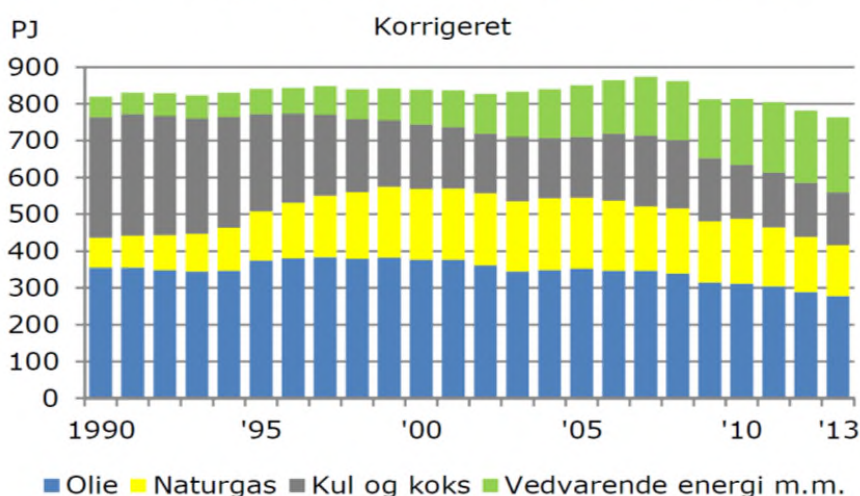
største fald finder sted fra 2008 til 2009, hvor effekten af den internationale finanskrise tydeligt kan aflæses med et fald i industriproduktionen på næsten 20%.

Det mest interessante er imidlertid, at energiforbruget er faldet mere end produktionen – og at energiforbruget fortsat med at falde selv efter at produktionen igen er begyndt at stige fra 2009 og frem. Alene fra 2009 til 2014 er energiforbruget faldet med 10%, samtidig med at industriproduktionen er steget med ca. 5%. Altså en klar indikation på, at virksomhederne i dag kan producere mere med et lavere energiforbrug.

Effekterne af den grønne omstilling ses også af det danske bruttoenergiforbrug fordelt på forskellige brændelstyper (se Figur 2.20).

Figur 2.20 Omstillingen på forbruget af fossile brændsler vs. vedvarende energi

### Bruttoenergiforbrug fordelt på brændsler



Kilde: Energistyrelsen, 2013. <http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/info/tal-kort/statistik-noegletal/aarlig-energistatistik/energistatistik2013.pdf>

Figuren viser, at det samlede energiforbrug er faldende siden 2007 – givetvis blandt andet som et resultat af finanskrisen fra 2008. Vedvarende energi udgør en stadig større andel af det samlede forbrug. Andelen af bruttoenergiforbruget, der udgøres af olie, naturgas, kul og koks, er faldende. Både det faldende energiforbrug og den ændrede fordeling mellem energikilderne bidrager til et reduceret CO<sub>2</sub>-udslip i en periode, hvor der samtidig har været vækst i befolkningstallet, industriproduktionen og på transportområdet.

## 3 Tilgang og metode

Kapitlet indeholder en præsentation af evalueringens formål, af evalueringsprocessen og af metodetilgangen.

### 3.1 Evalueringsformål

Formålet med evalueringen er jf. kommissoriet og tilgangsnotatet, at vurdere og synliggøre de resultater og effekter, som er skabt af programmernes projekter. Den skal opgøre resultaterne af den samlede programindsats samtidig med, at programmernes specifikke evalueringsbehov imødekommes.

Evalueringen udføres på projekt- og deltagerniveau. Den indebærer en kortlægning og evaluering af de opnåede projekterfaringer og –resultater. På baggrund af de enkelte (uafsluttede og afsluttede) projekters besvarelser, leveres aggregerede svar på deres resultater set i forhold til målsætninger og forventninger ved projektstart. Endvidere leveres en kvantitativ vurdering af de opnåede og potentielle fremtidige effekter som følge af projekterne på henholdsvis (i) beskæftigelse (mer- og fastholdt beskæftigelse), (ii) omsætning/eksport og (iii) CO<sub>2</sub> fortrængning. Formålet med evalueringen er også at analysere programmernes bidrag til dannelse af frugtbar offentligt-private udviklingssamarbejder; forsyningssikkerhed; renere miljø; hvilke mekanismer for projektpartnerskaber og -gennemførelse mv., der genererer de bedste resultater og mest effekt; programmernes risikovillighed og samspillet mellem de tre programmer.

Endelig skal evalueringen give forslag til videreudvikling af valide effektmålingsmetoder på projektniveau efter evalueringens afslutning.

### 3.2 Proces

De tre programmer har nedsat en fælles styregruppe for evalueringen, med én repræsentant for henholdsvis EUDP, ForskEL og ELFORSK. Evaluatoren har – ud over opstartsmødet – afholdt i alt fem møder med styregruppen i evalueringsperioden. Derudover afholdtes en workshop vedrørende udformningen af spørgeskema spørgsmålene. Der har således været tæt kontakt og styregruppen har løbende godkendt metodemæssige valg i processen. Blandt andet udarbejdede evaluatoren tidligt i processen et 'Tilgangsnotat' som en slags drejebog, som beskriver evalueringens formål, indhold og hvad man kan forvente i relation til evalueringens slutresultat. Tilgangsnotatet er ligeledes godkendt af styregruppen. Styregruppen har set foreløbige resultater fra evalueringen den 9.6 og 13.8 og har modtaget udkast til den endelige rapport d. 17.9.

### 3.3 Metodetilgang

Nedenfor præsenterer vi de generelle metodeudfordringer og metodetilgangen ved henholdsvis spørgeskema, case og forskningsundersøgelsen.

### 3.3.1 Generelt

Metodeudfordringerne i evalueringen er relativt store. Der findes ikke i dag en ensartet, anerkendt og systematisk gennemført tilgang til at evaluere investeringer i FUD projekters akkumulerede omsætnings-, og beskæftigelseseffekter, samt deres effekter på grøn omstilling. EUDP udtrykker udfordringen således (i opgavebeskrivelsen for denne evaluering af 12.11.2014, s. 3), at "*De første egentlige kommerci- aliseringsresultater typisk vil vise sig 1–5 år efter projektafslutning. I en længere år- række efter afslutning 5-10 år og mere vil EUDPs bredere samfundsmæssige ef- fecter fortsat ikke være realiserede men være 'potentielle' og 'forventede'. En vur- dering af disse effekter vil være forbundet med usikkerhed, og kræve fastlæggelse af indikatorer på effekt*".

Evalueringen – ligesom forskningen – står således overfor måletekniske udfordrin- ger med at etablere entydige kausalforhold mellem tilskud til et konkret projekt og de resultater og effekter, der rent faktisk realiseres. Det er en del af evaluators op- drag at bidrage med forslag til hvorledes en fremtidig evalueringsindsats kan tilret- telægges. Dette foreligger i et separat notat.

Nedenfor redegør vi for de væsentligste generelle udfordringer, som er vigtige at tage i betragtning når evalueringens resultater skal fortolkes:

#### FUD værdikæden og tidshorisont – effekternes 'modningstid'

Forventede resultater og effekter har forskellige tidshorisonter alt efter hvor i værdi- kæden projekterne befinder sig. De tre programmer finansierer både forsknings-, udviklings- og demonstrationsprojekter. Selvom anvendte forskningsprojekter ideelt set ikke har lige så lang modningstid som grundforskningsprojekter, har de dog stadig en forventet modningstid på minimum 2-5 år eller længere fra projektafslut- ning. Udviklings- og demonstrationsprojekter forventes at have lidt kortere mod- ningstid. Når man lægger de tre typer projekter sammen giver det derfor en kilde til usikkerhed i forhold til, hvornår man kan forvente effekterne slår igennem.

Et andet aspekt af modningstiden er også, at det er forskel på hvornår resultater og effekter forventes at vise sig første gang – og hvornår den fulde effekt slår igen- nem. For nogle forskningsprojekter vil der således kunne registreres effekter 2-5 år efter de er afsluttet. Men derfra og til at et produkt eller en ydelse er vel-etableret på markedet – og den fulde effekt slår igennem, kan der gå yderligere et antal år.

#### Resultater og direkte effekter - at aggregere fra projektresultater til effekter på samfundsniveau

Resultater er projektspecifikke – og kan opgøres i relation til oprindelige/justerede konkrete målsætninger. Samlede opgørelser kan tage form af oplysninger om i hvilken udstrækning (høj, medium, lav) de oprindelige forventninger er opfyldt. Der- imod giver det kun sjældent mening at aggregere resultaternes indhold på tværs af projekter, af den simple grund at de projektspecifikke målsætninger og resultater er netop specifikke og relateret til hvert enkelt projekt.

Derimod giver det mening at søge efter effekter på et højere aggregeringsniveau. Inden for et programs overordnede rammer, bør de enkelte projekter selvsagt alle bidrage til programmets overordnede formål. Den udfordring der opstår her er et



måleproblem: hvordan måler man effekterne og hvilke indikatorer og data kan man anvende som udtryk for effekterne. Og samtidig: i det omfang man kan måle effekterne, kan man så med statistisk sikkerhed fastslå, at der er en sammenhæng mellem indsats og effekt? Dette attribution problem behandles nedenfor.

I den aktuelle 2015 evaluering måles effekterne på omsætning, beskæftigelse, eksport og grøn omstilling. Evalueringens bundne opdrag har været igennem et spørgeskema, at spørge projekterne selv (projektledere- og -deltagere) om deres egen vurdering af effekterne på disse faktorer. Vurderingerne er naturligt behæftet med usikkerhed. På projektniveau er de allerede realiserede effekter for projekter afsluttet for mere end 1-2 år siden mindst usikre. Vurderingerne af forventede effekter af projekter, der netop er afsluttet har større usikkerhed. Og størst er usikkerheden, hvad angår forventede effekter af projekter, der fortsat er igangværende. Opdraget har været at levere aggregerede effektvurderinger for projekterne i de tre programmer. Disse tal vil derfor også være behæftet med usikkerhed<sup>25</sup>. I afsnit 2.3.1 nedenfor redegør vi for de skridt vi har taget i spørgeskemaundersøgelsen for at reducere usikkerheden mest muligt.

### At tage makroøkonomiske resultater til indtægt for effekten af konkrete indsats - problemet med attribution

Vi ved fra den økonomiske teori og makroøkonomiske modeller (som er delvis erfaringsbaserede), at offentlige investeringer, inklusive FUD investeringer har samfundsmæssig omsætnings- og beskæftigelseseffekt<sup>26</sup>. Det vil derfor også være absolut forventeligt, at de tre energiforskningsprogrammer har de ønskede effekter på netop omsætning, beskæftigelse og eksport. Rent metodemæssigt, kan man dog ikke slutte fra overordnede makroøkonomiske effekter tilbage til konkrete projektinvesteringer – og godtgøre at konkrete projekter har omsætnings-, beskæftigelses- og eksporteffekt. En mængde andre faktorer – herunder indsats der går forud for den konkrete FUD investering - kan have været i spil. Dette kaldes også et *attribution problem*. Det har altså at gøre med udfordringerne i med at skelne effekten af forskellige faktorer fra hinanden i komplekse kausalforhold.

### Risikoafdækning – hvor stor skal/må den være?

En del af idégrundlaget bag de tre energiforskningsprogrammer er, at de skal gå ind og dække en del af den risiko private aktører løber, når de skal investere i nye og delvist ukendte områder. De offentlige midler skal altså tilskynde til, at private aktører 'bevæger sig' i en ønsket retning. Som det hedder f.eks. for EUDP (se afsnit 5.1): "...støtten skal samtidig tjene til at afdække en finansiel og teknologisk risiko, der skal være betydelig". En del af programmernes investeringer vil derfor i sagens natur gå til projekter, som viser sig ikke at kunne opfylde sine målsætning-

<sup>25</sup> Ved præsentation af aggregerede forventninger til væksteffekter i rapportens kapitler har vi mhp at minimere ekstreme forventningers indflydelse på resultatet valgt at udelade observationer, der ikke ligger inden for den såkaldte interkvartile afstand (Inter Quantile Range (IQR rule)). Dette er en anerkendt metode til at fastlægge grænsen for, hvornår en observation kan betragtes som outlier.

<sup>26</sup> Se evalueringens kapitel 1 og referencerne til f.eks. *Business Research, Development and Innovation in Denmark – policies and effects*. Ministeriet for Forskning Innovation og Videregående Uddannelser (Thomas Alslev Christensen), 2011

ger – og dermed heller ikke vil få de forventede effekter. Udfordringen er naturligvis, hvor stor risiko energiforskningsprogrammerne skal løbe? Løber programmerne en for høj risiko, vil der være begrænsede resultater og effekter. Løber programmerne omvendt for lav risiko, kan man givetvis fremvise relativt flotte resultater/effekter, men dermed er der også en chance for, at man dermed er kommet til at bruge offentlige FUD midler på noget, som de private aktører ville have investeret i under alle omstændigheder (det man også kan kalde 'crowding-out' effekten).

### At spørge til enkeltpersoners vurderinger af absolutte størrelser

Tal baseret på individers vurderinger kan normalt med nogen validitet anvendes til at sige noget om udviklingstendenser. Hvis man for eksempel har spurgt til vurderinger ved  $t_0$  og spørger igen ved  $t_1$  vil man kunne sammenligne de to tal og sige noget om udviklingen/trenden. Metodekravene har omfattet, at evaluatoren har skullet spørge til absolutte størrelser (beskæftigelse, eksport, etc.) via en spørgeskemaundersøgelse. Evalueringen har altså et tal for vurderingen til  $t_0$  vedrørende disse størrelser. Dette tal vil i sig selv være behæftet med usikkerhed og relativ begrænset validitet og vil derfor skulle fortolkes med varsomhed.

## 3.3.2 Spørgeskemaundersøgelsen

Jf. Opgavebeskrivelsen skal effekterne opgøres baseret på de projektansvarliges og projektpartnerens vurderinger indsamlet via et spørgeskema. Dette udgør et af evalueringens store metodemæssige udfordring. For eksempel vil individernes vurderinger blive foretaget på forskelligt grundlag (forskellig projektstørrelse, forskellig grad af involvering i projektet, projektets alder (igangværende, tæt på afsluttet, afsluttet inden for sidste halve år, etc.).

Evalueringen dækker 608 projekter (Tabel 3.2) med bevillinger på i alt 3.77 mia. kr. (se Tabel 3.1):

Tabel 3.1 De tre programmets FUD bevillinger i evalueringsperioden (mio. DKK)

	EUDP	ForskEL	ELFORSK	Total
2007	110	130	-	240
2008	210	130	-	340
2009	300	130	25	455
2010	400	130	25	555
2011	400	130	25	555
2012	380	130	25	535
2013	380	130	25	535
2014	400	130	25	555
<b>Total</b>	<b>2.580</b>	<b>1.040</b>	<b>150</b>	<b>3.770</b>

Kilde: Diverse årsrapporter. EUDP tal for 2009, -10, -11 og -12 fra EUDP brochure fra 2013. Tal for 2014 fra Energiteknologi. Overblik over støtteordninger.

Projekterne indgår som følger:

- › For EUDP er inkluderet projekter som har fået en bevilling mellem 2007 og 2014, og som er afsluttet per ultimo 2014. Desuden medtages igangværende projekter (per ultimo 2014), der har fået en bevilling mellem 2007 og 2012.
- › For ForskEL er inkluderet projekter bevilliget i 2007<sup>27</sup>-2014 og som er afsluttet per ultimo 2014.
- › For ELFORSK er inkluderet projekter bevilliget i 2009-2014 – både afsluttede og igangværende.

Tabel 3.2      Oversigt over projekter

		Bevillingsår								I alt
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
EUDP	Afsluttet	.	44	58	51	38	14	2	.	207
	I gang per udgang 2014	.	4	7	20	46	56	.	.	133
ForskEL	Afsluttet	25	33	25	25	22	9	7	.	146
ELFORSK	Afsluttet	.	.	18	20	15	13	5	2	73
	I gang per udgang 2014	.	.	.	2	3	9	16	19	49
I alt		25	81	108	118	124	101	30	21	608

Kilde: Energiforskning.dk per marts 2015.

Til brug for spørgeskemaundersøgelsens lancering og gennemførelse, har evaluator modtaget kontaktoplysninger fra de tre programmets sekretariater. Disse kontaktoplysninger omfattede projektledere og deltagere i 512 af de 608 projekter. De 512 projekter dækker en bevillingssum på 2,19 mia. kr. Af de 512 er 407 projekter repræsenteret i spørgeskemaundersøgelsen ved, at mindst én respondent (projektleder og/eller projektdeltager) har afgivet svar. Dette giver en svarprocent i alt på 79,4% på projektniveau. De 407 projekter har tilsammen modtaget 1,74 mia. kr. i projektstøtte (eller 54.5% af den totale støtte på 3.77 mia. kr.). I tolkningen af undersøgelsen er det således væsentligt at tage forbehold for, at svarene dækker 407 projekter, svarende til ca. halvdelen af den samlede bevillingssum.

Kontaktoplysningerne for de 512 projekter havde aktive e-mailadresser på 425 projektledere og i alt 1890 respondenter. I Tabel 3.3 ses responsraterne på projektleder- og respondentniveau for de tre programmer under ét.

Blandt de 407 projekter, er 275 således repræsenteret ved projektleder og evt. projektdeltagere, mens de resterende 132 projekter alene er repræsenteret ved projektdeltagere.

<sup>27</sup> ForskEL projekter prioriteres året inden de bevilliges. Der er således medtaget projekter, som er prioriteret i 2006 og bevilliget i 2007.

Tabel 3.3 Responsrater blandt hhv. projektledere og samtlige respondenter

	Bruttogruppe	Antal besvarelser	Responsrate
På projektlederniveau	425	275	65 %
På respondentniveau	1.890	850	45%

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

### Tekstboks 3.1 Spørgeskemaundersøgelsens opfølgingsprocedurer

Efter udsendelse af invitationer pr. e-mail til projektledere og –deltagere, kunne vi konstatere, at ca. en femtedel af de oplyste e-mailadresser var ugyldige, hvilket erfaringsmæssigt oftest skyldes, at modtageren har skiftet arbejdsplads. Blandt de e-mails, der ikke nåede modtagers e-mailadresse, forsøgte vi at finde en alternativ adresse på personen, hvorefter en invitation blev sendt til den nye adresse. I en del tilfælde kunne dette ikke lade sig gøre, hvis vi ikke havde navn på kontaktpersonen, eller hvis vedkommendes navn var så almindeligt, at det ikke var muligt at finde en gyldig e-mailadresse på vedkommende via søgning i LinkedIn, Google mv.

Ca. 14 dage efter spørgeskemaundersøgelsens lancering, kontaktede vi telefonisk respondenter, der på daværende tidspunkt ikke havde besvaret undersøgelsen, og for hvem der fremgik telefonnumre i kontaktoplysningerne. Dette med henblik på at øge responsraten og give respondenterne mulighed for at stille spørgsmål vedrørende undersøgelsen. I alt blev 454 unikke respondenter forsøgt kontaktet. Af disse lykkedes det at komme igennem til 190 respondenter, mens 65 telefonnumre ikke eksisterede og 199 respondenter ikke besvarede telefonen efter gentagne forsøg over flere dage.

Spørgeskemaundersøgelsen dækker ikke programmernes samlede bevilling i perioden. Det har ikke været muligt at foretage en frafaldsanalyse, da hverken evaluator eller programmernes sekretariat har grundlag for at vurdere, hvorvidt de projektledere- og deltagere, der har besvaret spørgeskemaet, adskiller sig fra dem, der ikke har afgivet svar, er det ikke muligt at afgøre, hvorvidt undersøgelsens resultater er repræsentative for *alle* projektledere og –deltagere.

I rapportens kapitler præsenteres overordnet to typer figurer fra spørgeskemaundersøgelsen: Dels figurer baseret på projektledernes besvarelser (275 projekter), og dels figurer baseret på alle respondenters besvarelser (850 respondenter fordelt på 407 projekter). Hvilken type figur, der anvendes i de konkrete tilfælde, afhænger af, hvorvidt det spørgsmål, der afrapporteres, relaterer sig til selve projektet eller til projektledere og –deltageres oplevelse af udbytte og effektskabelse. Det vil for hver figur tydeligt fremgå, hvorvidt der er tale om projekter eller respondenter.

I analyserne på projektlederniveau vægter vi de enkelte projektlederes svar med projektets bevillingsstørrelse. Således vil projekter, der har modtaget relativ stor bevilling vægte mere i opgørelsen af spørgeskemaets resultater end projekter, der har modtaget relativ lille bevilling. Bemærk at dette alene gælder resultater og altså ikke effektopgørelserne vedr. omsætning, eksport og beskæftigelse og heller ikke vedrørende forskningsresultaterne.

Følgende principper gælder for spørgeskemaundersøgelsen:

- › Vi opgør de afsluttede og igangværende projekter for sig. De igangværende projektdeltageres vurderinger af forventede effekter vil være mindre valide og

er ikke blive lagt sammen med de akkumulerede tal for de afsluttede projekter. Dette reducerer *optimism bias*.

- › Vi har vedr. de energimæssige resultater og CO<sub>2</sub> effekterne spurgt til projektdeltagernes vurderinger af de indikative og relative effekter (f.eks. "Sammenlignet med udgangspunktet, hvor stor en relativ besparelse skabte projektet i din bedste vurdering, i forhold til tidligere teknologier/praksis?". Vi har også spurgt til absolutte forbedringer i f.eks. KWh og ton CO<sub>2</sub>. Disse tal har så lille validitet, at de ikke er anvendt i rapporten.
- › Alle spørgeskema data sammenlignes med data fra autoritative kilder (Danmarks Statistik og andre). Dette er med til at validere spørgeskema data.

### 3.3.3 Case-metoden

Formålet med case-undersøgelsen har været at komme i dybden med og nuancere data fra den gennemførte spørgeskemaundersøgelse. Case-undersøgelsen baserer sig på mundtlige og skriftlige udsagn (interview, ansøgninger, slutrapporter og forskelligt formidlingsmateriale) fra iværksatte og afviste projekter. Casene giver konkrete illustrative eksempler på de umiddelbare projektresultater og de mere langsigtede effekter. Case-eksemplerne fordeler sig som vist i Tabel 3.4 nedenfor.

Tabel 3.4: Fordeling af undersøgelsens case-eksempler.

	EUDP	FORSKEL	ELFORSK	I ALT
Nye cases	9	7	4	20
"Genanvendte" cases	4	1	3	8
Afviste ansøgninger	2	1	2	5
I alt	15	9	9	33

Der er tilstræbt variation i valget af projekter til case-undersøgelsen mht. visse parametre (se tekstboks nedenfor) dog med fokus på typiske projektyper. Desuden er stikprøven begrænset til afsluttede projekter og med overvægt i andelen af ældre projekter. Dette valg har til formål at sikre mulighed for, at vi kan afdække mellem-langsigtede effekter, som helt eller delvist kan tilskrives projektaktiviteten.

Da der i tidens løb er gennemført en del undersøgelser af hvilke barrierer, der er for succes, udtages positive cases – altså projekter, der kan siges at være succesrige. Derved bliver der i case-undersøgelsen et fokus på, hvad der fungerer, frem for hvad der ikke fungerer.

Som led i udvælgelsen af stikprøve har vi undersøgt muligheden for at "genanvende" projekter, som har indgået i tidligere evalueringer. Hensigten har været at spørge til, hvad der er sket "siden sidst" – og således kunne illustrere, hvordan effekter "udvikles" over tid ud fra disse specifikke eksempler. Formålet var at opnå en

illustration af / indblik i validiteten/pålideligheden af hypotetiske udsagn såsom f.eks. projektejernes forventninger til effekt<sup>28</sup>.

Desuden har vi som en del af case-undersøgelsen taget kontakt til 1-2 afviste projektansøgere fra hver af de tre ordninger, hvor projektet ikke blot i næste periode har modtaget tilskud, for at høre nærmere om deres projekt. Dette har haft til formål at belyse, i hvilken udstrækning projekterne alligevel bliver realiseret. Vi har valgt projektansøgere, hvis projekt hovedsageligt ikke kom gennem nåleøjet, fordi støttemidlerne er begrænsede eller fordi projektemnet ikke var fokusområde i den pågældende støtterunde.

Grundlaget for udvælgelse af projekter til case-undersøgelsen er baseret på en række erfaringer og formodninger om de særlige karakteristika for de tre støtteordninger og for FUD-projekter generelt set. F.eks. er det formålet med ordningerne at støtte projekter, der er vigtige for Danmarks energifremtid, men har svært ved at få tilstrækkelig finansiering til at kunne iværksættes eller udvikles tilpas hurtigt til at bidrage til Danmarks energi-, miljø-, og konkurrencemæssige mål.

*Tekstboks 3.2 Parametre, der er taget i betragtning i udvælgelsen af projekter til casestudie.*

**PRIMÆRE PARAMETRE:**

- › Ordningernes fokusområder (energiart og energiteknologiområde),
- › Projektpartnerskabets deltagertyper (U&V, GTS, privat virksomhed, andet), størrelse (antal partnere) og projektsvarlige enhed,
- › Bevillingsår (vægt på ældre og tidligt afsluttede projekter hvis muligt) og varighed,
- › Budgetstørrelse og grad af egenfinansiering,
- › Projektets genstand (produkt, rådgivningsydelse, proces).

**SEKUNDÆRE PARAMETRE:**

- › Serie af projekter ("værdikæder") eller enkeltstående projekter,
- › Markedets modenhed og dermed behov for risikovillighed (se diskussion af projektyper i afsnit 2.3).
- › Deltagelse af udenlandske partnere

Der er gennemført 28 case-undersøgelser, hvor vi har interviewet den projektsvarlige (det primære interview) suppleret med et interview af en projektdeltager (sekundært interview). Derved kommer der et validerende perspektiv på casen, hvor vores fortolkning af det primære interview kan testes og supplerende pointer kan inddrages i casen. For de 5 afviste projekters vedkommende er kun den projektsvarlige interviewet. Case-interviewene er gennemført telefonisk i maj-september 2015.

Casene skal som nævnt bl.a. nuancere og validere survey-resultaterne. Derfor indgår de spørgsmål, der er stillet i spørgeskemaundersøgelsen, også i case-interviewene. Derudover er der i case-interviewene stillet mere eksplorative spørgsmål,

<sup>28</sup> Vores konklusion på nytten af at "genanvende" tidligere besøgte cases er inddraget i overvejelserne om, hvorledes en fremtidig fælles evalueringsindsats af de tre programmer kan tilrettelægges. Disse overvejelser foreligger i et separat notat.

som skal afdække de aspekter, som ikke kan indfanges med spørgeskemaundersøgelsen. Case-projekterne kan ikke anvendes til generaliseringer.

Eftersom de interviewede personer har en egeninteresse i at signalere, at økonomisk støtte har en merværdi, vil dette kunne farve udsagnene. Dette bias søges afhjulpet noget ved at holde interviewene fokuseret på et konkret projekt og faktiske forhold. Udsagnene er i øvrigt taget for pålydende og der er ikke fra evaluerings-teamets side foretaget en vurdering af udsagnenes rigtighed.

### 3.3.4 Forskningsanalyse

Datagrundlaget for den bibliometriske undersøgelse er det enkelte projekts forskningsoutput i form af publikationer. Det er værd, at bemærke at 70% af projekterne i de tre programmer er udviklings- eller demonstrationsprojekter, hvor der ikke nødvendigvis er blevet udarbejdet decideret forskningspublikationer. Der er dog også 30% af projekterne, der er deciderede forskningsprojekter. For alle typer af projekter blev slutrapporter gennemgået for at identificere forskningspublikationer. Slutrapporterne opsummerer information om projekternes resultater, herunder også vedrørende publikationer udgivet i forbindelse med projektet. Da publikationslister er øjeblikbilleder af formidlingsaktiviteten og derfor ikke altid vil være opdaterede suppleres denne data med information om publiceringsaktiviteter indsamlet via den gennemførte spørgeskemaundersøgelse.

Den bibliometriske analyse afgrænses til projekter afsluttet i perioden 2009 til 2013. Årsagen hertil er, at det ikke kan forventes, at uafsluttede projekter har haft betydelig formidlingsaktivitet og slet ikke publiceret deres væsentligste forskningsbidrag. Derudover er 2014 ikke medtaget fordi det ikke er muligt endnu at sige noget om effekterne og/eller gennemslagskraften af den publicerede forskning.

Fordelingen af antallet af slutrapporter, publikationslister med mere fordelt på de tre programmer kan ses i Tabel 4.2. Det er lidt under 15% (61 af 413) af alle afsluttede projekter, der har haft publikationslister. Inddragelsen af data fra spørgeskemaundersøgelsen bidrager derfor væsentligt til styrkelsen af datagrundlaget. Samlet har vi altså publikationslister for 139 af de 413 projekter – eller 34%.

*Tabel 3.5 Optælling af projekter, slutrapporter og publikationer for de tre programmer for projekter afsluttet i perioden 2009-2013*

	EUDP	ForskEL	ELFORSK	Samlet
Antal afsluttede projekter	201	140	72	413
Antal projekter med slutrapporter	170	121	72	283
Antal slutrapporter med publikationslister	9	41	11	61
Spørgeskema besvarelser med supplerende publikationslister	37	31	10	78
Samlet datagrundlag (antal projekter)	46	72	21	139

*Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015*

*Note: Tallene er opgjort på afslutningsår og ikke bevillingsår og adskiller sig dermed for tabel 3.2*

For at berige de identificerede publikationer (tidsskrift artikler) med metadata om eksempelvis antallet af citationer disse har opnået, fremsøges publikationerne i den internationale abstract- og citationsdatabase Scopus<sup>29</sup>. Hver publikation titel, forfattere osv. blev forsøgt fundet og registeret med dennes unikke ID nummer til-delt af Scopus. Der forekommer flere tilfælde, hvor ikke alle publikationerne udgivet i forbindelse med programmerne efterfølgende kan identificeres i Scopus. Den manglende dækningsgrad af programmernes publikationer kan skyldes flere forhold. F.eks. at det ikke er alle publikationstyper der indekseres i databasen. Derudover indeholder Scopus primært engelsksproget litteratur, så flere af publikationerne på dansk vil ikke fremgå i databasen. Tallene for hvor mange af publikationerne der er identificeret i Scopus kan ses i Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Antal publikationer per projekt og identificeret i Scopus

Program	Antal projekter	Formidlingsaktiviteter (alle typer)	Antal populærvidenskabelige publ.	Antal populærvidenskabelige publ. pr. projekt	Antal artikler i Scopus	Antal publ. i Scopus pr. projekt
EUDP	46	284	25	0,54	101	2,20
ForskEL	72	526	76	1,06	148	2,06
ELFORSK	21	180	57	2,71	14	0,67
Samlet	139	990	158	1,14	263	1,89

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

En af grundteserne i brugen af bibliometri er, at man ud fra antallet af citationer kan vurdere hvorvidt en publikation har opnået en vis anerkendelse blandt fagfæller. For at kunne lave denne vurdering er det vigtigt at have et sammenligningsgrundlag for publikationernes antal af opnåede citationer, et benchmark. I denne analyse er der udvalgt fire geografiske grupper til sammenligningen: OECD-landene, EU, de Nordiske lande (Danmark, Norge, Sverige, Finland og Island) og Danmark. For at identificere publikationerne, der er skrevet inden for sammenlignelige forskningsområder udvælges alle publikationer, der er publiceret i samme tidsskrifter som programmernes forskningsresultater er udgivet i. Da de tre programmer ikke nødvendigvis opererer inden for det samme forskningsområde konstrueres tre individuelle benchmark og et samlet. Derudover afgrænses benchmark data til at inkludere perioden 2009-2014.

<sup>29</sup> Scopus facts: Den største abstract- og citationsdatabase af peer-review videnskabelige publikationer indeholdende 20.800 peer-review tidsskrifter, 54 millioner publikationer og 6.4 millioner konferenceartikler. Mere information om Scopus findes på <http://www.elsevier.com/solutions/scopus>



## 4 EUDP

I dette kapitel præsenteres evalueringen af EUDP. I kapitlet beskrives først programmets og evalueringens formål. Dernæst præsenteres evaluators konklusioner vedrørende EUDP i afsnit 4.2. I afsnit 4.3 gennemgås data samt analyse af EUDPs resultater og i afsnit 4.4 beskrives data og analyse vedrørende effekterne.

### 4.1 Baggrund, formål og evalueringsfokus

EUDP – Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram blev oprettet ved lov i 2007. EUDP er det største af de tre energiforskningsprogrammer. Det finansieres over finansloven med en årlig ramme på ca. 380 mio. kr. Siden lanceringen af EUDP i 2007 og frem til udgangen af 2014 har programmet støttet ca. 500 projekter med i alt ca. 2,58 mia. kr. (se Tabel 3.1.)

EUDP programmet skal sikre, at der gennemføres F&U projekter, som understøtter opnåelsen af de energipolitiske målsætninger om forsyningssikkerhed, dansk uafhængighed af fossile brændsler, hensynet til det globale klima og et renere miljø samt omkostningseffektivitet. Samtidig skal EUDP fremme udnyttelsen og udviklingen af erhvervspotentialer på området til gavn for vækst og beskæftigelse i Danmark.

Programmets formål fremgår af Lov om Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram. Her står det beskrevet, at programmet aktivt skal fremme samarbejde mellem offentlige og private aktører (industri, videninstitutioner og/eller GTSer<sup>30</sup>) og styrke samspillet med internationale aktiviteter og programmer inden for energiteknologi. EUDPs bestyrelse har for perioden 2007-2014 fastlagt følgende hovedmålsætningerne for programmet:

- › Opbygning af en værdifuld og balanceret portefølje af aktive udviklings- og demonstrationsprojekter med udsigt til kommercialisering indenfor 1-5 år efter projektafslutning.
- › Projekterne skal have et stort og dokumenteret potentiale for effekt på klima og forsyningssikkerhed.
- › Projekterne udvælges hovedsagelig med udgangspunkt i kvalitet og potentiale, og støtten skal samtidig tjene til at afdække en finansiel og teknologisk risiko, der skal være betydelig.
- › Det er ambitionen, at alle projekter gennemføres, og at projekternes videre perspektiver dermed afklares.

---

<sup>30</sup> Godkendte Teknologiske Serviceinstitutter. GTS-institutterne godkendes af Ministeren for Videnskab, Teknologi og Udvikling. Institutterne forsker og udvikler ny viden og stiller denne viden til rådighed for dansk erhvervsliv på kommercielle vilkår. Der er i alt ni GTS-institutter, heriblandt Teknologisk Institut. Institutterne er private, selvejende institutter med et almennyttigt formål.

Evalueringer af EUDP er lovbestemt. Den første evaluering blev gennemført i 2011<sup>31</sup>, og siden er der tillige gennemført en evaluering i 2014<sup>32</sup>. Fokus for 2015 evaluering er at foretage en vurdering af:

- › De realiserede og forventede projektresultater for alle projekter igangsat i perioden 2007-2012. (Igangværende projekter iværksat fra og med 2013. IEA-projekter indgår ikke).
- › Effekter og indikative effekter af afsluttede projekter i perioden 2007-2014.
- › En samlet resultat- og effektevaluering baseret på projektevalueringerne.

Evalueringen af EUDP har ifølge kommissoriet skullet fokusere primært på programmets effekter på beskæftigelse (mer- såvel som fastholdt beskæftigelse), om-sætning/eksport og CO<sub>2</sub> fortrængning. Desuden er der vægt på at analysere programmets resultater i forhold til at danne frugtbare offentligt-private udviklingssamarbejder (industri, universiteter, GTSer), hvilke mekanismer for projektpartnerskaber og -gennemførelse mv., der genererer de bedste projektresultater og mest effekt, samt programmets risikovillighed.

I projektdatabasen på Energiforskning.dk fremgår 340 EUDP-projekter. Af disse har evaluator modtaget kontaktinformation på 247 projekter. For fire af disse projekter var kontaktoplysningerne ikke korrekte. Spørgeskemaundersøgelsen omfatter derfor 243 EUDP-projekter, hvoraf 141 er afsluttet, og 102 er igangværende. Blandt de 243 projekter modtog vi fungerende e-mailadresser på 218 projektledere og på i alt 783 personer (både projektledere og –deltagere). De 243 projekter har i alt modtaget 1,50 mia. kr. ud af det samlede støttebeløb på 2,58 mia. kr.

Responsraterne for EUDP-projekterne fremgår af Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Responsrater blandt hhv. projektledere og samtlige respondenter

	Bruttogruppe	Antal besvarelser	Responsrate
På projektlederniveau	218 projekter	128 projektledere	59 %
På respondentniveau	783 personer	356 personer	45%

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Evalueringen omfatter altså ikke alle de projekter, der har modtaget støtte. Det er ikke muligt at vurdere, hvorvidt de projekter, der er omfattet af undersøgelsen, er repræsentative for den samlede gruppe af støttemodtagere (hele populationen). Blandt andet derfor kan evaluator ikke ekstrapolere fra de opgivne effektmål til hele population<sup>33</sup>. Programmet har ikke defineret præcise og målbare mål for, hvor stor

<sup>31</sup> *Evaluering af EUDP – Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram – 2007-10*. Oxford Research, 2011.

<sup>32</sup> *Effektvurdering af Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram – EUDP*. Oxford Research, 2014.

<sup>33</sup> Ligeledes har evaluator valgt kun at medtage dele af spørgeskemaresultater vedrørende de forventede resultater. Evalueringen dokumenterer, at det er meget vanskeligt for eksperterne på projekterne at

en omsætning (i kroner) eller hvor mange jobs (i antal stillinger) det forventes, der genereres på baggrund af de årlige støttebeløb. Dermed kan registrerede effekter heller ikke holdes op mod oprindelige måltal<sup>34</sup>.

I tillæg til spørgeskemaundersøgelsen er der gennemført en case-undersøgelse af 13 projekter og 2 afviste ansøgninger (se oversigt i Tabel 4.2). Casestudierne er præsenteret i Bilag A.

Tabel 4.2 Case-projekter – EUDP.

Case nr.	Projektitel	Energiområde
EU1	Demonstration af 2G bioethanolproduktion	Bio og affald
EU2	Gærstammer til 2. generation bioethanol produktion	Bio og affald
EU3a	Demonstration af stort solvarmeanlæg (Sunstore 3)	Sol
EU3b	Tillægsbevilling - Sæsonlager til stort solvarmeanlæg	Sol
EU4	Ressourcebesparende ventilationsenhed	EE teknologi
EU5	Test- og Godkendelsescenter for Brændselscelle- og Brintteknologier: Fase 1	Brint og brændselsceller
EU6	Højtemperatur varmepumper kan bruge lavtemperatur spildvarme	EE teknologi
EU7	Kommercielt gennembrud af avancerede HT-PEM brændselsceller (oprindeligt 64010-0106)	Brint og brændselsceller
EU8	Fremtidssikring af dansk produktion af professionelle kølemøbler	EE teknologi
EU9	Drivhuset producerer solenergi	Sol
EU10	Eksperimental vingeforskning - Fase 2	Vind
EU11	Selvhejsende kran til udskiftning af gear i vindmøller	Vind
EU12	Fra lavværdige råvarer til syntetisk råolie (Hydrofaction)	Bio og affald
EU13	Brint optankning for biler (HyProvide)	Brint og brændselsceller
EU14	Efficient incorporation of wind power in district heating systems	Smartgrid
EU15	DEAP as an Energy Harvesting Technology	Bølge

Kilde: COWI/EA *Energianalyse/Damvad Analytics, 2015*

Det tredje element i evalueringen er en bibliometrisk undersøgelse af det enkelte projekts forskningsoutput i form af publikationer fra projekter afsluttet i perioden 2009-2013, samt en kvalitetsvurdering af disse.

estimerer forventninger. Usikkerheden forbundet med tallene er derfor for høj til, at man meningsfuldt kan aggregere forventningstallene.

<sup>34</sup> Udarbejdelsen af forslag til et fremtidigt koncept for evaluering af energiforskningens effekter er en del af evalueringsopgaven, som afrapporteres særskilt.

## 4.2 Konklusion

I det følgende præsenteres evaluators konklusion i relation til målsætningerne for EUDP baseret på data fra spørgeskemaer og caseinterview og analysen af disse:

### **Opbygning af en værdifuld og balanceret portefølje af aktive udviklings- og demonstrationsprojekter med udsigt til kommercialisering indenfor 1-5 år efter projektafslutning.**

- › EUDP har både omsætnings-, eksport- og beskæftigelsesmæssige effekter. Modningstiden frem mod den første kommercialisering vurderes for en mindre andel virksomhedsdeltagere at strække sig op til seks år eller mere efter projektets afslutning. Herefter vil der tillige forløbe et antal år, før teknologien kan forventes at være veletableret på markedet. Det gælder især forsknings- og udviklingsprojekterne.
- › EUDP bidrager til at etablere netværk og offentligt-privat samarbejde mellem private virksomheder, universiteter, forskningsinstitutioner og GTSer. De etablerede netværk og partnerskaber betyder, at den viden, der udvikles, kan videreføres i forbindelse med nye, efterfølgende samarbejder om FUD projekter. Generelt viser data, at der er store fordele forbundet med at private virksomheder og forskningsinstitutioner arbejder sammen. Der nævnes mange gode eksempler på fordelene, og det er evaluators vurdering, at disse fordele også ligger bag de mange positive resultater. Evalueringen kan dog ikke levere et klart svar på, hvilke typer partnerskaber, der leverer de bedste resultater.

### **Projekterne skal have et stort og dokumenteret potentiale for effekt på klima og forsyningssikkerhed.**

- › Projekterne har positive effekter på den grønne omstilling blandt danske virksomheder og i det danske samfund i øvrigt. Hvad angår effekter relateret til grøn omstilling, svarer respondenter på 52% af projekterne, at projektet vil føre til mere effektiv produktion af primær energi, 55% at det vil føre til mere effektiv forbrug af energi i slutanvendelsen, og 39% at det vil føre til en reduktion af omkostningerne ved produktion af vedvarende energi. Samtidig viser casene flere eksempler på konkrete grønne omstillingseffekter. Evalueringen kan ikke, som forventet, sætte konkrete og absolutte tal på projekternes konsekvenser for reduceret CO<sub>2</sub>-udledning.
- › EUDP bidrager til at styrke forsyningssikkerheden i Danmark. Programmet støtter en bred vifte af energiteknologiske områder. Projekternes resultater er centrale i forhold til udvikling af grøn teknologi. 54% af projektlederne forventer, at deres projekt udvikler en helt ny teknologi, mens 31% forventer, at projektet forbedrer en eksisterende teknologi, proces eller ydelse, som kan kommercialiseres i Danmark og internationalt. Evalueringen bekræfter resultater, som er dokumenteret af Danmarks Statistik, forskningskilder og de tidligere evalueringer af EUDP. Det er evaluators vurdering, at de betydelige private og offentlige investeringer i forskning, udvikling og demonstration, som EUDP er en del af, udgør en vigtig del af årsagen (i) til de betydelige fremskridt i dansk eksport af grøn energiteknologi, (ii) til at vedvarende energi fylder stadig mere i

det samlede danske energiforbrug, og (iii) til det forhold, at dansk industri øger sin samlede produktion, samtidig med at det samlede energiforbrug falder.

**Projekterne udvælges hovedsagelig med udgangspunkt i kvalitet og potenti-ale, og støtten skal samtidig tjene til at afdække en finansiel og teknologisk risiko, der skal være betydelig**

- › Programmet lever op til målsætningen om, at det, inden tildeling af midler til projekter, afdækkes, hvorvidt projekterne rummer en betydelig og finansiel risiko. Konklusionen baseres på, at mere end halvdelen af respondenterne svarer, at projektet havde været for risikofyldt at gennemføre uden den modtagne støtte. Af de respondenter, der ikke vurderede projektet for risikofyldt at gennemføre uden støtte, oplyses dog, at projektet enten havde taget længere tid at gennemføre (16%), var blevet gennemført i mindre skala (19%) eller at projektets resultater ikke havde kunnet realiseres i samme grad (12%). Samtidig er der blandt casene flere konkrete eksempler på dette. Udtalelser som: "*Projektet var for stort og risikofyldt at gennemføre alene for en virksomhed af vores størrelse*" er i den forbindelse karakteristiske.

**Det er ambitionen, at alle projekter gennemføres, og at projekternes videre perspektiver dermed afklares.**

- › Projekterne når sine resultatmål. 31% af projektlederne vurderer, at de i meget høj grad har nået projektmålsætningerne, mens 53% vurderer, at de i høj grad har nået dem. I 80% af EUDP projekterne arbejdes der med at udvikle nye eller forbedrede teknologier/processer/ytelser til kommercialisering.

Ud over de ovenfor beskrevne konklusioner, der alle vedrører de fire hovedmålsætninger fastlagt af EUDPs bestyrelse for perioden 2007-2014, kan yderligere konklusioner drages på baggrund af evalueringen (bemærk at data og analyse præsenteres i afsnit 4.3):

- › Det internationale samarbejde er vigtigt for projekterne. Ifølge energiforskning.dk har 23 projekter tilknyttet en eller flere internationale partnere. Projektledere og –deltagere i disse projekter vurderer, at den internationale partner i meget høj eller i høj grad bidrager til resultaterne.
- › EUDP lægger vægt på, at projekterne udarbejder forretningsplaner. 37% af deltagerne vurderer, at deres forretningsplaner i meget høj grad eller i høj grad er blevet realiseret. 14% har indikeret, at forretningsplanerne kun i mindre- eller i meget begrænset grad er blevet realiseret og 19% ved ikke. Det er evaluators konklusion, at forretningsplanerne har bidraget til at bevare fokus på de forretningsmæssige aspekter i projekterne. Samtidig konkluderer evaluator, at værdien af at udarbejde og følge op på forretningsplanerne ikke er slået fuldt igennem. Dette er baseret på ovennævnte tal og kommentarer fra spørgeskemaundersøgelsen og i caseundersøgelsen.
- › EUDP-projekterne har stor gennemslagskraft nationalt og internationalt. Et forhold, der har betydning for dansk industris internationale konkurrenceevne.

Gennem de 126 projekter har EUDP programmet bidraget til at skabe i alt 99 forskerstillinger.

Vedrørende effekterne af EUDP-projekterne konkluderes det yderligere (bemærk at data og analyse præsenteres i afsnit 4.4 nedenfor):

- › EUDP har kommercialiseringseffekter. 30% af virksomhedsdeltagerne vurderer, at deltagelsen har haft positive omsætningskonsekvenser under og lige efter projektet. En omsætningsfremgang, der kan spores i både en beskæftigelseseffekt og en eksporteffekt, dog ikke i helt samme omfang. De 36 respondenter fra virksomhederne, som har besvaret spørgsmålet, repræsenterer 33 forskellige projekter, som tilsammen har modtaget et tilskud på 210 mio. kr. I alt har disse virksomheder realiseret en ekstra omsætning på 574 mio. kr. Af den øgede omsætning udgør eksporten 410 mio. Nyansættelser og fastholdelser, som et resultat af ekstraomsætningen, udgør 215 stillinger. Dette er, hvad virksomhederne anslår allerede er realiseret<sup>35</sup>. Dertil kommer forventninger til fremtidig kommercialisering, som er betydelig, men også be- hæftet med meget stor usikkerhed.

I kapitlerne 4.3 og 4.4 nedenfor redegøres for de data og analyser, som ligger til grund for konklusionerne.

## 4.3 Resultater

I afsnittet præsenteres resultater, data og analyse under overskrifter, der vedrører de generelle indikatorer, som gælder alle tre programmer. De særlige EUDP specifikke indikatorer er indeholdt i afsnit 4.3.3 om forretnings- og finansieringsplaner.

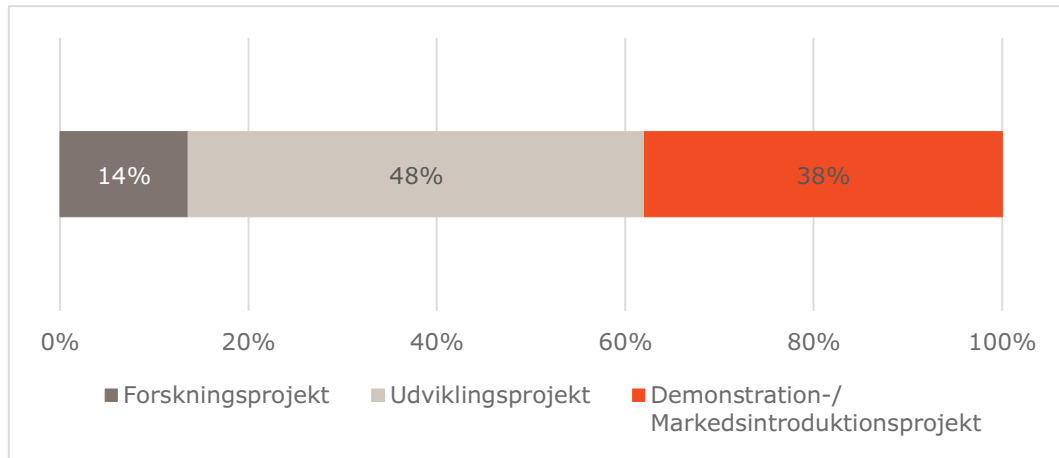
### 4.3.1 Projekternes specifikke målsætninger

Figur 4.1 viser projekternes fordeling på forsknings-, udviklings- og demonstrationsværdikæden: 14% af projekterne er forskningsprojekter, 48% er udviklingsprojekter og 38% er demonstrations/markedsintroduktionsprojekter.

---

<sup>35</sup> Tallene er på niveau med resultaterne af evalueringen af EUDP i 2014.

Figur 4.1 Fordeling på projekttyper – EUDP

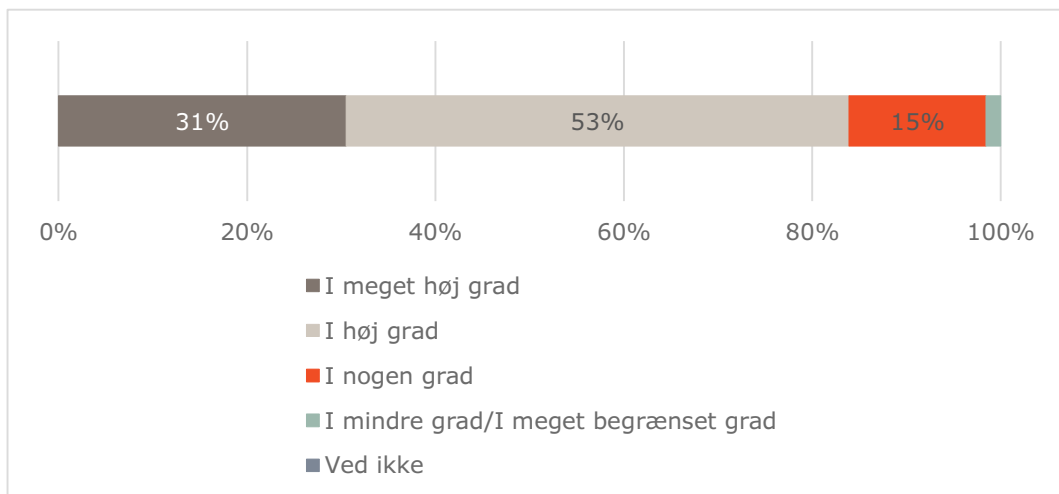


Note: Baseret på 126 projektlederes svar (afsluttede og igangværende projekter). To projektledere har ikke angivet svar på spørgsmålet. Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Figur 4.2 viser, at 31% af projektlederne vurderer, at de i meget høj grad har nået de oprindelige målsætninger. 53% vurderer, de i høj grad har nået dem. For 15% gælder, at de kun i nogen grad har opnået de oprindelige målsætninger.

Figur 4.2 I hvor høj grad vurderer du, at projektet er lykkedes sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?



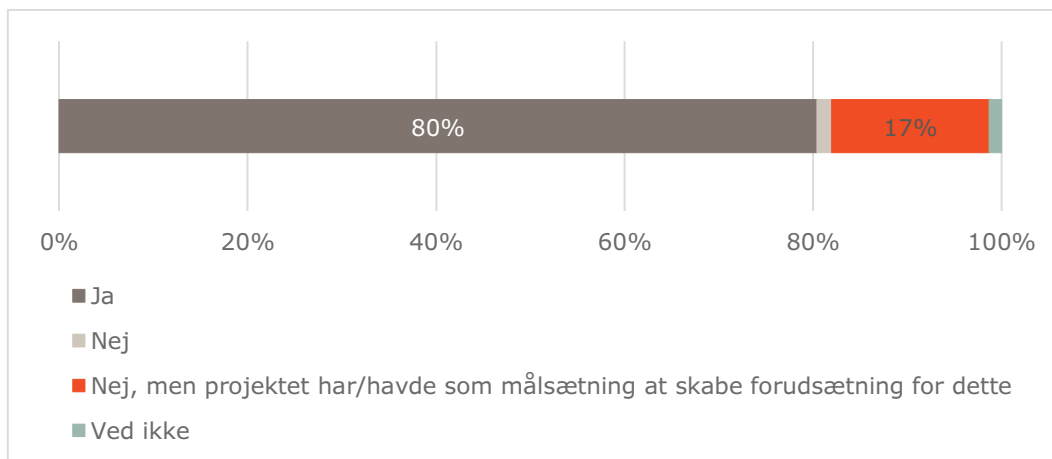
Note: Baseret på 73 projektlederes svar (afsluttede projekter)

Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

80% af EUDP projekterne er karakteriseret ved at udvikle nye eller forbedrede teknologier/processer/ydelse til kommercialisering, jf. Figur 4.3.

**Figur 4.3** Har/havde projektet som konkret målsætning for din virksomhed/organisation at udvikle en ny eller forbedret teknologi/proces eller rådgivnings-/serviceydelse med henblik på kommercialisering?



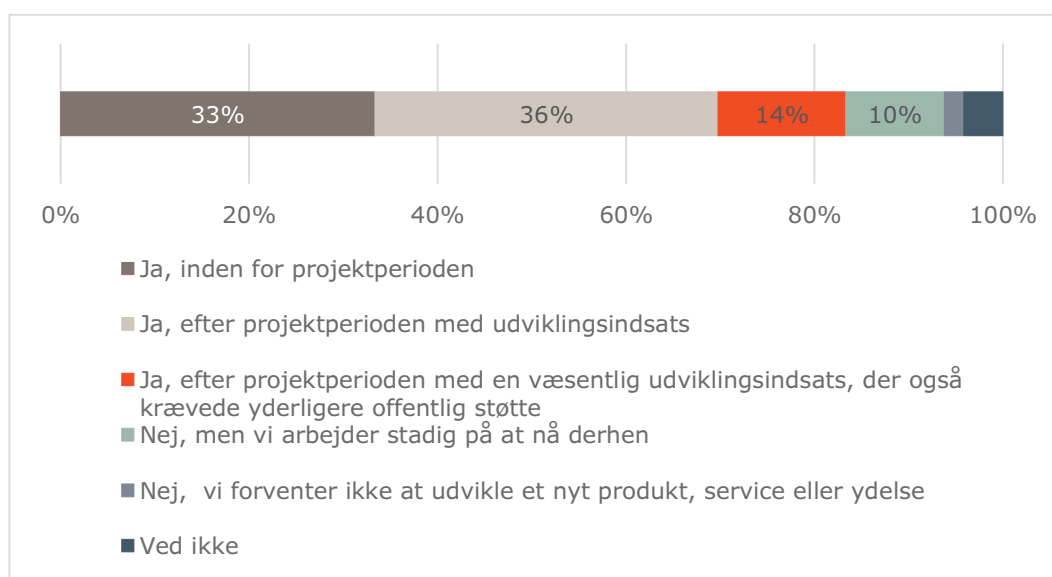
Note: Baseret på 128 projektlederes svar (afsluttede og igangværende projekter)

Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Det varierer en del, hvornår projekterne får opfyldt sine målsætninger. Af de virksomheder, der har som konkret målsætning at udvikle en ny eller forbedret teknologi/proces eller rådgivnings-/serviceydelse med henblik på kommercialisering, er det 33% af projekterne, der lykkes inden for projektperioden (jf. Figur 4.4). For de resterende projekter gælder, at målsætningerne nås senere og med en ekstra (36%) – og nogle gange væsentlig ekstra (14%) – udviklingsindsats. For de fleste projekter er der altså en modningsperiode efter projektafslutning, som ofte kræver yderligere udviklingsindsats.

**Figur 4.4** Er I lykkedes med at udvikle en ny eller forbedret teknologi/ proces eller rådgivnings-/serviceydelse?



Note: Baseret på 96 projektledere og -deltageres svar (afsluttede projekter)

Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015



Ikke alle projekter er gået som forventet. Eksemplet nedenfor viser, at et projekt kan have været succesfuldt rent teknologisk, men pga. rammebetingelserne kan potentialerne ikke udnyttes:

- > *"Vi havde regnet med en stor forretningsudvikling som følge af projektet.... Ud over miljøfordel har der ikke været effekt. I Arla som afprøvede pumpen blev det skønnet at kombinationen af energi-besparelse og varmepumpe ville spare 14 mio. kWh eller en udledning af 1150 tons CO2 per år. Dette er dokumenteret i Viegand & Maagøes verifikation. Men teknikken kan ikke slå igennem .... pga. afgifter hang økonomien ikke sammen (se eks.JP Erhverv og Økonomi d. 3/5 2011)" (EU6 – Højtemperaturvarmepumper, interview Kurt Hytting og Peter Brøndum).*

### 4.3.2 Projektpartnerskaber, OPS<sup>36</sup>, forsyningssikkerhed og programmets risikovillighed

Netværksskabelse er et vigtigt mål for – og et vigtigt resultat af – EUDP. En lang række projekter etablerer netværk mellem virksomheder, organisationer og videninstitutioner, som lægger grunden til fremtidigt samarbejde.

Både GTS- og forskningsinstitutionerne samt de private virksomheder har nytte af et samarbejde:

- > *"Det var afgørende, at InVentilate kunne danne team med Teknologisk Institut, som har stor ventilationsekspertise. Jeg kendte Christian Drivsholm fra et tidligere projekt". (John Børsting, InVentilate) "En lille virksomhed har simpelthen ikke den viden, der skal til for at løfte opgaven alene. De har måske idéen og problemstillingen, og skal så have assistance (Det gælder også i nogle tilfælde de større virksomheder)" (EU4 – Ressourcebesparende ventilationsenhed, Christian Drivsholm, Teknologisk Institut).*
- > *"Vi har et vældig nært samarbejde med Steeper Energy. Samarbejdet mellem os som forskningsinstitution og det private erhvervsliv i form af Steeper Energy tvinger os forskere til også at have et blik på de problemer, der ligger i at realisere en teknologi og ikke kun akademiske problemstillinger. Og det lærer os at prioritere, for tidshorisonterne i det private er meget korte. Vi vil som forskere typisk gerne først forstå tingene ordentlig og så bygge os op, men i samarbejdet med det private bliver vi tvunget til at fokusere skarpt" (EU12 – Fra lavværdige råvarer til syntetisk råolie (Hydrofaction), Lasse Rosendahl, Aalborg Universitet).*

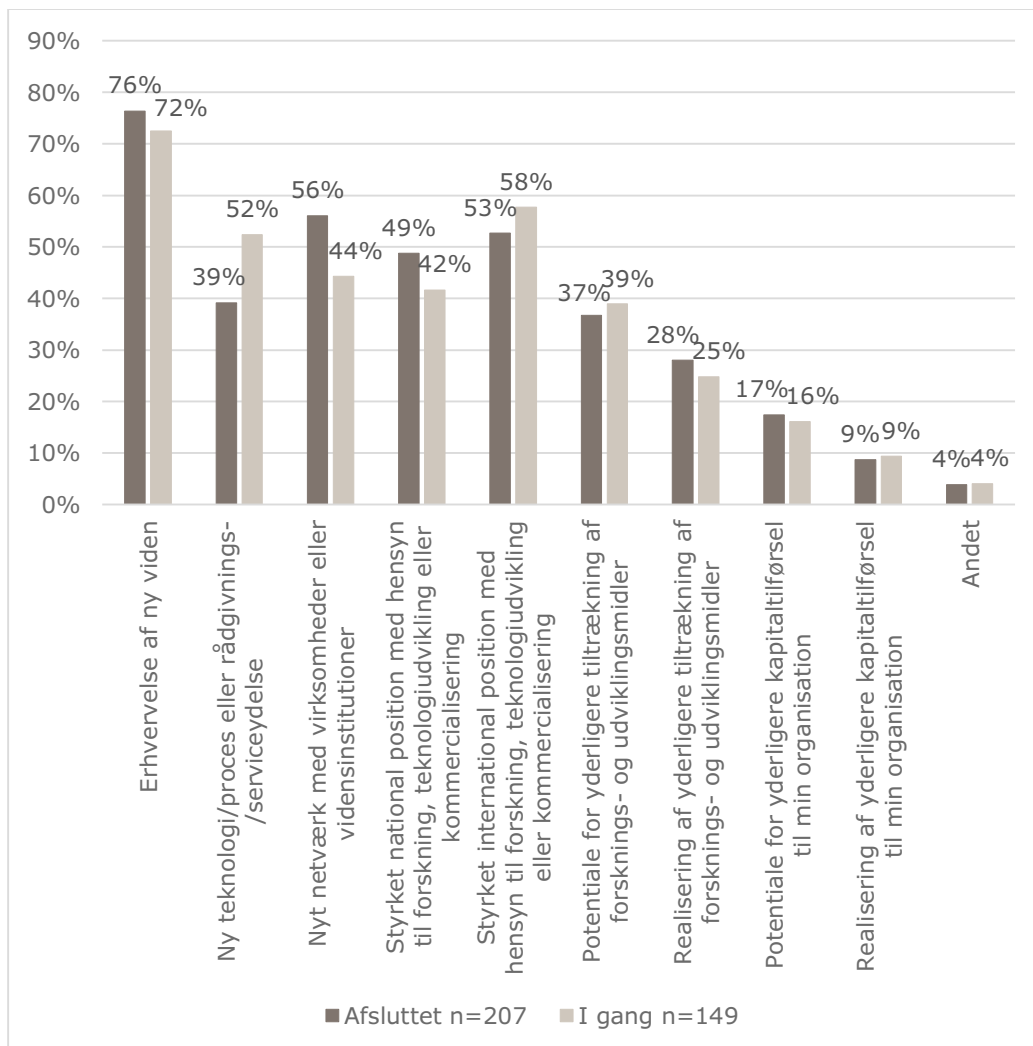
44% af respondenterne i de igangværende og 56% af respondenterne i de afsluttede projekter vurderer (jf. Figur 4.5), at projektdeltagelsen har givet et nyt netværk, herunder offentligt-privat samarbejde. Det vigtigste resultat for projektledere og -deltagere er (igen jf. Figur 4.5), at der er etableret ny viden. Dernæst kommer styrket international position, styrket netværk og udvikling af ny/forbedret teknologi/proces/ydelse. 16-17% vurderer, at deltagelsen har forbedret mulighederne for at tiltrække ny kapital. 25-28% vurderer, at deltagelsen har ført til, at de har kunnet

---

<sup>36</sup> OPS – Offentligt Privat Samarbejde, dvs. samarbejde mellem en offentlig myndighed og et privat selskab om et konkret projekt.

tiltrække nye forsknings- og udviklingsmidler, og 37-39% vurderer, at de har forbedrede muligheder for det.

Figur 4.5 Hvilke resultater vurderer du, at projektet har skabt undervejs i projektperioden eller umiddelbart efter projektets afslutning i din virksomhed/organisation?



Note: Baseret på 356 projektlederes og -deltageres svar (afsluttede og igangværende projekter)

Hver respondent kan have angivet flere svar, hvorfor andelen ikke summer til 100.

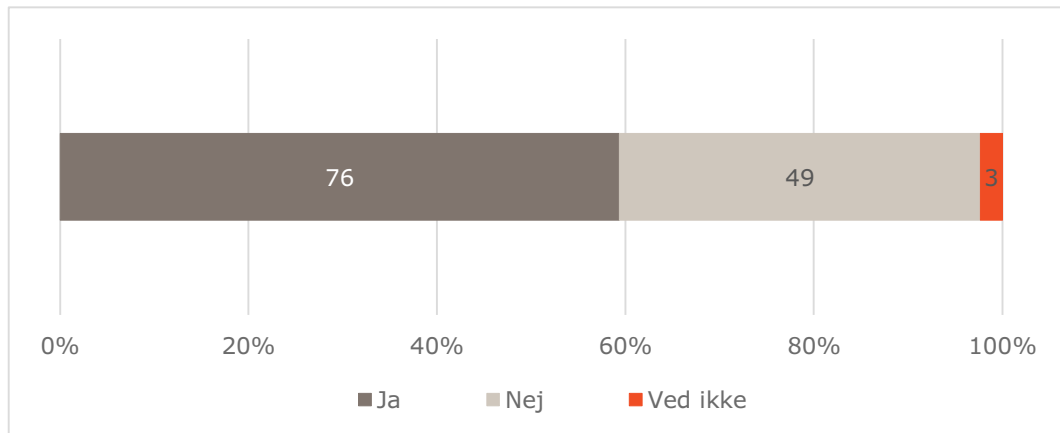
Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

En del af netværksskabelsen handler også om at etablere internationalt netværk for deltagerne. 53% af projektledere og -deltagere i de igangværende og 58% i de afsluttede projekter vurderer (jf. Figur 4.5), at projektdeltagelsen har givet deres organisation en styrket international position. Baseret på oplysninger fra energiforskning.dk har 23 af EUDPs 243 projekter en eller flere internationale partnere. Respondenterne i disse projekter vurderer (jf. spørgeskemaundersøgelsen), at den internationale partner i meget høj eller høj grad har bidraget positivt til resultat- og effektskabelsen.

En række af de eksisterende projekter er således også en videreførelse – eller videreudvikling – af samarbejder og netværk indledt og etableret tidligere. Som det kan ses af Figur 4.6, bygger 76 projekter direkte videre på et eller flere projekter, som også har fået offentlig støtte, hvorved man på nye projekter 'kan stå på skuldrene'

af den vidensudvikling, der har fundet sted på tidligere projekter. En sammenhæng, som er vist i mange af caseprojekterne.

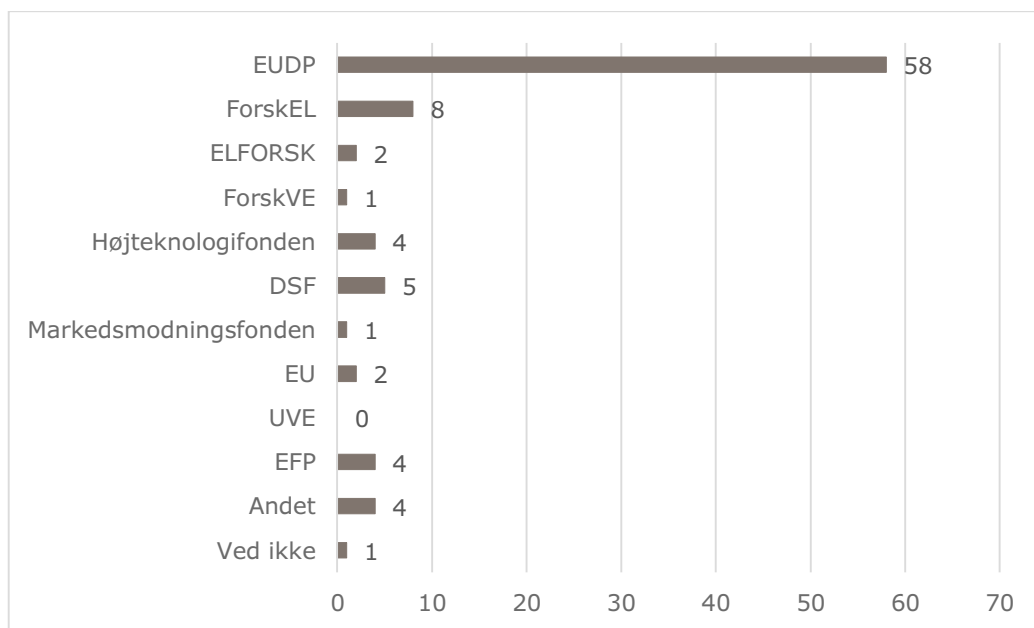
**Figur 4.6** Bygger projektet direkte videre på et eller flere tidligere projekter, som også har været finansieret af offentlig støtte? (Antal projekter)



Note: Baseret på 128 projektlederes svar (afsluttede og igangværende projekter)  
 Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Figur 4.7 viser, at ud af de 76 projekter, som bygger direkte videre på et eller flere projekter, har langt de fleste tidligere modtaget støtte fra EUDP (58). Otte projekter har tidligere modtaget støtte fra ForskEL og to fra ELFORSK.

**Figur 4.7** Hvilken støtteordning modtog det tidligere projekt finansiering fra?

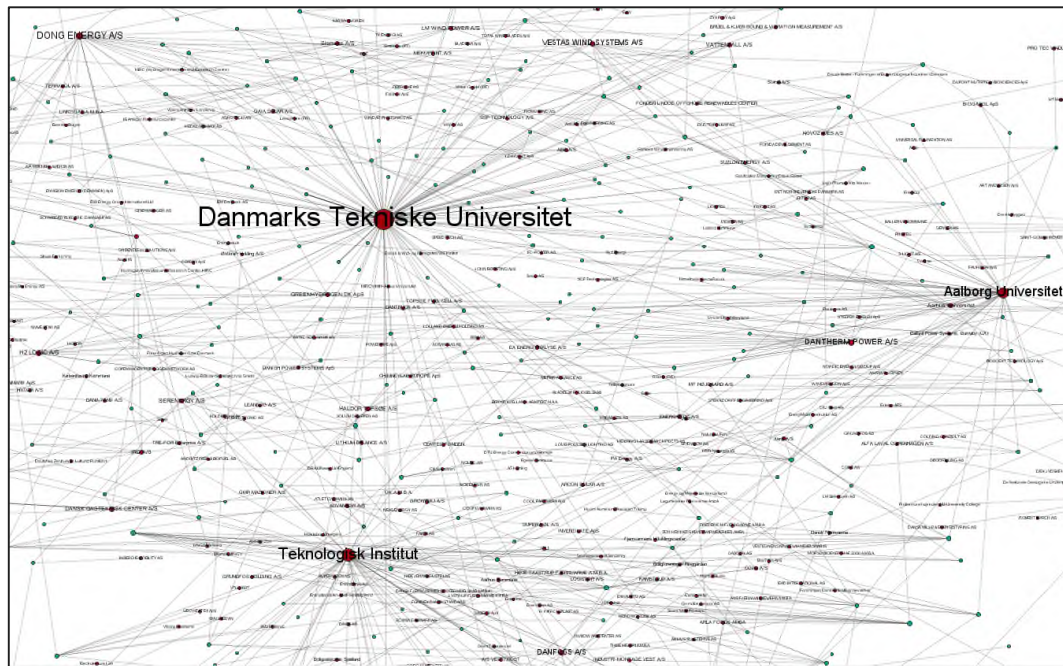


Note: Baseret på 76 projektlederes svar (afsluttede og igangværende projekter).  
 Hver respondent kan have angivet flere svar.  
 Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

I Figur 4.8 viser vi et netværkskort for EUDP. Hver rød prik repræsenterer en aktør, og størrelsen af prikken angiver omfanget af projektrelationer, som aktøren indgår i. Hver blå prik repræsenterer et projekt. Stregerne angiver relationerne mellem aktører og projekter. Figuren illustrerer, at EUDPs projekter etablerer mange netværk mellem mange aktører: industri, universiteter, forskningsinstitutioner og GTSer. Den aktør, der deltager i flest EUDP-projektetværk (den største røde prik) er DTU.

Dernæst følger Aalborg Universitet og Teknologisk Institut (som er et GTS). Den fjerde hyppigst deltagende aktør er Dong Energy.

Figur 4.8 Netværkskort for EUDP: Aktører og relationer



Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Note: Netværkskortet illustrerer samarbejdskonstellationer blandt brugerne af energjordningerne og viser ikke fordelingen af midler.

#### Tekstboks 4.1 De netværksskabende resultater

"Det var en fordel, at firmaerne kendte hinanden og har arbejdet sammen i årevis og stoler på hinanden". (EU8, Per Henrik Pedersen, TI).

"Projektet (og dets forgængere bl.a. under ForskEL og EUDP) har bidraget til, at DTU Energi har fået et stort internationalt netværk med udenlandske partnere og en del EU-projekter. Nu er det velset at have udenlandske specialister med i projekterne. DTU var nogle af de første til at arbejde med disse ting, og DTU har etableret et godt navn. Vi er efterhånden nået op på en vis kritisk masse af projekter inden for emnet. Det betyder, at vi kan være vært for konferencer om emnet" (EU7 – Kommercielt gennembrud af avancerede HT-PEM brændselsceller, Jens Oluf Jensen, DTU)

"Der er skabt et testcenter brand (<http://www.fch.dk/>) og etableret et stort nationalt og internationalt netværk, som omfatter vigtige industrielle spillere, forskningsinstitutioner og andre testcentre – såsom CEA (Frankrig), DLR (Tyskland), ENEA (Italien) og VTT (Finland)." (EU5 – Test- og godkendelsescenter, Anke Hagen, DTU Energikonvertering).

"Vi etablerer gerne partnerskaber af strategisk værdi ... der findes også unikke leverandører, som er meget vigtige, og hvor det derfor kan have værdi for os at knytte disse tættere til vores virksomhed." (EU1 – Demonstration af 2G bioethanolproduktion, Niels, Henriksen, Inbicon)

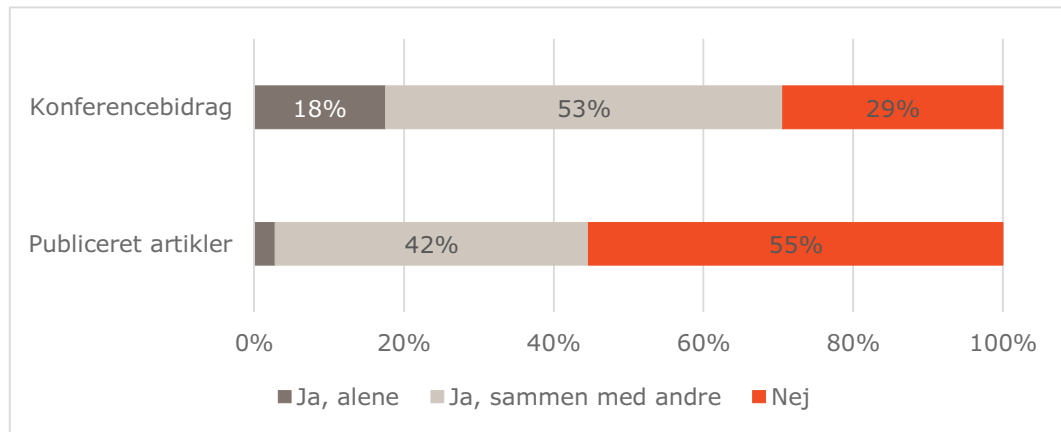
"Partnere vælges ud fra en vurdering af, hvem der er relevante. Projektet var vistnok vores første projekt sammen med GreenHydrogen. Sigtet med samarbejdet er at sikre en god koordinering af udviklingen og optimeringen af brintproduktionsanlæg og tankstationer. Samarbejdet sikrer, at H2 Logic er opdateret på det seneste nye inden for emner, som har implikationer for deres tankstationer og er derved får vi koordineret markedsudviklingen for optankning. Vores virksomheder har nu nyt projekt sammen om brintproduktionsteknologi." (EU13 – HyProvide, Mikael Sloth, H2 Logic)

En anden indikation på netværksskabelsen er, i hvilken udstrækning videninstitutioner og virksomheder har publiceret eller leveret conferencebidrag *sammen* i regi af deres fælles projekt. Dette illustreres i Figur 4.9 nedenfor. For de projekter, der producerer sådanne artikler, gælder, at langt hovedparten gør det i samarbejde med projektpartnere (42%). Hovedparten af projekterne leverer bidrag til konferencer, og langt hovedparten gør det i samarbejde med projektpartnere (53%).

Samtidig viser analysen af forskningspublikationer, at i alt 8 af 101 forskningspublikationer er *forfattet* i fællesskab mellem universiteter og private virksomheder. Det er på niveau med de danske universiteters privat/offentlige samforfatterskab<sup>37</sup>.

<sup>37</sup> Gennemsnittet ligger på 8,8 %. Tal fra 2015 versionen af Leiden Ranking'en [www.leidenranking.com](http://www.leidenranking.com)

Figur 4.9 Har I publiceret peer-reviewed artikler eller lavet konferencebidrag alene eller i samarbejde med andre i forbindelse med projektet?



Note: Baseret på svar fra respondenter i 73 projekter (afsluttede projekter)

Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

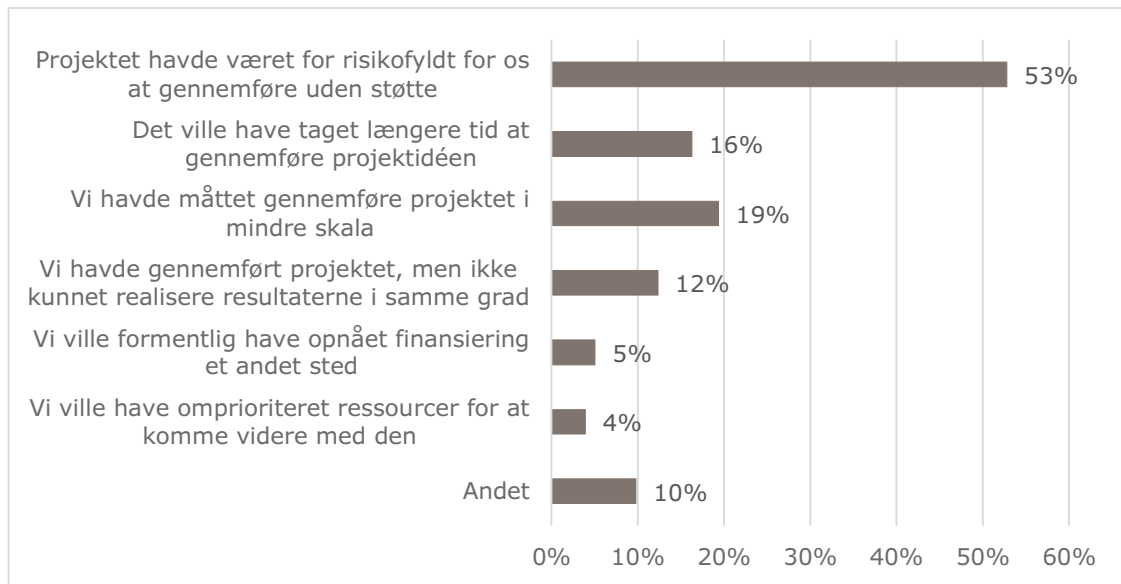
Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

EUDP skal "... tjene til at afdække en finansiel og teknologisk risiko, der skal være betydelig". Opnåelsen af denne målsætning har vi illustreret i Figur 4.10 nedenfor. Respondenterne mener i mere end halvdelen (53%) af tilfældene, at projektet havde været for risikofyldt at gennemføre uden den modtagne støtte. EUDP-midlerne er altså med til at øge projektdeltagernes risikovillighed<sup>38</sup>.

En del af projekterne ville, jf. figuren, have været blevet gennemført under alle omstændigheder, men det ville enten have taget længere tid at gennemføre projektet (16%), have betydet gennemførelse i mindre skala (19%) eller have ført til, at resultaterne ikke kunne realiseres i samme grad (12%).

<sup>38</sup> Tallet svarer til nærmest til resultatet i 2011 evaluering, hvor 59% svarede at projektet ikke ville være startet op uden EUDP støtten og tallene fra 2014 evalueringen, hvor ligeledes 59% svarede, at projektet ikke ville være blevet realiseret uden EUDPs støtte.

Figur 4.10 Ville projektidéen efter din opfattelse være blevet gennemført, hvis projektet ikke havde modtaget støtte?



Note: Baseret på 356 projektlederes og -deltageres svar (afsluttede og igangværende projekter) Hver respondent kan have angivet flere svar, hvorfor andelen ikke summer til 100<sup>39</sup>.

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Nedenstående citater fra casestudierne illustrerer vigtigheden af den risikoafdækning, som EUDP tilbyder:

- › "Uden støtten ville projektet have taget længere tid at gennemføre og muligvis være gennemført i mindre skala. Støtten muliggjorde at intensivere udviklingsarbejdet med henblik på at have en første version af gærstammen klar til demonstration i december 2009 i forbindelse med COP15... Investeringssmidler fra Syddansk Teknologisk ... gjorde det muligt at starte virksomheden. Det, sammen med den kendsgerning at virksomheden har modtaget støtte fra EUDP og har et godt forankret netværk, har fungeret som en slags blåstempling, der har gjort det muligt for Terranol at tiltrække endnu en investor." (EU2, Birgitte Rønnow, Terranol).
- › "Dronninglund Fjernvarme er forbrugerejet. Det ville ikke have været muligt at få opbakning til at påtage sig den finansielle risiko projektet indebærer. EUDP-brandet har haft lokal værdi som blåstempling og har dermed bidraget til at vi kunne få godkendt projektet på vores generalforsamling" (EU3a+b, stort solvarmeanlæg (Sunstore 3) (64009-0043) + Sæsonlager til stort solvarmeanlæg).
- › "Jeg opfatter EUDP som meget risikovilligt – det ville have været svært for InVentilate at gå ud til private investorer" (EU4 – Ressourcebesparende ventilationsenhed, John Børsting, InVentilate).
- › "Projektet var for stort og risikofyldt at gennemføre alene for en virksomhed af vores størrelse. Vi havde undersøgt muligheden for at skaffe finansiering til kranen fra de store vindmølleproducenter såsom Vestas og Siemens, men disse ville have alle IP-retigheder, hvis de skulle investere. Det viste sig umuligt at finde investorer til et produkt, der kan anvendes bredt. Med støtten fra

<sup>39</sup> Respondenter, der har angivet, at "projektet havde været for risikofyldt for os at gennemføre uden støtte" har ikke samtidig kunne angive andre svarmuligheder. 2,25% af respondenterne har KUN svaret at de ville have omprioriteret midler. 2,53% af respondenterne har KUN svaret, at de ville have opnået anden finansiering.

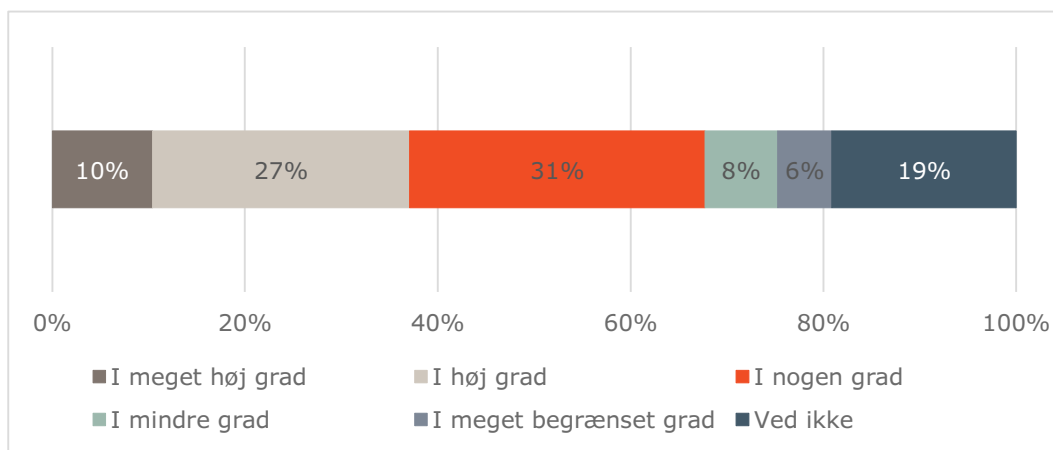
*EUDP blev det muligt for Liftra selv at udvikle en kran” (EU11 – Selvhjælpende kran til udskiftning af gear i vindmøller, Per Fenger, Liftra).*

- › *”Projektet ville have været for risikofyldt uden støtten. Brintbilsmarkedet er stadig ikke et modent marked. Der skal foretages store investeringer i infrastruktur, herunder tankstationer i en forventning om et væsentligt marked på lang sigt. Udviklings- og udbygningsinvesteringerne skal foretages, før markedet er modent. Her er offentlig støtte vigtig, selvom der er mere fleksibilitet ved private investeringer” (EU13 – HyProvide, Mikael Sloth, H2 Logic).*

### 4.3.3 Forretnings- og finansieringsplaner

EUDP lægger særlig vægt på, at projekterne udarbejder egentlige forretnings- og finansieringsplaner. Som det ses af Figur 4.11, er det i alt 37% af projektlederne og -deltagerne, der vurderer, at deres forretningsplaner i meget høj grad eller i høj grad er blevet realiseret. 14% har indikeret, at forretningsplanerne kun i mindre, eller i meget begrænset grad, er blevet realiseret og 19% ved ikke.

Figur 4.11 I hvor høj grad vurderer du, at jeres forretnings- og finansieringsplaner har holdt stik efter projektets afslutning?



Note: Baseret på 356 projektlederes og -deltageres svar (afsluttede og igangværende projekter)  
 Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Case-eksemplerne viser flere konkrete eksempler på en positiv udnyttelse og opfyldelse af forretningsplanerne, bl.a.:

- › *”Vores virksomhed lever af at være de mest innovative. Derfor er det vigtigt for os at være på forkant med udviklingen. Da det begyndte rykke på EU-niveau med regulering på vinkøler-området, valgte vi at parkere flaskekølerne, så vi kunne fokusere intensivt på udviklingen af vinkølerne. Vores målsætning var at blive de første, der lancerede et stort vinkøleskab med glasdør i energiklasse A+. Og det lykkedes” (EU8 – Professionelle kølemøbler, Lars Gorzelak, Vestfrost Solutions).*

Der angives også i spørgeskemaundersøgelsen en lang række forskellige årsager til, hvorfor der kan være begrænset realisering af forretningsplanerne (se tekstboksen nedenfor).



#### Tekstboks 4.2 Årsager til begrænset realisering af forretningsplaner

- › Det er meget svært at finde finansiering til denne type teknologi, som der endnu ikke er et kommercielt marked for.
- › Det har taget længere tid end estimeret at få produkterne klar til markedet og markedet er ikke så motiveret som først antaget. Den danske strategi omkring naturgas har sat produktet i stå på det danske marked!
- › Vores antagelser omkring den hastighed den valgte supply chain skulle udvikles har ikke kunnet realiseres. Hertil kommer, at vi har brugt nogen tid på at løse tekniske udfordringer.
- › Mikro-kraftvarme har i dag ringe rammebetingelser. Desuden er teknologien baseret på brint der pt. er for dyr at fremstille. Endelig er fremstillingsprisen for anlæggene for høj pga. lave styktal.
- › De økonomiske mål for kostpris på produktet er endnu ikke opnået. Produktet kom også for tidligt på markedet med en del produktfejl. Begge problemer arbejdes der med p.t. Dette har betydet en forsinkelse på 1-2 år.
- › Rent forretningsmæssigt er der et potentielt meget stort marked inden for det pågældende forretningsområde. Efter de første test, har det vist sig at produktet skal produktmodnes til den pågældende applikation. Til dette har vi brug for kapital, som vi ikke p.t er i besiddelse af. Vi mangler kapital for at gennemføre hele vores forretningsplan.
- › Basalt set fordi produktet mod forventning ikke kunne præstere det forventelige og vi måtte gå alternative veje.
- › Produktet var rettet mod solcellemarkedet. Da regeringen lukkede for solceller i november 2012 stoppede alt. Vi havde undervurderet den politiske risiko.
- › De private teknologileverandører var alligevel ikke parate til at foretage den nødvendige investering.

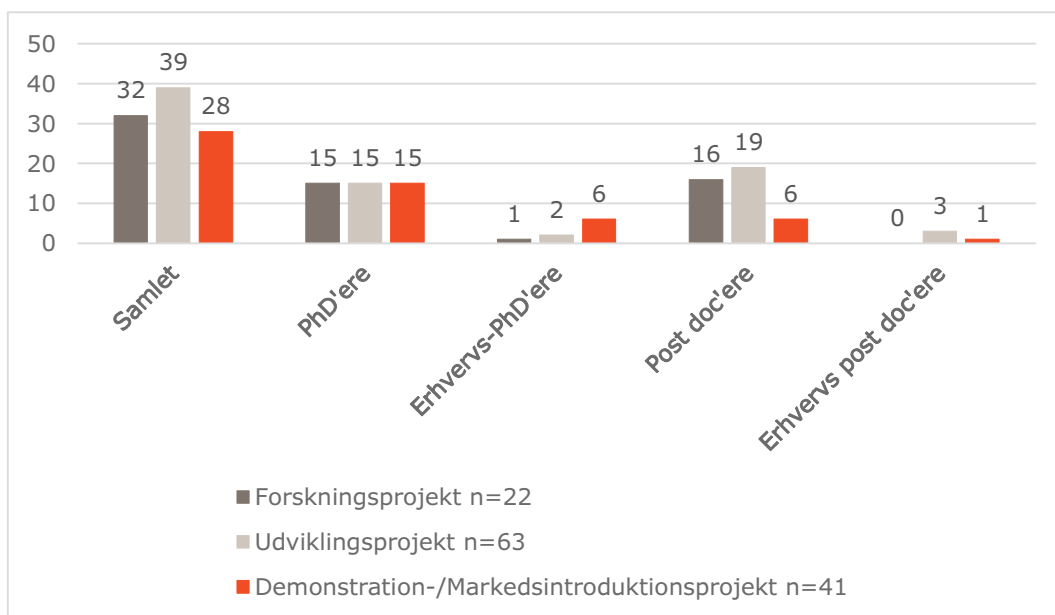
Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

### 4.3.4 Resultater relateret til forskning

På mellemlangt til langt sigt afhænger dansk konkurrenceevne inden for energiområdet af, at dansk offentlig finansieret forskning og innovation understøtter de private virksomheders behov. Tilstedeværelsen af stærke danske forskningsmiljøer er afgørende for, at danske virksomheder kan skabe udvikling, omsætning og eksport. Evaluator har derfor undersøgt, hvor mange forskerstillinger EUDP-projekterne har generet samt gennemslagskraften af den forskning, der støttes.

Projekterne har resulteret i et betragteligt antal forskerstillinger. I alt er der skabt 99 forskerstillinger i de 126 projekter i projektperioden, jf. Figur 4.12. 45 af disse er enten postdoc eller erhvervs-postdoc.

**Figur 4.12** *Hvor mange forskerstillinger blev/bliver i alt etableret i direkte forbindelse med projektet, både i din egen virksomhed/institutioner og hos de øvrige projektdeltagere? (antal stillinger)*



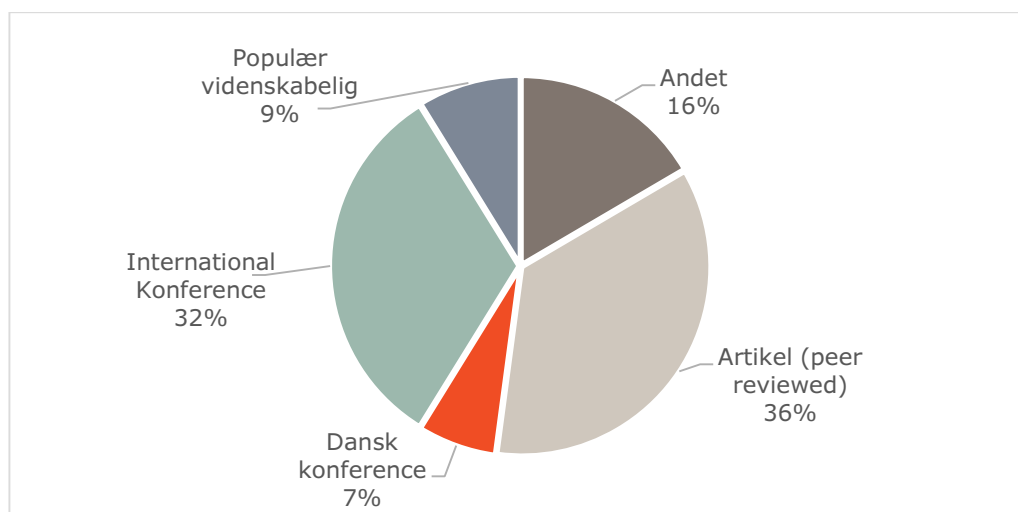
Note: Baseret på 126 projektlederens svar (afsluttede og igangværende projekter)

Kilde: COW/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

I alt er der i projektperioden skabt 1.036 stillinger (forskerstillinger og andre typer jobs) i de virksomheder, forskningsinstitutioner og universiteter, som har deltaget i igangværende og afsluttede projekter. Disse stillinger er afhængige af projektstøtten og betragtes derfor i evalueringen som midlertidige.

De afsluttede EUDP-projekter fra perioden 2009-2013 har udgivet minimum 284 publikationer. Figur 4.13 viser, at langt de fleste publikationer enten er artikler publiceret i internationalt anerkendte og peer reviewed journals (36%) eller bidrag til internationale konferencer (32%).

**Figur 4.13** *Formidlingsaktiviteter fordelt på publikationstype for EUDP*



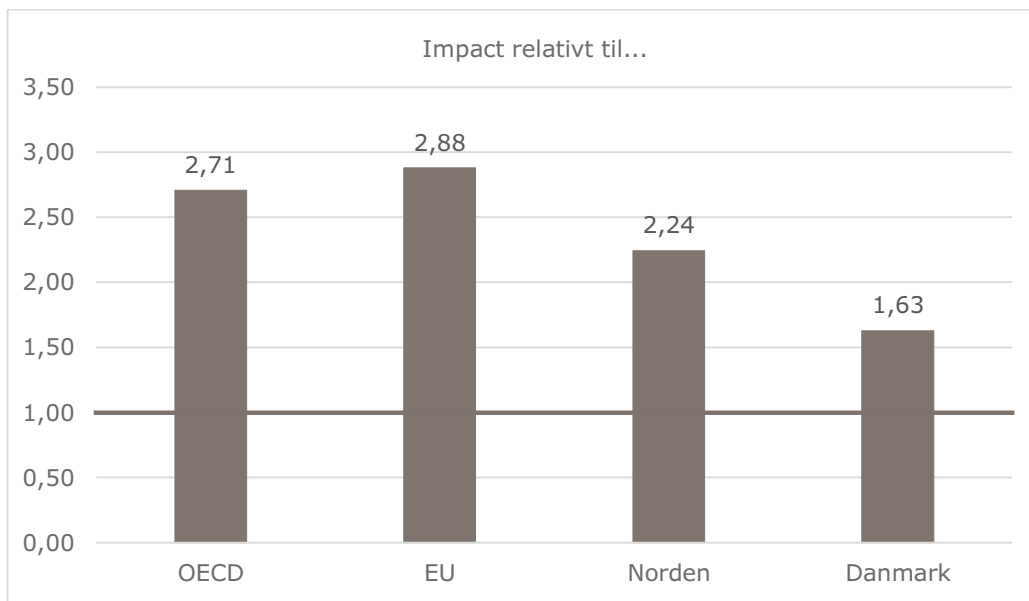
Note: Baseret på 284 publikationer i 46 afsluttede projekter.

Kilde: COW/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

EUDP-projekterne formidler altså aktivt sine resultater – ikke mindst internationalt. Opdelt på energiteknologier er det særligt inden for sol (32%) og brint og brændselsceller (24%), at EUDP projekterne har formidlet sine forskningsresultater<sup>40</sup>.

Som en del af evalueringen er kvaliteten af de 101 artikler, som projekterne i EUDP har fået publiceret i internationalt anerkendte tidsskrifter, blevet analyseret (se afsnit 3.3.4 vedrørende metoden for kvalitetssammenligningen). Figur 4.14 viser den gennemsnitlige gennemslagskraft for EUDP-projekternes artikler set i forhold til fire benchmarks; OECD, EU, Norden og Danmark samlet. Den vandrette streg i figuren er lig med gennemsnittet for benchmarket.

Figur 4.14 Forskningspublikationernes kvalitet - EUDP



Kilde: COWI/EA energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015, baseret på tal fra Scopus

Note: Gennemsnitlig gennemslagskraft for de anvendte benchmark er lig 1,0 vist ved den vandrette streg

Gennemslagskraften for en gennemsnitlig EUDP-publikation er 2,88 gange højere end den gennemsnitlige publikation udgivet af institutioner i hele EU inden for det samme forskningsfelt. Også i forhold til OECD, Norden og Danmark generelt<sup>41</sup> er gennemslagskraften højere og særligt drevet af artikler inden for sol-teknologi<sup>42</sup>.

Den sidste del af forskningsanalysen viser patenteringsaktiviteten for de afsluttede projekter. Evaluatoren ser antal patenter som et udtryk for den potentielle kommercialiseringseffekt for virksomhederne, der indgår i forskningsprojekterne – og dermed som et udtryk for programmernes potentielle effekt på vækst, beskæftigelse og

<sup>40</sup> Se Bilag D for detaljer

<sup>41</sup>Fra andre lignende studier ved vi, at når man måler forskningskvalitet op i mod Norden som helhed sættes niveauet højt. Norden kan således siges at være et "hårdt" benchmark, mens EU og OECD er lettere benchmarks. Nordiske forskningspublikationer modtager generelt mange citationer og udkommer i højt estimerede tidsskrifter, sammenlignet med både OECD og EU.

<sup>42</sup> Se Bilag D, hvor forskningsresultaterne opdeles i forhold til energiområder.

grøn omstilling. Blandt de 73 afsluttede projekter, for hvilke evaluatoren har data, er der ansøgt om 16 patenter på evalueringstidspunktet.

## 4.4 Effekter

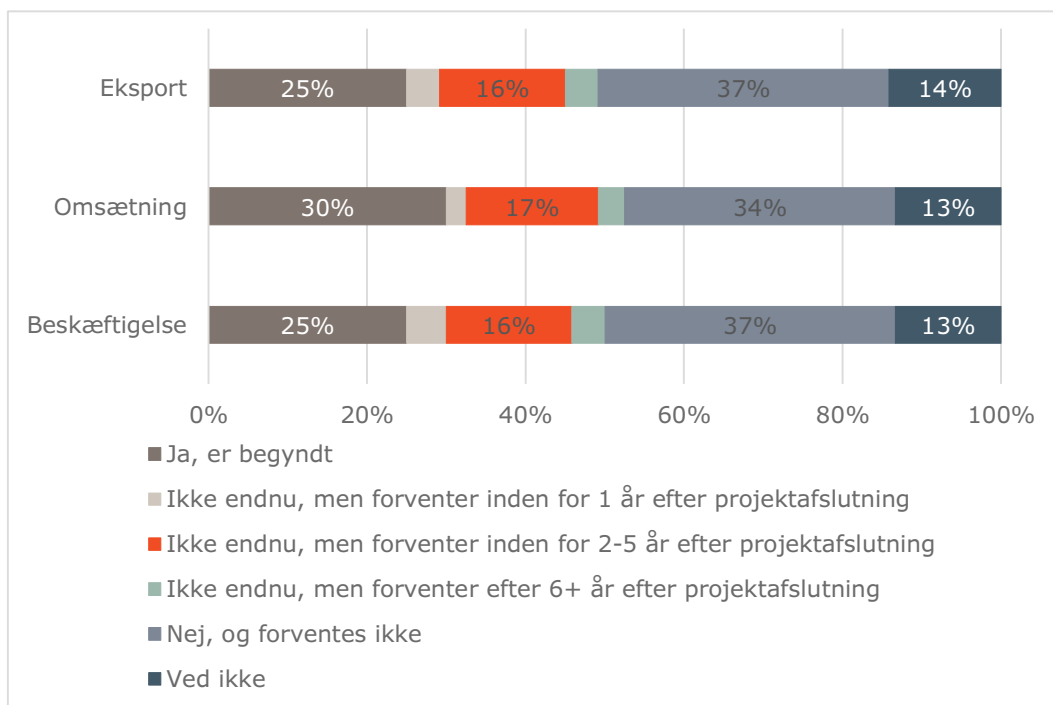
I afsnittene nedenfor præsenteres evalueringens data og analyser i relation til effektmålsætningerne for EUDP.

### 4.4.1 Omsætning, eksport og beskæftigelse

Fordelingen af projekter på projekttyper er vigtig at holde sig for øje, når man tolker på evalueringens data, da ikke alle typer af projekter kan forventes at have vækst-effekter på kort sigt. Figur 4.1 på side 61 viser, at 14% af EUDP-projekterne er forskningsprojekter, 48% er udviklingsprojekter, og 38% er demonstrations/markedsintrroduktionsprojekter. Jf. analysen i kapitel 3.3 er det primært fra den sidste type projekter, der kan forventes væksteffekter på kortere sigt.

Figur 4.15 viser virksomhedernes vurdering af effekten af projektdeltagelsen på henholdsvis beskæftigelse, omsætning og eksport. I 30% af tilfældene vurderer virksomhederne, at deltagelsen allerede har haft positive omsætningskonsekvenser. En omsætningsfremgang, der også kan spores i både en beskæftigelseseffekt (25%) og en eksporteffekt (25%).

Figur 4.15 *Gevinst for deltagene virksomheder i EUDP projekter – realiseret og forventet*



Note: Baseret på 120 virksomhedsdeltageres svar (afsluttede projekter)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Figur 4.15 viser også meget tydeligt, at en stor del af projekterne ikke forventer effekter på de tre indikatorer (34-37%), og dertil kommer 13-14%, som ikke ved, om effekter vil blive realiseret. Det er evaluators vurdering, at dette skal ses på baggrund af projektporteføljens sammensætning. På den ene side skal programmet

støtte projekter, der rummer store risici, samt støtte forsknings- og udviklingsprojekter med lang modningstid, der bidrager med ny viden, frem for at fokusere på kortsigtede vækst- og beskæftigelseseffekter. På den anden side skal programmet skabe netop vækst- og beskæftigelse på relativt kort sigt. Til dette formål er demonstrationsprojekterne de bedste, men det er alene 38% af projekterne, som er demonstrationsprojekter.

*Tekstboks 4.3 Eksempel på konkret vækst- og beskæftigelseseffekt*

Formålet med projektet var at udvikle en selvhejsende kran til vindmøller, som kan bruges ved service og udskiftning af vindmøllens tunge komponenter såsom gearkassen. En vindmøllens gearkasse skiftes mindst 1-2 gange i møllens levetid. Den selvhejsende kran kan reducere omkostningerne forbundet med dette arbejde med 20-60%. Omkring 90-95% af teknologien er udviklet af Liftra selv. Liftra har søgt 3 patenter på prototypen, og de relativt overordnede elementer, hvoraf de 2 blev godkendt undervejs i projektet. Det tredje patent blev søgt efter projektets afslutning og ser ud til at blive godkendt. Virksomheden har til dato afsat i alt 6 kraner og forventer at kunne nå op på i alt 9 kraner inden udgangen af 2015.

	I dag	Når veletableret	
	Faktisk	Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	80.000 (= 6 kraner)	180.000 (= 9 kraner)	360.000 (= 18 kraner)
... heraf eksport (1.000 kr.)	100%	99%	99%
Jobs – Fastholdelser	18	+22	+22
Jobs – Nyansættelser	5	20	50

Kranen fører til en mere omkostningseffektiv vedligeholdelse af møllerne og en reduktion af energiforbruget til transport af traditionelle kraner. Det vil typisk kræve 15-20 køretøjer at transportere en traditionel kran hen til vindmøllen, der skal serviceres, mens den selvhejsende kran kun kræver ét køretøj. CO<sub>2</sub>-udledningen som følge af energiforbruget til transporten vil i USA kunne reduceres med ca. 90% og i Europa med omkring 50%. (Projekt EU11 – Selvhejsende kran til udskiftning af gear i vindmøller).

En stor andel af projekterne kan karakteriseres ved overvejende at have forskningsmål for øje frem for kortsigtede vækst- og beskæftigelsesmålsætninger. For andre af de projekter, der støttes af EUDP, er det usikkert, hvilken konkret indvirkning de kan få på vækst og beskæftigelse. I Tabel 4.3 nedenfor vises, hvordan usikkerheden om endnu ikke realiserede effekter stiger med tidspunktet for, hvornår de første resultater viser sig. Jo senere de første resultater viser sig, jo længe tid vil det også tage, før produktet/processen/ydelsen er veletableret på markedet: For de projekter, hvor virksomheden forventer, at de første resultater vil vise sig seks år eller mere efter projektafslutning, er det virksomhedernes forventning, at varigheden, fra det første resultat viser sig til produktet er veletableret på markedet, vil udgøre *yderligere* gennemsnitligt 5,8 år. Forventer virksomhederne i stedet, at resultaterne viser sig senest et år efter projektafslutningen, tager det *yderligere* 3,3 år, før produktet er veletableret.

Tabel 4.3 *Hvornår ift. de første resultater har vist sig forventer du, at produktet/proces-sen/ydelsen vil være veletableret på markedet?*

Første resultater har vist sig	Vurdering af varighed fra første resultat til veletableret	Andel virksomheder
Senest 1 år efter projektafslutning	3,3 år	38%
2-5 år efter projektafslutning	3,2 år	53%
+6 år efter projektafslutning	5,8 år	9%

Note: Baseret på 236 virksomhedsdeltageres svar (afsluttede og igangværende projekter)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Tabel 4.4 viser de effekter, virksomhedsdeltagere på afsluttede projekter henfører til projektdeltagelsen. Her fremgår den ekstra omsætning, eksport og beskæftigelse, der er opnået siden projektperiodens afslutning blandt de virksomheder, som har besvaret spørgeskemaet.

Tabel 4.4 *Afsluttede projekter: Realiseret samlet effekt siden projektafslutningen og som følge af projektdeltagelsen (opgjort på evalueringstidspunktet)*

	Total for alle virksomheder i afsluttede projekter	Antal virksomheder
Ekstra omsætning siden projektafslutning	573.550.000 kr.	36
Ekstra eksport siden projektafslutning	409.852.250 kr.	29
Beskæftigelse siden projektafslutning (nyansættelser og fastholdelser)	215 medarbejdere	30

Note: Baseret på 36 virksomhedsdeltageres svar (afsluttede projekter)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

I alt har virksomhederne realiseret en ekstra omsætning på i alt 573,55 mio. kr. siden projekterne blev afsluttet. De 36 respondenter fra virksomhederne, som har besvaret spørgsmålet, repræsenterer 33 forskellige projekter, der tilsammen har modtaget et tilskud på 209,67 mio. kr. Af den øgede omsætning udgør eksporten i alt 409,85 mio. kr. Nyansættelser og fastholdelser som et resultat af ekstraomsætningen udgør 215 stillinger<sup>43</sup>.

Ud over de allerede realiserede vækst og beskæftigelseseffekter er virksomhederne desuden blevet spurgt til deres forventninger til fremtiden. Givet at deres produkt/proces/ydelse bliver etableret på markedet, forventer de 47 virksomheder,

<sup>43</sup> Tallene svarer overordnet set til resultaterne af evalueringen fra 2014. Man skal dog være varsom med at sammenligne tallene, da opgørelsesmetoderne er vidt forskellige.

som har svaret, gennemsnitligt 15,9 mio. kr. i øget årlig omsætning, heraf 10,5 mio. kr. i øget årlig eksport og ansættelse/fastholdelse af 14,8 medarbejdere<sup>44,45</sup>.

Kompleksiteten med at opgøre effekterne fremgår tydeligt af følgende udsagn:

- > *"Det sande billede er, at virksomhederne er i en hård kamp fra især Asien, og de danske virksomheder er tvunget til at putte mere viden i deres produkter for at bevare deres omsætning eller deres arbejdspladser i Danmark... konkurrenterne puster [de danske virksomheder] i nakken... Støtte til sådanne projekter er således med til at opretholde og bevare eksisterende arbejdspladser og vedligeholde virksomhedernes position. ... uden... risikerer firmaerne at havne i den såkaldte 'valley of death'" (EU 4 – Ressourcebesparende ventilationsenhed, interview Christian Drivsholm).*
- > *"Projektet i sig selv har skabt beskæftigelse på 5-10 årsværk. Men indirekte har projektet udviklet kompetencer både hos konsulenter, entreprenører, komponent- og systemleverandører. På baggrund af demonstrationsprojektet er der kommet flere solvarme og damvarmelager projekter, og på den måde er der blevet skabt flere investeringer og arbejdspladser (5-10 årsværk per projekt)" (EU3a+b, stort solvarmeanlæg (Sunstore 3) (64009-0043) + Sæsonlager til stort solvarmeanlæg).*

#### 4.4.2 Grøn omstilling

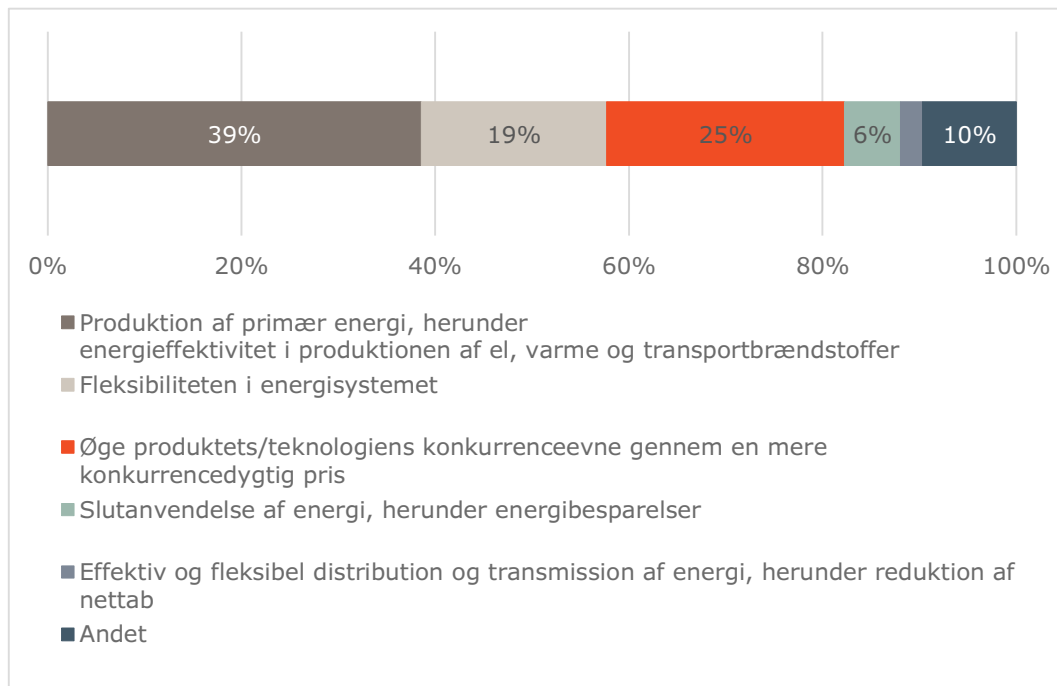
EUDP skal have en "... balanceret portefølje af aktive udviklings- og demonstrationsprojekter...". I Figur 4.16 nedenfor vises, hvordan projekterne fordeler sig på forskellige fokusområder. 39% af projekterne fokuserer på produktion af primær energi, 19% fokuserer på fleksibilitet i energisystemet og 25% på at øge produktets/teknologiens konkurrenceevne.

---

<sup>44</sup> Det skal bemærkes, at disse tal er baseret på respondenternes egne realistiske estimater. Vi har også spurgt til optimistiske estimater – men anvender altså her de realistiske. Virksomhedernes fremtidige forventning er i sagens natur behæftet med usikkerhed. En lang række eksterne faktorer kan påvirke, hvorvidt et produkt, en proces eller en ydelse reelt bliver etableret på markedet. Denne usikkerhed bliver større, jo længere tidsspændet mellem projektperioden og udbredelse af projektets output er. Det må forventes, at der blandt de deltagere, der har undladt at svare, også i et vist omfang er sket effektskabelse. Størrelsen af denne er dog ikke mulig at estimere med den nødvendige sikkerhed. Se nærmere i afsnit 3.3.2 om metodisk tilgang

<sup>45</sup> I dette gennemsnit er udeladt de største outliers, hvor forventningerne til øget årlig omsætning er angivet til imellem 54 mio. kr. og 5 mia. kr. Med den usikkerhed der er omkring disse forventninger og deres modningstid har evaluator bevidst ikke medtaget outliers, ligesom vi her alene angiver gennemsnitstallene (se i øvrigt metodebeskrivelsen i afsnit 3.3.2).

Figur 4.16 Hvilken del af energisystemet har projektet primært haft som mål at udvikle?



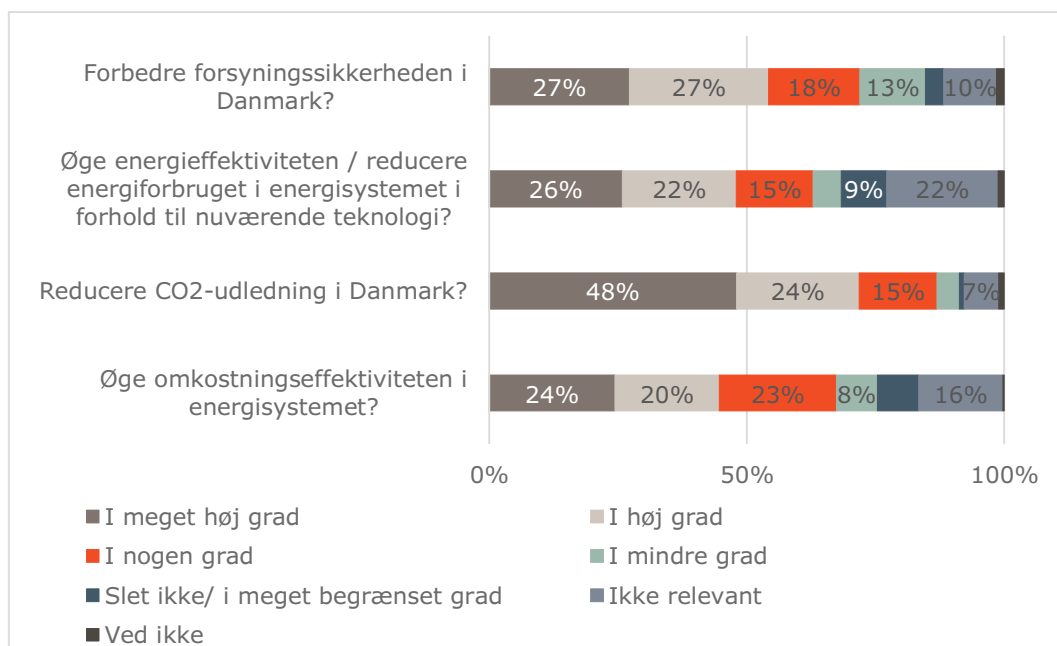
Note: Baseret på 128 projektlederes svar (afsluttede og igangværende projekter)

Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COW/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

EUDPs projekter skal "...have et stort og dokumenteret potentiale for effekt på klima- og forsyningsikkerhed". Af figuren nedenfor fremgår det, at projekterne netop bidrager til de to områder 'i meget høj grad', mens projekterne i lidt mindre udstrækning bidrager til øget energieffektivitet og øget omkostningseffektivitet.

Figur 4.17 I hvor høj grad vil projekts konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret - efter din vurdering kunne bidrage til at...



Note: Baseret på 128 projektlederes svar (afsluttede og igangværende projekter)

Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COW/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015



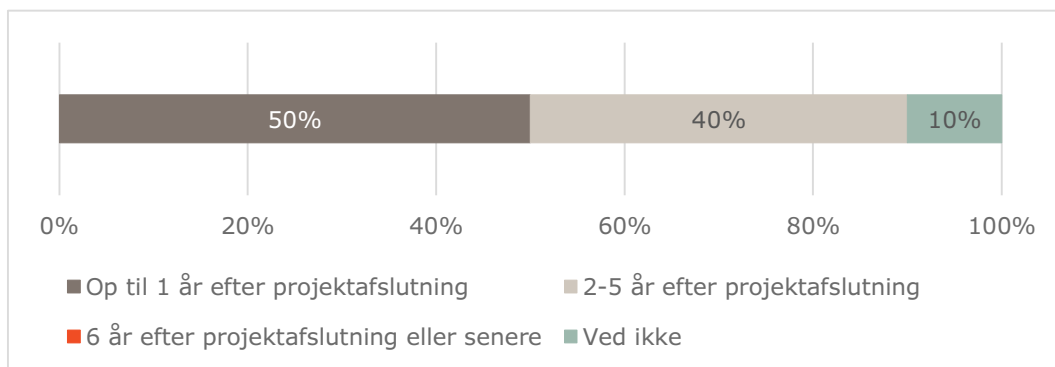
Når projektledere og –deltagere yderligere uddyber, hvori den grønne omstilling består, fremgår det, at 52% af projekternes produkt/ydelse/proces vil føre til mere effektiv produktion af primær energi, 55% af projekternes produkt/ydelse/proces vil føre til mere effektiv forbrug af energi i slutanvendelsen og 39% vil føre til en reduktion af omkostningerne ved produktion af vedvarende energi<sup>46</sup>. I eksemplet i tekstboksen nedenfor fremgår et meget konkret eksempel på grønne omstillingseffekter. Her slår effekterne naturligvis først fuldt igennem i det øjeblik, det nye produkt er veletableret på markedet og bliver udbredt.

#### Tekstboks 4.4 Eksempel på konkret grøn omstillingseffekt - energieffektivitet

Projektet EU8 – Professionelle Kølemøbler har opnået den forventede energieffektiviseringseffekt (29% bedre i forhold til Gram Solutions tidligere bedste køleprodukter og 27% bedre end tidligere fryseprodukter). Den potentielle grønne omstillingseffekt af dette er betragtelig: Der er anslået 50.000 storkøkkenkøleskabe og frydere i Danmark, og ifølge Ecodesign-studier er der ca. 3,2 millioner apparater i EU-25. Energiforbruget af storkøkkenkøleskabe og frydere anslås til at være ca. 90 GWh/år (anslået af Teknologisk Institut) og i EU til at være ca. 9 TWh/år (foreløbigt tal i igangværende Ecodesign-studie Entr. Lot 1). Der er anslået ca. 70.000 flaskekølere i Danmark og ifølge Ecodesign-studier er der ca. 6,3 millioner i EU-25. Energiforbruget af flaskekølere i Danmark anslås til at være ca. 128 GWh/år (anslået af Teknologisk Institut), og i EU ca. 17 TWh/år (Ecodesign-Lot12 rapport). Med 27-29% besparelse i forhold til de to danske producenters i forvejen ret effektive produkter, vil besparelspotentialet i Danmark være op til 30 GWh/år og på EU-plan mindst 2.500 GWh/år.

Figur 4.18 viser hvornår, i forhold til projektafslutningen, effekterne begyndte at vise sig af de afsluttede projekter, hvor energimæssige effekter (dvs. forbedret energieffektivitet, reduceret CO<sub>2</sub>-udledning, forsyningssikkerhed og/eller omkostningseffektivitet) allerede er realiseret. 50% af projektledere og –deltagere svarer, at der gik op til et år efter projektafslutningen før effekterne begyndte at vise sig, mens 40% svarer, at der gik 2-5 år.

Figur 4.18 Hvornår ift. projektafslutningen begyndte projektet at resultere i energimæssige effekter (energieffektivitet, reduceret CO<sub>2</sub>-udledning, forsyningssikkerhed og/eller omkostningseffektivitet) på markedet eller i daglig anvendelse?



Note: Baseret på 30 projektlederes og -deltageres svar (afsluttede projekter, der har arbejdet med en nyt/forbedret teknologi, proces eller ydelse)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

<sup>46</sup> Hvert projekt kan påvirke flere aspekter, hvorfor andelen ikke summer til 100%

De samlede effekter på grøn omstilling skal ses i forhold til den store gruppe af videnuviklingsprojekter, som ikke nødvendigvis har effekt på grøn omstilling, hverken på kort eller mellemlangt sigt. Dertil kommer en lang række projekter, som endnu ikke har resulteret i energimæssige effekter, selvom de er afsluttet, men hvor projektdeltagerne stadig forventer, at effekterne vil indfinde sig<sup>47</sup>.

#### Tekstboks 4.5 Eksempel på konkret grøn omstillingseffekt – sol/energieffektivitet

Det umiddelbare resultat er 15-25% mere effektiv energiudnyttelse. Dertil kommer en positiv sideeffekt, nemlig at systemet samtidig kan hjælpe til at affugte luften i drivhusene og derved spares der omkring 15% rumvarmeenergi. I juni 2015 vandt Knud Jepsen 'Global Entrepreneur of the Year' prisen bl.a. pga. nyfortolkning af, hvordan energi kan leveres til gartnerier. Prisen skaber stor synlighed i branchen. Affugterteknologien i projektet leveres af et israelsk firma. Der er derfor ikke direkte beskæftigelseseffekter i Danmark men en meromsætning hos den danske forhandler Flex Technic. Men installationerne bidrager til at reducere energiomkostningerne og dermed til danske gartneriers fortsatte internationale konkurrenceevne og fastholdelse af arbejdsplader. Samtidig breder energieffektiviseringsgevinsten sig. Knud Jepsen har selv investeret i 18 affugtere til egne væksthuse. I Danmark og Norge har Flex Technic derudover solgt yderligere 60 affugtere på basis af projektets demonstrationseffekt. (EU9 – Drivhuset producerer solenergi).

Det er altså vanskeligt for eksperterne, der arbejder med projekterne, og således også for evaluatoren, at sætte konkrete tal på den grønne omstilling. At der imidlertid er konkrete effekter vidner casestudierne om:

- › *"The concept will make it possible to supply district heating systems with up to 100% heat from solar heating and heat pumps. That will give a high supply security because the fuels are renewable if the heat pump is running in periods where wind turbine produced electricity is available. Impact on the environment depends on the reduction in natural gas consumption for CHP and district heating. In 2006 this consumption was app. 40.000 PJ in Denmark, causing a CO<sub>2</sub>-emission of 2,3 mio. tons. If natural gas is used for electricity regulation only and CHP-plants and district heating plants are supplied from the solar collector/storage/heat pump concept natural gas consumption can be reduced with 25-50%. That gives a CO<sub>2</sub>-reduction of 0,6-1,15 mio. tons/year" (fra projektansøgning EU3a+b, stort solvarmeanlæg (Sunstore 3) (64009-0043) + Sæsonlager til stort solvarmeanlæg).*
- › Det lykkedes at udvikle det ønskede produkt, MicroVent Basic. Mekanismen *"kan give energibesparelser på op til 85% i forhold til traditionelle ventilationssystemer og kan dermed efterleve de skærpede krav til bygningers energiforbrug.... Derudover kan det minimere anlægsomkostninger til ventilation med op til 55%. Systemet vil derfor være med til at sætte nye standarder for energiforbruget til ventilationssystemer og forbedre mulighederne for at energirenovere"* (citater fra: <http://markedsmodningsfonden.dk/projekt/0/34/492>). (EU 4 – Ressourcebesparende ventilationsenhed, interview John Børsting og Christian Drivsholm).

<sup>47</sup> Tallene fra spørgeskemaundersøgelsen viser, at 31% forventer at energieffekterne først indfinder sig 2-5 år efter projektafslutning. 27% forventer først det vil ske efter 6 år eller mere.

*Tekstboks 4.6 Eksempel på konkret grøn omstillingseffekt - vingeforskning*

DNV GL er førende i verden på servicering af vindmøller. DNV GL arbejder med at lave en vingestandard (blade standard - IEC guidelines til vindmøller). Der findes kun én global standard for vinger, og det er den DNV GL har udarbejdet. Den nye standard, med input fra projektet, vil således blive den standard, hele branchen globalt opererer efter. Forslaget til den nye standard er i officiel høring i branchen med deadline for kommentarer i starten af september 2015. Standarden forventes klar til brug ved udgangen af 2015. Den nye standard vil være medvirkende til at øge kvaliteten af de fremtidige vinger. Den forventede effekt af projektet er, at udvikling og vedligeholdelsesomkostninger forventes at reduceres med 5% per år svarende til en besparelse på 100 mio. kr./år hvis hele den nuværende danske kapacitet på 58.520 MW anvender den nye standard. Projektet bidrager dermed til grøn omstilling ved at fremme vind energiens konkurrenceevne. (EU10 – Eksperimentel vingeforskning).

## 5 ForskEL

I dette kapitel præsenteres evalueringen af ForskEL. Kapitlet indeholder først en beskrivelse af programmets og evalueringens formål, hvorefter konklusionerne vedrørende ForskEL fremlægges i afsnit 5.2. Afsnit 5.3 indeholder data og analyse vedrørende ForskELs resultater. Afslutningsvis præsenteres i afsnit 5.4 data og analyse vedrørende effekterne.

### 5.1 Baggrund, formål og evalueringsfokus

I 1998 besluttede Folketinget at opdele den danske elsektor i hhv. produktion, transport og salg af el. Energinet.dk blev etableret i 2005 til at varetage systemansvaret, og i den forbindelse oprettedes ForskEL for at sikre koordination af den nødvendige forskning og udvikling på området. Hovedmålsætningerne for ForskEL projekterne er:

- › Projekterne skal have et stort og dokumenteret potentiale for effekt på miljø og sikkerhed i forhold til elsystemet.
- › Projekterne udvælges hovedsagelig med udgangspunkt i relevans, kvalitet og potentiale, og støtten skal samtidig tjene til at afdække en finansiell og teknologisk risiko, der skal være betydelig.
- › Det er ambitionen, at projekterne leder til positive resultater og effekter for elsystemet eller afdækker ikke realiserbare teknologiske udviklingsveje.
- › At projekterne bidrager til udnyttelse og indpasning af miljøvenlige elproduktions teknologier i elsystemet

ForskEL er finansieret via PSO-tariffen med et årligt budget på 130 mio. kr. Siden etableringen er der støttet ca. 580 projekter fordelt på en bred vifte af teknologiområder, der alle har en tilknytning til elsystemet.

Evalueringen skal jf. kommissoriet fokusere på kvantitative og kvalitative effekter som følge af projektgennemførelsen. Der er fokus på ForskELs nøgleområder, dvs. forsyningsikkerhed, fleksibilitet i energisystemet og den internationale dimension i projekterne, samt på effekter i form af grøn omstilling ved miljøvenlig elproduktion. Derudover er der fokus på afledte effekter i form af antal arbejdspladser, omsætning, eksport og CO<sub>2</sub>-fortrængning. Endelig ses der på betydningen af programmets risikovillighed i relation til projekternes gennemførelse.

Projekt databasen på Energiforskning.dk indeholder 146 ForskEL projekter, hvoraf der i forbindelse med evalueringen er modtaget kontaktinformation på 144. Spørgeskemaundersøgelsens grundlag består dermed af 144 projekter, der alle er afsluttede på evalueringstidspunktet.

Blandt de 144 projekter modtog vi fungerende e-mailadresser på samtlige projektledere og i alt 338 personer inkl. både projektledere og –deltagere. De 144 projekter har i alt modtaget 559 mio. kr. i støtte. Tabel 5.1 indeholder spørgeskemaundersøgelsens responsrater.

Tabel 5.1 Responsrater blandt hhv. projektledere og samtlige respondenter - ForskEL

	Bruttogruppe	Antal besvarelser	Responsrate
På projektlederniveau	144 projekter	94 projektledere	65 %
På respondentniveau	338 personer	190 personer	56 %

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Evalueringen omfatter altså ikke alle de projekter, der har modtaget støtte. Det er ikke muligt at vurdere, hvorvidt de projekter, der er omfattet af undersøgelsen, er repræsentative for den fulde population. Derfor har evaluatoren valgt ikke at ekstrapolere fra de opgivne effektmål til den fulde population<sup>48</sup>.

I tillæg til spørgeskemaundersøgelsen er der gennemført en caseundersøgelse omfattende otte projekter og en afvist ForskEL-ansøgning (se Tabel 5.2). Casestudierne er beskrevet i Bilag B.

Tabel 5.2 Case-projekter – ForskEL.

Case nr.	Projektitel	Energiområde
FO1	Elektriske hovedkomponenter i vindmøller	Vind
FO2	Trinopdelt forgasning. Erfaringsindhenting og optimering	Bio og affald
FO3	PolyStaR - Nye materialer og fremstillingsmetoder til plastsolceller med forbedret holdbarhed og pålidelighed	Sol
FO4	Crestwing, den endelige test	Bølge
FO5	Borehuller i Brædstrup	Sol
FO6	SOFC-Life	Brint og brændselsceller
FO7	ESWA - Energy Smart Water Utilities	Smart grid og systemer
FO8	Optimisation of kWh production and reliability of WSE unit	Bølge
FO9	Næste generation af affaldsfyrede kedler	Bio og affald

Kilde: COWI/EA Energianalyse/Damvad Analytics, 2015

Nærmere beskrivelse af metodisk tilgang til spørgeskema- og caseundersøgelse, herunder udvælgelseskriterier til cases, fremgår af afsnit 3.3.

Det tredje element i evalueringen er en bibliometrisk undersøgelse af det enkelte projekts forskningsoutput i form af publikationer fra projekter afsluttet i perioden 2009-2013, samt en kvalitetsvurdering af dette output.

<sup>48</sup> Ligeledes har evaluatoren valgt kun at medtage dele af spørgeskemaresultater vedrørende de forventede resultater. Evalueringen dokumenterer, at det er meget vanskeligt for eksperterne på projekterne at estimere forventninger. Usikkerheden forbundet med tallene er derfor for høj til, at man meningsfuldt kan aggregere forventningstallene.

## 5.2 Konklusion

Baseret på data fra evalueringen og evaluators analyser er det den overordnede konklusion vedrørende ForskEL, at:

- › Programmet bidrager til grøn omstilling blandt danske virksomheder og i det danske samfund i øvrigt.
- › Forsknings- og udviklingsstøtten har bidraget til betydelige forskningseffekter. Kvaliteten af den viden og udvikling, som projekterne leverer, er af høj international kvalitet og bidrager til det høje danske vidensniveau på energiforskningsområdet og dermed til dansk industris konkurrenceevne.
- › Programmet bidrager til fleksibilitet i energisystemet og til at forbedre forsyningssikkerheden i Danmark.
- › Programmet har fokus på den internationale dimension i projekterne. Inddragelsen af det internationale aspekt vurderes positivt og vigtigt af projektledere og –deltagere.

I det følgende uddybes evalueringens konklusioner vedrørende ForskEL. Først vedrørende programmets resultater:

- › Programmet når sine resultatmål. Samlet mener projektlederne, at deres projekt i meget høj (55%) eller høj grad (30%) har opnået de målsætninger, der blev fastlagt i ansøgningsfasen.
- › Programmet bidrager til grøn omstilling. ForskEL fokuserer på miljøforbedringer ved miljøvenlig elproduktion, forbedret styring og regulering af elsystemet. Samlet viser evalueringen, at det er lykkedes at bevare opmærksomheden på ForskELs strategiske fokusområder i projekternes arbejde. 81% mener, at projektet i meget høj, høj eller nogen grad har bidraget til udvikling og integration af miljøvenlige elproduktionsteknologier i elsystemet. Yderligere data og analyser præsenteres i kapitel 5.3 nedenfor.
- › ForskEL bidrager til forsyningssikkerheden i Danmark. Af den samlede projektportefølje fokuserer 47% af projekterne primært på fleksibilitet i energisystemet. 60% af projektledere og -deltagere mener, at deres projekt bidrager til forbedret styring og regulering i fremtidens elsystem. På spørgsmålet om, i hvor høj grad projektets konkrete resultater, når de er fuldt udviklet og implementeret, vil bidrage til at forbedre forsyningssikkerheden, angiver 71%, at dette i meget høj, høj eller nogen grad er tilfældet for deres projekt.
- › ForskEL har en tydelig international dimension. 52% af respondenterne angiver, at deres projekt har involveret internationalt samarbejde eller er foregået i et internationalt miljø. Blandt disse projekter vurderer 71% af respondenterne, at projektet i høj eller meget høj grad har bidraget til at inddrage international viden på området. Desuden vurderer projektdeltagere/projektledere i projekter med en international dimension, at denne i høj eller meget høj grad har bidraget til internationalt netværk (73%), ny/bedre viden (64%), inspiration til nye

løsninger (57%) og bedre løsninger og resultater (53%). Programmets internationale dimension tydeliggøres desuden ved publikationsaktiviteterne. Således udgør 72% af formidlingsaktiviteterne bidrag til internationale konferencer eller publicering i internationalt anerkendte tidsskrifter.

- > ForskEL afdækker en betydelig risiko for mange projektdeltagere. 54% af deltagerne vurderer, at projektet havde været for risikofyldt at gennemføre uden støtten. Det er også en indikation på støttens værdi og risikoafdækning, at over halvdelen af de adspurgte vurderer, at projektet i meget høj eller høj grad har skabt løsninger, der er mere innovative, end det vurderes kunne være opnået uden midler fra ForskEL.
- > Kvaliteten af den forskning der produceres i ForskEL-projekterne er af høj international standard. Af de tre FUD programmer, har ForskEL, ifølge projektlederne, størst forskningsfokus: næsten 2/3 dele af projekterne er ifølge projektlederne forskningsprojekter, mens 24% udgøres af udviklingsprojekter. Projekternes forskningsfokus fremgår også af projekternes publikationsaktivitet. Der er i regi af projekterne produceret mindst 526 publikationer/konferencebidrag. Det samlede gennemsnit for gennemslagskraften af ForskELs forskningspublikationer er 2,23 gange højere end den gennemsnitlige publikation udgivet af institutioner i Norden inden for det samme forskningsfelt. Samtidig har projekterne resulteret i etableringen af et betragteligt antal forskerstillinger i projektperioden. I alt er der skabt 55 forskerstillinger i de 64 projekter.
- > ForskELs projekter etablerer mange netværk og offentligt private partnerskaber mellem mange aktører: industri, universiteter og forskningsinstitutioner. Af ikke-kommercielle resultater blandt projektdeltagere og -ledere angiver flest, at de har opnået ny viden, fået nyt netværk og opnået en styrket national eller international position. Vedrørende netværk bygger mere end halvdelen (53%) af ForskEL-projekterne i undersøgelsen videre på et eller flere tidligere projekter.

Vedrørende effekterne af ForskEL projekterne på grøn omstilling, vækst og beskæftigelse konkluderes det, at:

- > ForskELs projekter bidrager til den grønne omstilling. Projektlederne vurderer, at projekterne i meget høj grad bidrager til reduceret CO<sub>2</sub>-udledning og dermed til grøn omstilling. Dertil kommer, at 43% fokuserer på produktion af primær energi, herunder energieffektivitet i produktion af el, varme og transportbrændstoffet. Det er samtidig konklusionen, at den grønne omstilling generelt tager tid. Modningstiden for forskning, og i nogen grad udvikling, er betragtelig, og den fulde effekt af ForskELs aktiviteter er derfor forventeligt endnu ikke slået igennem.
- > ForskEL bidrager til vækst og beskæftigelse. ForskEL har ikke som selvstændigt mål at skabe vækst og beskæftigelse. Det er dog en del af evalueringens kommissorium også at dække programmets effekter på disse indikatorer. Evalueringen viser, at virksomhederne i 27% af tilfældene vurderer, at deltagelsen i programmet allerede har haft positive omsætningskonsekvenser. En omsætningsfremgang, der også kan spores i både en beskæftigelseseffekt (25%) og

en eksporteffekt (13%). De 24 virksomheder, som har besvaret spørgeskemaet, repræsenterer 24 forskellige projekter, som tilsammen har modtaget et tilskud på 59,7 mio. kr. Disse virksomheder har realiseret en ekstra omsætning som følge af projektdeltagelsen på 77,4 mio. kr.

I kapitlerne 5.3 og 5.4 nedenfor redegøres for de data og analyser, som ligger til grund for konklusionerne.

## 5.3 Resultater

I dette afsnit præsenteres resultater, data og analyse under overskrifter, der vedrører de generelle indikatorer, som gælder alle tre programmer. De særlige ForskEL-specifikke indikatorer er dækket i afsnit 5.3.3 – 5.3.6 om henholdsvis programmets internationale dimension, fleksibilitet i energisystemet og forsyningssikkerhed, risikovillighed og innovative løsninger samt forskningskvaliteten. I afsnit 5.4 gennemgås effekter i form af grøn omstilling og vækst.

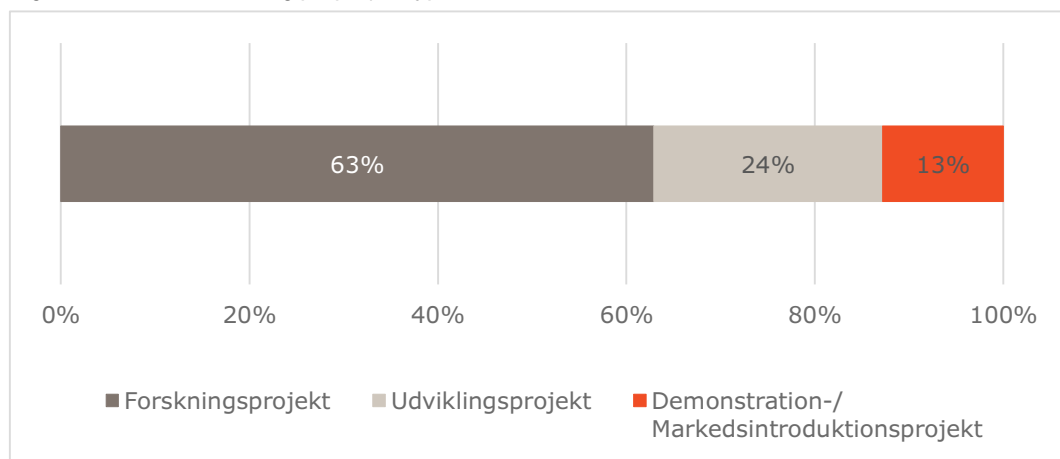
### 5.3.1 Projekternes specifikke målsætninger

I dette afsnit præsenteres resultaterne af de projekter, ForskEL har støttet siden 2007.

Figur 5.1 viser projekternes fordeling på type, baseret på projektledernes vurdering af, hvilken kategori projektet primært hører til i.

Som det fremgår, kategoriserer majoriteten af projekterne sig som forskningsprojekter, mens 24% er udviklingsprojekter og 13% er demonstration/markedsintroduktionsprojekter.

Figur 5.1 Fordeling på projekttyper – ForskEL



Note: Baseret på 94 projektlederes svar. Projekttyp er projektlederens egen vurdering.

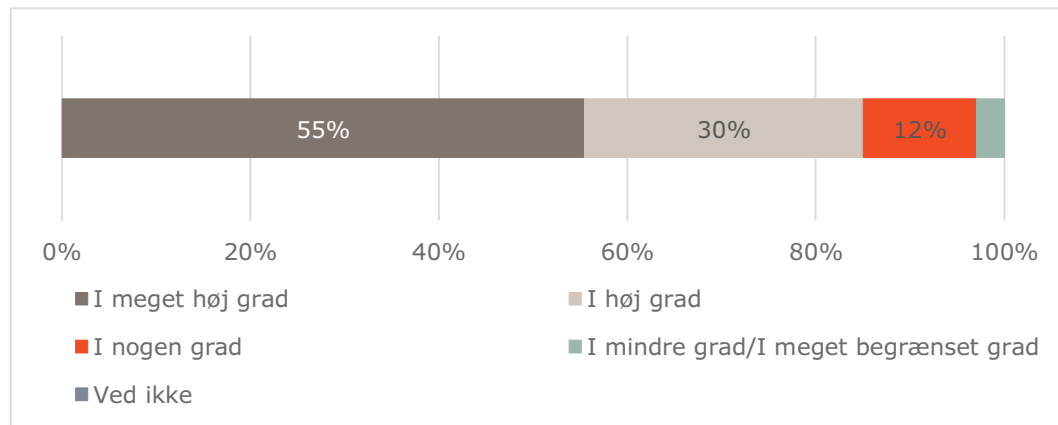
Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015



I Figur 5.2 præsenteres projektledernes vurdering af, i hvilket omfang projektet er lykkedes mht. at opfylde de oprindelige målsætninger. Samlet mener 85% af projektlederne, at deres projekt i høj eller meget høj grad har opnået de målsætninger, der blev fastlagt i ansøgningsfasen.

Figur 5.2 I hvor høj grad vurderer du, at projektet er lykkedes sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?



Note: 94 projektlederes svar. Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Projekternes mål og output er af meget forskellig karakter. To eksempler på konkret opnåelse af målsætninger er præsenteret nedenfor:

- > "Projektet nåede sit mål. Det planlagte pilotanlæg blev etableret og er i dag i drift. Der foretages fortsat målinger og indsamles driftsdata for at samle erfaringer og verificere den anvendte beregningsmodel (i TRNSYS) mhp. at udføre beregninger for et fuldskala demonstrationsprojekt" (FO5 – Borehuller i Brædstrup).
- > "De vigtigste resultater var, at der blev demonstreret industriel produktion (rullecoating) af solcellerne, samtidig med at holdbarheden øgedes. Projektet kom på et godt tidspunkt, hvor der var land at vinde, og støtten derfor havde stor virkning. Resultaterne tjener som fundament for den forskning, der udføres i dag" (FO3 – PolySTaR, Frederik C. Krebs, DTU Energikonvertering).

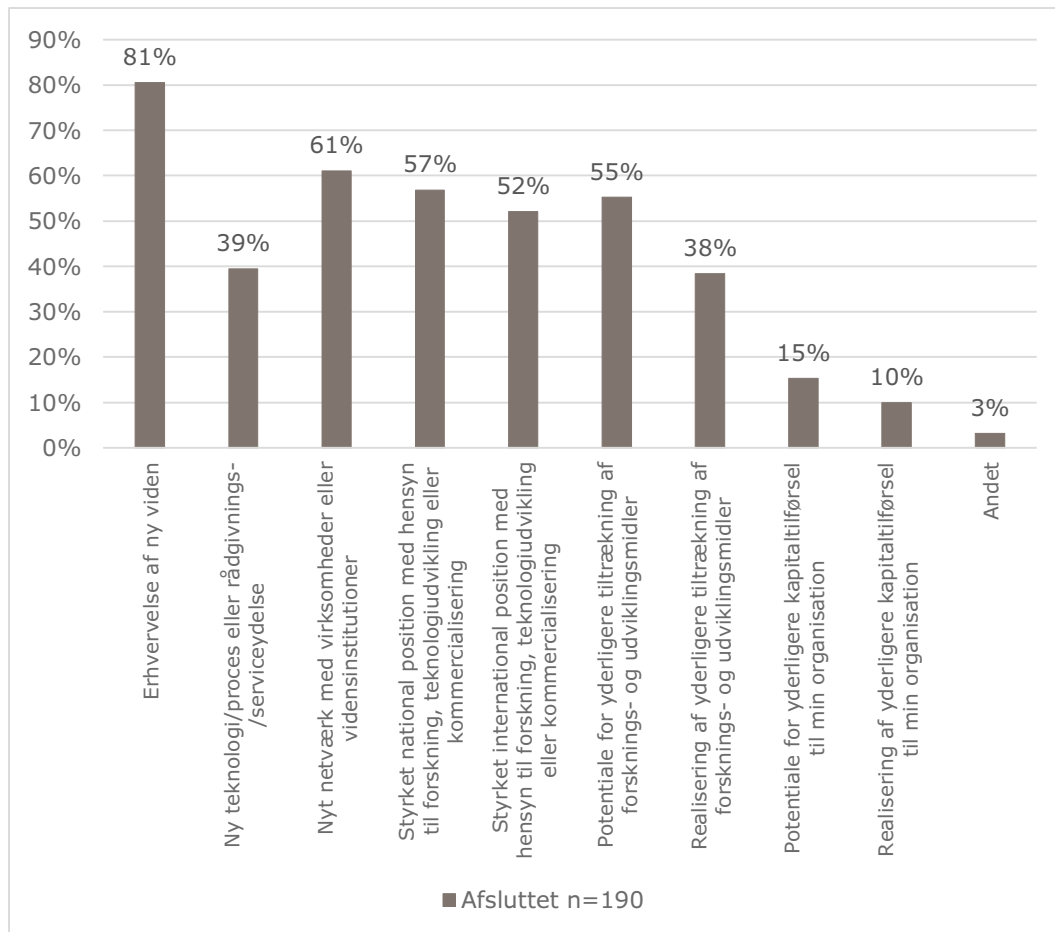
Nogle af projekterne opnår ikke fuldt de planlagte målsætninger. Det er dog ikke ensbetydende med, at projektets arbejde ikke bidrager med viden til området:

- > "Det lykkedes kun at udvikle dele af den planlagte model. Dette skyldes, at nogle af de internationale partnere i EU-projektet ikke prioriterede projektet højt nok [...] Projektet har [alligevel] givet en væsentlig større indsigt i degraderingsfænomener som en funktion af de grundlæggende fysisk-kemiske processer, der er involveret, inklusiv deres afhængighed af operationelle parametre. Et vigtigt resultat af projektet er derfor den forbedrede viden om materialer, hvilket er dokumenteret ved, at der blev publiceret et antal af artikler undervejs i projektet" (FO6 – SOFC-Life, projektleder Karin Vel Hansen, DTU Energi).

Evalueringens data viser også, at 45% af projekterne havde som konkret målsætning at udvikle et output med henblik på kommercialisering, mens 43% havde som målsætning at skabe forudsætning for videreudvikling af et sådant output.

Af ikke-kommercielle resultater blandt projektdeltagere og –ledere angiver flest (jf. Figur 5.3), at de har opnået ny viden (81%), mens mange også oplever at få et nyt netværk (61%), en styrket national (57%) eller international position (52%) og/eller skabt potentiale for yderligere tiltrækning af forsknings- og udviklingsmidler (55%).

Figur 5.3 Hvilke resultater vurderer du, at projektet har skabt undervejs i projektperioden eller umiddelbart efter projektets afslutning i din virksomhed/organisation?



Note: 190 projektlederes og -deltageres svar. Hver respondent kan have angivet flere svar, hvorfor andelen ikke summer til 100.

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

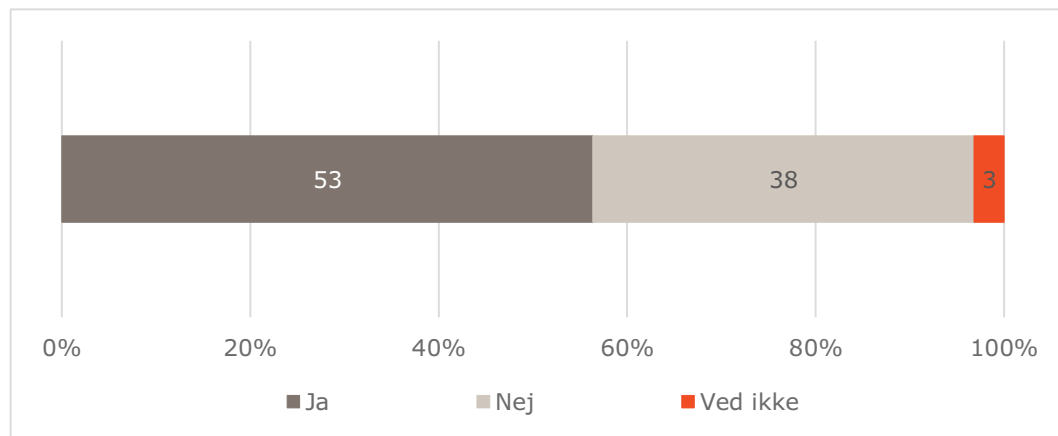
Erhvervelse af ny viden og etablering af netværk er således nogle af de tydeligste resultater af projekterne. Resultaterne beskrives blandt caseprojekterne eksempelvis således:

- › "PlanEnergi har tilegnet sig nye kompetencer og har fået erfaring med ny teknologi. Dette giver bedre mulighed for at komme med ind i nye udviklings- og demonstrationsprojekter, deltage i internationale projekter og generelt er PlanEnergi's marked for rådgivning blevet større" (FO5 – Borehuller i Brædstrup, projektleder Per Alex Sørensen, PlanEnergi).
- › "Aarhus Vand har været tilfreds med projektet og projektteamets samarbejde. Fremadrettet vil vi fokusere mere på at definere udviklingsbehov, som er strategisk vigtige at innovere på, og målrette udviklingssamarbejdet med erhvervsliv, institutter og universiteter" (FO7, Pia Jacobsen, Aarhus Vand).

### 5.3.2 Netværk og projektpartnerskaber

Som det er beskrevet i det foregående, er etablering af netværk et meget væsentligt resultat af projekterne. Videre til analysen af netværksaspekterne fremgår det af Figur 5.4, at mere end halvdelen af ForskEL-projekterne i undersøgelsen bygger videre på et eller flere tidligere projekter.

Figur 5.4 Bygger projektet direkte videre på et eller flere tidligere projekter, som også har været finansieret af offentlig støtte?



Note: 94 projektlederes svar.

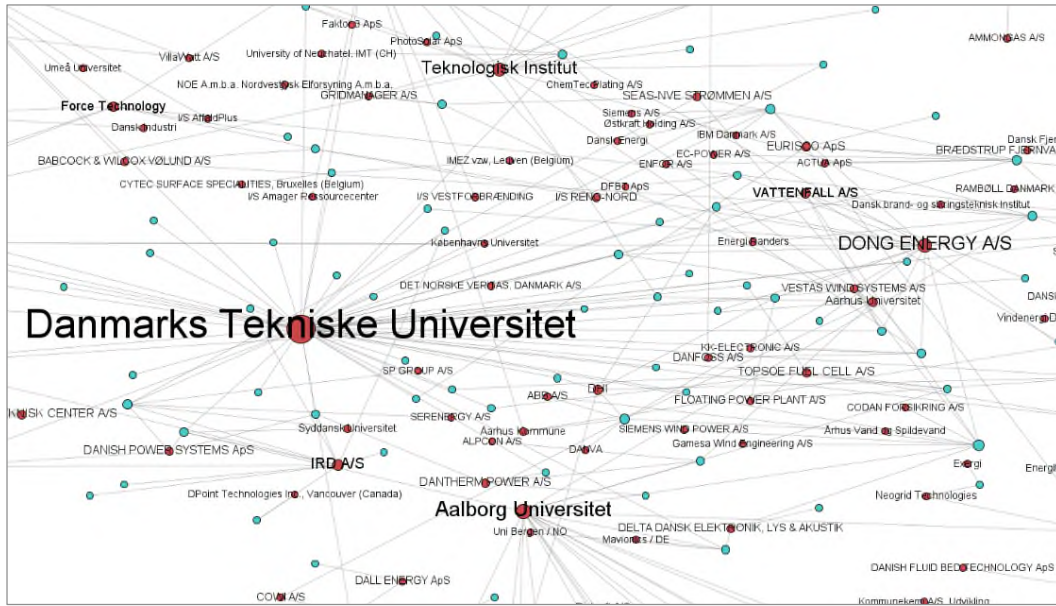
Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Af disse 53 projekter er 36 tidligere blevet finansieret af ForskEL, mens de resterende tidligere projekter har modtaget midler fra bl.a. EUDP (8 projekter), Det Strategiske Forskningsråd (8 projekter) samt Udviklingsprogram for Vedvarende Energi (3 projekter).

Der er således en tydelig tendens til, at projekterne videreudvikles fra ét ForskEL-projekt til det næste. Men data viser også, at et antal projekter bygger videre på tidligere EUDP-projekter.

I Figur 5.5 præsenteres et kort over netværk for projekter, der har modtaget støtte fra ForskEL. Figuren illustrerer, at ForskELs projekter etablerer mange netværk mellem mange aktører: Industri, universiteter og forskningsinstitutioner. Hver rød prik repræsenterer en aktør, og størrelsen af prikken angiver omfanget af projektrelationer, som aktøren indgår i. Hver blå prik repræsenterer et projekt. Stregerne angiver relationerne mellem aktører og projekter. Den aktør, der deltager i flest ForskEL-projektetnetværk, er DTU. Dernæst følger Dong Energy og Aalborg Universitet, mens den fjerde hyppigst deltagende aktør er Teknologisk Institut. Langt størstedelen af de øvrige aktører er private virksomheder, og figuren illustrerer således også den store spredning og netværksdannelse blandt virksomhederne.

Figur 5.5 Netværkskort for ForskEL: Aktører og relationer



Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Note: Netværkskortet illustrerer samarbejdskonstellationer blandt brugerne af energiordningerne og viser ikke fordelingen af midler.

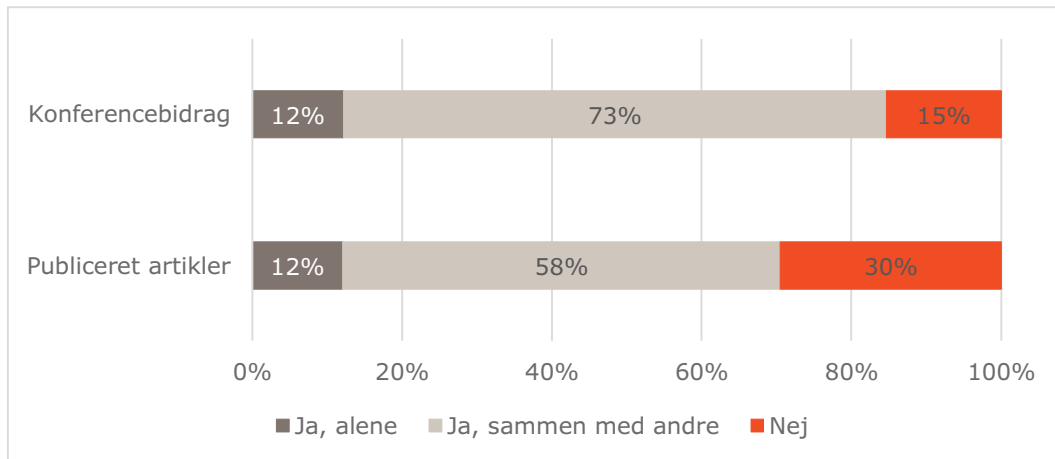
En del af netværksskabelsen handler for deltagerne om at etablere internationalt netværk. På baggrund af de oplysninger der fremgår af energiforskning.dk om projekterne, har syv af ForskELs 144 projekter en eller flere internationale partnere<sup>49</sup>. Omkring 75% af deltagerne i de pågældende projekter vurderer (jf. spørgeskemaundersøgelsen), at den internationale partner i høj eller meget høj grad har bidraget positivt til resultat- og effektskabelsen<sup>50</sup>.

Endnu en indikation på netværksskabelsen er desuden antallet af publiceringer og konferencebidrag som vidensinstitutioner og virksomheder har produceret sammen i regi af deres fælles projekt. Dette illustreres i Figur 5.6 nedenfor.

<sup>49</sup> Dette antal er alene baseret på de oplysninger om partnere, der fremgår af energiforskning.dk. Efter samling af projekterne i en database, har vi sammenholdt partnerne med det danske CVR-register og på denne baggrund kategoriseret hvilke projekter, der har internationale partnere. Det er vigtigt i den forbindelse at være opmærksom på, at programsekretariatets egen opgørelse over antallet af projekter med internationale partnere viser, at 24 projekter har internationale partnere.

<sup>50</sup> 11 projektledere og –deltagere i syv projekter har besvaret spørgsmålet

Figur 5.6 Har I publiceret peer-reviewed artikler eller lavet konferencebidrag alene eller i samarbejde med andre i forbindelse med projektet?



Note: Respondenter i 94 projekter. Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Af figuren fremgår det, at mere end 2/3 af projekterne har publiceret peer-reviewed artikler. For de projekter der producerer sådanne artikler gælder, at langt hovedparten gør det i samarbejde med projektpartnere (58%). Noget tilsvarende gør sig gældende for bidrag til konferencer. 85% af projekterne leverer bidrag til konferencer, og langt hovedparten af disse gør det i samarbejde med projektpartnere (73%). Dette afspejler dels programmets projekttyper (primært forsknings- og udviklingsprojekter) og dels deltagernes udbytte af projektdeltagelsen i form af øget netværk og viden.

Endelig giver case-undersøgelsen et godt indblik i, hvorfor netværk og partnerskaber vægtes højt af aktørerne:

- › **Konsulentvirksomheder som drivkraft og support til projektledelse:**  
*"Projektets forankring hos universitetet sikrer stabilitet af projektet i modsætning til en forankring i en industrivirksomhed, hvor forholdene og fokus kan ændre sig"* (FO1, Joachim Holbøll, DTU Elektro).
- › **Forankring hos stabil enhed:**  
*"COWI har været en stor drivkraft bag projektet og har understøttet projektledelsen. Det konkrete projekt er blevet til ved, at COWI, ABB og DHI har præsenteret ideer, som Aarhus Vand derpå har vurderet om passer ind i selskabets og Aarhus Kommunes CO<sub>2</sub>- og energistrategier"* (FO7, Pia Jacobsen, Aarhus Vand).
- › **Gensidig respekt og tillid:**  
*"Projektteamet omfattede flere konkurrenter. Ikke desto mindre som teknologileverandørerne trykke ved at stille informationen om deres komponenter til rådighed pga. projektledernes og andre deltageres høje etiske standard [...] Deltagelse i projektet har styrket den gensidige forståelse og respekt for hinandens kompetencer. Samarbejdet har gjort, at deltagerne kom tæt på hinanden, skabte personlige kontakter, som gør, at fremtidige samarbejder bliver nemmere"* (FO1, Erik Koldby, ABB).

> **Et team bestående af enheder med forskellige karaktertræk:**

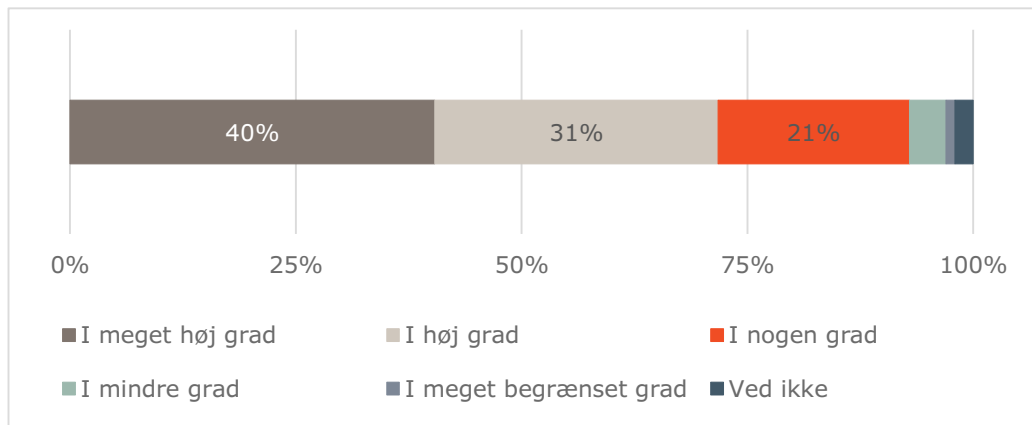
*” Udfordringen i et samarbejde mellem forskellige aktører er, at der er forskellige forventninger til projektet, og at der skal sikres fortrolighed, når de forskellige industripartnere skal bidrage med information og data om deres produkter. Omvendt var det en styrke for projekt, og udbyttet blev betydeligt større i og med, at der kunne indsamles feedback fra aktører med forskellig baggrund”*

(FO1, Joachim Holbøll, DTU Elektro).

### 5.3.3 Programmets internationale dimension

ForskEL har særligt fokus på at inddrage international viden og skabe internationale samarbejder. 52% af projektlederne og -deltagerne vurderer, at deres projekt har involveret internationalt samarbejde eller har arbejdet i et internationalt miljø. Blandt disse projekter vurderer 71% af projektlederne og -deltagerne, at deres projekt i meget høj eller høj grad har inddraget international viden, jf. Figur 5.7.

Figur 5.7 I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til at inddrage international viden på området?

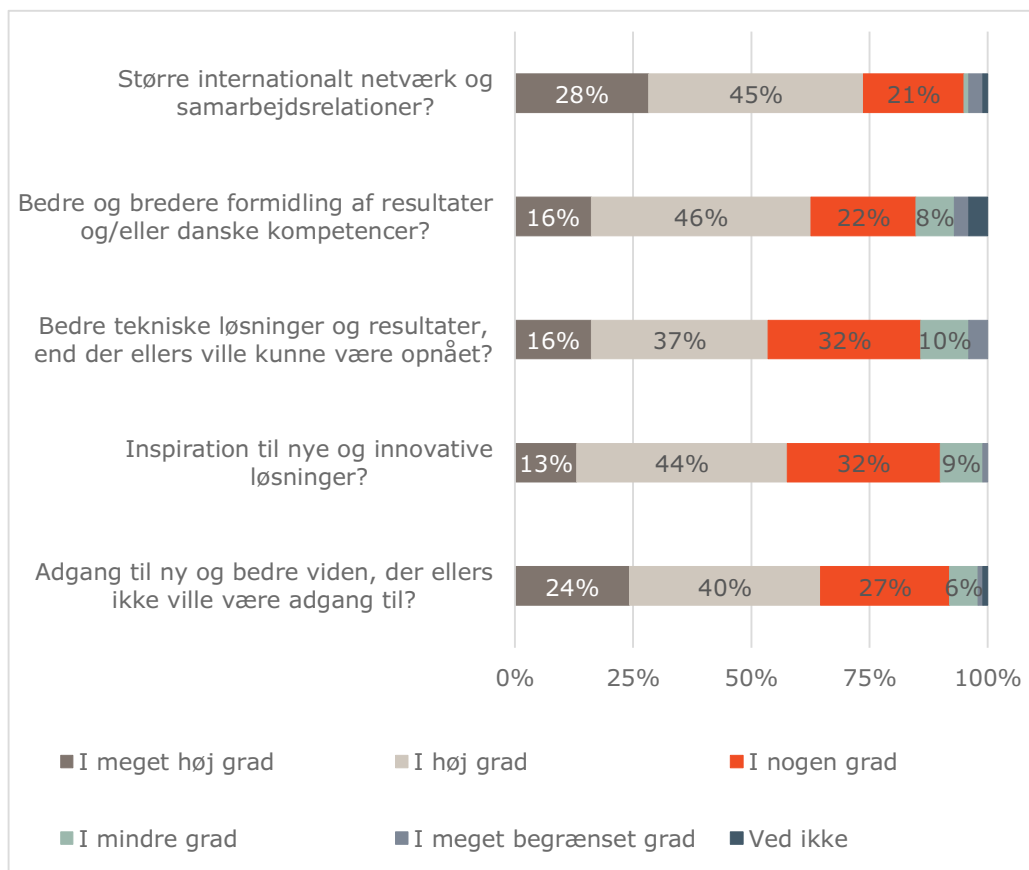


Note: 99 projektlederes og -deltageres svar (projekter der har involveret internationalt samarbejde eller har arbejdet i et internationalt miljø).

Kilde: COW/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Herudover vurderer respondenterne, at den internationale dimension i høj eller meget høj grad har bidraget til at skabe internationalt netværk (73%), ny/bedre viden (64%), bedre formidling (62%), inspiration til nye løsninger (57%) og bedre løsninger og resultater (53%), jf. Figur 5.8.

Figur 5.8 I hvilken grad gav den internationale dimension...



Note: 99 projektledere og –deltagere i projekter, der har involveret internationalt samarbejde eller har arbejdet i et internationalt miljø.

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

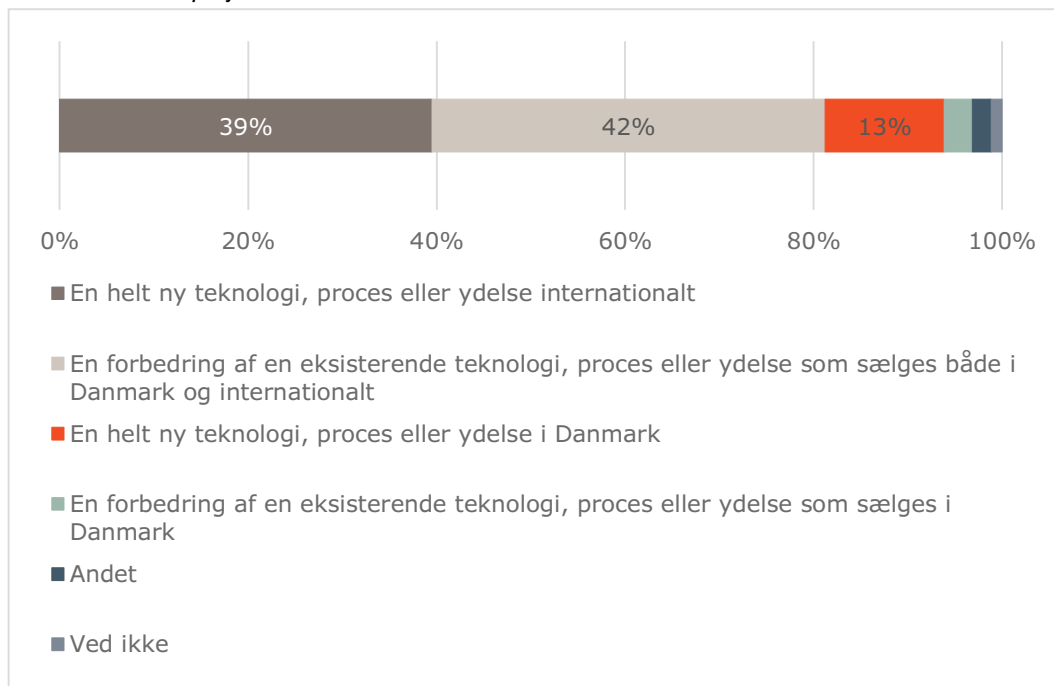
Nedenstående er et eksempel på fordelene ved inddragelse af internationale partnere i projekterne:

- › "Uden det internationale samarbejde havde det næppe været muligt at gennemføre projektet, da vores tyske partner dels leverede det beregningsprogram, som blev anvendt ved design af anlægget, dels var åben om de tekniske løsninger, som er valgt i Tyskland (rør, sonder, opbygning af låg, mønster i borehuller og forbindelse mellem dem). Dette gjorde, at vi konstant havde en erfaren partner til kvalitetssikring af de løsninger, vi valgte for projektet i Brædstrup." (FO5, Per Alex Sørensen, PlanEnergi)

Endeligt viser Figur 5.9, at de projekter, der har et kommercialiseringsformål, eller som skal skabe forudsætning for udvikling med kommercielt formål, har et tydeligt internationalt fokus. 81% af projekterne arbejder med en ny eller forbedret teknologi/proces/ydelse, som har både dansk og internationalt perspektiv. Dette er således også i god tråd med programmets fokus på den internationale dimension<sup>51</sup>.

<sup>51</sup> Der er ikke blandt case-projekterne fundet konkrete eksempler på, hvordan et projekt konkret har skabt særlig værdi via inddragelse af den internationale dimension.

Figur 5.9 Projekternes innovationsniveau: Hvilken type nyskabelse eller forbedring har projekterne omhandlet?



Note: 79 projektledere af projekter med kommercielt formål eller med formål om at skabe forudsætning for videre udvikling med kommercielt sigte. Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

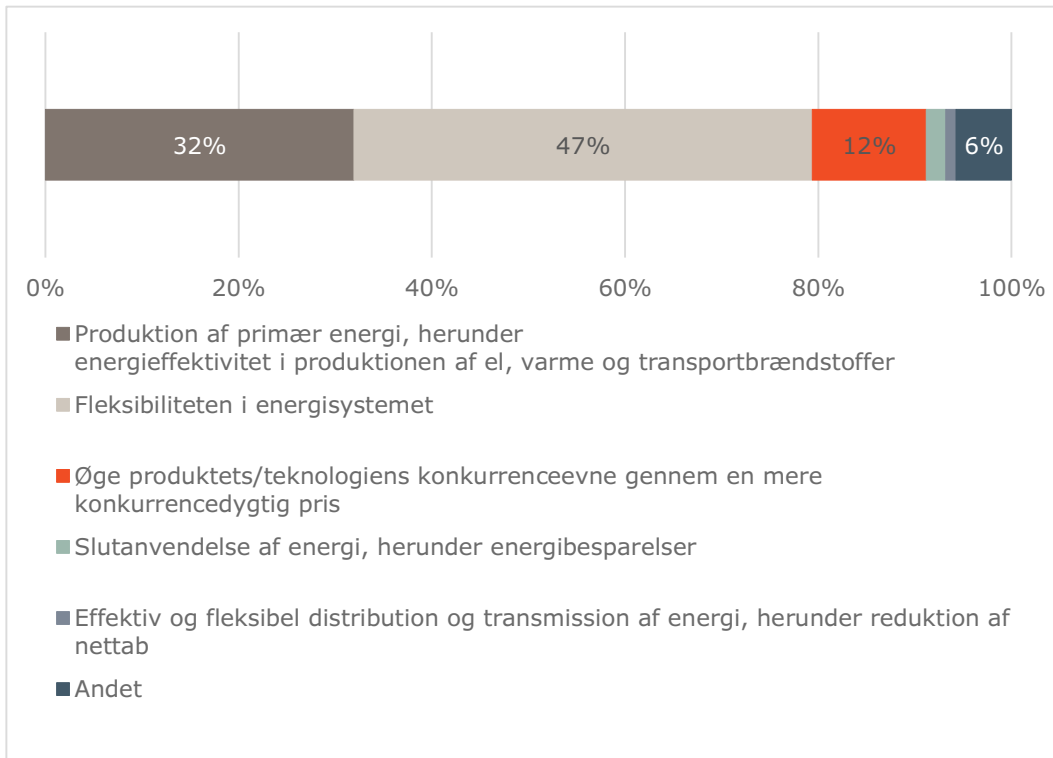
### 5.3.4 Flexibilitet i energisystemet og forsyningssikkerhed

ForskEL har særligt fokus på at understøtte flexibilitet i energisystemet, forbedre regulering og styring af elsystemet samt på at bidrage til høj forsyningssikkerhed. Alt under hensyntagen til miljøvenlig elproduktion. Disse emner gennemgås i de følgende figurer. Samlet viser projektledere og –deltageres svar på spørgsmålene, at der har været opmærksomhed på ForskELs strategiske fokusområder i arbejdet med projekterne.

Figur 5.10 viser, hvordan ForskEL-projekterne fordeler sig på forskellige fokusområder. 47% af projekterne fokuserer på flexibilitet i energisystemet, og projektpor-teføljens primære fokusområde afspejler således tydeligt ForskELs strategiske sigte på flexibilitet.



Figur 5.10 Hvilken del af energisystemet har projektet primært haft som mål at udvikle?

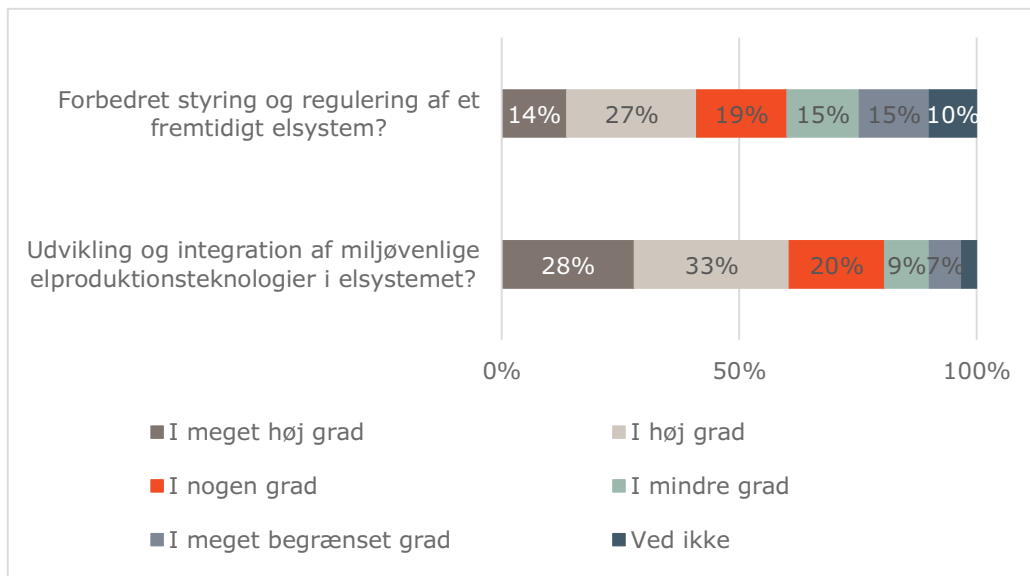


Note: 94 projektlederes svar. Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

De strategiske fokusområder springer også i øjnene, når projektledere og -deltagere bliver spurgt til deres opfattelse af projektets bidrag til fokusområderne, jf. Figur 5.11. I alt 81% mener, at projektet i meget høj, høj eller nogen grad har bidraget til udvikling og integration af miljøvenlige elproduktionsteknologier i elsystemet, mens 60% mener det samme mht. projektets bidrag til forbedret styring og regulering af fremtidens elsystem.

Figur 5.11 I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til ...

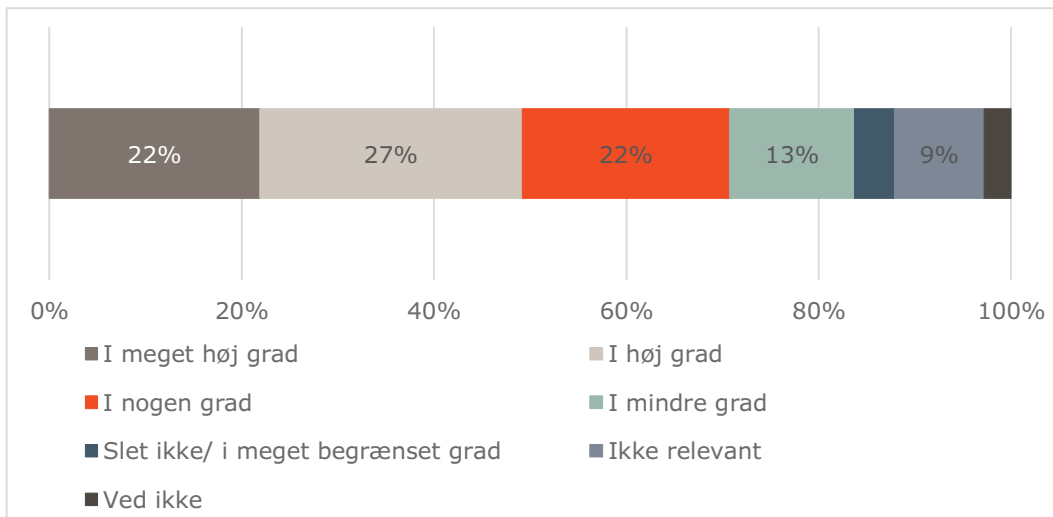


Note: 190 projektlederes og -deltageres svar.

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

I Figur 5.12 præsenteres projektledernes svar på, i hvilken grad deres projekts konkrete resultater forventes at bidrage til forbedret forsyningssikkerhed. 71% angiver, at deres projekt i meget høj, høj eller nogen grad vil bidrage til dette. Der er således et udbredt fokus blandt projekterne på at understøtte forsyningssikkerheden i Danmark.

Figur 5.12 I hvor høj grad vil projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret - efter din vurdering kunne bidrage til at forbedre forsyningssikkerheden?



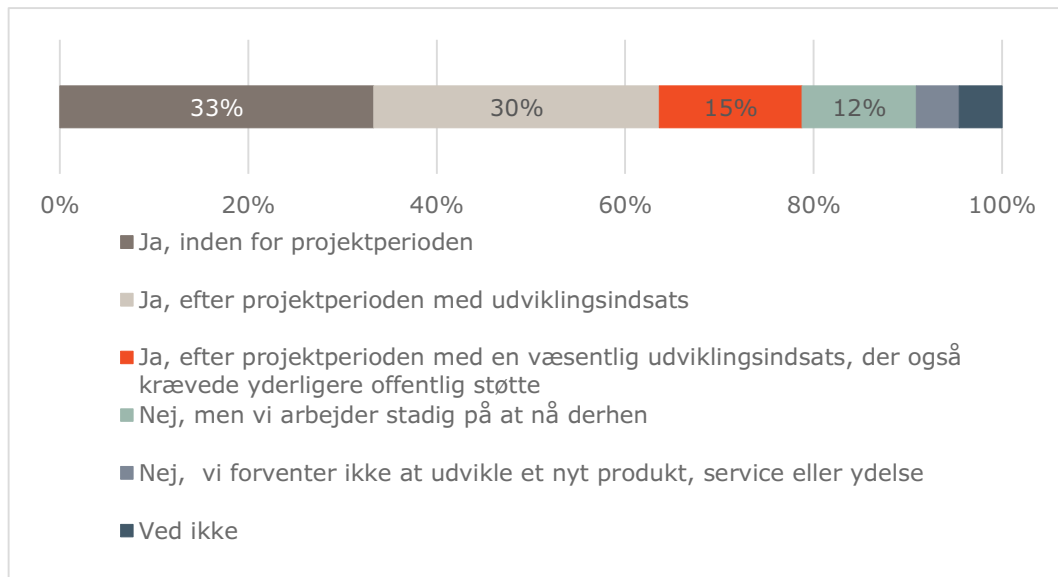
Note: 94 projektlederes svar. Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

### 5.3.5 Risikovillighed og innovative løsninger

Blandt de projekter, der havde et kommercielt formål, vurderer 33% af deltagerne, at de inden for projektperioden er nået i mål med at udvikle en ny/forbedret teknologi, proces eller ydelse, mens 45% på evalueringstidspunktet er nået i mål efter en yderligere udviklingsindsats efter projektets afslutning, jf. Figur 5.13. Dermed når mange af projekterne i mål i forhold til deres konkrete output.

Figur 5.13 Er I lykkedes med at udvikle en ny eller forbedret teknologi/ proces eller rådgivnings-/serviceydelse?



Note: 66 projektledere og –deltagere i projekter med kommercielt formål eller med formål om at skabe forudsætning for videre udvikling med kommercielt sigte.

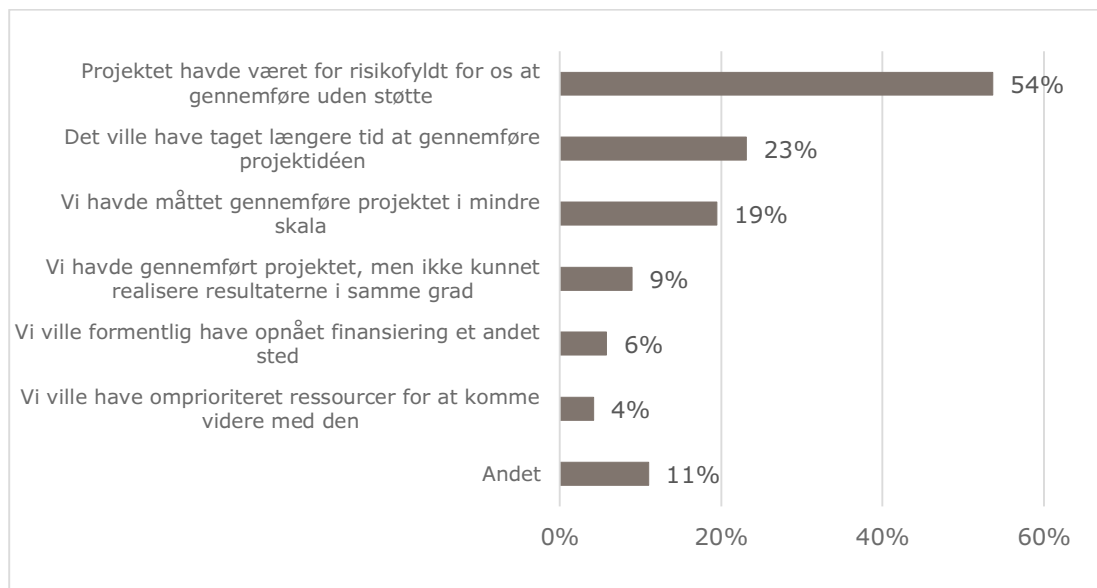
Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Figur 5.13 afspejler ikke i sig selv, hvorvidt programmet bevilger midler til projekter med relativ lav risiko, eller om programmets støtte netop er årsagen til, at projekterne lykkes. Projektledere og –deltagere er derfor blevet spurgt om, hvorvidt projektidéen ville være blevet realiseret i et alternativt scenarie uden den tilførte støtte. Deres svar præsenteres i Figur 5.14.

Deltagernes svar giver et billede af nødvendigheden af programmet. 54% af deltagerne vurderer, at projektet havde været for risikofyldt for dem at gennemføre uden støtte, mens andre svarer, at projektidéen ville være blevet gennemført, men at det i så fald ville have været i mindre skala (19%), havde taget længere tid (23%), eller at det ikke havde været muligt at realisere resultaterne i samme grad (9%).

Dermed tegnes et tydeligt billede af, at programmet med sine midler dækker et behov for at afdække finansiel risiko, som ofte er forbundet med at gennemføre FUD-projekter.

**Figur 5.14** *Ville projektidéen efter din opfattelse være blevet gennemført, hvis projektet ikke havde modtaget støtte?*

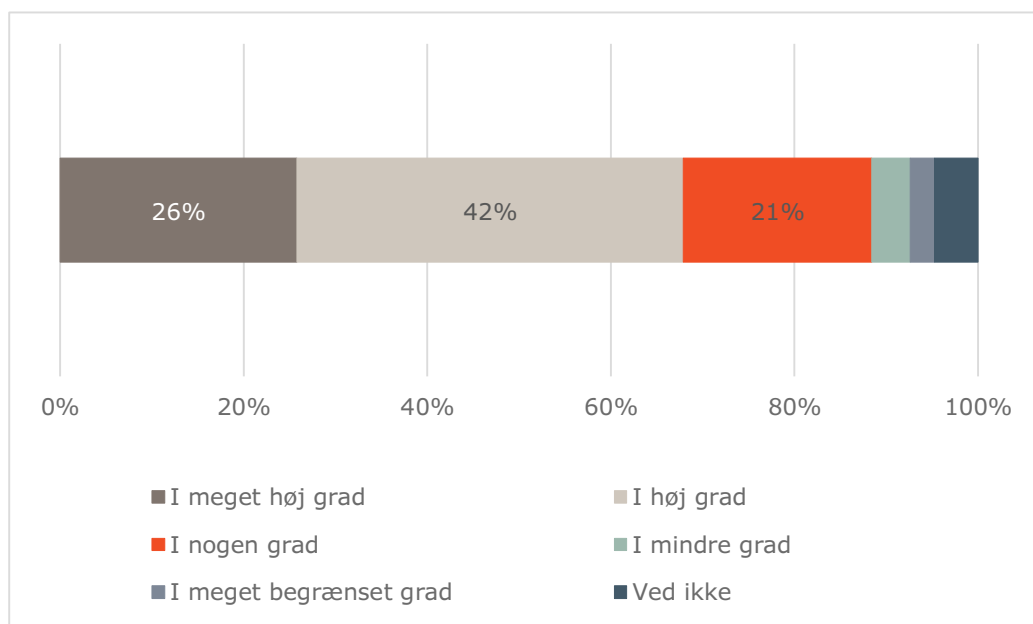


*Note: 190 projektlederes og -deltageres svar. Hver respondent kan have angivet flere svar, hvorfor andelen ikke summer til 100. Respondenter, der har angivet, at projektet ville have været for risikofyldt at gennemføre uden støtten, har ikke samtidig kunne angive andre svarmuligheder.*

*Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015*

Som supplement til Figur 5.14 præsenteres i Figur 5.15 respondenternes vurdering af, i hvor høj grad risikovilligheden i projektet har medvirket til øget innovation i de udviklede løsninger. Her ses omtrent samme billede, nemlig at 89% af de adspurgte vurderer, at projektet i meget høj, høj eller nogen grad har skabt mere innovative løsninger, end de ellers ville have opnået uden støtten.

**Figur 5.15** *I hvor høj grad vurderer du, at projektets risikovillighed har medvirket til at skabe mere innovative løsninger, end der ellers ville kunne være opnået?*



*Note: Baseret på 190 projektlederes og -deltageres svar (afsluttede projekter)*

*Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015*

I caseinterviewene er støttens betydning blevet uddybet. Projektledere og –deltagere angiver, at der er forskellige årsager til at søge midler fra ForskEL. I nogle tilfælde er det ikke muligt at skaffe tilstrækkelig privat finansiering til et projekt, i andre tilfælde kan støtte fra en offentlig pulje såsom ForskEL gøre det muligt at tiltrække privat kapital. I andre tilfælde kan projekterne bredes ud og gå mere i dybden med ekstra finansielle ressourcer eller realiseres tidligere. Med andre ord, så kan støtte fra ForskEL gøre en væsentlig forskel for en vifte af projekter. Nogle eksempler fra caseundersøgelsen er præsenteret nedenfor:

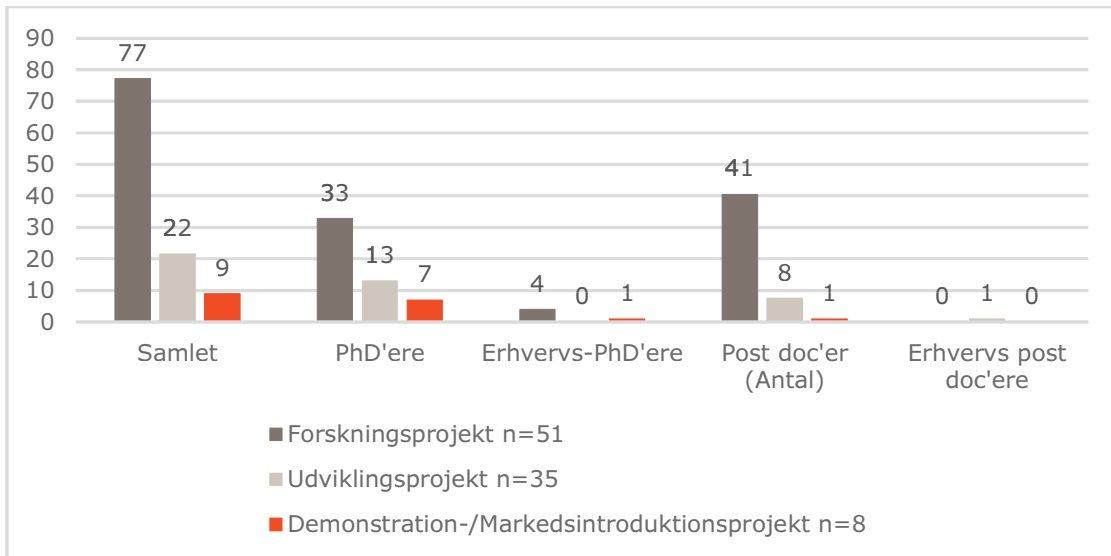
- › *"Støtten var vigtig for at kunne bringe så mange teknologileverandører og andre aktører sammen. Uden støtten ville arbejdet med at finde en metode til at sætte elkomponenter i vindmøller korrekt sammen være blevet gennemført ude i de enkelte teknologivirksomheder, men uden det brede samarbejde og åbenhed. Projektet har således bevirket, at den nye viden, skabt i projektet, er blevet kommet en bredere kreds til gode"* (FO1 – Elektriske hovedkomponenter i vindmøller, projektdeltager Erik Koldby, ABB).
- › *De vigtigste resultater var, at der blev demonstreret industriel produktion (rullecoating) af solcellerne, samtidig med holdbarheden øgedes. Projektet kom på et godt tidspunkt, hvor der var land at vinde, og støtten derfor havde stor virkning. Resultaterne tjener som fundament for den forskning, der udføres i dag.* (FO3 – PolySTaR, Frederik C. Krebs, DTU Energikonvertering)
- › *"Top-up støtten fra ForskEL var en vigtig faktor for DTUs og Topsøes store engagement. Det lave engagement fra nogle af de internationale partnere, kan muligvis skyldes den lave EU-støtte"* (FO6 – SOFC-Life, projektleder Karin Vels Hansen, DTU Energi).
- › *"Støtten sikrede, at udgifter til udvikling og etablering af pilotanlæg ikke førte til højere fjernvarmepriser for Brædstrup Fjernvarmes forbrugere"* (FO5, Jan D. Andersen, GEO).

### 5.3.6 Resultater relateret til forskning

På den mellemlange bane afhænger dansk konkurrenceevne inden for energiområdet blandt andet af, at dansk offentlig finansieret forskning og udvikling understøtter de private virksomheders behov. Tilstedeværelsen af stærke danske forskningsmiljøer inden for alle energiteknologiske områder er således afgørende for, at danske virksomheder kan skabe udvikling, omsætning og eksport. Som et led i evalueringen har evaluator derfor undersøgt ForskEL-projekternes formidlingsaktiviteter og gennemslagskraft af forskningen, samt undersøgt hvor mange forskerstillinger, projekterne har genereret.

Projekterne har resulteret i et betragteligt antal forskerstillinger. I alt er der skabt 108 forskerstillinger i de 94 projekter, som har deltaget i undersøgelsen, jf. Figur 5.16. Ud af disse er 77 skabt på forskningsprojekterne.

Figur 5.16 *Hvor mange forskerstillinger blev/bliver i alt etableret i direkte forbindelse med projektet, både i din egen virksomhed/institutioner og hos de øvrige projektdeltager? (Antal stillinger)*



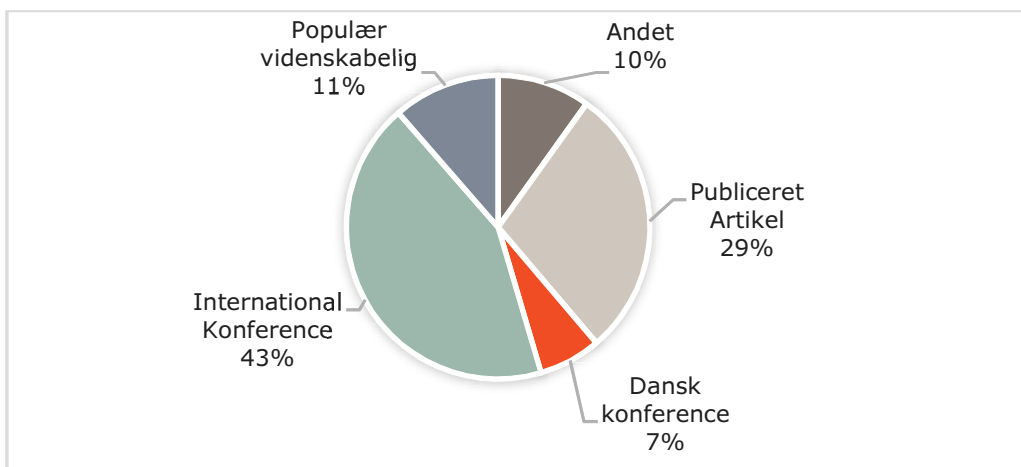
Note: Baseret på 94 projektlederes svar (afsluttede projekter)

Kilde: COW/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

I alt er der i projektperioden skabt 368 stillinger (forskerstillinger og andre typer jobs) i de virksomheder, forskningsinstitutioner og universiteter, som har deltaget i projekterne. Disse stillinger er afhængige af projektstøtten og betragtes derfor i evalueringen som midlertidige.

I de afsluttede ForskEL-projekter fra perioden 2009-2013 er der udgivet minimum 526 publikationer. Figur 5.17 viser fordelingen af publikationer for ForskEL på hhv. artikler (publiceret internationalt), internationale konference bidrag, danske konference bidrag, populær videnskabelige bidrag og andet (foredrag, artikler i fagblade, medieindslag, hjemmesider).

Figur 5.17 *Formidlingsaktiviteter fordelt på publikationstype for ForskEL*



Note: Antal observationer 526

Kilde: COW/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

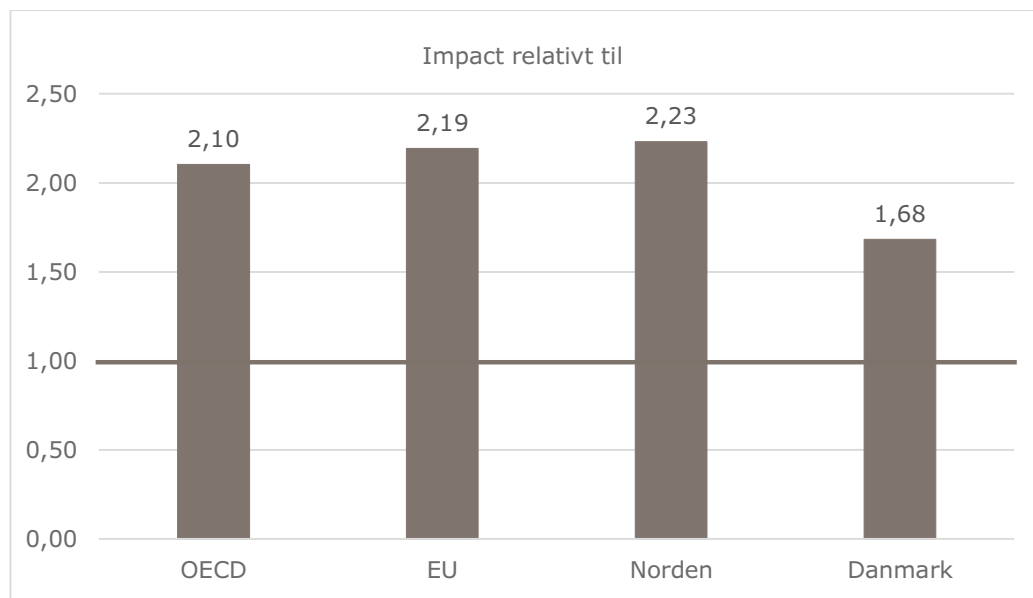
Langt de fleste publikationer er enten artikler publiceret i internationalt anerkendte og peer reviewed journals (29%) eller bidrag til internationale konferencer (43%).

Dette er med til at understrege den internationale dimension og forskningskvaliteten i ForskEL. Opdelt på energiteknologier er det særligt inden for brint og brændselsceller (41%) og bio og affald (35%), at ForskEL har haft formidlingsaktiviteter<sup>52</sup>.

Vi har set på kvaliteten af de 149 artikler, som projekterne har fået publiceret i internationalt anerkendte tidsskrifter (se afsnit 3.3.4 vedr. metoden for kvalitetssammenligningen). Kvaliteten er vurderet ved at kigge på antal citationer af artiklerne registreret i Scopus og sammenholde det med internationale benchmarks for tilsvarende artikler. Ud fra antallet af citationer kan man vurdere, hvorvidt en publikation har opnået en vis anerkendelse af professionelle fagfæller. Dermed findes et kvalitetsmål for artiklernes 'gennemslagskraft'.

Figur 5.18 viser den gennemsnitlige gennemslagskraft for forskningspublikationer produceret i med udspring i ForskEL-projekter set i forhold til fire benchmarks; OECD, EU, Norden og Danmark samlet. Den vandrette streg i figuren er lig med gennemsnittet for benchmarket.

Figur 5.18 Forskningspublikationernes kvalitet - ForskEL



Kilde: COWI/EA ENERGIANALYSE/DAMVAD ANALYTICS, 2015, baseret på tal fra Scopus

Note: Gennemsnitlig gennemslagskraft for de anvendte benchmark er lig 1,0 vist ved den vandrette streg

Det samlede gennemsnit for kvaliteten, eller gennemslagskraften, af ForskELs forskningspublikationer er højere end alle de anvendte benchmarks. Specielt i forhold til Norden, men også i forhold til EU, OECD, og Danmark generelt<sup>53</sup>. Med andre ord er gennemslagskraften for en gennemsnitlig ForskEL-publikation 2,23

<sup>52</sup> Se Bilag D for detaljer

<sup>53</sup>Fra andre lignende studier ved vi, at når man måler forskningskvalitet op i mod Norden som helhed sættes niveauet højt. Norden kan således siges at være et "hårdt" benchmark, mens EU og OECD er lettere benchmarks. Nordiske forskningspublikationer modtager generelt mange citationer og udkommer i højt estimerede tidsskrifter, sammenlignet med både OECD og EU.

gange højere end den gennemsnitlige publikation udgivet af institutioner i Norden inden for det samme forskningsfelt.

Evalueringen har skullet belyse, hvorvidt de tre energiforskningsprogrammer understøtter etableringen af offentlig-private samarbejder. I hvor vid udstrækning dette lykkes for ForskEL, kan blandt andet aflæses i, hvor mange videnskabelige publikationer, der er forfattet i fællesskab mellem offentlige og private aktører. I alt er 37 (eller 25%) af de 148 forskningspublikationer forfattet i fællesskab mellem universiteter og private virksomheder, hvilket er fire gange så meget som for de danske universiteters samforfatterskab generelt<sup>54</sup>.

Den sidste del af forskningsanalysen viser patenteringsaktiviteten for de afsluttede projekter. På samme vis som antal citationer ansues som et udtryk for forskningskvaliteten, benyttes antallet af patenter også som et udtryk for dette. Derudover ser evaluatoren antal patenter som et udtryk for den potentielle kommercialiseringseffekt for virksomhederne, der indgår i forskningsprojekterne, og dermed som et udtryk for programmernes potentielle effekt på vækst, eksport og grøn omstilling gennem udvikling af ny teknologi. Blandt de 94 afsluttede projekter, for hvilke der til evalueringen er indhentet data, er der ansøgt om 20 patenter.

## 5.4 Effekter

I afsnittene nedenfor præsenterer vi evalueringens data og analyser i relation til de effektmålsætninger, som evalueringskommissoriet har defineret. Disse er henholdsvis grøn omstilling (som også er et ForskEL-fokus) samt omsætning, eksport og beskæftigelse (som ikke er et særskilt ForskEL-fokus).

### 5.4.1 Grøn omstilling

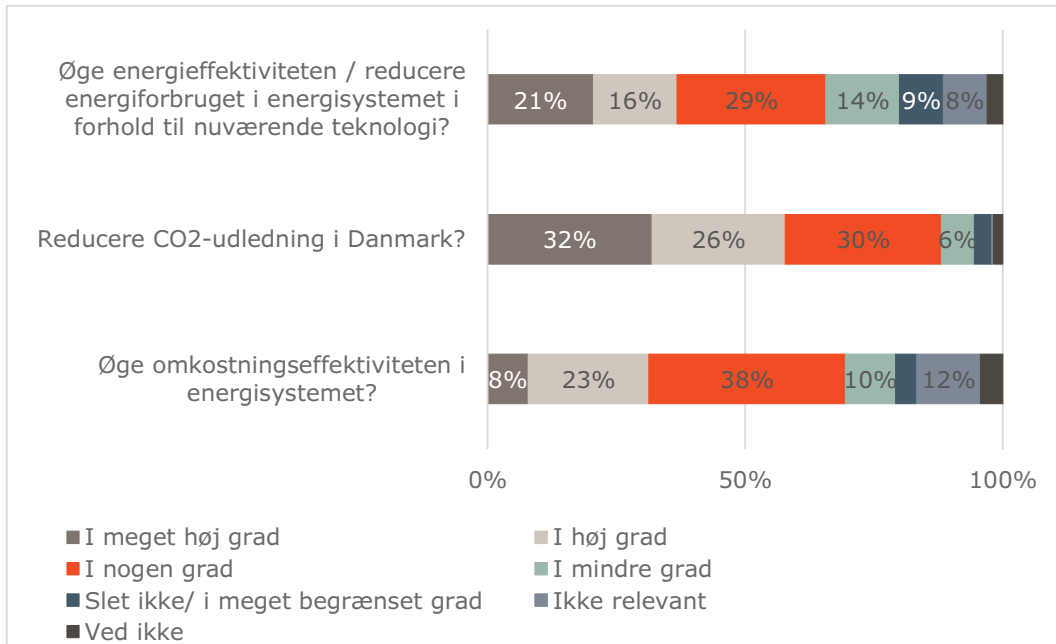
I Figur 6.18 fremgår projektledernes vurdering af deres projekts bidrag til energieffektivitet, reduceret CO<sub>2</sub>-udledning og omkostningseffektivitet. Særligt inden for reduceret CO<sub>2</sub>-udledning er det projektlederens vurdering, at projektet i meget høj, høj eller nogen grad bidrager til grøn omstilling.

---

<sup>54</sup> Gennemsnittet er 8,8 %. Tal fra 2015 versionen af Leiden Ranking'en [www.leidenranking.com](http://www.leidenranking.com)



Figur 5.19 I hvor høj grad vil projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret - efter din vurdering kunne bidrage til at...



Note: 94 projektlederes svar. Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Når man yderligere beder projekterne uddybe, hvori den grønne omstilling består, er der en række projekter, som har konkrete forventninger til effekter i relation til den grønne omstilling. Blandt de projekter, der har arbejdet med at udvikle konkret teknologi<sup>55</sup>, forventer projektdeltagere i 36% af projekterne, at produktet/ydelseren/processen, der arbejdes med, vil føre til mere effektiv produktion af primær energi, mens deltagere i 29% af projekterne forventer, at det vil føre til mere effektiv forbrug af energi i slutanvendelsen. I 20% af projekterne forventer deltagerne, at det vil føre til en reduktion af omkostningerne ved produktion af vedvarende energi<sup>56</sup>.

Casestudierne giver flere eksempler på grønne omstillingseffekter, f.eks.:

- › "Projektets effekt vil være en væsentlig reduceret risiko for havari af vindmøller og dermed afbrydelser i elnettet. Det øger elforsynings sikkerheden og minimerer omkostningerne til balancering af hele elsystemet. Især ved offshore vindmøller er havari omkostningstungt, da selve udskiftningen af f.eks. en transformator kan udgøre 500.000 kr. ud over selve transformatorprisen, som udgør 100.000-200.000 kr. Projektets energiressourcemæssige effekt ligger i, at bedre planlægningsprocesser understøtter nemmere og hurtigere etablering af VE-produktion" (FO1 – Elektriske hovedkomponenter i vindmøller, Erik Koldby, ABB).

Analysen peger på, at den grønne omstilling viser sig med en vis forsinkelse. Det kan man bl.a. se af Figur 5.20, som viser hvornår i forhold til projektafslutningen, de energimæssige effekter (dvs. forbedret energieffektivitet, reduceret CO<sub>2</sub>-

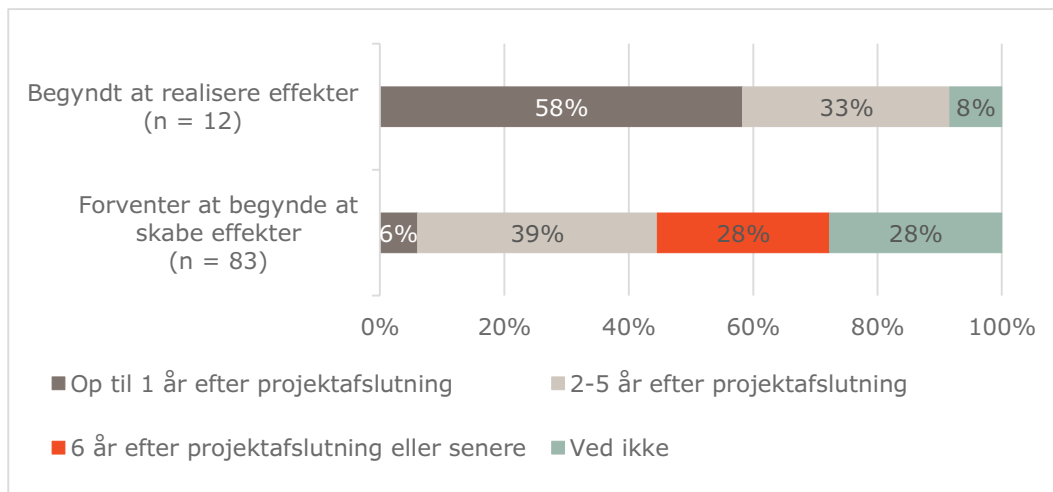
<sup>55</sup> Baseret på 44 projektlederes svar

<sup>56</sup> Det skal bemærkes, at projektlederne kan have angivet effektforventninger på flere af ovennævnte områder.

udledning, forsyningssikkerhed og/eller omkostningseffektivitet) begyndte at vise sig eller forventes at begynde at vise sig.

Kun 12 projektledere og -deltagere har svaret, at de er begyndt at realisere energimæssige effekter. Af de 83 projektledere og –deltagere, som *forventer at begynde at skabe effekter*, er det 6%, som forventer, at der vil gå op til et år, 39% forventer, at der vil gå 2-5 år, og 28% forventer at der vil gå mere end 6 år fra projektafslutningen, før de energimæssige effekter slår igennem.

Figur 5.20 Realisering af energimæssige effekter på markedet eller i daglig anvendelse i forhold til projektafslutning



Note: 12 hhv. 83 projektlederes og -deltageres svar (projekter der har arbejdet med en nyt/forbedret teknologi, proces eller ydelse)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Der er altså optimisme mht. at omstillingseffekterne nok skal slå igennem, mens der skal udvises tålmodighed i forhold til, hvornår de for alvor kan aflæses i praksis.

Det er vanskeligt for eksperterne, der arbejder med projekterne, og dermed også for evaluatoren, at sætte konkrete tal på den grønne omstilling. Caseprojekterne giver dog en række eksempler på konkrete effekter:

- > "Bølgeenergianlæg forventes at kunne udnytte den samme el-infrastruktur som offshore vindmøller og at "udjævne" vindenergi, fordi bølgerne kommer senere ift. vinden, og der typisk er bølger et døgn efter, at vinden har lagt sig. Et fuldskala anlæg udlagt som enkeltanlæg i Nordsøen har et produktionspotentiale omkring 1.000 MWh/år og omkring 10-11 gange større ved en Atlanterhavs placering... Det største potentiale og den bedste rentabilitet for bølgeenergianlæg er, hvis anlægget placeres i Atlanterhavet. Her er der dobbelt så store bølger som i de danske farvande, hvilket giver 11 gange større energipotentiale. Desuden er power-take-off systemet i Crestwing-anlægget ikke hydraulisk ligesom i andre anlæg, men i stedet mekanisk. Derved reduceres tabet i systemet fra ca. 35% til ca. 10%. Dette er en af grundene til, at anlægget forventes at være konkurrencedygtigt. Med produktionspris på ca. 1 kr./kWh er anlægget ifølge projektlederen det mest konkurrencedygtige på markedet i dag" (FO4 – Crestwing).
- > "Energibesparelspotentialet i Danmark er ca. 3% af det samlede energiforbrug i drikkevandsforsyningen. Potentialet er endnu større i lande, hvor vand pumpes op i reservoirer placeret højt

oppe. Disse forsyninger er ikke særligt følsomme over for strømafbrydelser, men til gengæld forbruger de 2-3 gange så meget strøm og dermed er energisparepotentialet tilsvarende større. Hvis disse erstattes med mikroturbiner, vil man kunne spare 50-70% af pumpenergien" (FO7 – Energy smart water utilities).

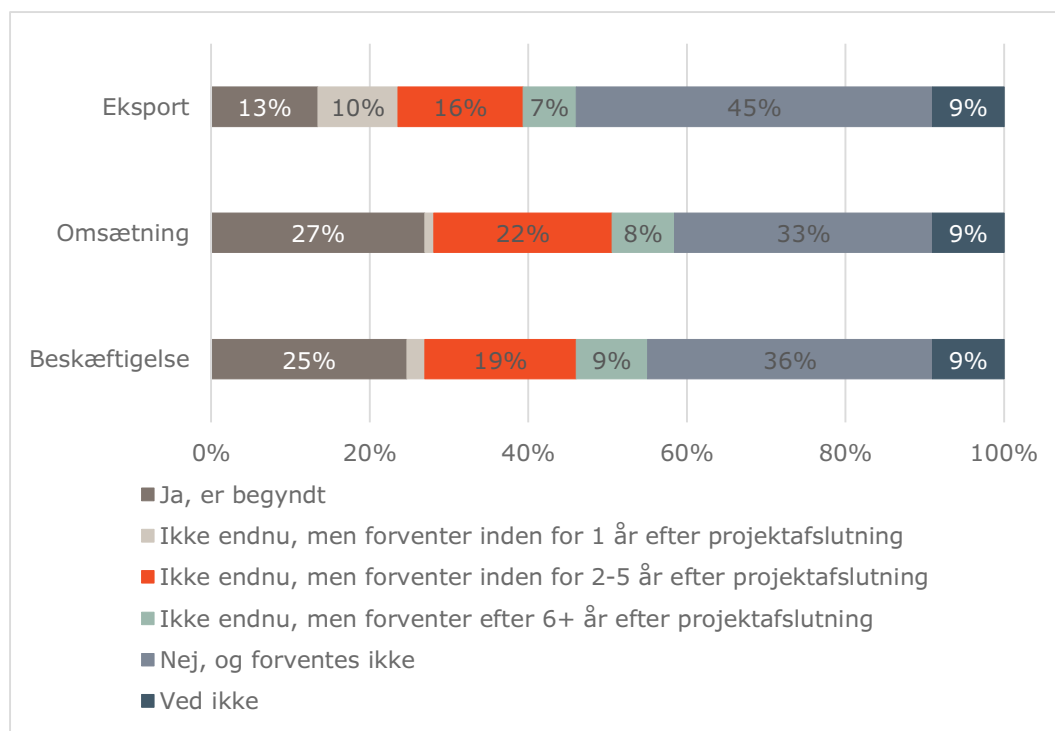
## 5.4.2 Omsætning, eksport og beskæftigelse

Omsætning, eksport og beskæftigelse er ikke selvstændige effektmålsætninger for ForskEL, men er en del af kommissoriet for den samlede evaluering.

I Figur 5.21 præsenteres virksomhedernes vurdering af effekten af projektdeltagelsen på henholdsvis beskæftigelse, omsætning og eksport. I 27% af tilfældene vurderer virksomhederne, at deltagelsen allerede har haft positive omsætningskonsekvenser. En omsætningsfremgang, der også kan spores i både en beskæftigelseseffekt (25%) og en eksporteffekt (13%). Desuden fremgår det af figuren, at en del af effekterne ikke er realiserede. Eksempelvis forventer nogle af de virksomheder, der allerede har opnået en omsætningsstigning, at de i fremtiden også vil kunne ansætte nye eller fastholde eksisterende medarbejdere som følge af projektdeltagelsen. De fleste af de endnu ikke realiserede effekter forventes at blive en realitet senest 5 år efter projektets afslutning.

Samtidig viser figuren, at 33% af virksomhederne ikke forventer, at deres projektdeltagelse har effekt på deres omsætning, mens 9% ikke er afklarede om spørgsmålet. Dette skyldes blandt andet programmets relative store vægt på forskningsprojekter, der ofte ikke har effekt på omsætningen på kort til mellemlangt sigt.

Figur 5.21 Gevinst for deltagende virksomheder i ForskEL projekter – realiseret og forventet



Note: 89 virksomhedsdeltageres svar.

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

I Tabel 5.3 nedenfor ses, hvordan usikkerheden om endnu ikke realiserede effekter stiger med tidspunktet for, hvornår de første resultatet viser sig. Jo senere de første resultater viser sig, jo længere tid forventer virksomhederne også at det vil tage, før produktet/processen/ydelsen er veletableret på markedet og herved skaber en mere fast omsætningsstigning. 35% af virksomhedsdeltagerne har opnået eller forventer at opnå effekt i form af øget omsætning indenfor et år efter projektets afslutning. Disse virksomheder forventer gennemsnitligt, at der går yderligere 3,3 år fra de første effekter viser sig, til den fulde effekt slår igennem. For 49% af virksomhedsdeltagerne viser de første effekter sig tidligst efter 2-5 år. Fra det tidspunkt går der yderligere gennemsnitligt 3,7 år før de fulde effekter viser sig. Og for 16% forventes de første effekter først at vise sig seks år efter projektafslutningen eller senere, hvorefter der gennemsnitligt går yderligere 4,9 år før de fulde effekter viser sig. Dette understreger igen vurderingen af, at effekterne af forskningsprojekter har en betydelig modningstid, som det også er afspejlet i evalueringens konklusion.

Tabel 5.3 *Hvornår ift. de første resultater har vist sig forventer du, at produktet/processen/ydelsen vil være veletableret på markedet?*

De første effekter forventes at vise sig...	Gennemsnitligt tidsspænd fra de første effekter har vist sig til projektets output er veletableret på markedet	Andel virksomheder
Senest 1 år efter projektafslutning	3,3 år	35%
2-5 år efter projektafslutning	3,7 år	49%
6 år efter projektafslutning eller senere	4,9 år	16%

Note: Baseret på 55 virksomhedsdeltageres svar.

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

I Tabel 5.4 præsenteres projektdeltagerens samlede vurdering af projektdeltagelsens effekt til dato. Omsætning, eksport og deraf følgende beskæftigelse siden projektafslutningen er baseret på virksomhedernes besvarelser, da f.eks. vidensinstitutioner i sagens natur ikke har som formål at generere omsætning.

Tabel 5.4 *Afsluttede projekter: Realiseret samlet effekt siden projektafslutningen og som følge af projektdeltagelsen (opgjort på evalueringstidspunktet)*

	Total for alle virksomheder	Antal virksomheder
Ekstra omsætning siden projektafslutning	77.375.007 kr.	24
Ekstra eksport siden projektafslutning	46.900.000 kr.	12
Beskæftigelse siden projektafslutning (nyansættelser og fastholdelser)	55 medarbejdere	22

Note: 24 virksomhedsdeltageres svar.

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

De 24 virksomheder, som har besvaret spørgeskemaet, repræsenterer 24 forskellige projekter, som samlet har modtaget et tilskud på 59,7 mio. kr. De 24 virksomheder har realiseret en ekstra omsætning på 77,4 mio. kr., siden projekterne blev

afsluttet. Af den øgede omsætning udgør eksporten 46,9 mio. kr., mens nyansættelser og fastholdelser, som et resultat af ekstraomsætningen, udgør 55 stillinger.

Virksomhedsdeltagerne er også blevet spurgt til deres fremtidige forventninger til effektskabelse. Givet at deres produkt/proces/ydelse bliver etableret på markedet, forventer de virksomhedsdeltagere, der har besvaret spørgsmålet, gennemsnitligt 8,2 mio. kr. i øget årlig omsætning, 3,8 mio. kr. i øget årlig eksport og ansættelse/fastholdelse af 12,5 medarbejdere<sup>57</sup>.

Virksomhedsdeltagernes forventning skal naturligvis tages med forbehold. Dels kan det være vanskeligt at adskille effekten af det konkrete projekt fra eventuelle andre udviklingstiltag. Dels kan eksempelvis tilegnet viden, som indgår i virksomhedens samlede pulje af viden og erfaring, have en positiv effekt på de ydelser, virksomheden udbyder, men det er svært at isolere effekten. Herudover vil en lang række eksterne faktorer, eksempelvis udviklingen i konkurrenceforhold, efterspørgsel osv. på det pågældende marked, påvirke om og i hvilket omfang, den forventede effekt vil indtræffe.

I flere af casene er der eksempler på, at projektet kan forventes at skabe vækst:

- › *"BioSynergi Proces fokuserer på udvikling og salg af deres teknologiske produkter og serviceydelser, og har ikke umiddelbare planer om selv at skulle drive deres anlæg. Vækst i job vil primært ske hos underleverandører... Derudover er der arbejdspladserne til transport af træflis og skovbrug samt omkring 1-1½ mandår til årlig drift af anlægget." (FO2 – Trinopdelt forgasning, projektleder Henrik H. Jakobsen, BioSynergi Proces).*
- › *"Projektet har været med til at bane vejen for et nær fuldskala anlæg... Crestwing forventer, at der frem til 2020 etableres 11 Crestwing anlæg, men der er ikke taget stilling, om anlæggene etableres i Danmark eller udlandet" (FO4 – Crestwing, projektleder Henning Piilgaard, Crestwing).*

---

<sup>57</sup> Virksomhedsdeltagernes forventning til omsætning varierer meget og falder i spændet 0,1-50 mio. kr. i yderligere omsætning, mens ansættelser og fastholdelser varierer mellem 0 og 212 medarbejdere. Der kan ikke påvises statistisk sammenhæng mellem størrelsen af projektets tilskud og virksomhedsdeltagernes forventninger til den fremtidige vækst. I dette gennemsnit er udeladt de største outliers, hvor forventningerne til øget årlig omsætning er angivet til mindst 54 mio. kr. årligt. Med den usikkerhed der er omkring disse forventninger og deres modningstid har evaluator bevidst ikke medtaget outliers, ligesom vi her alene angiver gennemsnitstallene (se i øvrigt metodebeskrivelsen i afsnit 3.3.2).

## 6 ELFORSK

Dette kapitel indeholder evalueringen af ELFORSK. Kapitlet indeholder først en præsentation af programmets og evalueringens formål. Konklusionerne vedrørende ELFORSK fremgår af afsnit 6.2. I afsnit 6.3 præsenteres data og analyse vedrørende resultaterne og i 6.4 data og analyse vedrørende effekterne.

### 6.1 Baggrund, formål og evalueringsfokus

#### ELFORSK målsætning og fokus

ELFORSK er oprettet i 2002 og er forpligtet til efter el-lovens § 22<sup>58</sup> at gennemføre den nødvendige forskning og udvikling for effektiv energianvendelse. ELFORSK er PSO-finansieret med en årlig ramme på 25 mio. kr. og administreres af et sekretariat hos Dansk Energi. Det vigtigste mål er at bidrage til udviklingen af energieffektive teknologier, metoder og virkemidler, der nedbringer eller flytter energiforbruget. Det er en central opgave at udvikle energieffektive elbaserede alternativer til bygningsopvarmning samt at energieffektivisere bygningsinstallationer og deres anvendelse og søge ineffektiv anvendelse af fossile brændsler i industriens processer erstattet med effektive elforsynende processer. Derudover har programmet også fokus på at fremme sidegevinster som 'drivere' for implementering af elbesparende og energieffektive teknologier.

ELFORSK blev senest effektevalueret i 2007 med fokus på det succesfulde projekt. På den baggrund gennemførtes i 2009 en kvalitativ analyse af, hvordan viden fra F&U-projekter bedst bringes i anvendelse<sup>59</sup>. Ved 2015-evalueringen har ELFORSK behov for, at der bliver foretaget en evaluering af:

- › Vurdering af realiserede og forventede projektresultater og effekter for projekter igangsat og afsluttet i perioden 2009-2014. ELFORSK ønsker primært at blive målt på de opnåede energibesparelser og på de effekter, som bidrager til vækst, arbejdspladser, iværksætteri samt netværk og F&U-miljøer (ud fra en 'return-on-investment'-betragtning).
- › Identificering af de faktorer, der har den største indflydelse på et succesfuldt projektresultat.
- › Vurdering af om programsekretariatets formidlingsindsatser og dialog med projekterne er værdiskabende og har en effekt på projekternes og programmets evne til at skabe de ønskede resultater og effekter.

ELFORSK opererer med syv konkrete indsatsområder: Bygninger, ventilation, belysning, køling, effekt- og styringselektronik, industrielle processer samt adfærd, barrierer og virkemidler.

<sup>58</sup> Følgende bekendtgørelser er gældende: BEK nr. 856 af 01/10/2001 og BEK nr. 1121 af 19/11/2004.

<sup>59</sup> Gennemført af Strategos (nu Living Strategy Consulting). Derudover er der i 2014 igangsat en evaluering ud fra en ROI (Return on Investment) betragtning.

## Spørgeskemaundersøgelse

I projektdatabasen på Energiforskning.dk fremgår 122 ELFORSK-projekter. Af disse har vi modtaget kontaktinformation på alle undtagen et. Kontaktoplysningerne for et enkelt projekt var ikke korrekte. Spørgeskemaundersøgelsen omfatter derfor 120 ELFORSK-projekter, hvoraf 72 er afsluttet og 48 er igangværende. Blandt de 120 projekter modtog vi fungerende e-mailadresser på 63 projektledere og på i alt 769 personer inkl. både projektledere og -deltagere. De 120 projekter har i alt modtaget 131 mio. kr. ud af det samlede støttebeløb på 150 mio. kr. i perioden. I Tabel 6.1 fremgår responsraterne for ELFORSK<sup>60</sup>.

Tabel 6.1 Responsrater blandt hhv. projektledere og samtlige respondenter – ELFORSK

	Bruttogruppe	Antal besvarelser	Response rate
På projektlederniveau	63 projektledere	53 projektledere	84 %
På respondentniveau	769 personer	304 personer	40 %

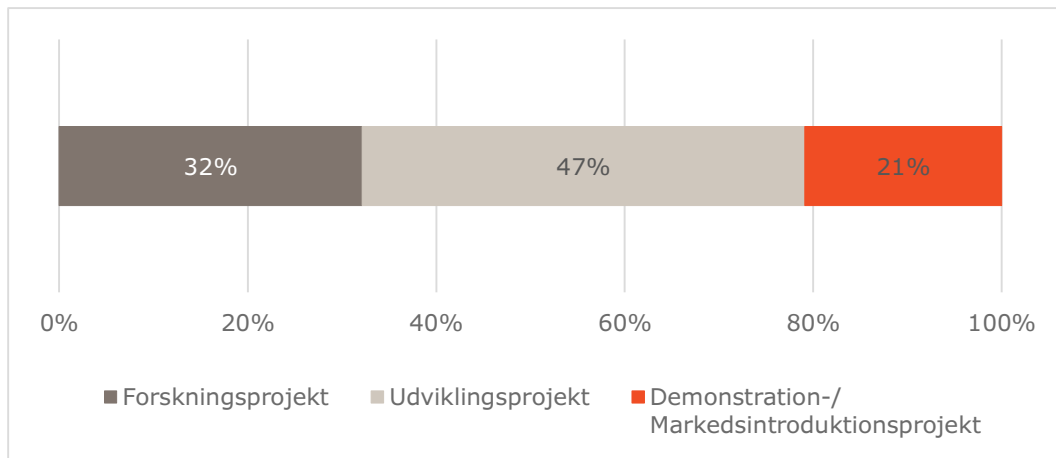
Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Figur 6.1 viser projekternes fordeling på forskning, udvikling og demonstrationsværdikæden. Som det fremgår, er majoriteten af projekterne enten anvendt forskning- eller udviklingsprojekter, hvilket matcher programmets målsætning om at understøtte udviklingen af energieffektive teknologier, metoder og virkemidler. Dermed er der mindre vægt på demonstrationsprojekter<sup>61</sup>.

<sup>60</sup> Det skal noteres, at evalueringen ikke omfatter alle projekter, der har modtaget støtte. Sekretariatets kontaktdatabase indeholdt adresse oplysninger på 120 af 122 projekter. Af de 120 projektleder adresser var det alene 63 adresser der fortsat fungerede og af disse har 53 svaret. Altså en meget høj svarprocent på 84%, men dækkende 43,4% af den samlede projektportefølje. Det er ikke muligt, at vurdere, hvorvidt de projekter, der er omfattet af undersøgelsen, er repræsentative for den fulde population. Derfor kan evaluator ikke ekstrapolere fra de opgivne effektmål til den fulde population. Ligeledes har evaluator valgt ikke at medtage spørgeskemaresultater vedrørende de forventede resultater. Evalueringen dokumenterer, at det er meget vanskeligt for eksperterne på projekterne at estimere forventninger. Usikkerheden forbundet med tallene er derfor meget høj, og det er vores vurdering, at det ikke meningsfuldt lader sig gøre at aggregere forventningstallene.

<sup>61</sup> Bemærk at evalueringen i kapitel 2 2 udvikler fire projektyper baseret på en return-on-investment betragtning, som bruges til at analysere hvilken type projekt, man kan forvente skaber vækst og beskæftigelse på kort sigt.

Figur 6.1 Fordeling på projekttyper – ELFORSK



Note: 53 projektlederes svar (afsluttede og igangværende projekter). Projekttype er baseret på projektlederens egen vurdering. Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2).

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

I tillæg til spørgeskemaundersøgelsen er der gennemført en caseundersøgelse omfattende syv ELFORSK-projekter og 2 afviste ELFORSK-ansøgninger (se Tabel 6.2). Case-projekterne er beskrevet i Bilag C.

Tabel 6.2 Case-projekter – ELFORSK.

Case nr.	Projekttitel	Energiområde
EL1	Varmepumper og elforbrug - betydningen af ændrede komforttemperaturer	Adfærd/bygninger
EL2	Elbesparende kuglelejer	EE teknologi/industri
EL3	Højeffektive - højtemperatur varmpumper til industriel køling	EE teknologi/industri
EL4	Fuldskala demonstration af termoaktive konstruktioner - Tillægsbevilling	EE teknologi/bygninger
EL5	2. generationsværktøj til systemoptimering	Værktøj/industri
EL6	Værktøjer til fremme af energibesparende LED belysning i underholdningsindustrien	Værktøj/belysning
EL7	A+E:3D - Digitalt værktøj for arkitektonisk energioptimering og -renovering i de tidlige designfaser	Værktøj/bygninger
EL8	Udvikling af metoder til energirådgivning af små og mellemstore virksomheder	Adfærd
EL9	IndExTool -- Software til optimering af energisystemer i industrielle processer -- Fase I Behovsanalyse og grundlæggende skabelse	Værktøj/industri

Kilde: COWI/EA Energianalyse/Damvad Analytics, 2015

Det tredje element i evalueringen er en bibliometrisk undersøgelse af det enkelte projekts forskningsoutput i form af publikationer fra projekter afsluttet i perioden 2009-2013. Det skal her nævnes, at ELFORSK ikke har som særskilt mål at støtte projekter, der bidrager til videnskabelige publikationer. ELFORSK har særlig opmærksomhed på andre typer af formidling, idet disse typisk er mere relevante for målgrupperne for resultaterne af ELFORSK-projekterne.



## 6.2 Konklusion

Baseret på data fra evalueringen og evaluators analyser er det den overordnede konklusion vedrørende ELFORSK, at

- › Evaluators konkluderer, at ELFORSKs F&U-støtte har effekter på de deltagende virksomheder i relation til omsætning, eksport, iværksætteri og beskæftigelse.
- › Evalueringens data og analyser viser, at ELFORSK-projekternes primære fokus er på at forbedre slutanvendelsen af energi, herunder på energibesparelser. Projekterne når i høj grad sine resultater, og evaluators konkluderer, at ELFORSK har en positiv effekt på energieffektivitet, energibesparelser og den grønne omstilling generelt.
- › ELFORSKs støttemidler bidrager i høj grad til at skabe netværk mellem aktørerne på energiområdet.

Nedenfor foldes konklusionerne vedrørende resultater ud i større detalje (bemærk at data præsenteres i detalje i afsnit 6.3):

- › Det konkluderes, at ELFORSK-projekterne når sine resultatmål. Mere end  $\frac{3}{4}$  af projektlederne mener, at de i høj eller meget høj grad har opnået de målsætninger, der blev fastlagt i ansøgningsfasen. Halvdelen af respondenterne vurderer, at deres projekt i høj eller meget høj grad har bidraget til at fremme energieffektive teknologier i bygninger/installationer. Desuden vurderer knap halvdelen (47%), at projektet i høj eller meget høj grad har bidraget til at udvikle/kommercialisere energieffektive teknologier og udvikle energieffektiv adfærd hos brugeren, og 45% vurderer at projekterne understøtter danske erhvervspotentialer på det energiteknologiske område.
- › Evaluators konkluderer, at ELFORSK bidrager til udviklingen af energieffektive teknologier, metoder og tjenesteydelser. Spørgeskemaundersøgelsen viser, at blandt de 43 projekter, som har haft et kommercielt formål eller et formål om at skabe forudsætning for videreudvikling med kommercielt sigte, har 75% af projekterne haft som mål at forbedre eksisterende teknologier, metoder eller tjenesteydelse. 20% af projekterne har udviklet en helt ny teknologi, metode eller tjenesteydelse (se Figur 6.3).
- › Det er også en væsentlig konklusion, at ELFORSKs støttemidler bidrager til at skabe netværk mellem aktørerne på energiområdet. Det er dokumenteret dels ved at de etablerede netværk ofte fortsætter samarbejdet efter de har afsluttet et projekt, og i flere tilfælde søger de deltagende partnere sammen nye støttemidler til nye projekter. Evalueringens netværksskort viser ligeledes de etablerede netværk. Analysen af publikationer og konferencedeltagelse viser også, at mange artikler (24%) publiceres i samarbejde mellem projektpartnere, ligesom bidrag til konferencer udarbejdes i samarbejde mellem projektpartnere (42%). Endelig viser spørgeskemaundersøgelsen, at 55% af projekterne ifølge respondenternes egne udsagn i høj eller meget høj grad fremmer etablering af faglige netværk og F&U-miljøer.

- › ELFORSK prioriterer at formidle sine projektresultater bredt, herunder til offentligheden. 45% af projektlederne og -deltagerne vurderer, at ELFORSKs eksterne formidling af projektets resultater i høj eller meget høj grad har haft en positiv indflydelse på interessen for projektresultaterne. ELFORSKs formidling er således ifølge projekternes egne udsagn vigtig for udbredelsen af projekternes resultater. Det er derfor også på den baggrund en konklusion, at ELFORSKs formidlingsindsats yder et værdifuldt bidrag til at udbrede kendskabet til projekterne og deres resultater.
- › ELFORSK har eksplicit ønsket, at evalueringen via spørgeskema vurderer programsekretariatets samarbejde og dialog med projekterne. 41% af projektlederne og -deltagerne i projekterne vurderer, at samarbejdet og dialogen med ELFORSK i løbet af projektperioden i høj eller meget høj grad har haft positiv indflydelse på deres udbytte af projektet. I caseinterview fremhæves sekretariatsmedarbejdernes entusiasme og evne til at skabe engagement blandt deltagerne, ligesom sekretariatet opleves som en aktiv sparringspartner både i ansøgningsprocessen og undervejs i projektperioden. Det er konklusionen, at programsekretariatet yder en stor indsats for at sikre projekternes succes. Samtidig er der plads til forbedringer, idet 23% finder, at deres resultater i mindre grad eller i meget begrænset grad er blevet bedre som følge af tilbuddet om samarbejde og dialog med ELFORSK.
- › 58% af 304 respondenter vurderer, at deres projekt havde været for risikofyldt at gennemføre uden støtten. For 13% af respondenterne ville det have taget længere tid at gennemføre projektet uden støtte. For 12% havde et afslag betydet, at projektets ambitionsniveau måtte reduceres. Det er derfor evaluators konklusion, at ELFORSK-støtten udgør en risikoafdækning for projekterne og at støtten dermed giver additionalitet.

Nedenfor følger de mere detaljerede konklusioner vedrørende effekter (bemærk at data og analyser præsenteres i afsnit 6.4):

- › ELFORSK bidrager til vækst og beskæftigelse. I 39% af tilfældene vurderer virksomhederne, at deltagelsen allerede har fået positive omsætningskonsekvenser. En omsætningsfremgang, der også kan spores i både en beskæftigelses- og en eksporteffekt – dog ikke i samme omfang. I alt repræsenterer de 31 virksomheder, som har besvaret spørgeskemaet, 23 forskellige projekter, som tilsammen har modtaget et tilskud på 23,1 mio. kr. Disse virksomheder har realiseret en ekstra omsætning på 76,4 mio. kr. Eksportfremgangen udgør 41,8 mio. kr. af omsætningsfremgangen, mens nyansættelser og fastholdelser som et resultat af ekstraomsætningen udgør 112 stillinger. Dette er, hvad virksomhederne anslår allerede er realiseret<sup>62</sup>.
- › Det er evaluators vurdering, at (i) de betydelige fremskridt i dansk eksport af grøn energiteknologi, (ii) i ændringen i sammensætningen af det danske energiforbrug, hvor vedvarende energi fylder stadig mere og (iii) det forhold at

---

<sup>62</sup> Dertil kommer forventninger til fremtidig kommercialisering, som er betydelig, men også behæftet med meget stor usikkerhed.

dansk industri øger sin samlede produktion samtidig med at det samlede energiforbrug falder, ikke kunne være sket uden de offentlige investeringer i forskning, udvikling og demonstration, som ELFORSK blandt andet står for.

- › 36% af virksomhederne forventer ikke, at deres projektdeltagelse får effekt på virksomhedens omsætning. Det er vigtigt her at fremhæve, at udviklings- og især forskningsprojekter ofte ikke har eksplicite vækst- og beskæftigelsesmålsætninger, men målsætninger om videnudvikling og løsning af del-problemstillinger, der går forud for, at der kan skabes vækst og beskæftigelse. Det er en del af konklusionen, at mange projekter kræver en modningsperiode efter projektafslutning før eventuelle effekter vil kunne realiseres.
- › I 61% af projekterne har det primære mål været at forbedre slutanvendelsen af energi, herunder energibesparelser, og i 16% at forbedre fleksibiliteten i energisystemet. Eftersom projekterne i høj grad lykkes med at nå sine resultater, konkluderer evaluatoren, at ELFORSK har en positiv effekt på grøn omstilling.

## 6.3 Resultater

I afsnittet præsenteres resultater, data og analyse under overskrifter, der vedrører de generelle indikatorer, som gælder alle tre programmer. De særlige ELFORSK-specifikke indikatorer er dækket i afsnit 6.3.3 om elforbrug hos forbruger/industri og i bygninger/installationer, afsnit 6.3.4 om ekstern formidling og i afsnit 6.3.5 om samarbejde og dialog med sekretariatet.

### 6.3.1 Projekternes specifikke målsætninger

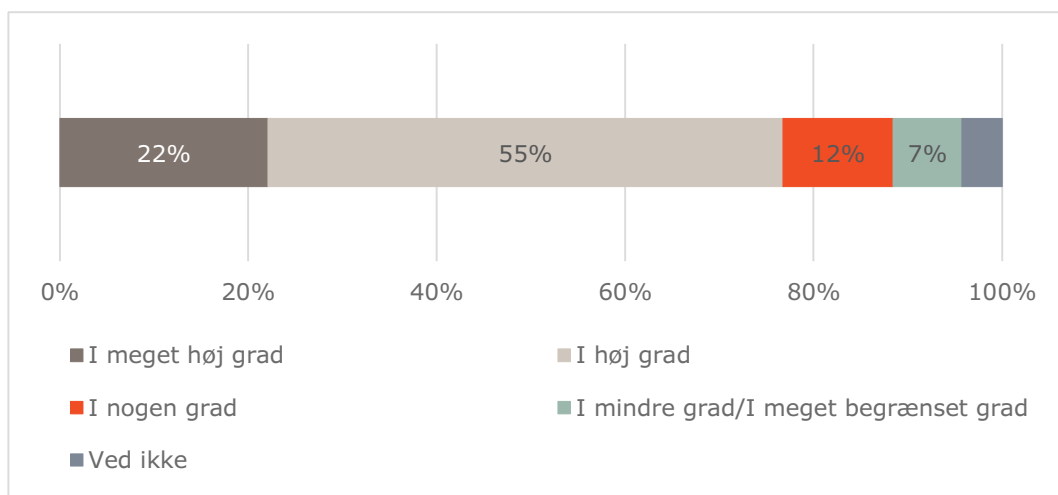
I dette afsnit præsenteres de resultater, der skabes som direkte følge af ELFORSK-projekterne.

Lykkes projekterne?

I

Figur 6.2 præsenteres projektledernes vurdering af, i hvilket omfang projektet er lykkedes mht. at opfylde de oprindelige målsætninger. 77% af projektlederne mener, at de i høj eller meget høj grad har opnået de målsætninger, der blev fastlagt i ansøgningsfasen.

Figur 6.2 I hvor høj grad vurderer du, at projektet er lykkedes sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?



Note: Baseret på 27 projektlederes svar (afsluttede projekter). Svarene er vægtet ift. støtten størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

## Projekt mål

57% af ELFORSK-projekterne havde som konkret målsætning at udvikle et output mhp. kommercialisering, mens 26% havde som målsætning at skabe forudsætning for videre udvikling af et sådant output. Dette afspejler, at en tredjedel af programmets projekter er forskningsprojekter, der som udgangspunkt ikke har kommercielle målsætninger, men i nogle tilfælde har målsætninger om at skabe forudsætning for videre udvikling, der på et senere tidspunkt kan føre til et kommercialiserbart produkt, proces eller ydelse.

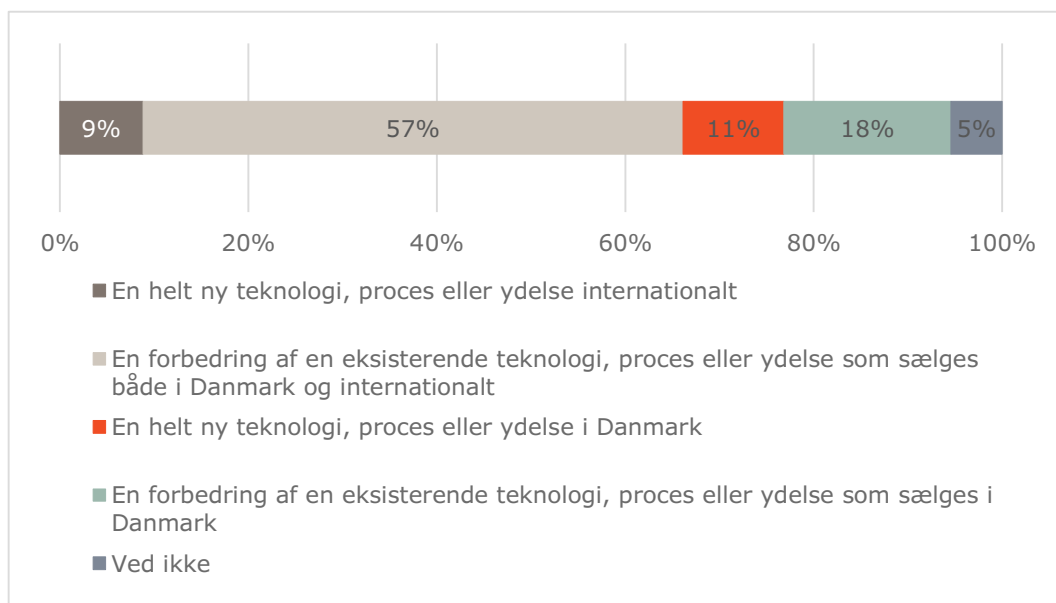
Som eksempel på et af de projekter, der ikke havde som mål at kommercialisere projektets output, kan nævnes case-projektet EL1. Projektet handlede om at indsamle og udbrede viden om forbrugeradfærd i forbindelse med installerede varmpumper. Selvom der i selve projektet ikke har været fokus på vækstmæssig effektivisering for deltagerne, er der kommercielle muligheder i at videreudvikle den tilvejebragte viden på sigt – også på andre områder end projektets primære fokus:

- › "Varmepumper har været et godt sted at starte, men relevansen af konklusionerne fra projektet begrænser sig ikke til varmpumper. Det er også stærkt relevant for initiativer relateret til bygningsopvarmning og -køling og dermed tiltag i forbindelse med bygningsrenovering og nybyggeri" (EL1 – varmpumper og ændrede komforttemperaturer, projektansvarlig Kirsten Gram-Hanssen, SBI).

Af de 43 projekter, som i spørgeskemaundersøgelsen har angivet, at de har haft et kommercielt formål eller et formål om at skabe forudsætning for videreudvikling med kommercielt sigte, har 75% haft som mål at forbedre eksisterende teknologier, metoder eller tjenesteydelser, som ifølge 57% kan sælges internationalt og ifølge 18% kan sælges i Danmark. 20% af projekterne har udviklet en helt ny teknologi, metode eller tjenesteydelse – 9% til det internationale marked og 11% til det danske marked (se Figur 6.3).

Det stemmer godt med programmets mål om at *bidrage til udviklingen* af energieffektive teknologier, metoder og tjenesteydelser, der nedbringer eller flytter energiforbruget.

Figur 6.3 Projekternes innovationsniveau: Hvilken type nyskabelse eller forbedring har projekterne omhandlet?



Note: 43 projektledere af projekter med kommercielt formål eller med formål om at skabe forudsætning for videre udvikling med kommercielt sigte (afsluttede og igangværende projekter).

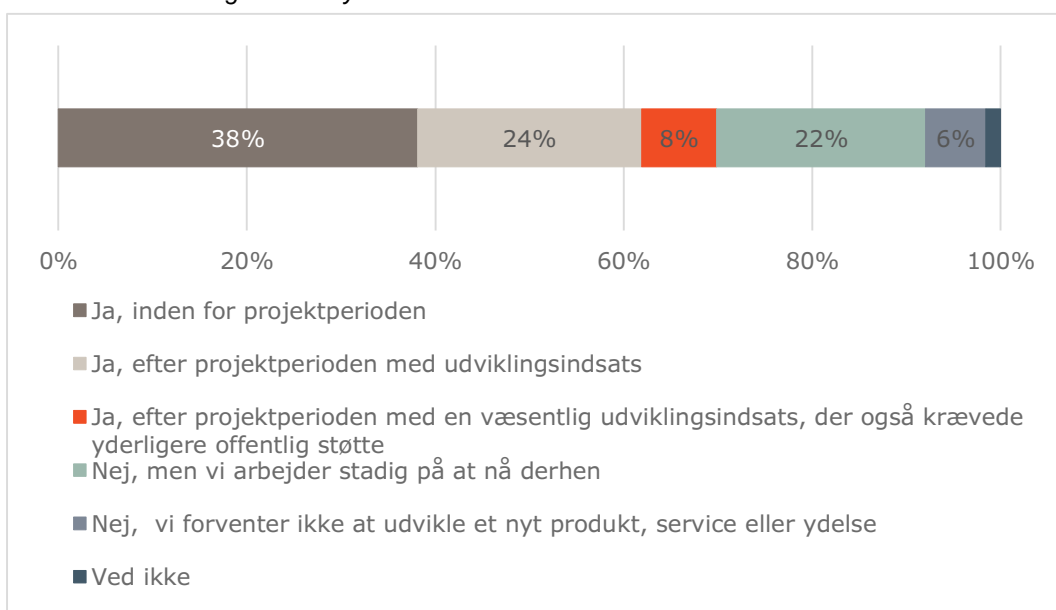
Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

## Modningstid

Blandt respondenter fra projekter, der havde et kommercielt formål og som på evalueringstidspunktet er afsluttede (se Figur 6.4), vurderer 38%, at de inden for projektperioden er nået i mål med at udvikle en ny/forbedret teknologi, proces eller ydelse, mens 32% er nået i mål ved en yderligere udviklingsindsats efter projektets afslutning. Blot 6% af deltagerne forventer, at projektet ikke vil resultere i et kommercielt resultat.

Figur 6.4 Er I lykkedes med at udvikle en ny eller forbedret teknologi/proces eller rådgivnings-/serviceydelse?



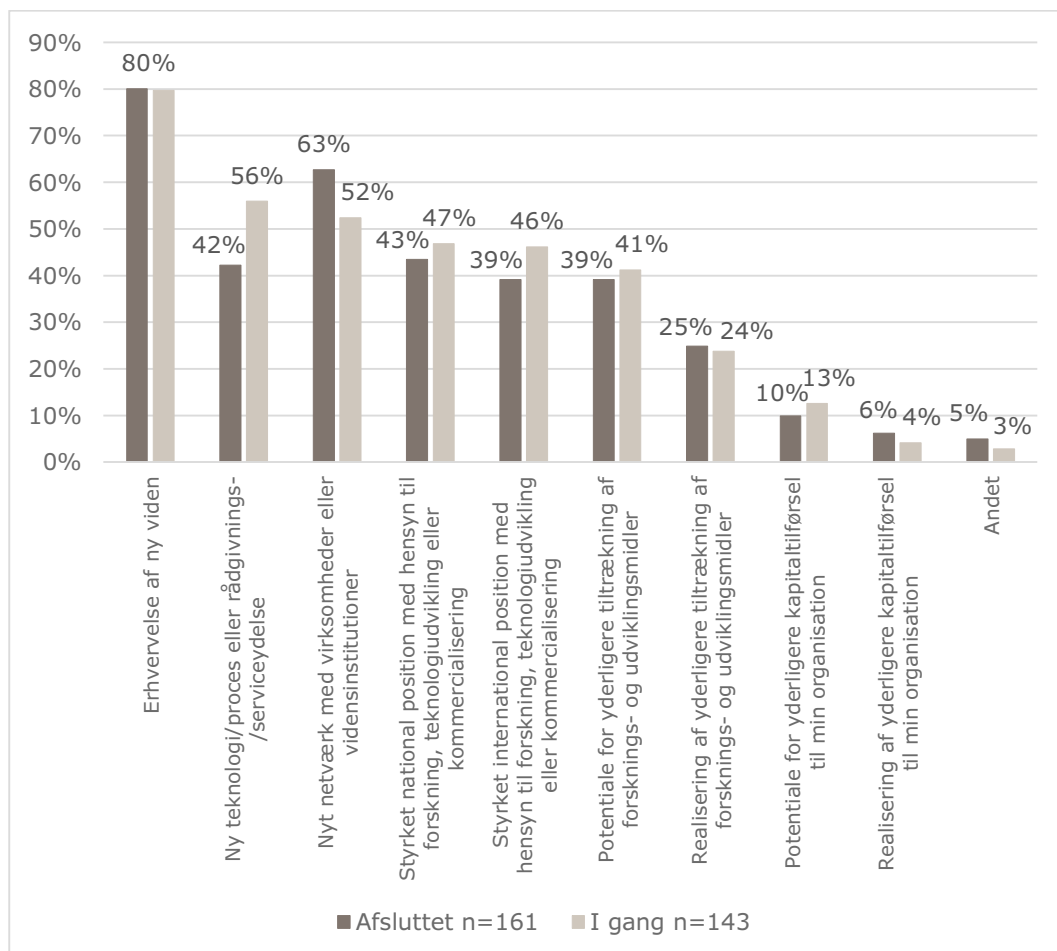
Note: 63 projektledere og –deltagere i projekter med kommercielt formål eller med formål om at skabe forudsætning for videre udvikling med kommercielt sigte (afsluttede projekter).

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

## Andre resultater

Af ikke-kommercielle resultater angiver flest projektdeltagere og -ledere, at de har opnået ny viden (80% af både afsluttede og igangværende projekter) og fået nyt netværk (63% af de afsluttede og 52% af de igangværende projekter), jf. Figur 6.5. Videnudvikling og netværksskabelse er altså meget væsentlige resultater.

Figur 6.5 Hvilke resultater vurderer du, at projektet har skabt undervejs i projektperioden eller umiddelbart efter projektets afslutning i din virksomhed/organisation?



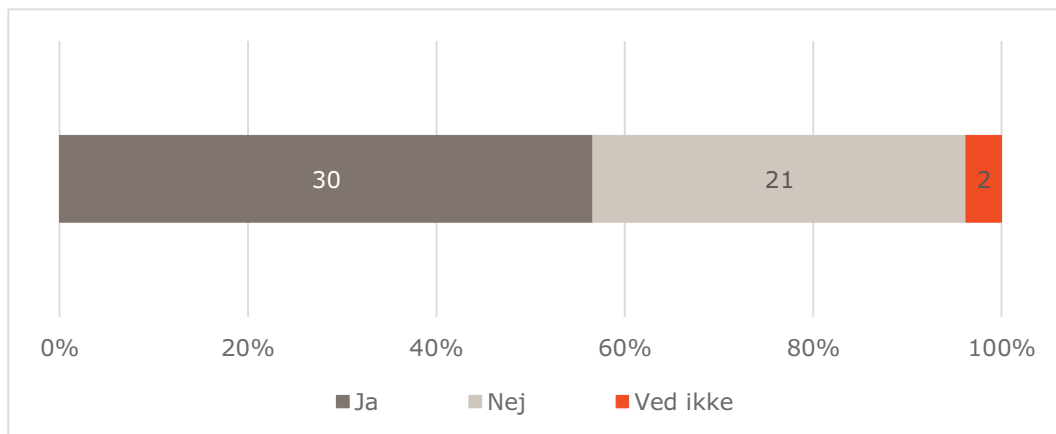
Note: Baseret på 304 projektlederes og -deltageres svar (afsluttede og igangværende projekter). Hver respondent kan have angivet flere svar, hvorfor andelen ikke summer til 100.

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

## Projektkæder

Som det fremgår af Figur 6.6, bygger 30 – eller mere end halvdelen - af ELFORSK-projekterne, ifølge respondenternes egne udsagn, videre på et eller flere tidligere projekter. Af disse 30 projekter, bygger 17 videre på projekter, der blev finansieret af ELFORSK, mens de resterende tidligere projekter har modtaget midler fra bl.a. EUDP (5), Højteknologifonden (2) samt EFT (2). Det er evaluators vurdering, at den viden, der skabes i ELFORSK-projekter, bringes videre i nye ELFORSK-projekter, og at viden fra tidligere EUDP-projekter i nogen udstrækning ligeledes bliver anvendt og udnyttet i nye ELFORSK-projekter.

Figur 6.6 Bygger projektet direkte videre på et eller flere tidligere projekter, som også har været finansieret af offentlig støtte? (Antal projekter)



Note: Baseret på 53 projektlederes svar (afsluttede og igangværende projekter).

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

I få tilfælde vil et efterfølgende projekt have karakter af en tillægsbevilling og ikke et egentligt nyt projekt med tilhørende ansøgning, se nedenstående eksempel.

#### Tekstboks 6.1 Eksempel på udbytte af tillægsbevilling

Projektet vedr. køling af bygninger med termoaktive elementer var en fuldskala demonstration af anvendelse af TABS. Formålet med fuldskalademonstration har været at afprøve TABS i et rigtigt byggeri i praksis – herunder dimensionering, kapacitet, styring, kobling til forsyningsystemer samt at undersøge indeklimaeffekter og slutbrugertilfredshed. Det aktuelle projekt er en tillægsbevilling til et tidligere ELFORSK-projekt. Tillægsbevillingen gjorde det muligt, at måle effekten af køleeffekt af TABS i et realistisk kontormiljø i det udførte byggeri. (EL4 – Termoaktive konstruktioner)

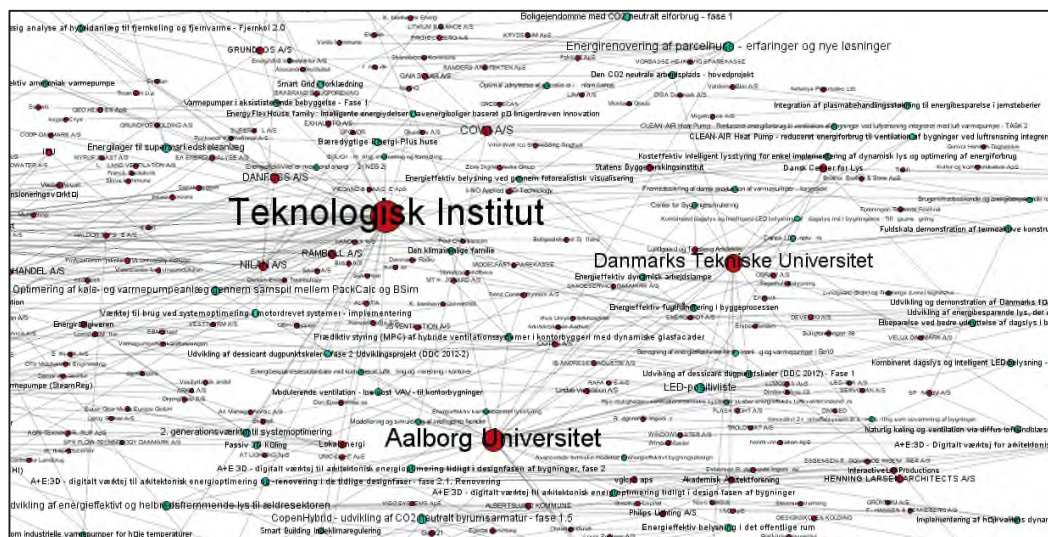
## Netværk

I Figur 6.6 viser vi et netværkskort for ELFORSK. Hver rød prik repræsenterer en aktør, og størrelsen af prikken angiver omfanget af projektrelationer, som aktøren indgår i. Hver blå prik repræsenterer et projekt. Stregerne angiver relationer mellem aktører og projekter. Figuren illustrerer, at projekterne etablerer mange netværk mellem mange aktører: industri, universiteter og forskningsinstitutioner. Den aktør, der deltager i flest ELFORSK-projekter er Teknologisk Institut. Dernæst følger Aalborg Universitet og DTU. Bemærk, at Aalborg Universitet i dag også omfatter SBi, hvor der er stor ekspertise inden for bygninger, indeklima og belysning.

Dette billede afspejler ELFORSK-programmets fokus på bl.a. disse områder. Hvad man ikke kan aflæse af kortet er, at 66% af alle deltagerne i ELFORSK er virksomheder (disse deltager ofte kun en eller et par gange, og ses derfor som små prikker i kortet). Blandt de deltagende virksomhederne er over halvdelen (54%) virksomheder med under 50 ansatte. Programmet er således i udpræget grad i stand til at inddrage mindre virksomheder.



Figur 6.7 Netværkskort for ELFORSK: Aktører og relationer



Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Note: Netværkskortet illustrerer samarbejdskonstellationer blandt brugerne af energiordningerne og viser ikke fordelingen af midler.

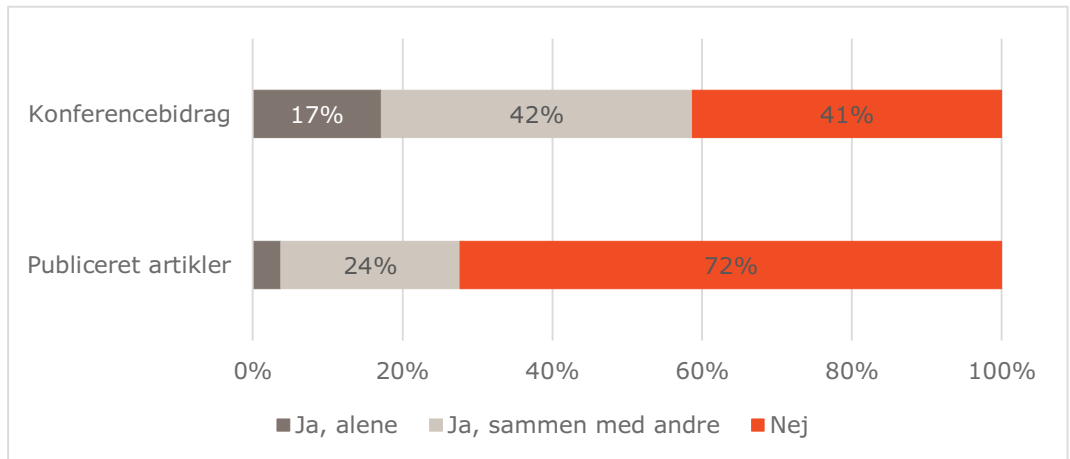
Flere af de interviewede personer fra case-undersøgelsen fremhæver netværkskabelse som et væsentlig udbytte<sup>63</sup>.

- › "Omfanget af IT-Energy's involvering begrænsede sig til under 1 arbejdsmåned, og IT-Energy's udbytte af projektet var derfor især, at projektet var en lejlighed til at bekræfte og aktivere eksisterende samarbejdsnetværker" (EL1 – Varmepumper og ændrede komforttemperaturer, projektdeltager Troels Fjordbak Larsen, IT-Energy).
- › "Fordele ved samarbejdet er, at der bringes flere forskellige kompetencer i spil og at der skabes netværk" (EL5 – 2G værktøj til systemoptimering, projektansvarlig Sandie B. Nielsen, Teknologisk Institut).

Endnu en indikation på netværksskabelsen kan man få ved at kigge på, hvorvidt videninstitutioner og virksomheder har publiceret eller leveret conferencebidrag *sammen* i regi af deres fælles projekt. Af Figur 6.8 nedenfor fremgår, at der i 24% af projekterne er publiceret artikler sammen med andre, mens der i kun 4% af projekterne er publiceret artikler alene af en enkelt deltager. Noget tilsvarende gør sig gældende for bidrag til konferencer. 59% af projekterne leverer bidrag til konferencer og 42% gør det i samarbejde med projektpartnere.

<sup>63</sup> Der dannes i mindre grad internationalt netværk. Ifølge kontaktdatabasens kontaktoplysninger har to af ELFORSKs 53 projekter en eller flere internationale partnere.

Figur 6.8 Har I publiceret peer-reviewed artikler eller lavet konferencebidrag alene eller i samarbejde med andre i forbindelse med projektet?



Note: 27 projekter (afsluttede). Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

## Partnerskaber

### 6.3.2 Projektpartnerskaber og programmets risikovillighed

Projektpartnerskaberne i de udvalgte caseprojekter er sammensat af to eller flere samarbejdspartnere med inddragelse af både videninstitutioner og private aktører. I flere tilfælde oplyser de interviewede personer i caseprojekterne, at parterne fortsat samarbejder med eller uden offentlig støtte efter projektperiodens udløb.

Et argument fra de interviewede projekter for sammensætningen af projektets partnere er, at det er centralt, at de rette kompetencer så vidt muligt er til stede i teamet. Nogle gange inddrages underleverandører, der ikke er en del af selve projektet, men som ikke desto mindre bidrager med vigtigt input til projektet<sup>64</sup>. Det kan være i form af tilførsel af specialiseret viden på universitetsniveau eller i form af udvikling af delelementer af projektet.

En anden vigtig pointe fra case-interviewene er, at projektet skal inddrage potentielle aftagere, enten som partnere, underleverandører eller sparring fra brugerperspektivet. Dette aspekt er vigtigt mhp. at sikre, at den løsning, der arbejdes med, reelt er efterspurgt og passer med behovet hos kunderne under hensyntagen til disses konkrete problemstillinger og in-house kompetencer. Desuden skaber projekterne i nogle tilfælde relationer til kunder, der kan bidrage til at gøre det nemmere at sælge projektets output efterfølgende.

- › *"Advansor kom med idéen og teknologien, som skulle demonstreres. Cronborg leverer energirådgivning til omkring 200 industrikunder, og sammen med Advansor fandt de frem til 4 potentielle kunder – Jensen's Food, Jutland Meat, Odense Marcipan og Tican – , som kunne indgå i projektet. Danfoss, GEA Grenco Køleteknik og Gerstenberg Schröder indgik i teamet, som leverandører af*

<sup>64</sup> Det skal bemærkes, at case-undersøgelsen tyder på, at projekterne ikke hæfter sig ved, om der er tale om et offentligt-privat samarbejde, men derimod har fokus på at få stillet det rette team. Det rette team kan så udmærket være et samarbejde mellem GTS-/vidensinstitut og private virksomheder.

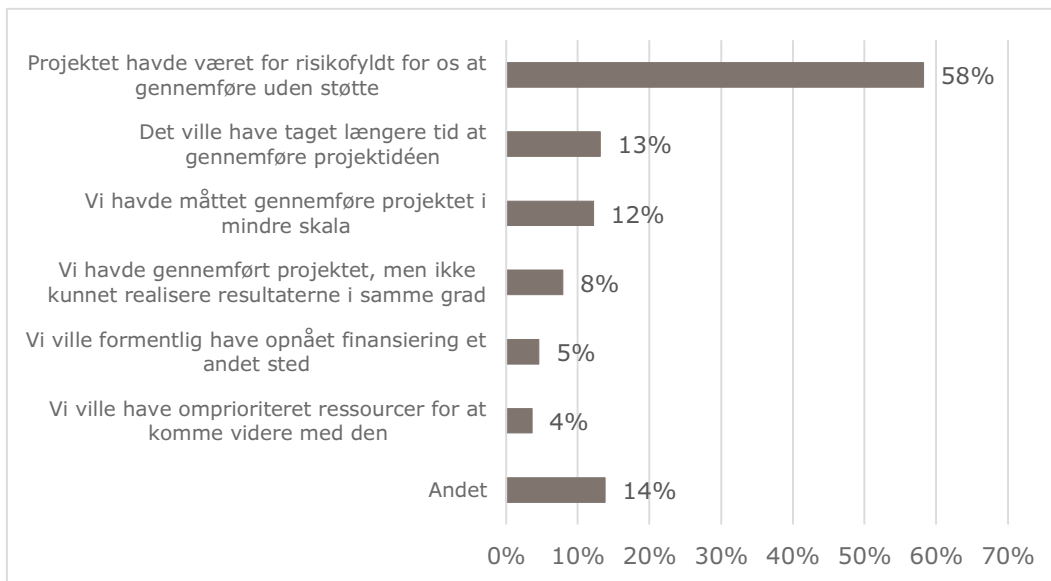
komponenter til varmegenvindingssystemet. Cronborg fungerede som hovedentreprenør, der etablerer anlægget" (EL3 – Højeffektive højtemperatur varmepumper til industriel køling, projektdeltager Hanne Kronborg, Cronborg).

- › "Teamet bestod af DTU og COWI som stod for udvikling og vidensopbygning. Spæncor som producerede og leverede TABS [termoaktive bygningsystemer] samt slutbruger og investor Middelfart Sparekasse. COWI var projektleder og stod for ansøgningsskrivning. Det var vigtigt at have en kunde og slutbruger med i projektet" (EL4 – Termoaktive konstruktioner, projektdeltager Finn Passov, Spæncor).
- › "Teknologisk Institut har haft den største rolle, idet de stod for ansøgningen, projektledelse og af-rapportering. Teknologisk Institut stod for udviklingen af værktøjet og havde den oprindelige idé om, hvordan værktøjet burde udvikles på baggrund af tidligere projekter. AURA Energi stod for at afprøve værktøjet i praksis og kom med input vedr. værktøjets funktionalitet og brugervenlighed. AURA Energi havde bl.a. kontakt til Arla Foods, som var en demonstrationsvirksomhed, hvor værktøjet blev afprøvet og valideret. På den måde inkluderede projektet også en slutkunde i udviklingen af værktøjet. Energirådgiveren (firma) og Lemvig Müller deltog i projektmøderne løbende og stod for formidlingen af værktøjet til virksomheder som afslutning på projektet... Det er vigtigt at sammensætte det rigtige hold, men også at favne bredt. Det var vigtigt, at projektet og værktøjet var forankret hos produktionsvirksomheder og maskinleverandører. Men det er også vanskeligt – der er behov for en foregangsvirksomhed" (EL5 – 2G værktøj til systemoptimering, projektdeltager Michael Olsen, AURA Energi).
- › "Det var en tværfaglig projektgruppe. DTU Fotonik var projektleder og stod også for ansøgningen. DTU stod for vidensopbygning og validering af visualiseringssoftware og procedurer. I den forbindelse har DTU inddraget franske universiteter og software specialister som eksterne underleverandører. Roskilde Festival repræsenterede bygherren og stillede et område til rådighed på festivalen til lysinstallation. Gunver Hansen Tegnestue repræsenterede den kreative del af projektet og stod for design af lysinstallationen. Brother, Brother & Sons, som normalt står for scenebelysning på Roskilde Festival, bidrog med styring til lysinstallationen og var eksperter inden for det felt i projektet... I installationsfasen blev en række underleverandører inddraget såsom leverandør af mast osv. Dansk Center for lys stod for formidlingen i projektet og vurderes at være en god og vigtig platform til at forankre projektet" (EL6 – Værktøjer til fremme af LED, projektansvarlig Jesper Wolff, DTU Fotonik).
- › "Teamet bestod blot af Dansk Energi Analyse og CeramicSpeed, dog i tæt samspil med industrielle aftagere så som Grene og Grundfos. Det var vigtigt at have mulige kunder med for at sikre sig, at der bliver udviklet noget brugbart for kunderne. Desuden er det en legitim måde at invitere kunderne til et lidt tættere forhold til firmaet" (EL2 – Elbesparende kuglelejer, projektdeltager Bøje Schaumann Kjær, CeramicSpeed).

## ELFORSKs risikovillighed

I Figur 6.9 præsenteres deltagerens svar på hvorvidt projektidéen ville være blevet gennemført, hvis man ikke havde modtaget støtte. 58% af respondenterne vurderer, at projektet havde været for risikofyldt at gennemføre uden støtte. For 13% ville det have taget længere tid at gennemføre projektet uden støtte. For 12% havde et afslag betydet, at projektets ambitionsniveau måtte reduceres.

Figur 6.9 Ville projektidéen efter din opfattelse være blevet gennemført, hvis projektet ikke havde modtaget støtte?



Note: 304 projektlederes og -deltageres svar (afsluttede og igangværende projekter). Hver respondent kan angive flere svar, hvorfor tallene ikke summer til 100. Respondenter, der har angivet, at projektet ville have været for risikofyldt at gennemføre, har ikke kunne angive andre svar. Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Støtten afdækker altså en risiko for virksomhederne, som fører til additionalitet – altså projekter der gennemføres, som eller ikke ville være blevet gennemført. Dette understøttes af case-projekterne, hvor det fremgår, at projektstøtten giver deltagerne en konkurrencefordel, da de skaber bedre mulighed for at komme på markedet eller at udvide projektet:

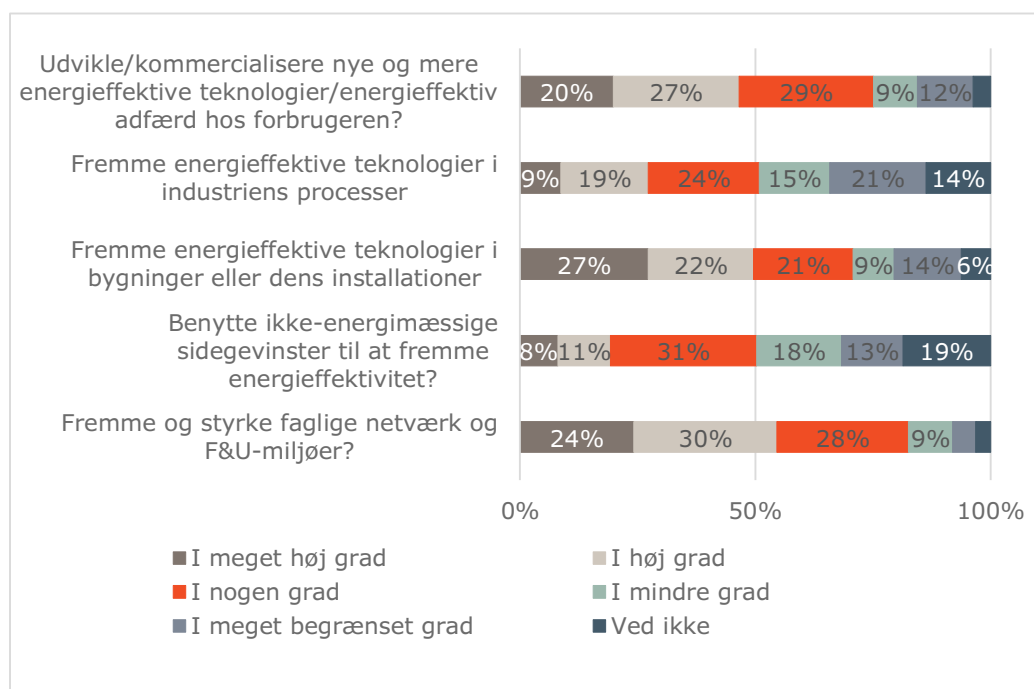
- > "Projektet var CeramicSpeeds første projekt med offentlig støtte ... Vi kunne måske også have fundet finansiering andet steds, men det havde signalværdi, at pengene kom fra et energiforskningsprogram, hvor der bl.a. er fokus på energibesparelser. Vi har ikke skullet ud og eftervise, at vi er legitime" (EL2 – Elbesparende kuglelejer, projektdeltager Bøje Schaumann Kjær, CeramicSpeed).
- > "Varmegenvindingsløsningen kunne måske også være blevet implementeret hos Jensens Food uden ELFORSK-støtte, men det ville formentlig have været en anden teknisk løsning, som ikke ville have ført til de samme besparelser, ... Støtten i sig selv var væsentlig for at overbevise Jensen Food om at forsøge sig med varmegenvinding, men det har helt klart også værdi, at ELFORSK som neutral part bakker op om idéen, og at varmepumper og besparelser i industrivirksomheder har Energistyrelsens og ELFORSKs opmærksomhed. Takket være støtten blev det muligt at installere netop Advansors effektive løsning og at have et bredere samarbejde, der involverede flere potentielle kunder" (EL3 – Højeffektive højtemperatur varmepumper til industriel køling, projektdeltager Hanne Kronborg, Cronborg).
- > "Projektet ville have været gennemført uden støtte i lignende form men i mindre omfang. Merudbyttet som følge af støtten er bedre dokumentation og formidling, hvilket gør det nemmere at markedsføre og sælge produktet. Deltagelse i støttede projekter er en afvejning af udviklingsomkostninger og muligheden for at have viden for sig selv" (EL4 – Termoaktive konstruktioner, projektdeltager Finn Passov, Spæncom).

- > "Støtten signalerer til omverdenen, at der er bund i det, man laver i Danmark, og er med på at bygge industrien og kompetencerne op. Danmark kan gøre sig gældende på verdensplan og omverdenen er begyndt at få øjnene op for de danske kompetencer" (EL6 – Værktøjer til fremme af LED, projektdeltager Anne Bay, Dansk Center for Lys).

### 6.3.3 Elforbrug hos forbruger/industri og i bygninger/installationer

I Figur 6.10 præsenteres vurderingen fra projektledere og -deltagere i afsluttede projekter i forhold til deres projekts betydning for specifikke ELFORSK-målsætninger.

Figur 6.10 I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til at ...



Note: Baseret på 161 projektlederes og -deltageres svar (afsluttede projekter).

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

47% af respondenterne har svaret, at deres projekt i høj (20%) eller meget høj grad (27%) har udviklet eller kommercialiseret energieffektiv teknologi eller adfærd. Et eksempel på et adfærdsprojekt er case EL 1:

- > "Formålet med projektet var at undersøge, om den potentielle besparelse [ved installation af luft-til-luft varmepumpe] bliver opnået i praksis eller om det bliver omsat til øget komfort [...] Projektresultaterne er kommunikeret bredt ud i både presse, konferencsammenhæng og faglitteratur. Projektet oplevede en pæn medie-interesse med bl.a. avisartikler og radioindslag. [...] SBI har i dag et 5-årigt projekt, kaldet "UserTEC", som har modtaget 17 mio. kr. i støtte fra Innovationsfonden, hvor der arbejdes videre med mange af de samme tankegange som i varmepumpeprojektet, og tager skridtet videre og går i dybden med, hvordan kan vi adressere rebound effekt" (EL1 – Varmepumper og ændrede komforttemperaturer, projektansvarlig Kirsten Gram-Hansen, SBI).

dustriens processer, og næsten halvdelen vurderer, at deres projekt i høj (22%) eller meget høj grad (27%) har bidraget til at fremme energieffektive teknologier i bygninger/installationer.

Evaluator har analyseret respondenternes svar i relation til, hvilken del af energisystemet, deres projekt primært har haft som mål at udvikle. Det fremgår bl.a., at projekter, der arbejder med *fleksibilitet i energisystemet* oftere end de øvrige vurderer, at projektet i høj eller meget høj grad har bidraget til a) at udvikle/kommercialisere nye energieffektive teknologier og energieffektiv adfærd hos forbrugeren og b) at fremme energieffektive teknologier i bygninger og installationer

Respondenter i projekter, der arbejder med *slutanvendelse af energi*, vurderer oftere end andre, at deres projekt i høj eller meget høj grad har bidraget til at benytte ikke-energimæssige sidegevinster til at fremme energieffektivitet. Respondenter i projekter, der arbejder med *produktion af primær energi/energieffektivitet i produktionen*, adskiller sig tydeligst fra de andre områder ved at have den relativt laveste vurdering af projektets bidrag til a) at fremme energieffektive teknologier i industriens processer og b) at benytte ikke-energimæssige sidegevinster til at fremme energieffektivitet.

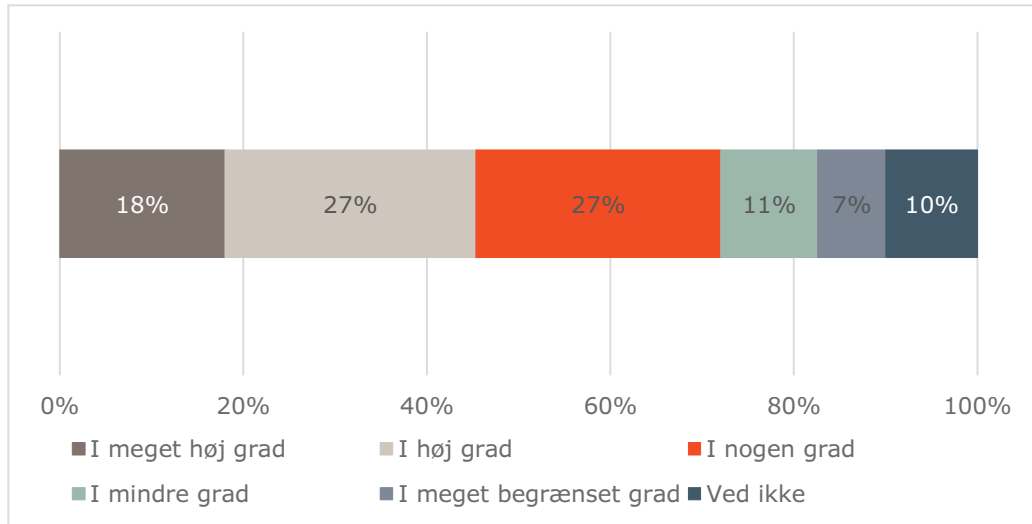
Ser man isoleret på projekter, der arbejder med *slutanvendelse af energi*, vurderer respondenter, hvis projekt har vedrørt slutanvendelse af belysning, oftere end andre, at projektet i høj eller meget høj grad har bidraget til at udvikle/kommercialisere nye energieffektive teknologier og energieffektiv adfærd hos forbrugeren. Projekter, der har arbejdet med slutanvendelse i relation til industrielle processer, vurderer oftere end andre, at projektet har bidraget til at fremme energieffektive teknologier i industriens processer, mens projekter, der har arbejdet med slutanvendelse i bygninger oftere end andre vurderer, at projektet har bidraget til at fremme energieffektive teknologier i bygninger og installationer.

54% af respondenterne har svaret, at deres projekt i høj (30%) eller meget høj grad (24%) har fremmet og styrket faglige netværk og F&U-miljøer. Her ses ingen variationer i besvarelserne afhængigt af fokus i energisystemet.

### 6.3.4 Ekstern formidling

45% af projektlederne og -deltagerne i projekterne vurderer, at ELFORSKs eksterne formidling af projektets resultater i høj eller meget høj grad har haft en positiv indflydelse på interessen for projektresultaterne, og 27% vurderer, at det i nogen grad har haft indflydelse, jf. Figur 6.11.

Figur 6.11 I hvor høj grad har ELFORSKs eksterne formidling af projektets resultater efter din vurdering haft en positiv indflydelse på interessen for projektresultaterne?



Note: Baseret på 161 projektlederes og -deltageres svar (afsluttede projekter)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Dette støttes op af flere af case-projekterne, eksempelvis:

- › "ELFORSKs brochure over projektets resultater ligger på vores hjemmeside, og er oversat til engelsk, så vi kan udlevere den på messer som naturlig del af vores øvrige salgsmaterialer. Det, at vi modtog ELFORSK-prisen, har givet os masser af opmærksomhed, og det indgår som integreret del af vores kommunikation og markedsføring." (EL2 – Elbesparende kuglelejer, projektdeltager Bøje Schaumann Kjær, CeramicSpeed).
- › "Sekretariatet støttede godt op om formidlingen af projektets resultater. Fx var sekretariatet gode til at få Advansor til at udtale sig om projektet i mediernes og med præsentationer. Det var vigtigt, at det var Advansor, der udtalte sig, da teknologien var i fokus. Det kan ellers være svært at sikre tid i en travl hverdag. ELFORSK var med til at fortælle historien og sikre at projektet blev kendt" (EL3 – Højeffektive højtemperatur varmepumper til industriel køling, projektdeltager Hanne Kronborg, Cronborg).
- › "ELFORSK er gode til formidling. Især deltagelse i Energiens Topmøde var god. Her er der generelt mulighed for at udstille projekter og skabe nye kontakter" (EL6 – Værktøjer til fremme af LED, projektansvarlig Jesper Wolff, DTU Fotonik).
- › "Sekretariatet var engageret og ELFORSK bidrog med deres egen formidling, som skabte god opmærksomhed om projektet" (EL7 – Digitalt værktøj til arkitektarbejder, tidligere projektansvarlig Vibeke Grube Larsen, vglCPH).

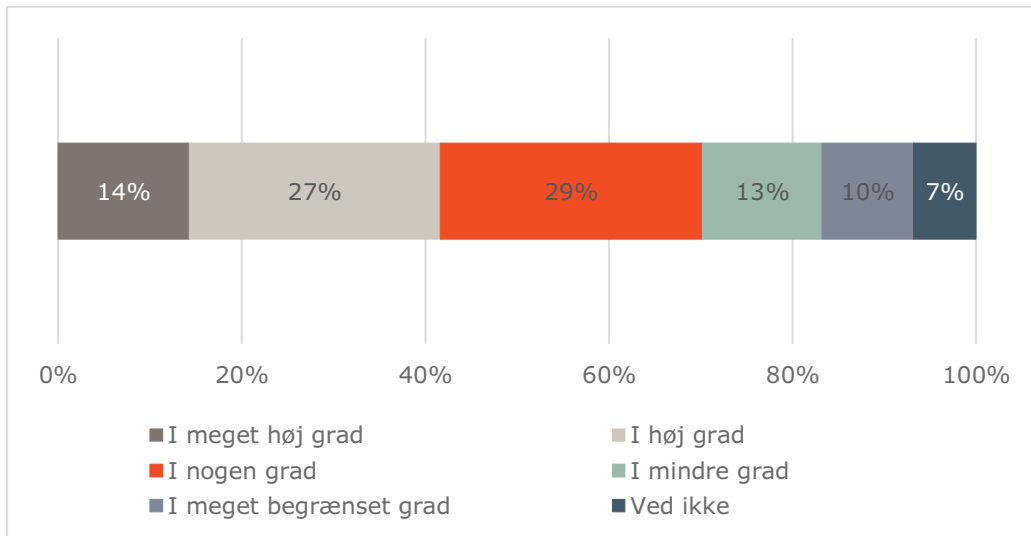
Nytten af ELFORSKs kommunikation varierer naturligvis afhængigt af det enkelte projekt og projektejernes behov:

"Både pjecer og netværkstilbud fra ELFORSK er nyttige og et godt tilbud [...] det er [dog] ikke relevant for mig personligt at netværke med alle, der arbejder med energi i Danmark, og omkring 95% af pjecerne er ikke fagligt relevante for mig og mit forskningsfelt" (EL1 – Varmepumper og ændrede komforttemperaturer, projektansvarlig Kirsten Gram-Hansen, SBi).

### 6.3.5 Samarbejde med sekretariatet

41% af projektlederne og –deltagerne i projekterne vurderer, at samarbejdet og dialogen med ELFORSK i løbet af projektperioden i høj eller meget høj grad har haft positiv indflydelse på deres udbytte af projektet, jf. Figur 6.12.

Figur 6.12 I hvor høj grad har samarbejdet og dialogen med ELFORSK i løbet af projektforløbet haft indflydelse på jeres udbytte af projektet?



Note: Baseret på 161 projektlederes og -deltageres svar (afsluttede projekter)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Den generelt positive vurdering er tydelig i case-projekterne, hvor samtlige interviewede projektledere udtaler sig positivt om samarbejdet med sekretariatet. Bl.a. fremhæves sekretariatets engagement og evne til herigennem at skabe engagement blandt deltagerne, ligesom sekretariatet opleves som en aktiv sparringspartner både i ansøgningsprocessen og undervejs i projektperioden:

- › "Sekretariatet er åbent, hjælpsomt og konstruktivt i sin tilgang til projekterne, og formalia er rimelige. Der signaleres et tydeligt fokus på idéerne og på at nå anvendelige resultater. Det er vigtigt, at ikke alle projekter `skæres over samme læst`" (EL3 – Højeffektive højtemperatur varmepumper til industriel køling, projektansvarlig Torben Hansen, Advansor).
- › "Der har været et rigtig godt og gavnligt samarbejde med ELFORSK, som har involveret sig i projektet. På den måde har programsekretariatet skabt engagement blandt deltagere. Desuden har sekretariatet haft forståelse for de nødvendige ændringer i projektet undervejs. ELFORSK yder en forholdsvis lille finansiering, men på den anden side bidrager sekretariatet aktivt ved involvering i projekter og hjælper processen frem. Dette engagement bidrager også til videnoverførsel fra energibranchen og fra andre projekter" (EL4 – Termoaktive konstruktioner, projektleder Reto Hummels-høj, COWI).
- › "ELFORSK var engageret og deltog i nogle af projektmøderne. Det er især gavnligt, at programsekretariatet deltager på de første par møder" (EL5 – 2G værktøj til systemoptimering, projektansvarlig Sandie B. Nielsen, Teknologisk Institut).
- › "Projektteamet anvendte sekretariatet som sparringspartner, og havde stor glæde af at tale med sekretariatet. Sekretariatet bidrog med gode værktøjer til projektledelse, som var en stor hjælp.



*Desuden var ELFORSK lydhøre og forstående over for ændringer i projektet... Generelt er indtrykket, at sekretariatet er fleksibelt over for ændringer, hvis der foreligger gode grunde og argumenter" (EL6 – Værktøjer til fremme af LED, projektansvarlig Jesper Wolff, DTU Fotonik).*

- › *"Sekretariatet har været utroligt tålmodige og har troet på os og har været fleksible. Der er ikke mange donorer, der er så open-minded og fagligt stærke. Sekretariatet stiller meget simple og præcise spørgsmål, der formår at samle op på de diskurser, der pludseligt opstår i arbejdsprocessen. Det er jo udviklingens natur, at man ikke bare kan gå fra A til B." (EL7 – Digitalt værktøj til arkitektarbejder, projektdeltager Signe Kongebro, Henning Larsen Architects).*

ELFORSK-sekretariatet agerer gerne som facilitator for projektpartnerskaber og det værdsættes:

- › *"ELFORSK har i et tidligere projekt sat en person fra LokalEnergi og mig sammen, og deraf udsprang samarbejdet om projektet. SEAS NVE blev føjet til teamet for at sikre en større geografisk spredning end blot LokalEnergi's område og en partner med teknisk ekspertise inden for varmepumpeteknologi (Preben Munter). Det var ELFORSK, der foreslog SEAS NVE som en mulighed" (EL1 – Varmepumper og ændrede komforttemperaturer, projektansvarlig Kirsten Gram-Hanssen, SBI).*
- › *"Det gode for os er, at man kan komme ind som helt grøn. ELFORSK var med til at pege på en erfarende projektleder til at udarbejde ansøgning og drive projektet. Den tætte sparring og ELFORSKs forståelse af os har haft positiv værdi" (EL2 – Elbesparende kuglelejer, projektdeltager Bøje Schaumann Kjær, CeramicSpeed).*

Et case-projekt påpeger, at det dog er vigtigt, at projekterne selv tager ejerskab for "sammensatte" teams:

- › *"Sekretariatet bør være forsigtig med at bede om, at projektansøgere slår deres projekter sammen. Det kan gøre det endelige team for stort og projektet kan tage en retning (en ELFORSK konstruktion), som ikke alle i de oprindelige ansøgning kan engagere sig i. Det kan være svært for ansøgere at indse det eller modsætte sig det. Det er projektejerne, der skal stå inde for projektet" (EL1 – Varmepumper og ændrede komforttemperaturer, projektansvarlig Kirsten Gram-Hanssen, SBI).*

Respondenternes skriftlige kommentarer til spørgsmålet giver et billede af to punkter i dialogen og samarbejdet med sekretariatet, der er vigtige, og måske kan forbedres fremadrettet:

- › **ELFORSKs deltagelse i projektmøder.** At sekretariatet deltager i projektmøder medvirker ifølge respondenterne positivt til sekretariatets forståelse for projektet, samtidig med at den korte afstand mellem projekt og sagsbehandler mindsker projektholdets følelse af at blive kontrolleret i negativ forstand.
- › **Kommunikation med projektdeltagere.** Flere projektdeltagere, der svarer at samarbejdet med ELFORSK-sekretariatet kun i meget begrænset grad har haft indflydelse på deres udbytte, kommenterer, at de har følt sig hægtet af kommunikationen mellem sekretariatet og projektet, fordi de har oplevet, at der alene har været dialog med projektlederen. Og de mener, at det ville have været vigtigt for udbyttet af projektet, at sekretariatet havde inddraget alle projektpartnere i denne dialog.

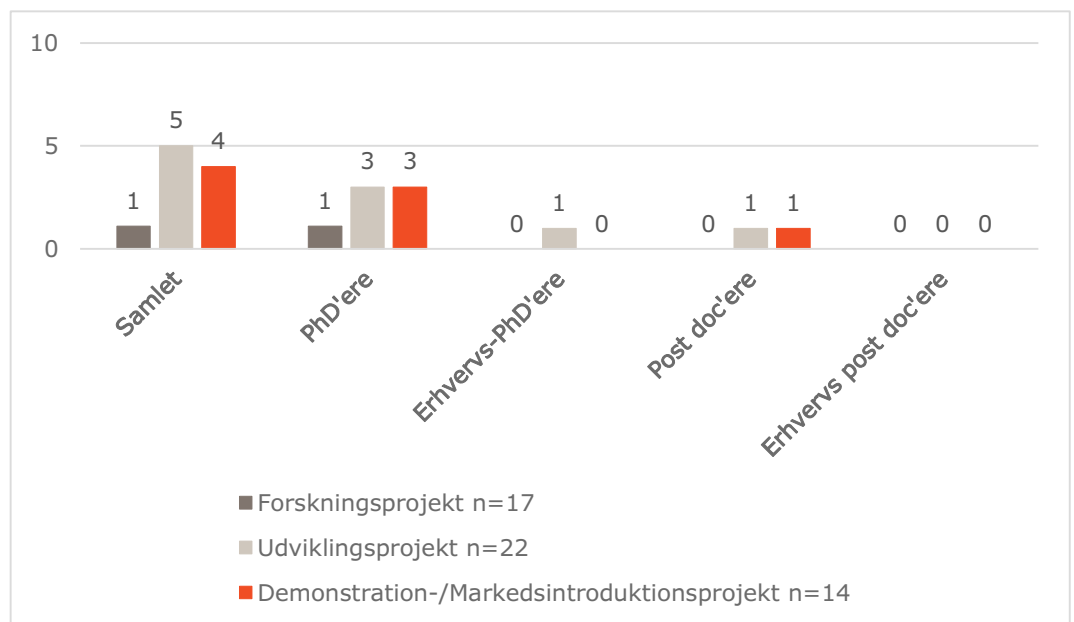
### 6.3.6 Resultater relateret til forskning

På den mellemlange bane afhænger dansk konkurrenceevne inden for energiområdet af, at dansk offentlig finansieret forskning og udvikling understøtter de private virksomheders behov. Tilstedeværelsen af stærke danske forskningsmiljøer inden for alle energiteknologiske områder er således afgørende for, at danske virksomheder kan skabe udvikling, omsætning og eksport. Som et led i evalueringen har evaluatoren derfor undersøgt ELFORSK-projekternes formidlingsaktiviteter.

#### Forskerstillinger

Projekterne har resulteret i etableringen af 10 forskerstillinger i de 53 projekter, som har deltaget i undersøgelsen, jf. Figur 6.13.

Figur 6.13 *Hvor mange forskerstillinger blev/bliver i alt etableret i direkte forbindelse med projektet, både i din egen virksomhed/institutioner og hos de øvrige projektdeltagere? (Antal stillinger)*



Note: Baseret på 53 projektlederens svar (afsluttede og igangværende projekter)

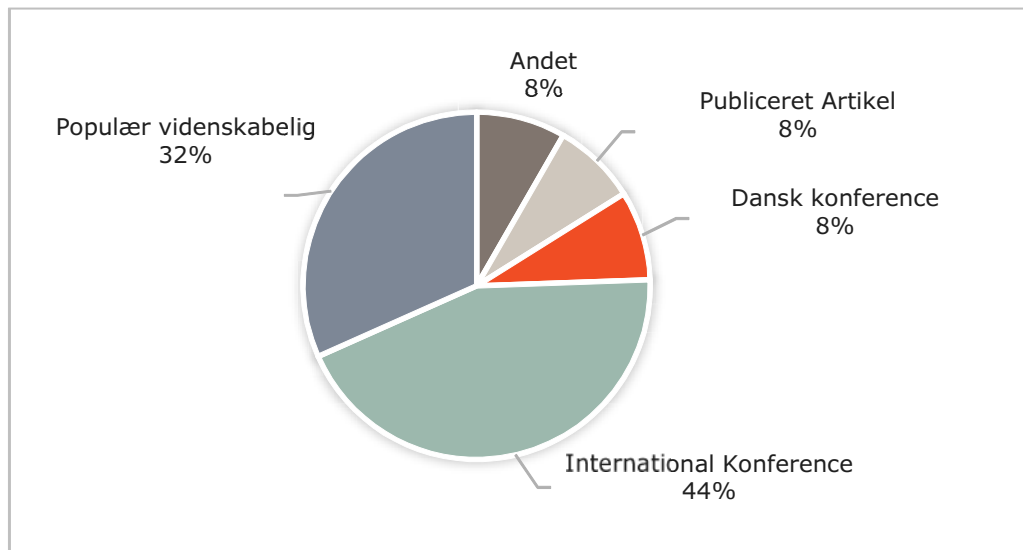
Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

I alt er der i projektperioden skabt 406 stillinger (forskerstillinger og andre typer jobs) i de virksomheder, forskningsinstitutioner og universiteter, som har deltaget i igangværende og afsluttede projekter. Disse stillinger er afhængige af projektstøtten, og betragtes derfor i evalueringen som midlertidige.

#### Publikationer

De afsluttede projekter fra perioden 2009-2013 har udgivet minimum 180 publikationer. Figur 6.14 viser fordelingen af publikationer på hhv. artikler (publiceret internationalt), internationale konference bidrag, danske konference bidrag, populær videnskabelige bidrag og andet (foredrag, artikler i fagblade, medieindslag, hjemmesider og lignende).

Figur 6.14 Formidlingsaktiviteter fordelt på publikationstype for ELFORSK



Note: Antal observationer 180

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Langt de fleste publikationer er enten populær videnskabelige (32%) eller bidrag til internationale konferencer (44%). Dette er med til at understrege den internationale dimension og fokuset på formidling i ELFORSK-programmet.<sup>65</sup> ELFORSK-materialer udgives kun på dansk. Engelsksproget formidling initieres af projekt-ejerne selv. Og flere oplever, at der er stor interesse for de danske resultater:

- > *[Projektet kan sige at have bidraget til] "eksport af dansk viden ved præsentation af værktøjet i udlandet, oversættelse af værktøjet til engelsk og de mange 'downloads' af værktøjet. Internationaliseringen af værktøjet foregår udelukkende via 4E EMSA projektet: <http://motorsystems.org>. Oprindeligt havde vi ikke regnet med så stor international interesse, som der har været... I forbindelse med udvikling og international formidling af værktøjet har Teknologisk institut fået kontakt til mange internationale aktører og præsenteret værktøjet i Brasilien, USA, Kina m.m. Desuden er Teknologisk Institut via værktøjet kommet med i internationale projekter. Alt sammen er med til at promovere danske viden og F&U" (EL5 – 2G værktøj til systemoptimering, projektansvarlig Sandie B. Nielsen, Teknologisk Institut).*

## 6.4 Effekter

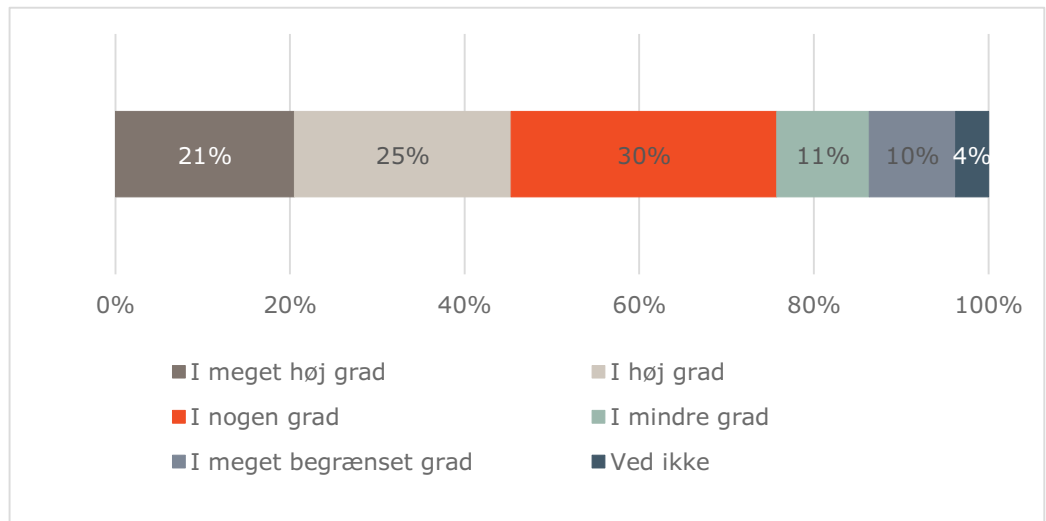
I afsnittene nedenfor præsenterer vi evalueringens data og analyser i relation til effektmålsætningerne, dvs. omsætning, eksport, beskæftigelse samt grøn omstilling.

### 6.4.1 Vækst: Omsætning, beskæftigelse og eksport

Knap halvdelen af projektlederne/deltagerne vurderer, at deres projekt i høj eller meget høj grad har bidraget til at understøtte danske erhvervspotentialer på det energiteknologiske område (46%) (se Figur 6.15).

<sup>65</sup> ELFORSK-projekterne producerer få forskningsoutput i form af peer-reviewed artikler, hvilket er i tråd med programmets fokus. Der er udgivet 14 peer reviewed artikler, som hovedsageligt DTU og AAU har stået for. 14 artikler er for lille et datagrundlag ift. at opgøre gennemslagskraften.

Figur 6.15 I hvor høj grad vurderer du, at dit projekt har bidraget til at understøtte danske erhvervspotentialer på det energiteknologiske område til gavn for vækst og beskæftigelse?



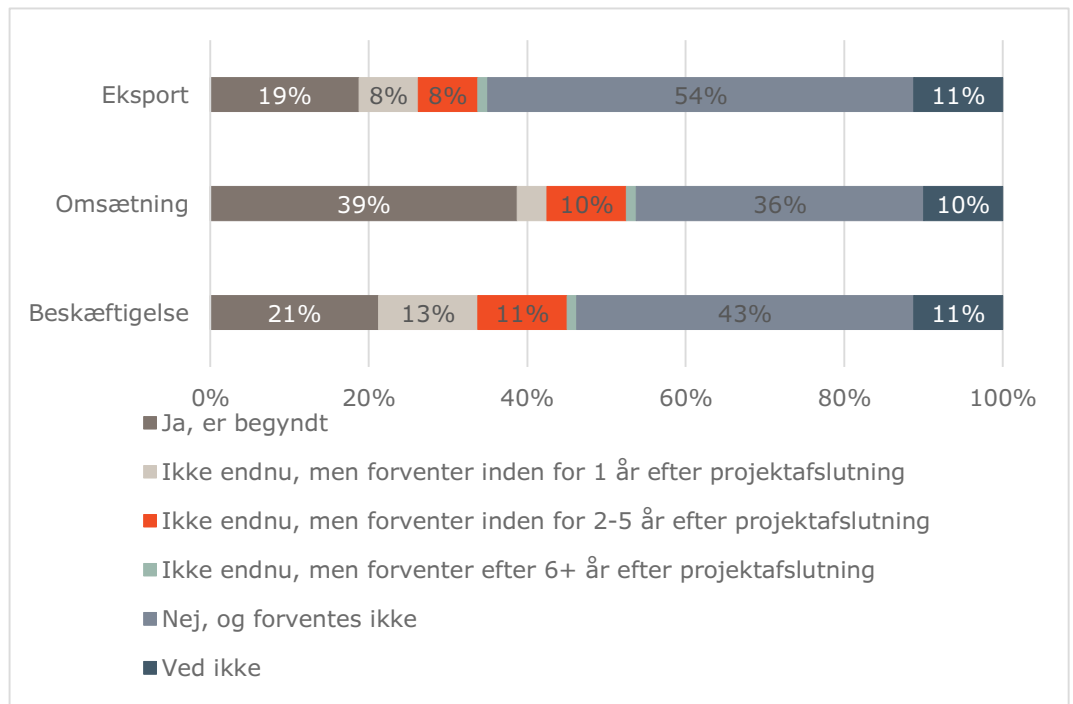
Note: Baseret på 161 projektlederes og -deltageres svar (afsluttede projekter)

Kilde: COW/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

## Omsætning

I Figur 6.16 præsenteres virksomhedernes vurdering af effekten af projektdeltagelsen på henholdsvis beskæftigelse, omsætning og eksport.

Figur 6.16 Gevinst for virksomhederne i projekterne – realiseret og forventet



Note: Baseret på 80 virksomhedsdeltageres svar (afsluttede projekter)

Kilde: COW/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

I 39% af tilfældene vurderer virksomhederne, at deltagelsen allerede har fået positive omsætningskonsekvenser. En omsætningsfremgang, der også kan spores i både en beskæftigelseseffekt og en eksporteffekt – omend ikke i samme omfang.

Desuden fremgår det af figuren, at en del af effekterne ikke er realiserede, eksempelvis forventer nogle af de virksomheder, der allerede har opnået en omsætningsstigning, at de i fremtiden også vil kunne ansætte nye eller fastholde eksisterende medarbejdere som følge af projektdeltagelsen. De fleste endnu ikke realiserede effekter forventes at blive en realitet senest 5 år efter projektets afslutning.

#### Timing af omsætningsstigning

I Tabel 6.3 nedenfor ses, hvordan usikkerheden om endnu ikke realiserede effekter stiger med tidspunktet for, hvornår de første resultater viser sig. Jo senere de første resultater viser sig, jo længere tid forventer virksomhederne også, at det vil tage før produktet/processen/ydelsen er veletableret på markedet, og herved skaber en mere fast omsætningsstigning. 55% af virksomhedsdeltagerne har opnået eller forventer at opnå effekt i form af øget omsætning indenfor 1 år efter projektets afslutning. Virksomhederne forventer gennemsnitligt, at der går yderligere 1,9 år fra de første effekter viser sig – og til den fulde effekt slår igennem. For 43% af virksomhedsdeltagerne viser de første effekter sig tidligst efter 2-5 år. Fra det tidspunkt går der yderligere gennemsnitligt 2,8 år før de fulde effekter viser sig. Og for 2% forventes de første effekter at vise sig 6 år eller senere efter projektafslutningen, hvorefter der gennemsnitligt går yderligere 6 år før de fulde effekter viser sig.

*Tabel 6.3 Hvornår ift. de første resultater har vist sig forventer du, at produktet/processen/ydelsen vil være veletableret på markedet?*

De første effekter forventes at vise sig...	Gennemsnitligt tidsspænd fra de første effekter har vist sig til projektets output er veletableret på markedet	Andel virksomheder
Senest 1 år efter projektafslutning	1,9 år	55%
2-5 år efter projektafslutning	2,8 år	43%
6 år efter projektafslutning eller senere	6,0 år	2%

*Note: Baseret på 44 virksomhedsdeltageres svar (afsluttede projekter).*

*Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015*

Det er en styrke for ELFORSK-programmet mhp. at skabe vækst-, beskæftigelse og iværksætter, at en relativt stor andel af virksomhedsdeltagerne forventer en kort modningstid, dvs. at tidsspændet indtil et produkt, en proces eller en ydelse forventes at blive veletableret på markedet, i mange tilfælde er relativt kort.

#### Beskæftigelse

I Tabel 6.4 præsenteres projektdeltageres samlede vurdering af projektdeltagelsens effekt til dato.

Tabel 6.4 Afsluttede projekter: Realiseret samlet effekt siden projektafslutningen og som følge af projektdeltagelsen (opgjort på evalueringstidspunktet)

	Total for alle virksomheder i afsluttede projekter	Antal virksomheder
Ekstra omsætning siden projektafslutning	76.425.000 kr.	31
Ekstra eksport siden projektafslutning	41.835.00 kr.	15
Beskæftigelse siden projektafslutning (nyansættelser og fastholdelser)	112 medarbejdere	17

Note: Baseret på 31 virksomhedsdeltageres svar (afsluttede projekter).

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

I alt har de virksomheder, som har besvaret spørgeskemaet, realiseret en ekstra omsætning på 76,4 mio. kr.<sup>66</sup> Heraf udgør eksporten 41,8 mio. kr., mens nyansættelser og fastholdelser som et resultat af ekstraomsætningen udgør 112 stillinger<sup>67</sup>.

Vi har desuden spurgt virksomhedsdeltagerne til eventuelle fremtidige forventninger til effektskabelse. De virksomhedsdeltagere, der *forventer* en fremtidig stigning i omsætningen, forventer gennemsnitligt 6,6 mio. kr. i øget årlig omsætning, 3,7 mio. kr. i øget årlig eksport og ansættelse/fastholdelse af 4,3 medarbejdere<sup>68</sup>.

Virksomhedsdeltagernes forventning skal naturligvis tages med forbehold. Dels kan det være vanskeligt at adskille effekten af det konkrete projekt med eventuelle yderligere udviklingstiltag. Dels kan eksempelvis tilegnet viden, som indgår i virksomhedens samlede pulje af viden og erfaring, godt have en positiv effekt på de ydelser, virksomheden udbyder, men være svær at isolere, hvis det ikke sælges som en selvstændig ydelse. Herudover vil en lang række eksterne faktorer, eksempelvis udviklingen i konkurrenceforhold, efterspørgsel osv. på det pågældende marked, påvirke om og i hvilket omfang, den forventede effekt vil indtræffe. Komplexiteten illustreres bl.a. i nedenstående udsagn:

- › "TABS blev meget populært i nybyggeri lige efter projektets afslutning [...] I dag bygges der mindre nyt og derfor er efterspørgslen også faldet. In-situ støbte løsninger er dog også blevet mere udbredt og kan stadig udnytte de system- og energimæssige fordele, som projektet har afdækket" (EL4 – Termoaktive konstruktioner, projektdeltager Finn Passov, Spæncom).

## 6.4.2 Grøn omstilling

Primært bidrag til energisystemet

I Figur 6.17 viser vi, hvordan projekterne fordeler sig på forskellige fokusområder. 61% af projekterne fokuserer på effektivisering af slutanvendelsen af energi, mens

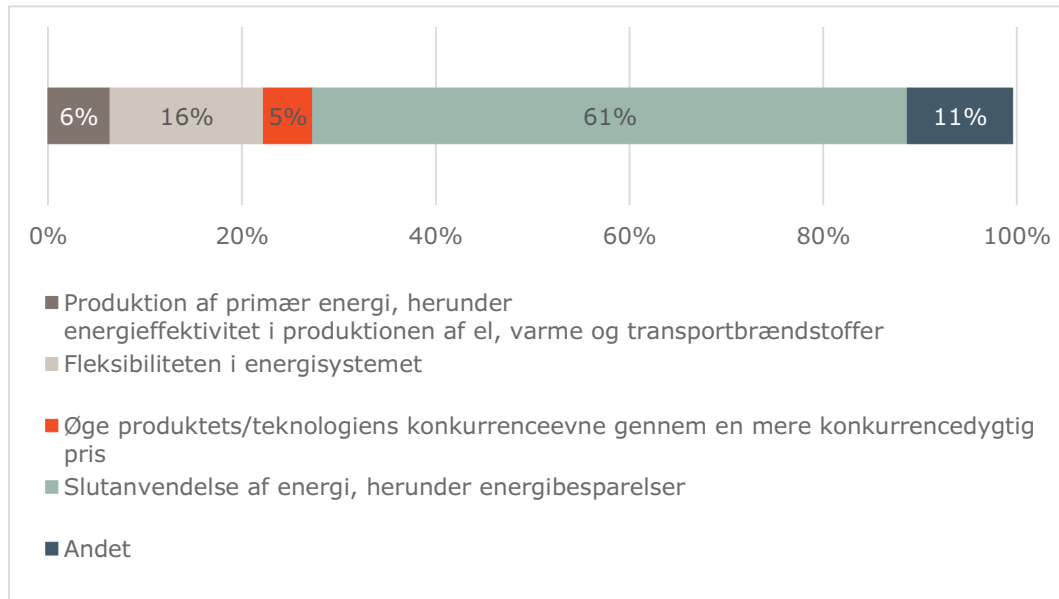
<sup>66</sup> De 31 virksomheder repræsenterer 23 forskellige projekter, som tilsammen har modtaget et tilskud på 23,1 mio. kr.

<sup>67</sup> Casene indeholder i denne forbindelse eksempler på, hvorledes projekterne understøtter iværksætteri (f.eks. FO1 og FO2).

<sup>68</sup> Virksomhedsdeltagernes forventning til omsætning varierer meget og falder i spændet 0,1-50 mio. kr. i yderligere omsætning, mens ansættelser og fastholdelser varierer mellem 0 og 35 medarbejdere. Der kan i spørgeskemasvarene ikke påvises statistisk sammenhæng mellem størrelsen af projektets tilskud og virksomhedsdeltagernes forventninger til den fremtidige vækst.

16% fokuserer på at forbedre fleksibiliteten i energisystemet. Dette er helt i tråd med ELFORSK-programmets erklærede fokus på at "bidrage til udviklingen af energieffektive teknologier, metoder og virkemidler, der nedbringer eller flytter energiforbruget".

Figur 6.17 Hvilken del af energisystemet har projektet primært haft som mål at udvikle?



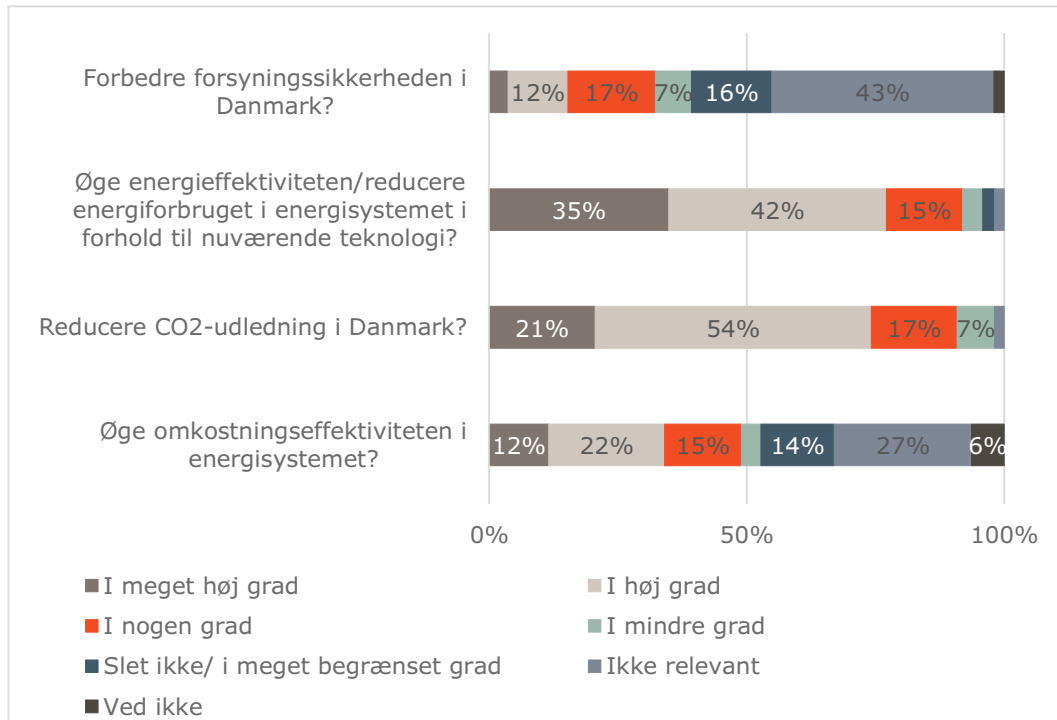
Note: Baseret på 53 projektlederes svar (afsluttede og igangværende projekter)

Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Dette fokus afspejles også i fordelingen af besvarelserne vist i Figur 6.18. Det fremgår, at projekterne især bidrager til øget energieffektivitet og dermed CO<sub>2</sub>-reduktion i meget høj eller høj grad, mens projekterne i lidt mindre udstrækning bidrager til forbedret forsyningssikkerhed og øget omkostningseffektivitet.

Figur 6.18 I hvor høj grad vil projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret - efter din vurdering kunne bidrage til at...



Note: Baseret på 53 projektlederes svar (afsluttede og igangværende projekter)

Svarene er vægtet ift. støttens størrelse (jf. afsnit 3.3.2)

Kilde: COW/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Når man yderligere beder projektledere og –deltagere uddybe, hvori deres bidrag til den grønne omstilling består, svarer 79% at det produkt/ydelse/proces, man arbejder med, vil føre til mere effektiv forbrug af energi i slutanvendelsen, 39% at det vil føre til mere effektiv produktion af primær energi og 26% at det vil føre til en reduktion af omkostninger<sup>69</sup>.

Case materialet viser f.eks. nedenstående konkrete eksempel på grønne omstillingseffekter:

- Projektet var en fuldskala demonstration af anvendelse af termoaktive elementer til køling af bygninger. Ressourceeffekten består af, at elforbruget til køling kan reduceres med ca. 10 gange (fra fx 17 kWh/m<sup>2</sup> til 1,5 kWh/m<sup>2</sup>). Denne besparelse skal ses i forhold til, at der i det seneste år er blevet bygget ca. 2,8 mio. m<sup>2</sup> ekstra kontor- og institutionsbyggeri og set over perioden 1990-2005 en gennemsnitlig udbygning på 1,4 mio. m<sup>2</sup> om året (Danmarks Statistik). Antages det, at TABS benyttes i halvdelen af det nye kontorbyggeri (2005 tal), vil det give en årlig besparelse i elforbrug blot til køling på 23 mio. kWh, eller 760.000 tons CO<sup>2</sup> pr. år akkumuleret efter 10 år. Det bidrager således til den energipolitiske målsætning om at reducere energiforbrug til køling. Samtidig kan lavtemperaturvarmekilder (f.eks. overskudsvarme fra serverrum, proceskøl, jordvarme, solvarme, fjernvarme retur osv.) udnyttes til opvarmning, hvilket bidrager til integration af overskudsvarme og vedvarende energikilder i energisystemet samt understøtter bedre udnyttelse af fjernvarme. Desuden tillader termoaktive elementer fleksibelt forbrug el, idet energien kan lagres i en periode og på

<sup>69</sup> Svar fra 17 projekter. Hvert projekt kan påvirke flere aspekter, hvorfor andelen ikke summer til 100%



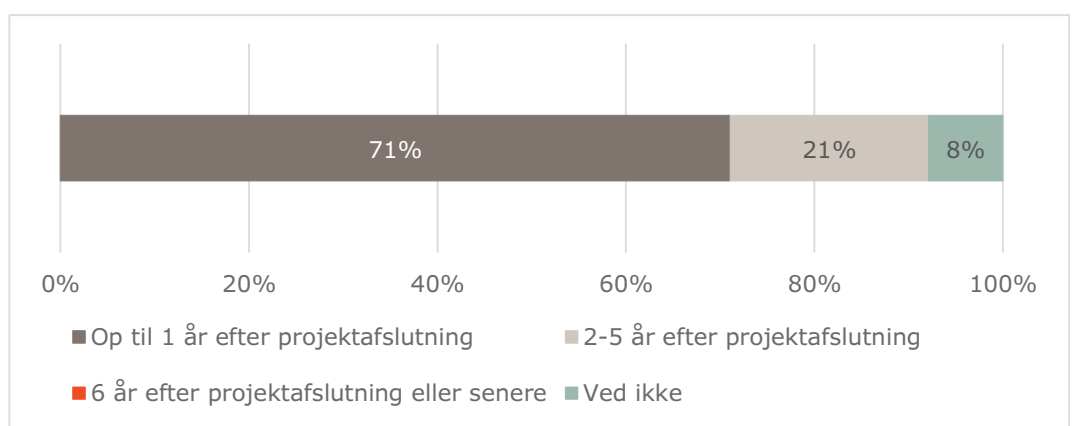
den måde tilpasse last og udjævne spidslast. Spidlasteffekten reduceres typisk med 30%. Anvendelsen af TABS i eksisterende bygninger vil kunne reducere energiforbruget yderligere. (EL4 – Termoaktive konstruktioner).

- > "Vi har siden projektets afslutning tredoblet vores omsætning og er gået fra 2 til nu 7 ansatte, og en del af denne vækst kan tilskrives projektet i og med at vi kan tilbyde at hjælpe vores kunder til større besparelser og lavere CO<sub>2</sub>-udslip" (EL3 – Højeffektive højtemperatur varmepumper til industriel køling, projektdeltager Hanne Kronborg).
- > Projektet vandt ELFORSK Prisen 2013 pga. de opsigtsvækkende resultater. Afhængigt af lejestørrelse kan der spares 50-70% energi ved at anvende CeramicSpeed hybridlejer i stedet for standardlejer. (EL2 - Elbesparende kuglelejer).
- > Projektets udvikling af software til visualisering af belysning har været det første og meget vigtige skridt mod udvikling af det virtuelle laboratorium i DOLL. Der er udviklet og specificeret krav til software, som efterfølgende er kommet i anvendelse i DOLL Virtual Lab til kommerciel anvendelse samt til forskningsaktiviteter i DTU-regi... Den udviklede software hjælper til at kvalitetssikre belysningsløsninger, at lyset bruges hensigtsmæssigt og at der ikke bruges lys der, hvor der er ikke behov for det... Som potentiale anslås det, at ved en overgang fra glødepærer og halogenlamper til LED-belysning vil danske virksomheder, private hjem og offentlige institutioner årligt kunne spare omkring 2 TWh svarende til mere end 2 mia. kr. (EL6 – Værktøjer til fremme af LED).

#### Tidspunkt for energimæssig effekt

I Figur 6.19 viser vi – for de afsluttede projekter, hvor energimæssige effekter (dvs. forbedret energieffektivitet, reduceret CO<sub>2</sub>-udledning, forsyningssikkerhed og/eller omkostningseffektivitet) allerede er realiseret – hvornår i forhold til projektafslutningen effekterne begyndte at vise sig. 71% svarer, at der gik op til et år efter projektafslutningen, og 21% svarer, at der gik 2-5 år.

Figur 6.19 Hvornår ift. projektafslutningen begyndte projektet at resultere i energimæssige effekter (energieffektivitet, reduceret CO<sub>2</sub>-udledning, forsyningssikkerhed og/eller omkostningseffektivitet) på markedet eller i daglig anvendelse?



Note: Baseret på 38 projektlederes og -deltageres svar (afsluttede projekter, der har arbejdet med en nyt/forbedret teknologi, proces eller ydelse)

Hver respondent kan have angivet flere svar, hvorfor andelen ikke summer til 100.

Kilde: COWI/EA Energianalyse/DAMVAD Analytics, 2015

Der er altså en vis modningstid af projekternes effekter, før de kan omsættes til grøn omstilling. De samlede effekter på grøn omstilling skal ses i forhold til den store gruppe af videnuviklingsprojekter, som ikke nødvendigvis giver effekter på

grøn omstilling på kort eller mellemlangt sigt. Dertil kommer en lang række projekter, som endnu ikke har resulteret i energimæssige effekter, selvom de er afsluttet. Men hvor der stadig er en forventning blandt projektdeltagerne til, at effekterne vil indfinde sig<sup>70</sup>.

Det er vanskeligt for eksperterne, der selv arbejder med projekterne at sætte konkrete tal på den grønne omstilling. Desuden kendes anvendelsen af de udviklede produkter/koncepter ikke altid, hvorfor omfanget af realiserede effekter er vanskeligt at konkretisere og forbliver estimerer:

- › *"En grundlæggende barriere for virksomheders anvendelse af de undersøgte løsninger skyldes bl.a. uklarhed omkring forholdene omkring afgiftsregler ved udnyttelse af overskudsvarme. Uanset dette forhold, så kan integration af køle- og varmefunktioner give både installationsmæssige besparelser og ikke mindst reducere energiforbruget. Det er vores skøn, at der er et uudnyttet potentiale i de danske virksomheder for udnyttelse af overskudsvarme på op mod 10% af erhvervslivets energiforbrug" (EL3 – Højeffektive højtemperatur varmepumper til industriel køling, citat fra projektets slutrapport).*
  
- › *"Værktøjet er gratis og alle kan bruge det. Værktøjet har [...] opnået international opmærksomhed via papers og workshops afholdt på bl.a. EEMODS elmotorkonferencer og har fået flere end 1.600 unikke downloads af den engelsksprogede version. Hvis især maskinleverandører bruger værktøjet i forbindelse med design og salg af nye motorsystemer, kan der typisk opnås elbesparelser på 3-4 %. [...] det vides ikke, hvor udbredt værktøjet faktisk er blandt forskellige virksomheder. Mens den potentielle effekt er stor, kendes den realiserede effekt derfor ikke med bestemthed" (EL5 – 2G værktøj til systemoptimering, projektansvarlig Sandie B. Nielsen, Teknologisk Institut).*

---

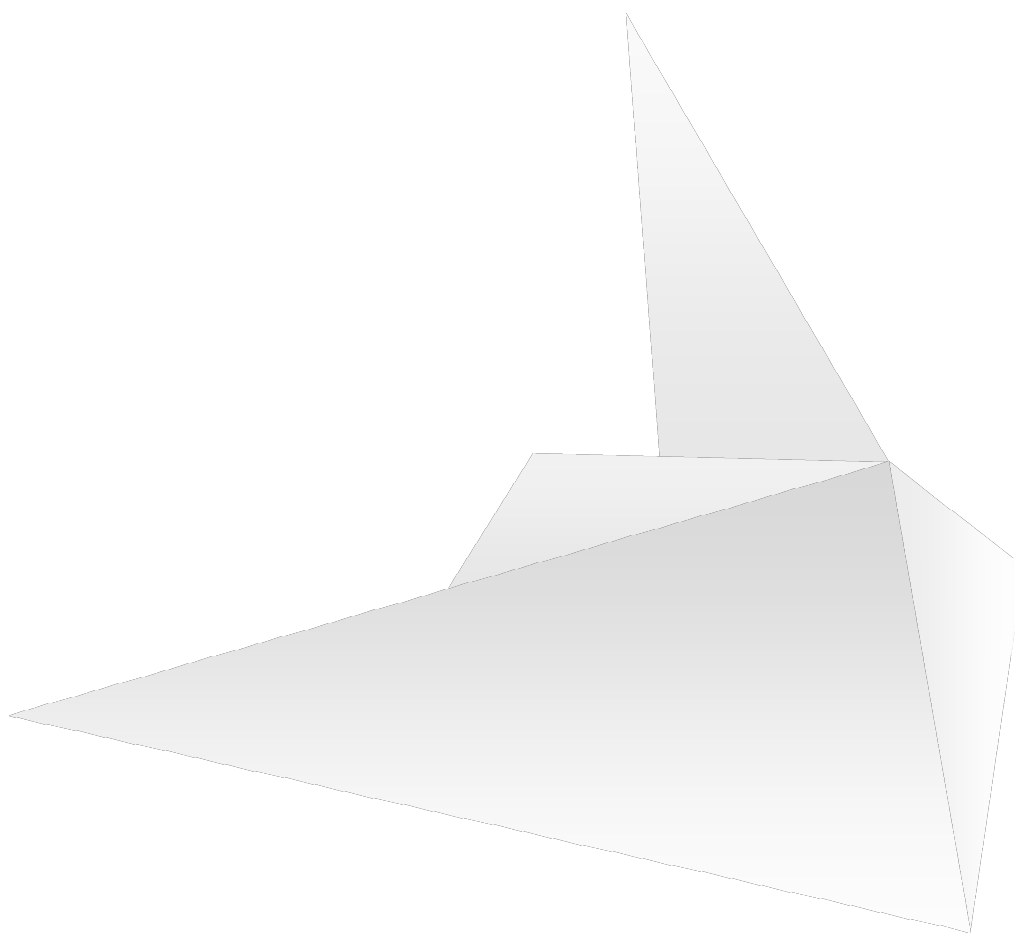
<sup>70</sup> Tallene fra spørgeskemaundersøgelsen viser, at 43% forventer, at energieffekterne først indfinder sig 2-5 år efter projektafslutning. 8% forventer, at det først vil ske efter 6 år eller mere.

## Bilag A Casestudier – EUDP

Evaluering af Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets forsknings- og udviklingsprogrammer for ny energiteknologi

# INDHOLD

<b>OVERBLIK .....</b>	<b>2</b>
<b>EU1 – 2G BIOETHANOLPRODUKTION .....</b>	<b>4</b>
<b>EU2 – GÆRSTAMMER .....</b>	<b>9</b>
<b>EU3 – SUNSTORE 3.....</b>	<b>13</b>
<b>EU4 – RESSOURCEBESPARENDE VENTILATIONSENHED .....</b>	<b>19</b>
<b>EU5 – TEST- OG GODKENDELSESCENTER .....</b>	<b>24</b>
<b>EU6 – HT VARMEPUMPER KAN BRUGE LT SPILDVARME.....</b>	<b>31</b>
<b>EU7 – AVANCEREDE HT-PEM BRÆNDELSCELLER .....</b>	<b>36</b>
<b>EU8 – PROFESSIONELLE KØLEMØBLER .....</b>	<b>43</b>
<b>EU9 – DRIVHUSET PRODUCERER SOLENERGI .....</b>	<b>49</b>
<b>EU10 – EKSPERIMENTAL VINGEFORSKNING .....</b>	<b>55</b>
<b>EU11 – SELVHEJSENDE KRAN TIL UDSKIFTNING AF GEAR.....</b>	<b>61</b>
<b>EU12 – HYDROFACTION .....</b>	<b>66</b>
<b>EU13 – HYPROVIDE.....</b>	<b>73</b>
<b>AFVISTE ANSØGNINGER .....</b>	<b>80</b>



## Overblik

I de følgende kapitler præsenteres 14 eksempler på ELFORSK-projekter og 2 afviste ansøgning, se tabel oversigt nedenfor. Beskrivelserne baserer sig på mundtlige og skriftlige udsagn (interview, ansøgninger, slutrapporter og forskelligt formidlingsmateriale) fra projektansvarlige og projektdeltagere. Casene giver konkrete illustrative eksempler på de umiddelbare projektresultater og de mere langsigtede effekter.

Der er gennemført interview med en repræsentant for den projektansvarlige organisation (det primære interview) samt en repræsentant for en af de øvrige projektdeltagere (sekundært. Interviewene er gennemført i perioden i maj-september 2015.

Eftersom de interviewede personer har en egeninteresse i at signalere, at økonomisk støtte har en merværdi, vil dette kunne farve udsagnene. Dette bias søges afhjulpet noget ved at holde interviewene fokuseret på et konkret projekt og faktiske forhold. Udsagnene er i øvrigt taget for pålydende, og der er ikke fra evalueringsteamets side foretaget en vurdering af udsagnenes rigtighed.

De forskellige kilder er angivet vha. følgende forkortelser:

- > AF – Afslutningsrapport/-skema
- > AN – Ansøgning
- > EF – Portalen [www.energiforskning.dk](http://www.energiforskning.dk)
- > SPSK – Spørgeskemabesvarelser

Tabel 1: Overblik over de udvalgte EUDP-cases.

Case nr.	Journal nr.	Projekttitel	Projektansvarlig	Bevil- lings- år	Energiom- råde	Antal partnere	Budget (mio. kr.)	Til- skuds- andel
EU1	63011-0013	Demonstration af 2G bioethanolpro- duktion	Inbicon A/S	2008	Bio og af- fald	1	256,14	21%
EU2 (tidl. EU-test 2)	63011-0011	Gærstammer til 2. generation bio- ethanol produktion	Terranol A/S	2008	Bio og af- fald	1	14,96	75%
EU3a	64009-0043	Demonstration af stort solvarmean- læg (Sunstore 3)	PlanEnergi	2009	Sol	5	86,67	14%
EU3b	64010-0447	Tillægsbevilling - Sæsonlager til stort solvarmeanlæg	PlanEnergi	2010	Sol	3	102,41	8%
EU4	64009-0243	Ressourcebesparende ventilationsen- hed	InVentilate ApS	2009	EE tekno- logi	2	2,5	54%
EU5	64009-0246	Test- og Godkendelsescenter for Brændselscelle- og Brintteknologier: Fase 1	DTU Energikon- vertering	2009	Brint og brændsels- celler	2	8,87	56%
EU6	64010-0026	Højtemperatur varmepumper kan bruge lavtemperatur spildvarme	Grontmij A/S	2010	EE tekno- logi	8	7,6	39%
EU7	64010-0106 (oprindeligt 64010-0033)	Kommercielt gennembrud af avance- rede HT-PEM brændselsceller	DTU Energi	2010	Brint og brændsels- celler	4	38,85	65%
EU8	64010-0412	Fremtidssikring af dansk produktion af professionelle kølemøbler	Teknologisk In- stitut	2010	EE tekno- logi	4	5,14	40%
EU9	64011-0001	Drivhuset producerer solenergi	A/S Knud Jep- sen	2011	Sol	2	8,8	50%
EU10	64011-0006	Eksperimental vingeforskning - Fase 2	DTU Vindenergi	2011	Vind	11	17,19	58%
EU11	64011-0019	Selvhejsende kran til udskiftning af gear i vindmøller	Liftra ApS	2011	Vind	1	7,93	45%
EU12	64012-0004	Fra lavværdige råvarer til syntetisk rå- olie (Hydrofaction)	Steeper Energy ApS	2012	Bio og af- fald	2	29,46	59%
EU13 (tidl. EU- test 1)	64011-0106	Brint optankning for biler (HyProvide)	H2 Logic A/S	2011	Brint og brændsels- celler	2	14,93	55%
EU14	64010-0480	Efficient incorporation of wind power in district heating systems	Teknologisk In- stitut	2010	Smart grid	-	-	-
EU15	64010-0079	DEAP as an Energy Harvesting Technol- ogy	Danfoss Polypo- wer A/S	2010	Bølge	-	-	-

## EU1 – 2G bioethanolproduktion

<b>Fuld titel</b>	Demonstration af 2G bioethanolproduktion – WP2: Konstruktion og opførelse af demonstrationsanlæg (63011-0013)		
<b>Bevillingsår</b>	2008	<b>Påbegyndt</b>	Start maj 2008
<b>Energiområde</b>	Bio og affald	<b>Projektstatus</b>	Afsluttet juni 2010
<b>Interview med</b>	Projektansvarlig: Inbicon A/S, repræsenteret v/ Niels Henriksen		
<b>Tidl. evaluering</b>	Oxford evaluering 2011, s. 49		



### Projektet kort

Formålet med projektet var at demonstrere Inbicons 2G<sup>1</sup> bioethanolteknologi baseret på halm som råvare. Projektet tog udgangspunkt i erfaringerne fra et pilotanlæg i Skærbæk. I forbindelse med opskalering fra 1.000 kg/time til 4.000 kg/time ændrer de forskellige delprocesser og deres samspil sig. Projektet havde derfor som mål at gennemføre produktionskørsler, hvor hele processen blev gennemført.

Anlægget skulle således demonstrere teknologien i drift under industrielle vilkår og indsamle driftserfaring til videreudvikling af teknologien. Opførelsen og driften af anlægget skulle samtidig eftervise energieffekterne ved integration med Asnæsværket i Kalundborg og raffinaderi, hvor biprodukterne af bioethanolproduktionen udnyttes optimalt.

Desuden var det ambitionen med demonstrationsanlægget, at det skal udgøre et knudepunkt for clusterdannelse inden for området bioraffinaderi.

### Resultater

Ved sin indvielse var anlægget det største anlæg i verden til fremstilling af 2G bioethanol baseret på halm (kilde: AF).

Der blev gennemført produktionskørsler for forskellige processer og hele den sammenkoblede proces, og der blev produceret 3,5 m<sup>3</sup> ethanol. Produktionen blev brugt til markedsføring af teknologien ved at sponsorere limousiner til COP15, drevet af ethanol – dog ikke ethanol fra selve demonstrationsanlægget.


Der er undervejs og efter projektet søgt om 9 patenter, hvoraf 5 er godkendt. Det patent, der blev godkendt i selve projektperioden, vedrørte ”Integrated contamination control”.

	Undervejs i projektet	Efter projektet
Ansøgte patenter	3	9
Godkendte patenter	1	5

Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

<sup>1</sup> 2G = 2. generation



I hvor høj grad vurderer du, at ...	Niels Henriksen
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Formidling

Resultaterne af projektet er blevet formidlet i forskningsverdenen, men også anvendt i markedsføringsmæssige sammenhæng. Dette inkluderer artikler og præsentationer af udviklingsresultaterne ved nationale og internationale møder og konferencer. Det har været lagt særlig vægt på at kommunikere til potentielle slutbrugere af demonstrationsteknologien.

Oplæg er bl.a. blevet givet ved følgende arrangementer:

- › *“Investor & Entrepreneur Lounge” på “Nordic Climate Solutions 2009” i Bella Center, Danmark*
- › *Stockholm Cleantech Venture Day, 29. september 2009, Sverige.*
- › *5th Danish Conference on Biotechnology and Molecular Biology: “Biofuels and Biorefineries”, 27-28 maj 2010, Vejle, Danmark.*
- › *“Biomass derived pentoses: From biotechnology to fine chemistry”, 14-16 november 2010, Reims, Frankrig.*
- › *“5th International Conference on Marine Bioprospecting, BIOPROSP”, 23-25 februar 2011, Tromsø, Norge.*
- › *“Advanced Biofuels in a Biorefinery Approach”, 28 februar – 1 marts 2012, København, Danmark.*

Desuden omtale ved bl.a. følgende arrangementer:

- › *“Industrial Systems Biology; Sustainable production of fuels and chemicals”, 18-20 august 2010, Chalmers, Göteborg, Sverige.*
- › *“1st International Conference on lignocellulosic ethanol”, 13-15 oktober 2010, København, Danmark.*
- › *“2nd International Conference on Lignocellulosic Ethanol”, 11-13 oktober 2011, Verona, Italien*
- › *“34th Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals”, 30 april 30 – 3 maj 2012, New Orleans, USA.*

Øvrige publikationer:

- › *Biotech Diagnostik, No 3, p 27, 2008.*
- › *Nyheshæftet “Dansk Energi”, No. 12, 17 oktober 17 2011.*

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Niels Henriksen: Hvis projektet kom så langt som til engineering og idriftsættelse, ville vi skulle bruge 1.000 ansatte i hele værdikæden. Dette er modelleret i ADAM.


Niels Henriksen: Finanskrisen har dog dæmpet investeringslysten og lige efter COP15 røg den grønne dagsorden. Vi havde på det tidspunkt et stort projekt i pipelinen i Japan. Vi arbejdede også på at rejse et pilot-anlæg i Malaysia til udnyttelse af Empty Production Bunches (EPB), som skulle være en kopi af anlægget i Skærbæk, men infrastrukturen voldte problemer (i form af transport af råvaren EPB til anlægget, og at plantagerne ikke er store

nok). Herudover havde vi aktiviteter i Brasilien, Kina og USA, og der er etableret strategiske samarbejdsaftaler i Kina (ikke offentliggjort) og Brasilien (Odebrecht), og endelig er der etableret salgskontor i Kina.

Niels Henriksen: Demonstrationsanlægget i Kalundborg har været et afgørende salgsværktøj og har i starten kørt kontinuert drift, dog senest i kampagnedrift med varighed af 4-6 uger per kampagne.

Niels Henriksen: Vi havde 100 ansatte i New Biosolutions (Inbicon og Renescience), da de var flest. Nu er de droppet ned til ca. 70, heraf er de 30-35 i Inbicon. Vi flytter ressourcerne fra det ene til det andet. Hardware leverandørerne er ikke længere med, da der mangler nye ordrer. Anlægget er "lagt på køl". Spin-off er REnescience og størstedelen af driftspersonalet er flyttet over til REnescience.

Projektets forretnings- og finansieringsplaner er således kun i nogen grad blevet realiseret, men potentialet eksisterer fortsat.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Niels Henriksen
... jeres <b>forretnings- og finansieringsplaner</b> har holdt stik efter projektets afslutning?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Adskillige kommercielle projekter såsom Måbjerg og Kina og Malaysia, USA og Brasilien med 2G engineering design er undervejs.

Et sideprodukt af projektet er lignin, som i princippet kan substituere kul på de centrale anlæg (og træpiller), dog giver de mere aske end træpiller. Andre lignin-anvendelser undersøges – og der er lavet et EU projekt vedrørende anvendelse af lignin i asfalt.

Niels Henriksen: Projektet har på nuværende tidspunkt genereret indtægter til vores virksomhed fra salg af konsulenttydelser og teknologilicens. Vi forventer først at opnå den fulde effekt om mere end 5 år. (Kilde: SPSK)



	I dag	Når veletableret ...	
		Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	100.000	200.000	1.000.000
... heraf eksport	60%	50%	95%
Jobs – Fastholdelser	0	0	0
Jobs – Nyansættelser	0	50	100

Kilde: Interview og COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

### Danmark og internationalt

1G anlæg kan udbygges med 2G teknologien. Anlæggets økonomi bliver også bedre med både 1G og 2G produktion, men det er politisk svært (debat om fødevarer versus brændsler). Før finanskrisen blev det vurderet, at potentialet frem til 2025 er 1.400 enheder og med en markedsandel på 30-60% vil det svare til en omsætning på 6,3-12,6 mia. EUR (kilde: Inbicon no. 15918 s.13, marts 2008). Potentialet eksisterer fortsat, men tidslinien er en forskudt mindst 10 år.

I tillæg til bioethanolproduktionen vil der blive produceret omkring 50.000 tons lignin per anlæg, som kan sælges videre. Olie-raffinaderier var oprindeligt mono-produktioner, men i dag er der mange olie-afledte produkter (add-on). Det samme vil formentlig også blive tilfældet for bioethanol. Fx hvis lignin kan anvendes til andre ting, så bliver det et high-value kemikalie og giver en bedre business case. Hvis der kun sker mono-produktion, så er udfaldet låst/lukket, og der er ingen mulighed for at upsize.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Niels Henriksen
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark?	
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?	Ikke relevant
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?	
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?	Ikke relevant

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Niels Henriksen: Projektet havde været for risikofyldt for os at gennemføre uden støtten. Energiindustrien er kendetegnet ved, at de kommercielle anlæg skal være velgennemprøvede, så man er sikker på, at de fungerer. Det er derfor svært for de grønne producenter at konkurrere med en moden og optimeret industri som olieindustrien.

Niels Henriksen: Kraftig opskalering af teknologi (og organisation) og at starte en kommerciel forretning op er en stor organisatorisk udfordring. Det er svært at transformere sig selv. Der er brug for advokater og professionelle folk. Hvis EUDP skulle yde faglig assistance, så kunne det være nyttigt med advokatbistand og faglig ekspertise inden for kommercialisering. Ekspertisen er tilgængelig i DONG, men mange mindre virksomheder må have et behov.

Projektets budget er vist nedenfor.

Kilde: EF	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
Inbicon A/S	Privat v.	20-49	PL	256.140	21%
<b>I alt</b>				<b>256.140</b>	<b>21%</b>

## Projektkæder

Der er projekter både før og efter.

Niels Henriksen: Projektet var et af de helt store demonstrationsprojekter i EUDP-regi. Projektet er støttet under EUDP's særlige pulje for 2G bioethanol på 200 mio. kr. og fra andre ordninger. Oprindeligt var det planlagt at søge funding i fire dele, kaldet WP1, WP2, WP3 og WP4, hos EUDP:

- › WP1 (2007) – Designudvikling af fuld proces og samspil af demonstrationsanlæg med en kapacitet på 4.000 kg biomasse/time, sammen med Københavns Universitet (Claus Felby) – EFP-støttet.

- › WP2 (maj 2008 – jun 2010) – Konstruktion af demonstrationsanlæg (det belyste projekt).
- › WP3 (aug 2009 – dec 2013) – Idriftsættelse med yderligere optimering – KALundborg CELLulosic Ethanol project (KACELLE). EUDP valgte at ikke støtte denne del, men det lykkedes at få EU FP7-støtte i projektet.
- › WP4 (2009 og 2011) – Optimering og videreudvikling af Inbicons proces til produktion af 2G bioethanol i projektet 'Forbedret 2G bioethanol teknologi til forberedelse af kommercialisering' (64009-0015). Resultaterne har dannet grundlag for ombygningen af Inbicons stor-skala demonstrationsanlæg i Kalundborg til den forbedrede version 2. Resultaterne indgår også i designet af det påtænkte første fuld-skala-anlæg i Maabjerg ved Holstebro. Forberedelsen af dette anlæg er støttet under EUDP-projektet 'Maabjerg Energy Concept' (64011-0368).

Forud for det belyste projekt havde der været flere andre projekter, heriblandt det EU FP5-støttede projekt 'Integrated Biomass Utilization System (IBUS)' (2002-2006), som var et pilotanlæg om centrale processer (I 2003 anlæg på 100 kg biomasse/time og i 2005 anlæg på 1.000 kg biomasse/time).

## Projektpartnerskabet

Niels Henriksen: I det konkrete projekt var der ingen projektpartnere. Dog var der et tæt samarbejde med DONG Energy Engineering som underleverandør i anlægsarbejdet. Hvor Inbicon selv står for upstream-processen fra snittet halm til start-gæret fermentering, så samarbejder Inbicon med bl.a. DONG Energy Engineering om down-stream processen fra slutfermentering til og med destillation.

Niels Henriksen: Vi etablerer gerne partnerskaber af strategisk værdi især omkring kerne-teknologi (intellectual property rights, politisk samarbejde, følges ad i R&D og udvidet kommercielt samarbejde). Når det handler om opgaver uden for kerneteknologien, så har vi gerne løsere samarbejder fx underleverandører. Leverandører opererer i fri konkurrence, men der findes også unikke leverandører, som er meget vigtige, og hvor det derfor kan have værdi for os at knytte disse tættere til vores virksomhed. I det konkrete projekt fungerer DONG Energy Engineering som en strategisk underleverandør.

DONG Energy er ejer af Inbicon.

## Samarbejde med programsekretariatet

Niels Henriksen: EUDPs styrke er fleksibiliteten og forståelsen af, hvor krævende det kan være at gå til kommerciel skala – "Jeg kan ikke se noget bedre". Vedholdenhed i støtten er godt (modsat sporadisk støtte).

Niels Henriksen: EUDP er en fleksibel ordning med god realistisk forståelse af projekternes vilkår. En pragmatisk indstilling og et lille bureaukrati (modsat EU bureaukratiet). Det er svært at se bare 4 år frem i tiden, og det skal der være forståelse for. Statiske projekter uden ændringer kunne måske nærmere tages som udtryk for et tegn på manglende udviklingsvillighed.

## EU2 – Gærstammer

Fuld titel	Gærstammer til 2. generation bioethanol produktion (63011-0011)		
Bevillingsår	2008	Påbegyndt	September 2009
Energiområde	Bio og affald	Projektstatus	Afsluttet februar 2013
Interview med	Projektansvarlig: Terranol A/S, repræsenteret v/Birgitte Rønnow		

### Projektet kort

En af de helt store barrierer for produktion af 2G bioethanol var, at der manglede en robust gærstamme, som kan omdanne kulhydraterne i lignocelluloseholdig biomasse (såsom halm) til bioethanol stabilt, hurtigt og effektivt. Formålet med projektet var at videreudvikle en udvalgt gærstamme tidligere påvist at fungere under industrielle betingelser, så den blev egnet til 2G bioethanolproduktion.

### Resultater

Det lykkedes at nå projektets mål med en mindre forlængelse af projektperioden.

Der blev udviklet en velegnet gærstamme, V1, ved brug af 'rational engineering' med henblik på effektiv xylose gæring, kombineret med 'evolutionær engineering'. Der er i V1-stammen indsat en effektiv xylose isomerase, derudover er en flaskehals blevet fjernet ved at aktivere en intracellulær enzymatisk epimerisering af  $\alpha$ - og  $\beta$ -former af D-xylose og sluttelig er pentosephosphat biosyntesevejen blevet opreguleret. (Kilde: AF)

V1-stammen er blevet testet på en lang række lignocelluloseholdige biomassetyper, såsom hvedehalm, sukkerrørbagasse, majsstængler og træflis, både internt og hos adskillige partnere. V1 kan karakteriseres ved en fuldstændig gæring af glukose og xylose indenfor kun 48 timer med ethanol på op til 7% (vægt/vægt) og et ethanoludbytte godt over 90% af det teoretiske maksimum. V1 er inhibitor tolerant i almindelighed og tåler høj ethanolkoncentration og eddikesyrekoncentration (over 7 g/l) og har en lav biproduktdannelse. (Kilde: AF)

I samarbejde Novozymes og DONG Energy Power blev opskaleringsprocessen, hvor der blev anvendt hydrolyseret hvedehalm i et 500 liter pilotskala forsøg med V1 demonstreret som værende problemfri (kilde: AF)

### Formidling

Oplæg er blevet givet ved følgende arrangementer:

- > "Investor & Entrepreneur Lounge" på "Nordic Climate Solutions 2009" i Bella Center, Danmark
- > Stockholm Cleantech Venture Day, 29. september 2009, Sverige.
- > 5th Danish Conference on Biotechnology and Molecular Biology: "Biofuels and Biorefineries", 27-28 maj 2010, Vejle, Danmark.
- > "Biomass derived pentoses: From biotechnology to fine chemistry", 14-16 november 2010, Reims, Frankrig.
- > "5th International Conference on Marine Bioprospecting, BIOPROSP", 23-25 februar 2011, Tromsø, Norge.
- > "Advanced Biofuels in a Biorefinery Approach", 28 februar – 1 marts 2012, København, Danmark.




Desuden omtale ved følgende arrangementer:

- › *“Industrial Systems Biology; Sustainable production of fuels and chemicals”, 18-20 august 2010, Chalmers, Göteborg, Sverige.*
- › *“1st International Conference on lignocellulosic ethanol”, 13-15 oktober 2010, København, Danmark.*
- › *“2nd International Conference on Lignocellulosic Ethanol”, 11-13 oktober 2011, Verona, Italien*
- › *“34th Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals”, 30 april 30 – 3 maj 2012, New Orleans, USA.*

Øvrige publikationer:

- › *Biotech Diagnostik, No 3, p 27, 2008.*
- › *Nyheshbrevet “Dansk Energi”, No. 12, 17 oktober 17 2011.*

I hvor høj grad vurderer du, at ...	BR
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?	


Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Birgitte Rønnow: Vi har været internationalt orienteret fra start. Gærstammen er blevet promoveret løbende igennem projektet via fokuseret markedsføring og kontakt til relevante markedsaktører (gær- og ethanolproducenter, teknologiudbydere). Vi solgte allerede i projektperioden licens til Abengoa Bioenergy. Terranol har indgået en tidsbegrænset samarbejdsaftale med Novozymes for at sikre den endelige optimering og markedsføring af gæren. Aftalen gav Novozymes rettigheder til globalt at registrere og markedsføre Terranol gærteknologien.

Birgitte Rønnow: Vores forretnings- og finansieringsplaner har i nogen grad holdt stik, da afsætningsmuligheder for gæren skal ses i sammenhæng med den træge udvikling i den globale bioethanolindustri.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	BR
... jeres <b>forretnings- og finansieringsplaner</b> har holdt stik efter projektets afslutning?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Birgitte Rønnow: Projektet har på nuværende tidspunkt resulteret i 4-5 arbejdspladser, som vi forventer at fastholde. Vi forventer, at det vil tage mere end 5 år efter projektafslutning, før produktet er veletableret på markedet, og at produktet vil føre til en betydelig meromsætning.

### Danmark og internationalt

Bioethanoludbyttet kan potentielt stige med 30-45 % ved brug af V1-gærstammen, hvilket vil have en meget positiv effekt på ethanolproduktionens økonomi.

Biobrændsler til køretøjer er ud over el det eneste alternativ til de fossile brændsler. Behovet for jord til biomasseproduktion er en udfordring for den grønne omstilling. En væsentligt bedre udnyttelse af biomassen vil derfor bidrage til, at omstillingen kan blive en realitet. Interessen for V1-gærstammen er derfor global.

Anvendelse af 2G bioethanol fremstillet af ikke-spiseligt landbrugsaffald kan reducere drivhusgasser med 70-80% i forhold til tilsvarende anvendelse af benzin. Således vil implementering af 15% iblanding af 2G bioethanol sikre, at den samlede 10% reduktion af fossile brændsler sammen med CO<sub>2</sub>-reduktions målet kan opnås. Dette ville også potentielt generere omkring 4.500 arbejdspladser, hovedsagelig i landdistrikterne.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	BR
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark?	
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?	
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?	
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Uden støtten ville projektet have taget længere tid at gennemføre og muligvis være gennemført i mindre skala (kilde: SPSK). Støtten muliggjorde at intensivere udviklingsarbejdet med henblik på at have en første version af gærstammen klar til demonstration i december 2009 i forbindelse med COP15.

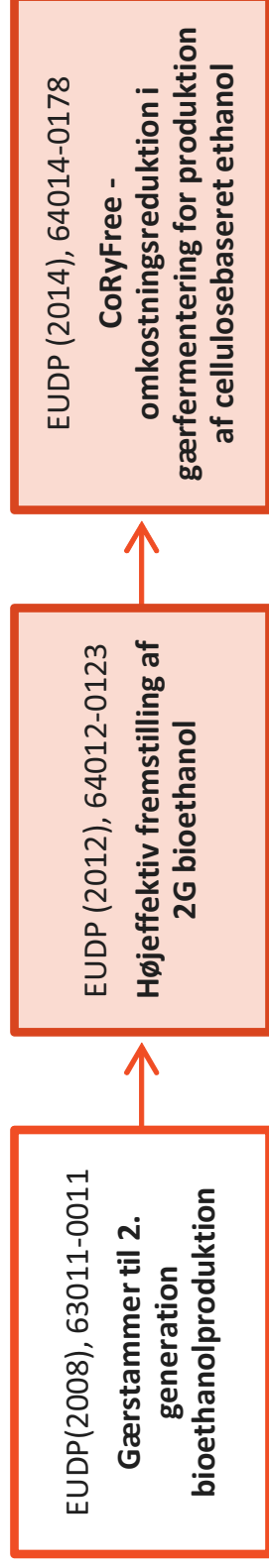
Investeringsmidler fra Syddansk Teknologisk Innovation – et af de fire godkendte innovationsmiljøer – gjorde det muligt at starte virksomheden. Det, sammen med den kendsgerning at virksomheden har modtaget støtte fra EUDP og har et godt forankret netværk, har fungeret som en slags blåstempling, der har gjort det muligt for Terranol at tiltrække endnu en investor.

Fra afslutningsskema	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
Terranol A/S	Privat v.	1-9	PL	14.960	75%
<b>I alt</b>				<b>14.960</b>	<b>75%</b>

\* = Beløb i parentes i tabellen er den faktiske finansiering, angivet i afslutningsskemaet.

## Projektkæder

Som opfølgning på projektet har Terranol og DONG Energy iværksat et nyt projekt med støtte fra EUDP (64012-0123), der skal udvikle og demonstrere en højeffektiv produktionsproces for 2G bioethanol i stor skala i Inbicons anlæg i Kalundborg. Ydermere, har Terranol i 2014 påbegyndt et EUDP-projekt (CoRyFee - Omkostningsreduktion i Gærfermentering for Kommerciel Produktion af Cellulosebaseret Ethanol (64014-0178)) i samarbejde med svenske partnere med det formål at reducere gæringsrelaterede produktionsomkostninger ved at forbedre udbytte, produktivitet, kapital- og driftsudgifter.



Teknologien, der blev arbejdet med i projektet, udvikles i øvrigt sideløbende med udviklingen af 2G ethanol produktionsanlæg (for mere information, se case 63011-0013).

## Projektpartnerskabet

Ikke relevant.

## Samarbejde med programsekretariatet

Samarbejdet med EUDP var smertefrit – de var forstående og ligetil i deres håndtering af vores ønske om en lille ændring i vores budget og en forlængelse af projektperioden.

Det er særlig vigtigt for en lille virksomhed som Terranol, at støttesystemet er administrativt smidigt.

Vi havde samme kontaktperson gennem hele forløbet, som kender vores historie og har en god indsigt i det område, vi arbejder med.



## EU3 – Sunstore 3

Fuld titel	Demonstration af stort solvarmeanlæg (Sunstore 3) (64009-0043) + Sæsonlager til stort solvarmeanlæg – tillægsbevilling (64010-0447)		
Bevillingsår	2009 + 2010	Påbegyndt	Juli 2009
Energiområde	Sol	Projektstatus	Afsluttet december 2014
Interview med	Projektansvarlig: PlanEnergi, repræsenteret v/ Per Alex Sørensen Projektdeltager: Dronninglund Fjernvarme v/ Carsten Møller Nielsen		

### Projektet kort

Projektet havde til formål at demonstrere et fuldskala damvarmelager (60.000 m<sup>3</sup>) kombineret med et stort markplaceret solvarmeanlæg (35.000 m<sup>2</sup>) og varmepumper (3 MW<sub>termisk</sub>), der kan dække 50% af varmebehovet (svarende til 20 GWh) i Dronninglund. Det resterende varmebehov vil primært blive produceret på et naturgasfyret kraftvarmeværk.



Ambitionen var at etablere et velfungerende fuldskala damvarmelager integreret i et totalt energikoncept, som kan repliceres i kombination med alle typer fjernvarmeanlæg, stabilisere varmepriserne og forøge mulighederne for regulering af vindmølleel.

### Resultater

Der blev bygget et stort solvarmeanlæg (har ikke fået tilskud), damvarmelager og en varmepumpe til at udnytte varmen fra lageret til fjernvarmeforsyningen. Da afgifterne på el-drevne varmepumper ikke blev reduceret tilstrækkeligt til, at en elvarmepumpe kunne blive rentabel, valgte Dronninglund Fjernvarme at anlægge en absorptionsvarmepumpe (varmedrevet) i stedet for. I den forbindelse er det blevet etableret en biooliekedel til produktion af drivvarme til varmepumpen. Elafgiften til varmepumper er siden blevet reduceret, men beslutningen om en absorptionsvarmepumpe kunne ikke ændres.

Resultatet er således et velfungerende fuldskala damvarmelager integreret i et totalt energikoncept, som kan repliceres i kombination med alle typer fjernvarmeanlæg og hjælpe til at stabilisere varmepriserne, men pga. absorptionspumpeløsningen ikke et anlæg, som kan anvendes til samspil med vindmølleproduktionen.

Projekt er altså i høj grad lykkedes.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Per Alex Sørensen	Carsten Møller Nielsen
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

### Forløb

Per Alex Sørensen: Projektet mødte geologiske udfordringer. Den første lokalitet til damvarmelageret viste sig, at være uegnet. Derfor var det nødvendigt at finde en ny placering til både damvarmelager og solvarmeanlægget, da de helst ikke skal ligge for langt væk fra



hinanden. Projektet blev dermed forsinket og dyrere, idet der skulle udarbejdes nye planer til den nye lokalitet. Derfor ansøgte projektpartnerskabet om en tillægsbevilling fra EUDP. Den valgte nye lokalitet var både tæt på skov og historiske gravhøje. Der kom naboklager (ændret udsigt), og der skulle derfor i forbindelse med lokalplan udarbejdes en VVM-undersøgelse, før anlæggets kunne etableres, hvilket forsinkede projektet yderligere. Det positive var, at lånerenten faldt i venteperioden, hvilket gjorde projektet blev lidt billigere end forventet. Der er i forbindelse med lokalplanen givet dispensation for skovbyggelinje og afstanden til gravhøjene.

### Formidling

Carsten Møller Nielsen: Dronninglund Fjernvarme tager imod alle, der gerne vil komme og se anlægget. Der har bl.a. været besøgende fra Australien, Chile, Indien og USA.

Per Alex Sørensen: Dronninglund Fjernvarme har bygget en pavillon, som indeholder information om projektet og anlægget. Der er blevet udarbejdet en formidlingspjece på dansk og engelsk, og der kommer mange besøgende til Dronninglund Fjernvarme. Varmemesteren fra Dronninglund Fjernvarme har præsenteret konceptet i Tyskland og Østrig. Projektets resultater er desuden præsenteret på diverse konferencer.



## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Carsten Møller Nielsen: Etablering af damlageret betyder, at Dronninglund Fjernvarme står bedre rustet til fremtiden, og at fjernvarmen dermed kan overleve i Dronninglund. Det næste skridt for os er anskaffelse af store elvarmepumpe således at systemet bliver mere fleksibelt og kan udnytte prissignalerne i markedet optimalt og eventuelt sælge fleksibilitetsydelser på elmarkedet.

Per Alex Sørensen: Resultatet har for PlanEnergi skabt muligheder for øget omsætning indenlands og på eksportmarkedet.

Carsten Møller Nielsen: Arcon, som leverede solpanelerne til solvarmeanlægget i Dronninglund, er i kolossal medvind og har en god afsætning af solpaneler.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Per Alex Sørensen	Carsten Møller Nielsen
... jeres <b>forretnings- og finansierungsplaner</b> har holdt stik efter projektets afslutning		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Danmark og internationalt

### Energiressourcer

Etablering af damvarmelagre vil tillade udnyttelse af solvarme i det danske fjernvarmesystem og dermed kunne øge andelen af vedvarende energi i det danske energisystem samt forsyningsikkerheden.

Per Alex Sørensen: I forretningsplanen er der blevet regnet med, at der i løbet af ca. 5 år efter projektets afslutning vil blive etableret 3-5 nye anlæg af den samme koncept (uden

tilskud). Der er blevet etableret 2 anlæg, 2 anlæg er undervejs og et anlæg er i designfasen (i Østrig).

Carsten Møller Nielsen: Der findes et Sunstore 4 i Marstal. Egentlig skulle det have været en efterfølger til vores Sunstore 3 projekt i Dronninglund, men vores projektet blev forsinket sfa., at der skulle findes en ny placering til anlægget. Der har været en løbende gensidig udveksling og inspiration de to projekter imellem.

Carsten Møller Nielsen: Der er nu også damlagre i Gram og Vojens i Sønderjylland.

Etablering af damvarmelagre kan bidrage til øget fleksibilitet af hele fjernvarmesystemet, eftersom lageret kan bruges af flere produktionsenheder og frigøre elproduktionen fra varmebehovet i kraftvarmesystemer. Dog er mange fjernvarmeværker tøvende.

Carsten Møller Nielsen: Alle byer (på nær Brønderslev by) i Brønderslev kommune har bygget solfangeranlæg. De etablerer lagre, men vil ikke ind i investering på damlagre.

Per Alex Sørensen: Økonomien i et større solvarmeanlæg (40% dækning) i kombination med et damvarmelager er bedre end økonomien i et mindre solvarmeanlæg (20% dækning) uden sæsonlager.

Carsten Møller Nielsen: Dansk Fjernvarme har vurderet, at der ifølge pressemeddelse 9. juni 2015 fra Dansk Fjernvarme kan spares op mod 1,75 milliarder kr. i fjernvarmesektoren, hvis der udbygges med damvarmelagre i Danmark. Det er Dronninglund fjernvarme nu gearet til.

Per Alex Sørensen: Generelt kan damvarmelagre finde andre anvendelser end til lagring af solvarme. Anvendelse af denne type lager undersøges i øjeblikket i Høje Taastrup af Høje Taastrup Fjernvarme.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Per Alex Sørensen	Carsten Møller Nielsen
... forbedre <b>forsyningssikkerheden</b> i Danmark?		
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?		
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?		
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

### Vækst (omsætning, beskæftigelse, eksport)

Per Alex Sørensen: Projektet i sig selv har skabt beskæftigelse på 5-10 årsværk. Men indirekte har projektet udviklet kompetencer både hos konsulenter, entreprenører, komponent- og systemleverandører. På baggrund af demonstrationsprojektet er der kommet flere solvarme- og damvarmelagerprojekter, og på den måde er der blevet skabt flere investeringer og arbejdspladser (5-10 årsværk per projekt).

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Per Alex Sørensen: Tilskud til både anlæg og udviklingstimer var afgørende. Tilskuddet til anlægget er vigtigt for at fjernvarmeværket kan sikre sig, at projektet ikke fører til højere fjernvarmepriser. Desuden bidrager tilskuddet til udviklingstimer, at vi som rådgivere kan bruge mere tid til udvikling.

Carsten Møller Nielsen: Intentionen var at skubbe en udvikling i gang i retning af større solfangeranlæg i Danmark, således at lagerkapaciteten i fjernvarmen på sigt kan fungere som aftager af "overskudsstrøm" fra vindmøllerne. Dronninglund Fjernvarme er forbrugerejet. Det ville ikke have været muligt at få opbakning til at påtage sig den finansielle risiko projektet indebærer. Da projektet med etablering af et damlager også rummer perspektiver for det samlede danske energisystem, men også dansk eksport, valgte projektpartnerskabet at søge om støtte.

Støtten blev givet i trin. Der blev givet støtte til design af anlægget og endnu grundigere beregninger samt tilsagn til yderligere finansiering, hvis beregningerne stadig vist god økonomi. De detaljerede beregninger viste god økonomi, og derfor blev resten af bevillingen tildelt projektet. Støtten blev derpå suppleret af en tillægsbevilling.

Carsten Møller Nielsen: Vi søgte om tillægsbevilling, fordi det første sted viste sig ikke at være brugbart pga. jordbundsforholdene. Boreprøver viste massiv forekomst af silt. Anlægget fungerer, som planlagt.

Carsten Møller Nielsen: EUDP-brandet har haft lokal værdi som en art blåstempling fra centraladministrationen, og har dermed bidraget til, at vi kunne få godkendt projektet på generalforsamlingen. Desuden har projektet bidraget til at åbne markedet.

Kilde: AN	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
Dronninglund Fjernvarme	Energi	1-9	D	84.053	13%
Marstal Fjernvarme AmbA	Energi	1-9	D	99	61%
NIRAS A/S	Privat v.	100+	D	704	50%
PlanEnergi	Privat v.	1-9	PL	1.215	59%
Teknologisk Institut	GTS	100+	D	598	40%
<b>I alt</b>				<b>86.669</b>	<b>14%</b>
Kilde: AN - tillægsbevilling	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
Dronninglund Fjernvarme	Energi	1-9	D	101.588	i.o.
NIRAS A/S	Privat v.	100+	D	413	i.o.
PlanEnergi	Privat v.	1-9	PL	413	i.o.
<b>I alt</b>				<b>102.413</b>	<b>20%</b>

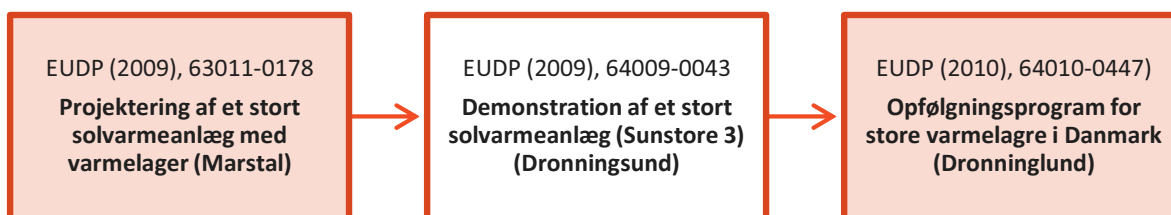
## Projektkæder

I perioden 2005-2006 gennemførte Energinet.dk en udredning af potentialet for integration af solvarmeanlæg i naturgasfyrede kraftvarmeværker. Arbejdet belyste de miljø- og

samfundsøkonomiske konsekvenser af solvarmeanlæg og konkluderede, at der kan være fordele ved at etablere 300.000 m<sup>2</sup> solfangere i relation til de danske decentrale naturgas-fyrede kraftvarmeværker. ForskEL ydede støtte til de første solfangertest anlæg. PlanEnergi deltog i disse to første projekter, som blev gennemført i Strandby og i Brædstrup i 2006. Projekterne inkluderede også et kursus for aktører i branchen, bl.a. fjernvarmeværker. I den forbindelse blev PlanEnergi kontaktet af Dronninglund Fjernvarme, som havde en ambition om at omlægge deres forsyning 100% til vedvarende energi.

Per Alex Sørensen: Forud for det belyste projekt, blev der i EUDP-projektet 'Projektering af stort solvarmeanlæg med varmelager' (63011-0178) lavet grove overslagsberegninger, for at belyse økonomien af damvarmelager-projektet. Derefter blev mere grundige beregninger med støtte fra Vækstforum Nordjylland. Eftersom beregningerne viste en positiv økonomi, valgte vi at gå videre.

Projektet er blevet efterfulgt af et nyt projekt, nemlig 'Opfølgingsprogram for store varmelagre i Danmark (journalnr. 64010-0447), hvor materialerne, der anvendes til lagrene, testes, og lagerydelsen monitoreres over en 4-årig periode.



Parallelt med projektet har PlanEnergi og Solites et samarbejde med Brædstrup Fjernvarme om et ForskEL-projekt (10496), der skal udvikle, projektere og demonstrere borehuller som varmelagerteknologi i samspil med solvarme og elvarmepumper.

To større efterfølgende sæsonlagre i Vojens og Gram er blevet etableret uden støtte, og alene er finansieret med lavtforrentede lån, hvilket er sket med basis i de gode resultater fra Dronninglund. EUDP's støtte til et pioner anlæg har derved åbnet et større marked for den teknologiske løsning.

## Projektpartnerskabet

Alle deltagere kendte hinanden i forvejen og samarbejdet gik godt. PlanEnergi stod for ansøgningen og var også projektleder for projektet.

PlanEnergi kom i kontakt med den tyske konsulentvirksomhed Solites via et samarbejde med Stuttgart Universitet, Solites har spidskompetencer inden for modellering af solvarme og lager.

De andre deltagere var Niras (bygherrerådgiver), Teknologisk Institut og Marstal Fjernvarme. Marstal Fjernvarme opførte et pilot damvarmelager i 2002-2004 og deres erfaringer blev udnyttet i demonstrationsprojektet i Dronninglund.

Der er fortsat samarbejde mellem deltagere i projektet.

Det er fint at forankre ”koncept”-projekter hos konsulenter, netop fordi der ikke udvikles et specifikt produkt i en virksomhed, men et koncept, og hvor konsulenter spiller en bærende rolle. Det er dog vigtigt, at konsulenterne er indstillet på åbenhed om det udviklede koncept.

### **Samarbejde med programsekretariatet**

Samarbejdet med sekretariatet har været fremragende.

## EU4 – Ressourcebesparende ventilationsenhed

Fuld titel	Ressourcebesparende ventilationsenhed (64009-0243)		
Bevillingsår	2009	Påbegyndt	Januar 2010
Energiområde	EE teknologi	Projektstatus	Afsluttet december 2011
Interview med	Projektansvarlig: InVentilate, repræsenteret v/ John Børsting Projektdeltager: Teknologisk Institut, repræsenteret v/ Christian Drivsholm		
Tidl. evaluering	Oxford evaluering 2011, s. 62		

### Projektet kort

Formålet med projektet var at udvikle en ressourcebesparende ventilationsenhed primært til skoler, børnehaver, vuggestuer, beslægtede institutioner, mindre kontorbygninger – (ikke egnet til store åbne rum) og efterfølgende verificere funktionerne ved Teknologisk Institut. Ventilationsenhedens varmegenvinding baseres på anvendelse af en regenerator og et reverserende luftflow. Regeneratoren er placeret i bygningens klimaskærm. Konceptet er, at luftens varme i forbindelse med ventilation lagres i regeneratoren og bringes tilbage i bygningen ved et reverserende luftskifte. Når regeneratoren er opvarmet efter 30 sekunder, vendes luftstrømmen, og der blæses kold luft ind gennem regeneratoren, hvorved varmen afgives til den kolde friske luft. Derved mindskes bygningens varmetab. (Kilde: AF)

Christian Drivsholm: De eksisterende decentrale løsninger (som bl.a. sælges af tyske producenter såsom LTM og Ökohauss) minder lidt om det udviklede produkt, men ambitionen var at udvikle en mere smart løsning og en anden vendeløsning. Ventilatoren vendes altså fysisk i stedet for som andre fabrikater at benytte en vendeløsning, hvor ventilatorens rotationsretning vendes. Et skift i rotationsretningen har den ulempe, at ventilatoren skal være symmetrisk opbygget for at kunne både suge og blæse, og det betyder noget for effektiviteten. Tager man i stedet en energieffektiv ventilator og placerer den i en vendeanordning, så kan der optimeres.

### Forløb

John Børsting: Projektet blev en smule forsinket, men ellers var der ikke de store afvigelser fra planen.

### Resultater




Det lykkedes at udvikle det ønskede produkt – MicroVent, som det kaldes. Ifølge Markedsmodningsfondens hjemmeside kan produktet *”give energibesparelser på op til 85% i forhold til traditionelle ventilationssystemer og kan dermed efterleve de skærpede krav til bygningers energiforbrug i Bygningsreglementet for 2015 og 2020. Derudover kan MicroVent Basic minimere anlægsomkostninger til ventilation med op til 55%. Systemet vil derfor være med til at sætte nye standarder for energiforbruget til ventilationssystemer og forbedre mulighederne for at energigenerere.”* (citater fra: <http://markedsmodningsfonden.dk/projekt/0/34/492>)



John Børsting: Allerede i løbet af projektperioden blev der solgt produktenheder til demonstration – såkaldt demonstrationssalg. Der er i dag solgt omkring 4,000 enheder.

Christian Drivsholm: Teknologien for varmgenvindingen (regenerativt princip) var opfundet, men ventilatorens placering og hvordan man vender luftstrømmen ind og derefter ud af huset er nyt, og der er taget patent på vendemekanismen.

InVentilate har i projektperioden ansøgt om udtagelse af to patenter i Danmark, EU, USA og andre lande. Begge patenter er i nationale godkendelsesfaser.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	JB	CD
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?		
...jeres <b>forretnings- og finansieringsplaner</b> har holdt stik efter projektets afslutning?		Ikke relevant

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Formidling

Resultaterne af projektet anvendes af InVentilate til at vejlede og informere om deres produkter. Desuden medtages de i Teknologisk Instituts kurser i ventilationsteknik.

Christian Drivsholm: InVentilate fik glimrende omtale, da de vandt ingeniørens Produktpris 2012 i kategorien 'Iværksætter'<sup>2</sup>. Nu er firmaet brandet og kendt i brede kredse – også via Teknologisk Instituts energivejlederkurser. Efter energieffektiv renovering bliver husene meget tætte og energivejlederne havde faktisk efterlyst en decentral løsning – altså noget der er lettere at installere. Fx renoverer nogle skoler kun fem klasser ad gangen af hensyn til budgettet, og derfor var der brug for en ventilationsløsning, der kan rulles ud i mindre trin. Den samlede ventilation er også blevet billigere med det nye produkt.

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

InVentilate arbejder på at komme ind på det store tyske marked.

John Børsting: Salgsprocessen er dog en udfordring, da det kræver meget kapital. Byggebranchen er meget konservativ – ting skal være velgennemprøvede over flere år. Virksomheden har haft et projekt hos 'Erhvervs & Selskabsstyrelsens Fornyelsesfond' – til hjælp til demoprojekter (se projektkæder). Firmaet har 2-3 demonstrationsprojekter, som har kørt omkring 3 år. Det er vigtig at have sådanne demoprojekter som reference – helst 2-3 styk inden for hvert af de 5-6 segmenter. InVentilate har over 200 leverede projekter nu.

John Børsting: InVentilate håber fortsat at nå de 65 millioner inden for planlagte 5 år (de 3 år er gået). InVentilate har pt 9 faste ansatte plus det løse.

<sup>2</sup> <http://www.inventilate.dk/2012---1> samt Ingeniørens Produktpriser 2012 <http://ing.dk/artikel/produktprisen-2012-og-vinderen-er-133801>








Når veletableret ...	Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	30.000	65.000
... heraf eksport	50%	60%
Jobs – Fastholdelser	2	2
Jobs – Nyansættelser	10	35

Kilde: Interview.

Christian Drivsholm: Ud over den faglige viden har Teknologisk Instituts udbytte af projektet været, at instituttet har fået en platform til at fortælle alle kursister om decentral ventilation. I Energicentret for Bygningsbesparelser er der mange kursister og vejledere, der spørger til decentral ventilation ved efterisolering af enfamiliehuse med kælder, stueplan og førstesal. I disse tilfælde er det til tider svært at installere et centralt system med rør/kanaler – derfor er decentrale anlæg vigtigt for disse. Nu findes der et alternativ til den centrale løsning.

### Danmark og internationalt

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	JB	CD
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark?	Ikke relevant	Ikke relevant
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?		
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?		
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?	Ikke relevant	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

### Projektets rolle og betydningen af støtten

InVentilate er et nystartet firma, som startede i 2009 med baggrund i projektet og projektets teknologi.

John Børsting: Støtten fra EUDP var en betingelse for, at firmaet kunne starte op. En investor gik også ind i firmaet, nemlig Innovation MidtVest. Det var med kun en dags mellemrum. I løbet af projektet kom der hurtigt yderligere to investorer med, og siden afslutningen af projektet er en mere kommet til.

John Børsting: Det var af stor betydning, at firmaet fik frihed til at starte uden at skulle tænke på finansiering, mens det vigtigste for projektets succes var den gode grundidé og et letforståeligt produkt med klare energibesparelser.

Fra afslutningsskema	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
InVentilate ApS	Privat v.	1-9	PL	1.745	50%
Teknologisk Institut	Privat v.	100+	D	741	71%
<b>I alt</b>				<b>2.486</b>	<b>54%</b>

Christian Drivsholm: Det sande billede er, at virksomhederne er i en hård kamp fra især Asien, og de danske virksomheder er tvunget til at putte mere viden i deres produkter for at bevare deres omsætning eller deres arbejdspladser i Danmark.

Christian Drivsholm: Typisk henvender virksomheder sig til Teknologisk Institut og søger støttemidler, fordi konkurrenterne puster dem i nakken, de er sagtnet lidt agter ud, eller der er nye tendenser og krav i markedet, og for at kunne eksistere fortsat skal der ny viden i deres produkter eller laves helt nye projekter. Hvis virksomheden eksporterer til et eller flere lande i EU, så kan der være nye forhold, tendenser, deklarerationer, hvor virksomheden ikke lige er gearret til at følge op på det og afprøve nye ting. Støtte til sådanne projekter er således med til at opretholde og bevare eksisterende arbejdspladser og vedligeholde virksomhedernes position.

Christian Drivsholm: Er der ikke tilstrækkelig kapital efter et projekts afslutning, risikerer firmaerne at havne i den såkaldte "valley of death". InVentilate som relativt nystartet virksomhed har begrænsede ressourcer.

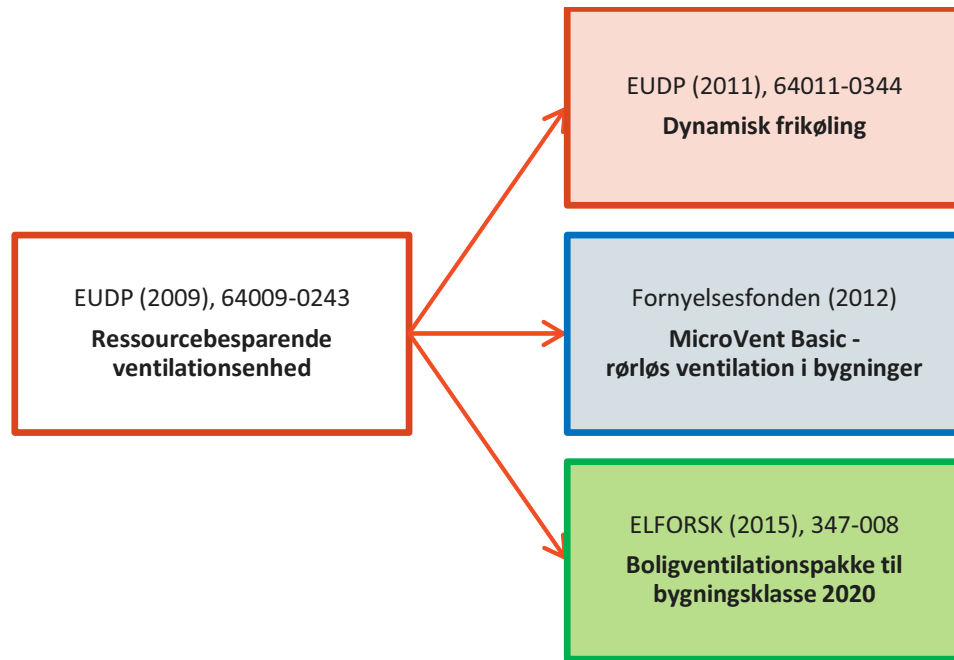
## Projektkæder

Fornyelsesfonden stillede i 2012 en garanti for InVentilate til at åbne markedet for deres produkt MicroVent<sup>3</sup>. Garantien bliver givet som en 3-årig garanti fra Fornyelsesfonden til kunder, som vælger at købe produktet MicroVent. En sådan garanti kan være vigtig eftersom byggesektoren, som er kernemarkedet, er meget konservativt. InVentilate har dog ikke haft brug for at benytte sig af den.

InVentilate videreudvikler i et nyt EUDP-projekt 'Dynamisk frikøling' (64011-0344) det udviklede rørløse ventilationssystem, også kaldet MicroVent. Målet er at udvikle en enhed, som kan eftermonteres for at øge termisk komfort. I stedet for at bruge energi på aktiv køling i bygninger anvendes kold udeluft til køling. Med udviklingen af et sådant frikølingsmodul vil MicroVent blive et multifunktionelt ventilationssystem, som kan efterleve bygningers vekslende behov for varmegenvinding og køling ved ventilation. (Kilde: <http://energiteknologi.dk/da/project/dynamisk-frikoeling>).

Christian Drivsholm: Bygningsreglementet tilskriver, at friskluft skal tilføres opholdsrum, og at udsugning skal foregå i køkken og badeværelse. Det udviklede system blæser og suger i samme rum. Dette er ikke helt i overensstemmelse med bygningsreglementets ordlyd. Mekaniske centrale/decentrale systemer kan i udgangspunktet kun svagt håndtere overtemperaturer. Det er derfor nødvendigt at se nærmere på bygningsreglementets udformning. Inspireret af bl.a. det omtalte projekt, har Teknologisk Institut derfor i 2015 startet et nyt projekt med ELFORSK-støtte, der ser nærmere på om ventilation skal foregå, som foreskrevet i bygningsreglementet eller kan gøres mere smart. Dette projekt 'Boligventilationspakke til bygningsklasse 2020 – Energirenovering og nybyggeri' (347-008) gennemføres i samarbejde med Lindab Ventilation, LS Control og Lind & Risør. Lindab Ventilation kan se, at der stor risiko for, at der bliver overophedning i husene om sommeren. Det er også noget SBI har observeret (SBI 2014:07). Derfor er vi gået sammen om at designe en pakke til 2020 byggeri, som kan fjerne nogle af de problemer. Projektet projekt 'Boligventilationspakke til bygningsklasse 2020 – Energirenovering og nybyggeri' (347-008) vil bidrage til at adressere dette problem, men det er blot ét af flere temaer, som belyses i projektet.

<sup>3</sup> Kilde: <http://markedsmodningsfonden.dk/projekt/0/34/492>



Christian Drivsholm: Der kan opstå et vakuum efter, at en projektansøgning får afslag – hvis projektet ikke lige passer i programmet eller ressourcerne ikke slår til. Her risikerer man, at en god projektidé ryger på gulvet. Ansøgerne har ofte brugt meget tid og ressourcer på at udvikle projektidéen og lave ansøgningen. Her kunne det være gavnligt, om et afslag også indeholdt en vurdering af, om projektet egner sig til at søge andre puljer af støttemidler.

## Projektpartnerskabet

John Børsting: "Det var afgørende, at InVentilate kunne danne team med Teknologisk Institut, som har stor ventilationsekspertise. Jeg kendte Christian Drivsholm fra et tidligere projekt."

Christian Drivsholm: En lille virksomhed har simpelthen ikke den viden, der skal til for at løfte opgaven alene. De har måske idéen og problemstillingen, og skal så have assistance (Det gælder også i nogle tilfælde de større virksomheder).

John Børsting: Det havde betydelig værdi, at Teknologisk Institut undervejs i udviklingsprojektet kunne levere troværdige målinger.

Christian Drivsholm: Teknologisk Instituts rolle i projektet har været af udviklingsmæssig karakter. Partnerskabet stod med en skitse, da vi søgte projektet, men derudover ren hvidvasket tavle. Instituttets rolle omfattede udvikling, designanalyser, idégenerering og senere test.

## Samarbejde med programsekretariatet

John Børsting: "Jeg opfatter EUDP som meget risikovilligt – det ville have været svært for InVentilate at gå ud til private investorer."

## EU5 – Test- og godkendelsescenter

Fuld titel	Test- og godkendelsescenter for brændselscelle- og brintteknologier: Fase 1 (64009-0246)		
Bevillingsår	2009	Påbegyndt	Januar 2010
Energiområde	Brint og brændselsceller	Projektstatus	Afsluttet juni 2014
Interview med	Projektansvarlig: Anke Hagen (PL), DTU Energikonvertering Projektdeltager: DGC, repræsenteret v/ Henrik Iskov		



### Projektet kort

Projektets formål var at opstarte et Test- og Godkendelsescenter for Brændselscelle- og Brintteknologier samt at påbegynde de første aktiviteter på udvikling af accelererede levetids-tests af brændselscellesystemer, forberedelse for standardisering af disse metoder og rådgivning i forbindelse med certificering af brændselscellesystemer.

### Resultater

Anke Hagen: Der er skabt et testcenter brand (<http://www.fch.dk/>) og etableret et stort nationalt og internationalt netværk, som omfatter vigtige industrielle spillere, forskningsinstitutioner og andre testcentre – såsom CEA (Frankrig), DLR (Tyskland), ENEA (Italien) og VTT (Finland).

Henrik Iskov: En del af projektet var at belyse, om der var en interesse for et globalt samarbejde omkring standardisering og i bekræftende fald forsøge at starte en global standardiseringsgruppe op for accelereret levetidstest af SOFC-stakke. Men interessen viste sig at ikke være så langt fremme.

Der er i løbet af projektperioden skaffet støtte til et antal nye projekter, både nationalt og internationalt, som kan medvirke til at sikre den videre etablering og udvikling af testcenteret:

- › *H2Ocean – Startet 2012, støttet af EUs 7. rammeprogram til 'Fuel Cells and Hydrogen Joint Technology Initiative' (Koordinator: Meteosim Truewind S.L., Spanien) ([www.h2ocean-project.eu](http://www.h2ocean-project.eu)).*
- › *ene.field – Startet 2012, støttet af EUs 7. rammeprogram til 'Fuel Cells and Hydrogen Joint Technology Initiative' (Koordinator: COGEN Europe, Belgien) (<http://enefield.eu/>), involverer alle relevante europæiske spillere om demonstration af brændselsceller i mikrokraftvarme i hele Europa.*
- › *STACK-TEST JTI-projekt (EU, 7. Rammeprogram, Koordinator: ZSW, Tyskland).*
- › *HyProvide koordinering (Koordinator: Partnerskabet for Brint og Brændselsceller), Et dansk projekt der har til formål at koordinere elektrolyserelaterede projekter i Danmark.*
- › *SOCTESQA - Solid Oxide Cell Testing, Safety and Quality Assurance, supported by the European Commission's Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking Programme (FCH JU) and Energinet.dk.*
- › *CopenHydrogen, 2014 indledende analysearbejde. Budgettet for analysefasen er 4 mill. kroner, som er finansieret af partnerne i konsortiet og af en bevilling fra EUDP. (<http://www.hydrogen-net.dk/copenhydrogen/>)*

Derudover er følgende resultater realiseret i projektperioden:

- › *Nyt udstyr til brændselscelletest blev installeret og taget i brug på DTU (Risø campus).*
- › *En omfattende undersøgelse af internationale aktiviteter omkring accelereret levetidstest blev gennemført.*

- › *En testprotokol for højtemperaturbrændselscellestest med udgangspunkt i anvendelse på mikro-kraftvarmeområdet blev udviklet og anvendt på enkeltcelle- og 50-cellestakke.*
- › *En vejledning for myndighedshåndtering blev formuleret.*

Anke Hagen: Globalt set er der flere universiteter og forskningscentre, der arbejder med test af brint- og brændselsceller, og hvert sted har sine faglige styrker. Testcenteret på DTU Energi har en særlig styrke igennem en tæt knytning til forskning, hvor der findes kompetencer og udstyr i verdensklasse for en bred vifte af relevante områder. F.eks. har DTU Energi unik udstyr og metodik til mekaniske test og detaljeret elektrokemisk karakterisering af enkelte celler i en brændselscellestak. Testcenterets potentielle (også industrielle) kunder er ofte afhængige af ekstern finansiering. Her ligger en udfordring i, at denne finansiering delvist kommer fra nationale kilder. Så har testcenteret f.eks. ikke kunnet teste for en tysk kunde, da finansieringen var begrænset til tyske deltager.

Anke Hagen: Som testcentret står i dag, tilbydes kommercielle tests og services, som ikke fandtes i den omfang på opstartstidspunktet. Dette koblet med den brede dækning af brændselsceller og den stærke faglige kobling til forskningsmiljøet på DTU Energi er et dansk koncept, som er unikt.

### **Formidling**

Projektet har inkluderet formidlingsaktiviteter på forskellige niveauer og med forskellige formal og målgrupper.

Anke Hagen: Testcentret er synliggjort i store dele af den internationale brændselscelle- og brintverden.

Henrik Iskov: Projektets resultater er præsenteret på en degraderingskonference global forum, hvor alle virksomheder, der arbejder med emnet (Tyskland, Japan, USA m.fl.) deltog.

### **Information om Testcenteret:**

- › *Centers hjemmeside: [www.fch.dk](http://www.fch.dk)*
- › *Informationsbrochure:[http://www.energyconversion.dtu.dk/sitecore/content/Campus/Home/Research/sustainable\\_energy/fuel\\_cells/projects/FCH\\_Test\\_center/~/\\_media/Risoe\\_dk/Research/FCH\\_test\\_center/Documents/2012-04-19%20Brochure%20low%20res.ashx](http://www.energyconversion.dtu.dk/sitecore/content/Campus/Home/Research/sustainable_energy/fuel_cells/projects/FCH_Test_center/~/_media/Risoe_dk/Research/FCH_test_center/Documents/2012-04-19%20Brochure%20low%20res.ashx).*
- › *Aktuelle udgaver af brochuren blev bl.a. fordelt ved Hannover Messen 2011 og 2012, den internationale SOFC-XII konference i Montreal i 2011 og konferencen European Fuel Cell Forum i Lucerne i 2012. 2.*
- › *Poster ved Workshop: Water electrolysis and hydrogen as part of the future Renewable Energy System, Copenhagen, Maj 2012 (Eva Ravn Nielsen, Frederik Berg Nygaard).*
- › *Præsentation af projektet ved generalforsamlingen af Partnerskabet Brint og Brændselsceller i 2010 (Anke Hagen).*
- › *Præsentation af Testcenteret ved møde hos Dansk Standard i 2010 (Anke Hagen).*
- › *Indslag under et ministerbesøg af energiminister Lykke Friis, organiseret igennem Partnerskabet for Brint og Brændselsceller i 2010 (Eva Ravn Nielsen).*

Bidrag til internationale videnskabelige konferencer og workshops med resultater fra projektet:

- › *Præsentation ved 2nd Workshop on Degradation Issues for Fuel Cells, Grækenland, september 2011. A. Hagen (DTU): Assessing durability of SOFC stacks.*

- › *Præsentation ved 10th International Symposium on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications, Tyskland, Maj 2012. A. Hagen (DTU): SOFC Durability under Realistic Operation.*
- › *Præsentation ved European Fuel Cell Forum, Schweiz, juni 2012. Jeppe Rass-Hansen (TOFC): Development of robust and durable SOFC stacks.*

#### Information i Dansk presse:

- › *Artikel om Testcenteret i FIB (Forskning i Bioenergi, Brint & Brændselsceller), juni 2012 (Torben Scott): Testcenter med Fokus på Elektrolyse: [http://www.biopress.dk/PDF/FiB\\_40-2012\\_06.pdf](http://www.biopress.dk/PDF/FiB_40-2012_06.pdf).*
- › *Artikel om det afsluttede projekt submitted til FIB.*

#### Et eksempel på en af projektets publikationer er:

- › *Anke Hagen, Jens Valdemar Thorvald Høgh, Rasmus Barfod, Accelerated testing of SOFC small stacks for micro combined heat and power application, Journal of Power Sources, 300 (2015) 223-228.*

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Anke Hagen	Henrik Iskov
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

### Forløb

Anke Hagen: Projektet forløb som planlagt, dog måtte man efterfølgende erkende, at interessen fra virksomhederne for test ikke var så stor som erklæret, og centrets fokus er i dag på samarbejde i projekter, demonstration af teknologierne og i mindre grad end forventet på direkte kommercielle ydelser.

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Henrik Iskov: Et eller to år før projektet lavede man en forundersøgelse, hvor samtlige danske producenter blev spurgt, om de var interesserede i og så et behov for et dansk testcenter. Branchen har brug for test. Det har senere vist sig, at i praksis er det først, når producenterne er færdige med udviklingen og skal have noget certificeret for at komme ud på markedet, at de henvender sig for at få lavet tests og de benytter sig typisk af de store internationale testhuse (såsom TÜW eller hollandske KIWA). De er i praksis fortsat utilbøjelige til at benytte sig af eksterne test undervejs i deres udviklingsforløb.

Anke Hagen: Centrets ambition og målsætning har ændret sig med tiden. Startskuddet for centret var en efterspørgsel i industrien efter et testcenter. I praksis viste det sig, at der ikke var så mange virksomheder, der efterspurgte tests. Derfor har centret revideret sin vision, så det nu indgår i diverse nationale og internationale projekter med fokus på demonstration frem for et fokus på kommercielle tests. Denne strategi har til gengæld ført til et større netværk og derigennem også kommercielle tests.

Henrik Iskov: Testcentret har ikke formået at indhente tilstrækkeligt med rent kommercielle projekter. Der har vist sig ikke at være kommercielle kunder til testcentret. Men man

kan i stedet benytte centret som ramme for udviklingssamarbejder, til præ-kommercielle aktiviteter såsom pilot- eller demonstrationsprojekter, hvilket Risø også gør.

Henrik Iskov: DTU/Risø er helt i top blandt de førende i de forskningsmæssige samarbejder på SOEF og SOFC, men det er forskningsarbejder, hvor alle deltagerne har pengene med hjemmefra og er ligeværdige partnere og ikke kommercielle kunder (afprøvning, test, risikoanalyse/sikkerhed).

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Anke Hagen	Henrik Iskov
... jeres <b>forretnings- og finansierungsplaner</b> har holdt stik efter projektets afslutning?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Anke Hagen: Bemandingen og sammensætningen af testcentrets team skifter alt efter de aktuelle projekter, som centret arbejder på. Anke Hagen skønner, at centret i dag beskæftiger en arbejdsstyrke svarende til måske i alt 6 årsværk, heraf er en person fuldtidsansat, mens de øvrige timer leveres af personer tilknyttet på projektbasis. Dermed holder forventningen til beskæftigelse (kilde: AF) nogenlunde stik, idet vurdering var, at der var 5 årsværk op til og med 2 år efter projektafslutning og yderligere 4 årsværk 3-5 år efter.

Henrik Iskov: Projektets resultater genererer ikke indtægter for vores virksomhed (kilde: SPSK)

Virksomhed	DTU/ Risø			DGC		
	I dag	Når veletableret ...		I dag	Når veletableret ...	
		Realistisk skøn	Optimistisk skøn		Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	~3.300*	Ved ikke	Ved ikke	0	0	0
... heraf eksport	~80%**	Ved ikke	Ved ikke	0	0	0
Jobs – Fastholdelser	3	Ved ikke	Ved ikke	0	0	0
Jobs – Nyansættelser	4	Ved ikke	Ved ikke	0	0	0

Kilde: Interview og COWI/Ea/Damvad, survey 2015. \* Projektmidler, både forskning og kommerciel; \*\* Eksterne projekter

## Danmark og internationalt

### Energimæssig effekt

Anke Hagen: Centeret bidrager indirekte til Danmarks realisering af klima- og energipolitiske målsætninger, idet centrets fokus er at bringe miljøvenlige teknologier tættere på markedet. Inden for projektets rammer handlede det om fastoxidbrændselsceller, hvor der var en national strategi for at kommercialisere teknologien. Derudover har projektet været udgangspunkt for flere nye projekter, der også har aktiviteter på andre teknologier, der anses for at blive afgørende elementer i fremtidens energisystem baserende på vedvarende energikilder, f.eks. elektrolyse og lavtemperaturbrændselsceller.

Anke Hagen: Et af testcenterets formål har været at udføre kommercielle test for virksomheder i brændselscelle- og brintindustrien for at fremme overgang fra forskning/udvikling til markedsgennembrud. Projektet var startskuddet for testcenteret. Allerede inden for projektperioden blev der sat fokus på fortsat etablering og udvidelse af centret dels gennem opbygning af nationale og internationale konsortier og dels ved at søge projekter.

Anke Hagen: En ansøgning om ca. 40 mio. kr. støtte fra GreenLab fik afslag. Det betød, at testcenteret ikke blev udviklet og udvidet i den grad og hastighed som oprindeligt projekteret og dengang ønsket fra industriens side.

Anke Hagen: Centret er kan på sigt siges at være en succes, hvis centrets ydelser og kommercielle tests bliver efterspurgt fra internationale spillere og har internationale/betydningsfyldte projekter herunder EU-projekter, med kontakt til industrier på området. Desuden vil det være en succes, hvis det opfattes som et kvalitetsstempel, når at et produkt er testet i centret. Dette er i høj grad blevet til virkelighed. Testcenteret er partner i stærke konsortier (inklusive de mest aktive industrielle spillere) inden for de mest afgørende EU-projekter (plus ansøgninger) for SOFC-demonstration, SOEC-demonstration, PEM-staktest og SOFC/SOEC-test standardisering. Kommercielle kunder kommer fra Polen, Storbritannien og Sverige.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Anke Hagen	Henrik Iskov
... forbedre <b>forsynings sikkerheden</b> i Danmark?		Ikke relevant
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?		Ikke relevant
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?		Ikke relevant
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?		Ikke relevant

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: Interview og COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

### Vækst (beskæftigelse, omsætning, eksport)

Anke Hagen: Centrets succes smitter af på DTUs Institut for Energikonvertering og -lagring, som efter etableringen af centret kan tiltrække flere studenter og projektpartnere og deltage i udviklingen på området.

Anke Hagen: Centrets bidrag til udviklingen af dansk teknologi kan ifølge Anke Hagen ikke opgøres direkte i kroner og ører. Det er naturligvis uden for testcenterets indflydelse, at en af de store SOFC-spillere i Danmark – Topsøe Fuel Cell – lukkede aktiviteterne i 2014. Til gengæld er der danske spillere på de andre fokusteknologier.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Henrik Iskov: For os som GTS-institut var ambitionen med projektet, at man sfa. støtten fik lejlighed til at skyde noget mere forkromet i gang, som var lidt mere forskningsorienteret, da vi ellers er meget praksis orienterede i vores arbejde. Hvis ikke vi var blevet tildelt støtte, ville nogle opgaver nok være kommet alligevel, men de fleste afhænger af støtte.

Anke Hagen: Vi ville have forsøgt at få anden ekstern støtte og havde gennemført projektet, måske ikke med den samme fokus og volumen.

Anke Hagen: Hvis brint- og brændselscellebranchen var mere moden, så kunne det måske være muligt at køre centret på kommercielle indtægter. Men som det er i dag, har industrien som følge af markedets umodenhed, og den store udvikling der finder sted i disse år, ikke de store indtægter, og industrien har derfor svært ved at bidrage med penge til centret i stor skala.



Anke Hagen: I dag finansieres centret i høj grad gennem EU-projekter, hvor der kræves en vis egenfinansiering. Her er det vigtigt for centrets deltagelse, at EUDP (og ForskEL) giver top-up finansiering til centrets deltagelse i disse projekter. En ansøgning om et top-up projekt er først mulig efter at EU-ansøgningen er godkendt. Det er derfor vigtigt at kunne være nogenlunde sikker på at kunne få tildelt top-up, forudsat at projektet er EU-godkendt. Chancerne for at få top-up penge har de seneste år været store.

Anke Hagen: Centret modtager også medfinansiering fra Institutet for Energikonvertering og -lagring (DTU).

I det belyste projekt var tredjepartsfinansieringen ca. 3,5 mio. kr. svarende til 39%. (Kilde: AF)

Fra afslutningsskema	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
Danmarks Tekniske Universitet	Viden/Udd.	100+	PL	6.202	64%
Dansk Gasteknisk Center A/S	Andet	20-49	D	2.762	40%
			<b>I alt</b>	<b>8.964</b>	<b>55%</b>

## Projektkæder

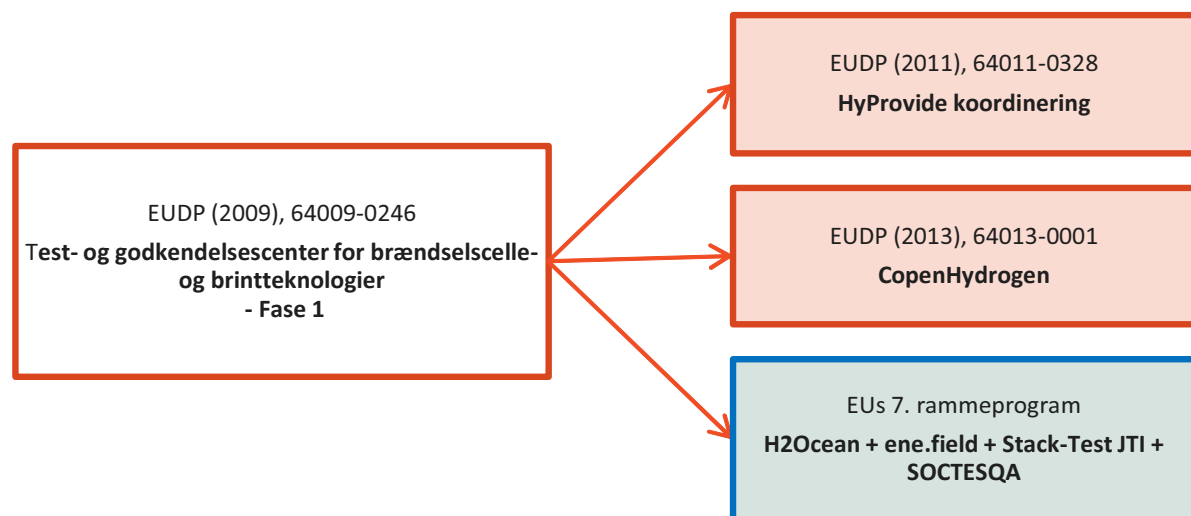
Anke Hagen: Projektet var en videreføring af en del forprojekter, der har undersøgt, hvad der er nødvendigt for, at industrien kan nå hurtigere til kommerialisering af deres produkter. Flere firmaer havde udtryk ønske om at få test og målinger og ikke selv skulle købe udstyr og knowhow.

EUDP-projektet 'CopenHydrogen – balancering og lagring' (64013-0001) havde til formål *at demonstrere produktion af brint ved hjælp af elektrolyse, lagring af brint og produktion af elektricitet fra brint ved hjælp af brændselsceller for herved at bidrage til balancering af elsystemet i samspil med forsyningen af fjernvarme og bygas i København, idet spildvarme vil kunne nyttiggøres som fjernvarme, mens en del af brinten tænkes injiceret i bygasnettet, direkte eller omdannet til metan. CopenHydrogen er et EUDP-støttet, faseopdelt projekt, hvor fase 1 (forprojekt) nu er slutrapporteret. Beregningerne viser, at selvom teknologierne er til stede, så er investeringerne i udstyr så store, at projektet indtil videre sættes på hold og afventer en afklaring af prissætningen af energilagring.* (Citat fra <http://www.dgc.dk/nyhed/2014/copenhydrogen-afsluttet>)

EUDP bevilligede i 2011 midler til projektet 'Benchmarkingtest, standardisering og koordinering af elektrolyseprojekter', kaldet HyProvide koordineringsprojekt. Projektet er struktureret, så en del af projektet fokuserer på en koordineringsindsats inden for følgende tre EUDP-støttede elektrolyseprojekter:

- › HyProvide large scale alkaline electrolyser,
- › HyProvide - HRS "brintoptankning for biler",
- › Hydrogen fremstillet ved elektrolyse (citater fra <http://www.hydrogennet.dk/hyprovide/>),

DTU Energi står for den tekniske projektledelse af koordineringsprojektet. IRD A/S, Greenhydrogen.dk og H2 Logic deltager i projektet og Haldor Topsøe A/S er også en del af samarbejdet.



## Projektpartnerskabet

Anke Hagen: Brint- og brændselscelleområdet er på et udviklingsstadiet, der kræver tæt tilknytning til forskning og udvikling og måske endda grundforskning. Derfor er det en fordel, at testcentret har et tæt bånd til universitetsmiljøet.

Henrik Iskov: DGC omfatter bl.a. et akkrediteret laboratorium, der bl.a. arbejder med certificering. DGC er et foretagende med stort testlaboratorie, der tester mikrokræftvarme med bl.a. brændselsceller i. DGC forestillede sig, at der kunne komme opgaver ud af projektet, da vi allerede havde alle danske aktører inden for emnet som samarbejdspartnere – det mest kendte projekt er nok dansk mikrokræftvarme.

Henrik Iskov: DGC har ikke været involveret i testcentrets arbejde siden projektets afslutning.

## Samarbejde med programsekretariatet

Anke Hagen: Samarbejde med programsekretariatet er "gnidningsfrit". Der har været tæt opfølgning og åbenhed for at justere projektet undervejs, hvor nødvendigt, for at få det mest mulige udbytte.

Anke Hagen: Programmet fungerer – Som modtager kan man få et godt udbytte af et projekt uden at skulle løfte en stor administrativ byrde. Administrationsbyrden på projekter med EU-støtte er tung, og faktisk er byrden også ret krævende i forbindelse med projekter med støtte fra Dansk Forskningsråd.

## EU6 – HT varmepumper kan bruge LT spildvarme

<b>Fuld titel</b>	Højtemperatur varmepumper kan bruge lavtemperatur spildvarme (64010-0026)		
<b>Bevillingsår</b>	2010	<b>Påbegyndt</b>	April 2010
<b>Energiområde</b>	EE teknologi	<b>Projektstatus</b>	Afsluttet juli 2013
<b>Interview med</b>	Projektansvarlig: Grontmij Carl Bro, repræsenteret v/ Peter Brøndum (nu ansat hos COWI) Projektdeltager: Industri-Montage Vest, repræsenteret v/ Kurt Hytting (nu selvstændig konsulent)		

### Projektet kort



Projektets formål var, at demonstrere anvendelsen af højtemperatur varmepumper baseret på udnyttelse af industriel spildvarme.

Peter Brøndum: I 2010 udkom klimakommissionens rapport om Danmark fossilfri 2050, og heri var der en forestilling om at varmepumper højst kunne varme op til 60-70°C. Projektet gik ud på at vise, at der kunne opnås højere temperaturer, hvilket vil have et stort potentiale til fjernvarme, procesvarme m.v. Ansøgning blev lavet i 2010 i fællesskab mellem Teknologisk Institut, Grontmij og Industri-Montage Vest. Ansøgningen blev reduceret så fjernvarme blev taget ud, og varmepumpen alene til industriel anvendelse var i fokus. En del af projektet var at finde et sted for installation, så i starten var tre industrivirksomheder involveret, hvorefter ARLA blev valgt, da de havde reelt brug for varmen ved høj temperatur, så varmepumpen havde en reel berettigelse.

Kurt Hytting: Projektet gik ud på at finde de bedst egnede varmepumper til varmt vand over 90°C. Der blev valgt at satse på hybridvarmepumper fra Hybridenergi i Norge, da denne teknik kan give høje temperaturer og god virkningsgrad. Varmepumpen blev installeret ved Arla i Videbæk, som fremstiller mælkepulver. Selve varmepumpen blev købt på almindelige vilkår af Arla, så støtten gik til projektudvikling, instrumentering og måleprogram m.v. Tilskuddet på ca. 3 mio. kr. blev givet september 2010 fordelt på 8 virksomheder. Grontmij og Teknologisk Institut var rådgivere, mens Industri-Montage Vest (senere Innoterm) leverede og installerede anlægget.

### Forløb

Peter Brøndum: Projektet kørte i hovedtrækkene efter planen. Projektgruppen blev i praksis reduceret, da ARLA blev besluttet som case-virksomhed, da de øvrige industrivirksomheder derefter var mindre direkte involveret.



### Resultater

Kurt Hytting: Resultatet er godt i og med, at varmepumpen blev installeret og fungerer godt. Man fik dermed demonstreret, at hybridvarmepumpeteknikken kan fungere i industriel sammenhæng. Projektet kørte efter bogen, men dog har ikke givet udslag i større udbredelse af teknikken.

Peter Brøndum: Da vi startede var udgangspunktet, at varmepumpen skulle være på 2,4 MW, men efter optimeringer i samarbejde med ARLA kunne behovet reduceres til 1,2 MW.

Projektet gav derfor, som sidegevinst, en endnu større besparelse end ellers. Det er vigtigt først at vurdere det reelle behov, inden størrelsen fastlægges. ARLA var også tilfredse med resultatet, som blev verificeret af Viegand & Maagøe.

Kurt Hytting: Forretningsplanerne holdt så vidt vides.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Peter Brøndum
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?	
...jeres <b>forretnings- og finansieringsplaner</b> har holdt stik efter projektets afslutning?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

### Formidling

Kurt Hytting: Vi brugte firmaet Tænketanken til at synliggøre og formidle projektet. Projektet har været beskrevet i artikler i følgende fagtidsskrifter: HVAC Magasinet (flere artikler), Kulde, Fjernvarmen (flere artikler), Fjernvarmen.dk, Ingeniøren (flere artikler), Ing.dk (flere artikler), BygTek, DEF.dk, ByggeTeknik, I dag.dk, Jernindustri.dk, Licitationen.dk, Nyhedsbladet Dansk Energi samt Vedvarende Energi og Miljø.

Peter Brøndum: Der blev desuden holdt et afslutningsseminar, og projektet har været brugt som case i mange foredrag i Danmark og udlandet bl.a. Spanien, Makedonien og Australien, herunder:

- › *Marts 2013, CoolEnergy, Odense (Peter Brøndum).*
- › *Januar 2013, EUDP og DI konference om finansiering af nye energiteknologier, INSERO Horsens (Poul Erik Madsen).*
- › *November 2012, Temadag om industrielle energibesparelser, TI, Århus (Poul Erik Madsen).*
- › *Juni 2012 10th, Gustav Lorentzen Conference, Delfts, Holland (Lars Reinholdt).*
- › *April 2012, DANVAK-dagen, Lyngby (Peter Brøndum).*
- › *Oktober 2011, Oplæg på Fjernvarmens Landsmøde, Ålborg (Peter Brøndum).*
- › *April 2011 3th, IIR Conference on natural refrigerants, Ohrid, Makedonien (Peter Brøndum).*
- › *Januar 2011, IDA konference om Klimakommissionens rapport, København (Peter Brøndum).*
- › *Januar 2011, Selskabet for Køleteknik seminar om Varmepumper, København (Peter Brøndum).*
- › *November 2010, VE-netværk (Ebbe Nørgaard).*

### Forløb

Peter Brøndum: Faserne i projektplanen blev nogenlunde overholdt.

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Peter Brøndum: Det er svært at vurdere effekten, men det at projektet blev realiseret var vigtigt for at demonstrere mulighederne, og projektet har derfor været med til at bringe de store varmpumper på dagsordenen også til højtemperatur varme. Dog er varmpumperne ikke slået igennem i det omfang, det var forventet. På produktionsvirksomheder er det ikke centralt for produktionen. Maskinmestrene er bange for at indføre ny teknologi, som kan give driftsproblemer, og har ikke fokus på energibesparelser.

Peter Brøndum: ARLA har siden projektet investeret i adskillige varmepumper med høj temperatur, dog ikke fra Industri-Montage Vest (Innoterm). Derudover er der nogle pionerer inden for fjernvarme, som har installeret store varmepumper (Bjerringbro, Brædstrup, Dronninglund fjernvarmeværker m.v.).

Peter Brøndum: Ifølge Klimakommissionen skal 25% af varmen komme fra varmepumper i 2050. Så der er lang vej igen, da der kun er installeret højst ca. 100 store varmepumper i Danmark i dag.

Kurt Hytting: Interessen for varmepumper er der blandt virksomhederne, men teknikken kan ikke slå igennem pga. afgiftssystemet. Ud over miljøfordelen har der derfor ikke været en effekt. For eksempel var Daloon og Nyborg fjernvarme begge interesserede i et fælles projekt for udnyttelse af overskudsvarme, men pga. afgifter på overskudsvarme til fjernvarme hang økonomien ikke sammen. (Kurt Hytting henviser til JP Erhverv og Økonomi d. 3/5 2011). Thise Mejeri, som deltog i projektet, kunne også have udnyttet varmepumpe varme til vask af kasser, men på grund af afgifter (da kasserne blev vasket i et åbent system), kunne projektet ikke realiseres.





Peter Brøndum: I Grontmij fik projektet en effekt, da der blev ansat yderligere to personer til at arbejde med varmepumper.

Kurt Hytting: Industri-Montage Vest havde regnet med en stor forretningsudvikling som følge af projektet, men det slog fejl pga. afgifterne. Vi kunne ikke øge omsætningen på varmepumper, og forretningen eksisterer kun i dag på grund af køleanlæg.

Kurt Hytting: Industri-Montages forretning blev ikke øget på grund af projektet. Man prøvede at eksportere teknikken til Chile i forbindelse med solvarmeprojekter, men uden succes. Den manglende forretningsmæssige effekt hænger hovedsageligt sammen med, at økonomien i projekterne er dårlig pga. afgiftsstrukturen.

## Danmark og internationalt

Peter Brøndum: Tilbagebetalingstiden for projektet var 2,3 år, men med energisparetilskud kom den ned på 1,5 år. Det lærte os, at det er varmebesparelse der batter, og varmepumpen er kun en del af den samlede indsats.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Peter Brøndum
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark?	
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?	
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?	
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: Interview og COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Peter Brøndum: I ARLA Arinco blev det skønnet, at kombinationen af energibesparelse og varmepumpe ville spare 14 mio. kWh eller en udledning af 1.150 tons CO<sub>2</sub> per år. Dette er dokumenteret i Viegand & Maagøes verifikation.

Kurt Hytting: Hvis varmeafgifterne på overskudsvarme / elafgifter på el til varmepumper blev ændret ville der kunne etableres ca. 500 store industrivarmepumper a ca. 1 MW i Danmark, projekter a ca. 8-10 mio. kr. Dette ville kunne give en betydelig beskæftigelsesvirkning og vækst. Samtidig ville det indebære en stor CO<sub>2</sub>-udledningsreduktion, foruden de systemmæssige fordele med balancering af el-systemet og integration af vindkraft. I så tilfælde ville projektet have en effekt, da det har demonstreret, at hybridvarmepumperne virker.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Kurt Hytting: Støtten havde en betydning for at få startet projektet, og det gav fokus, men var skævt fordelt, til rådgivernes fordel, mens Industri-Montage Vest lavede det meste arbejde. Det førte derfor ikke til yderligere samarbejde. Der burde være mere fødselshjælp (gratis rådgivning) til at virksomheder kunne foreslå projekter, gerne fra en neutral partner.

Peter Brøndum: Støtten muliggjorde, at projektgruppen blev samlet og følte sig forpligtet til at indgå i udviklingsarbejdet, så den betød meget.

Peter Brøndum: Det er en barriere, at kølebranchen og fjernvarmebranchen ikke taler samme sprog. Apropos dette er der i Odense d. 19. november arrangeret et møde med titlen "Fjernvarme møder kølebranchen".

Kilde: EF	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000 kr.)	Tilskud
Thise Mejeri A.M.B.A.	Privat v.	100+	D	240	50%
Århus Slagtehus A/S	Privat v.	20-49	D	220	50%
ARLA Foods AMBA	Privat v.	100+	D	750	67%
ARLA Foods AMBA	Privat v.	100+	D	1.026	43%
Industri-Montage Vest A/S	Privat v.	20-49	D	770	44%
SPX Anhydro (SPXA)	Privat v.	100+	D	981	50%
Teknologisk Institut	GTS	100+	D	2.030	66%
Grontmij A/S	Privat v.	100+	PL	1.575	66%
<b>I alt</b>				<b>7.600</b>	<b>39%</b>

## Projektkæder

Peter Brøndum: Efterfølgende kom der et projekt, der gik på udvikling af hybridvarmepumper – 'Udvikling af højtemperatur hybridvarmepumpe (64011-0351). Dette projekt blev også støttet af EUDP. Tilsvarende er et andet projekt med Teknologisk Institut og Johnson Controls med vanddamp højtemperatur varmepumper støttet af ELFORSK.

Peter Brøndum: For nye projekter med uafprøvet teknologi har projektkæder en god virkning, men for projekter med korte tilbagebetalingstider vil virksomheder være betænkelige ved at søge støtte, da det er besværligt og tidskrævende at lave ansøgninger.

## Projektpartnerskabet

Kurt Hytting: Rådgiverne var gode til at lave ansøgning om støtte, men bidrog ikke nok til realiseringen. Samarbejdet med Arla kørte godt, som i et normalt industriprojekt. For de øvrige industripartnere passede teknologien ikke ind (Thise og Århus slagteri). Det var et problem for samarbejdet, at rådgiverne gjorde krav på de fleste penge, efter at projektet var startet. Industri-Montage fik kun 15% af støtten, selvom de lagde de fleste timer.

Kurt Hytting: Det vil være bedre for udviklingsprojekterne, hvis industrivirksomheder i højere grad er drivende. Der vil komme mere konkrete resultater ud af projekterne med de samme midler.

Peter Brøndum: Samarbejdet i projektet gik godt. Jeg var egentlig modstander af, at Industri-Montage Vest skulle have del i støtten, da de jo fik ordren på varmepumpeanlægget. Alligevel fik de 15% af støttemidlerne.

Peter Brøndum: Nogle af deltagernes engagement blev mindre, da det blev klart, at varmepumperne ikke var interessante for dem (Thise og Aarhus Slagtehus).

Peter Brøndum: EUDP-støtte er betinget af, at der rapporteres vedr. anvendelse af midlerne m.v. For en industrivirksomhed er rapporteringskravet en tung administrativ byrde, da de i modsætning til rådgivere ikke er vant til at registrere timer. Det favoriserer rådgivere.

## Samarbejde med programsekretariatet

Peter Brøndum: Der har ikke været noget at udsætte på samarbejdet med programsekretariatet: De har ikke blandet sig meget i projektet, men har bakket op om projektet.

## EU7 – Avancerede HT-PEM brændselsceller

Fuld titel	Kommercielt gennembrud af avancerede HT-PEM brændselsceller (64010-0033 / 64010-0106) – også kaldet COBRA I (COmmercial BReakthrough of Ad- vanced fuel cells)		
Bevillingsår	2010	Påbegyndt	Juni 2010
Energiområde	Brint og brændselsceller	Projektstatus	Afsluttet januar 2014
Interview med	Projektansvarlig: SerEnergy, repræsenteret v/ Mads Friis Jensen Projektansvarlig: DTU Energi, repræsenteret v/ Jens Oluf Jensen & Lars Nilausen Cleemann		



### Projektet kort

I projektet er der udviklet et 5 kW brændselscellemodul baseret på højtemperatur PEM-brændselsceller med metanol som brændstof. Brændselscellemodulet kan anvendes til energiforsyning til forskellige formål, f.eks. til APU-enheder (auxiliary power units), UPS (uninterruptible power supply) og transport.

### Resultater

Gennem projektet har SerEnergy og Danish Power Systems været i stand til at forbedre kommercielle MEA'er (nøglekomponent, membrane electrode assembly), brændselscellestakke og systemer betragteligt produktionen. Med de nye produktionsmetoder er fejlraten for MEA'er under 5% ligesom tykkelsesvariationen også er kommet under 5%.

De udviklede brændselscellestakke med de forbedrede MEA'er har opnået en el-virkningsgrad på mere end 45%, og levetiden for brændselscellestakken er mere end fordoblet til over 4.000 timer. Opstartstiden for 5 kW brændselscellemodulet er også blevet væsentligt forbedret, idet opstartstiden er kommet under 14 minutter, hvilket er mere end en halvering sammenlignet med udgangspunktet ved projektstart.

Aalborg Universitet og Danmarks Tekniske Universitet har bidraget betragteligt til komponent- og systemudviklingen med vigtigt viden, opnået gennem et stort antal komponent- og systemtest samt analyser og optimeringer.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Mads Friis Jensen	Jens Oluf Jensen
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

### Formidling

Projektet har medført over hundrede artikler og oplæg af forskellig slags. Et mindre udvalg inkluderer følgende:

- › S.J. Andreasen, S.K. Kær, S.L. Sahlin "Control and experimental characterization of a methanol reformer for a 350 W high temperature polymer electrolyte membrane fuel cell system", *International Journal of Hydrogen Energy*, 2013, Vol. 38, No. 3, pp. 1676-1684.
- › J. R. Vang, S. J. Andreasen, S. K. Kær "A transient model to simulate HTPEM fuel cell impedance spectra", *Journal of Fuel Cell Science and Technology*, 2012, Vol. 9, No. 2, pp. 21005-14.



- › 19th International Energy and Environment fair and conference. B2B Meetings event.
- › Catalog of participants. H. A. Hjuler and T. Steenberg. Turkey, April 2013.
- › “Fuel Cells operating on conventional Fuels as Auxiliary Power Units”. FCCFAPU 2013. Information Booklet.
- › Hans Aage Hjuler: The Development of High Temperature Polymer Electrolyte Fuel Cells. Orchestrated NanoKnowledge, Energy, Surfaces and Nanomedicine, Danish Technological Institute, Tåstrup, 22-23 januar, 2013.
- › Performance of the HT-PEM Membrane Electrode Assembly. Hans Aage Hjuler, Thomas Steenberg, Carina Terkelsen, Thorsten Holst, Hector R. Garcia and Kevin Cooper.
- › Polymer Electrolyte Fuel Cells 12 (PEFC 12). ECS-transactions, vol.50, no.2, p. 1127, 2012.
- › 260 millioner til bioenergi, brint og brændselsceller. Nyhedsbrev om bioenergi, brint & brændselsceller nr. 42, december 2012.
- › “Semi-empirical modeling in a proton exchange membrane fuel cell system – Membrane Electrode Assembly (MEA to MEA) variation”. Hector R. Garcia, Thomas Steenberg, Hans Aage Hjuler, Thorsten Holst, Carina Terkelsen. 96 – Poster session. 101 of 106 3rd Carisma International Conference of Medium and High Temperature PEM Fuel Cells Copenhagen, 3 – 5 September 2012.
- › “Performance and degradation of high Performance MEAs for High Temperature PBI Fuel Cells”. Thomas Steenberg, Hans Aage Hjuler, Carina Terkelsen, Hector R. Garcia, Thorsten Holst. 12 – Oral presentation. 3rd Carisma International Conference of Medium and High Temperature PEM Fuel Cells Copenhagen, 3 – 5 September 2012.
- › Dansk fremstød for brændselsceller i Korea, Jern og Maskin INDUSTRIEN, Nr. 20, Uge 102 of 106 25 & 26 juni 2012, side 20.
- › Inspiring Denmark, Danish Business Delegation, Trade Council of Denmark, Royal Danish Ministry of Foreign Affairs, Book, pp. 38-39, 2012 (in Korean).
- › Direct Dimethyl Ether Fuelling of a High Temperature Polymer, Fuel Cell. J. O. Jensen, A. Vassiliev, M. I. Olsen, Q.F. Li, C. Pan, L. N. Cleemann, T. Steenberg, H. A. Hjuler and N. J. Bjerrum. Journal of Power Sources, 211 (2012) 173-176.
- › Synergi giver billigere og bedre produktion af solceller og brændselsceller, Automatik og proces, Nr. 1, 37. årgang, januar/februar 2012.

## Forløb

Jens Oluf Jensen: Oprindeligt var det planen, at tilknytte en Ph.d. til projektet, men vi valgte i stedet en post-doc (Lars Cleeman, som nu er ansat hos os), som havde erfaring relevant for området. Vurderingen var, at det var lettere at starte op med en post-doc.


## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Mads Friis Jensen: Vi følger vores forretningsplan fra ansøgningen og har ved afslutning af projektet leveret 20-30 systemer til udvalgte kunder for indledende test og validering.

Mads Friis Jensen: Mange andre er urealistiske og forstår ikke, at der er behov for et langt sejt træk – det er simpelthen fysisk umuligt at hoppe fra lav til høj produktion. Systemerne skal virke ordentlig. Hvordan starter man med at sælge noget? Vi satser i første omgang på nichemarkeder. Der var kunder, der kunne bruge delkomponenter af COBRA-produktet undervejs i projektet, og vi solgte derfor allerede ret godt i løbet af projektet. Produkter markedsføres til et nichemarked for teknologiudvikling og specialapplikationer, herunder; taktiske generatorer til militæret samt fremdrift til specialkøretøjer. Nu er nogle af de første nicher forsvaret og vi er i gang med den rigtige kommercielle markeder for nødstrøm og hjælpegeneratorer i områder med ustabil eller intet elnet samt teleindustri, som leverer telemaster til tredjeverdens lande. Var man en teknologigigant med eksisterende kanaler, ville det være enklere.

Mads Friis Jensen: Markedsforståelsen er ikke klar, når man nyudvikler. Vi har haft meget fokus på den kommercielle vinkel og har mødt kunder og testet tidligt i forløbene, hvad er godt og ikke godt. Det er det ansvarsområde, jeg er ansat til at varetage.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Mads Friis Jensen
... jeres <b>forretnings- og finansieringsplaner</b> har holdt stik efter projektets afslutning?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Jens Oluf Jensen / Lars Nilausen Cleemann: Det primære udbytte for DTU som vidensinstitution er ikke vækst men videns-vedligeholdelse og fortsat højt forskningsniveau og komme videre med området. Vi ser projekterne i sammenhæng, hvor et projekt kan bidrage med en sten eller to til et andet og omvendt. DTU Energi arbejder med flere projekter, som tilsammen spænder bredt. Alle projekter har en rolle, idet undervisningen er forskningsbaseret, og de studerende bidrager til projekterne som uformelt indlejrede i projekterne – dette gør, at projekterne får ekstra arbejdskraft og allervigtigst, set fra universitetets perspektiv, mere relevant arbejde for de studerende med klare aftagere af de studerendes resultater.

Jens Oluf Jensen / Lars Nilausen Cleemann: Helt konkret udbyder DTU Energi et ECTS-kursus og eksperimental kursus i brændselsceller og hydrogenceller, som bl.a. inddrager erfaringer og viden høstet i dette projekt.

Jens Oluf Jensen / Lars Nilausen Cleemann: DTU var med som nogle af de første inden for brændselsceller. I anden halvdel af 1990erne blev emnet opdaget i USA (Case Western Reserve University, Ohio), og en DTU-kollega spottede det hurtigt og tog stafetten op. Projektet (og dets forgængere bl.a. under ForskEL og EU) har bidraget til, at DTU Energi har fået et stort internationalt netværk med udenlandske partnere og en del EU-projekter. Nu er det velset at have udenlandske specialister med i projekterne. DTU var nogle af de første til at arbejde med disse ting, og DTU har etableret et godt navn. Vi er efterhånden nået op på en vis kritisk masse af projekter inden for emnet. Det betyder, at vi kan være vært for konferencer om emnet. Vi har også publiceret meget.

Mads Friis Jensen: De strategiske alliancer er vigtige for udviklingen. SerEnergy har købt licens af BASF til MEA. BASF er således primær leverandør af materialer til SerEnergy og DPS sekundær leverandør. Mindst lige så vigtigt er, at producere selve komponenterne til MEAen, og der er SerEnergy og Fischer group gået sammen og har etableret en strategisk alliance ligesom DPS og SPgroup er gået sammen. Både SerEnergy og DPS har været igennem en proces, hvor de måtte erkende, hvad er de gode til, og hvad kan lykkes/ikke lykkes.

Mads Friis Jensen: Der er siden afslutningen af COBRA I udtaget tre patenter, men det er svært at pege på hvilke af disse der kan tilskrives projektet. Ved opstarten af COBRA I havde vi 15 ansatte. Nu er vi over 45, men det er svært at tilskrive væksten til et enkelt projekt. Vi er vokset støt siden 2011, og nu er væksten ved at flade ud.

Projektet har som nævnt allerede skabt omsætning for SerEnergy. I tabellen nedenfor er angivet, hvordan omsætning og beskæftigelse forventes at udvikles sig frem til produkterne er veletablerede på markedet.

Når veletableret ...	SerEnergy		
	I dag	Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	10.000	200.000	500.000
... heraf eksport	95%	50%	50%
Jobs – Fastholdelser	45	50	50
Jobs – Nyansættelser	10	50	200

Kilde: Interview og AF.

DPS skønnede på afslutningstidspunktet for projektet, at projektet havde ført til 3 ekstra medarbejdere og inden for de næste 5 år ville føre til 6-8 yderligere ansættelser. Den skabte omsætning udgjorde på det tidspunkt 6 mio. kr. og forventes at stige til mere end 10 mio. kr. inden for 5 år. (Kilde: AF)

### Danmark og internationalt

COBRA-projektet understøtter en metanolbaseret generator, der kan erstatte forbrændingsmotorer i fx biler som et supplement til batterielektrisk platform. CO<sub>2</sub>-udledningen fra transport vil kunne reduceres drastisk. Hertil kommer at forsyningssikkerheden vil stige markant, da metanol kan produceres af lokal produceret biomasse og andre VE-kilder. Det omfattende danske forskningsprojekt 'Coherent energy and environmental analysis' (CEESA), hvor 24 danske energiforskere har udviklet scenarier for det danske energisystem, peger på metanol, som den energibærer, der kan binde energisystemet sammen, både i forhold til lagerstabilitet og evnen til at veksle mellem el, biomasse og gas. Energinet.dk har i deres systemplan 2012 ligeledes peget på metanol/DME, som måden el- og gastransmission skal bindes sammen til transportbrændstoffer. (Kilde: AF)

Et regneeksempel på en mulig energimæssig effekt: Med 20.000 km/år og en gennemsnitlig CO<sub>2</sub>-udledning på 133 g/km udleder en benzinbil ca. 2,5 tons CO<sub>2</sub>/år. En kombineret metanol og batterielektrisk platform vil kunne reducere dette til 160 kg CO<sub>2</sub>/år. (baseret på Energistyrelsens 'Alternative drivmidler V2.1' – 2020 scenarie på biometanol – well-to-wheel). (Kilde: AF)

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Mads Friis Jensen	Jens Oluf Jensen
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark? JOJ: Omfatende brug af vind kræver konvertering til brændsler, og her er metanol et godt bud til mange anvendelser, altså "Høj" tænkt ind i et system.		
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi? JOJ: Dette afhænder af, hvorfra metanolen kommer. Det er et større regnestykke, men potentialet er højt.		
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ? JOJ: : Det kommer an på om metanolen kommer fra vind/biomasse, eller fossiler. I det rigtige system, så er potentialet højt.		
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet? JOJ: Det er nødvendigt at analysere hele systemet, så man ikke bare har ekstraudgifter/besparelserne et andet sted i systemet. Ikke mit kompetence-område. Dog mener jeg, at det er åbenlyst, at hvis klimaeffekter regnes med, så vil mange klimafornuftige løsninger også på sigt være økonomisk fornuftige.		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Mads Friis Jensen: Hvis ikke vi har adgang til støtte, så skal vi ud på det kommercielle låne-marked og samle penge op, og der er der ringe tålmodighed over for det lange seje træk og hårde krav om hurtigt udbytte. Det giver en stop-go effekt for virksomhedens arbejde og udvikling.

Mads Friis Jensen: De indtægter, SerEnergy har haft ved at sælge komponenter tidligt, har givet dækning af egenfinansiering i projektet. Vi foretrækker at benytte os af ”ormemeto-den”, indtil der er styr på værdikæden (dvs. et godt nok produkt og kunder der efterspør-ger produktet) – man maver sig frem som en orm og lærer hen ad vejen uden at få de større investorer med kort tolerance ind. Dette er helt centralt for virksomheden. Denne tilgang i kombination med adgang til støtte, giver os mulighed for at gøre fremskridt i ud-viklingen meget hurtigere og skabe resultater. Først derefter bør man gå ud og have fokus på at finde investorer.

Mads Friis Jensen: Vi kommer hurtigere frem på banen pga. støtten. Men det er vigtigt, at vi tror på os selv og ikke kun, at EUDP tror på os. Over kunder vil vi hellere nedtone, at vi har modtaget støtte, men over for interessenter kan det have værdi at kunne sige, at vi har modtaget støtte fra EUDP.

Jens Oluf Jensen / Lars Nilausen Cleemann: Dette er et af vores første projekter i EUDP-regi, og det har givet nye kontakter med direkte samarbejde med SerEnergy.

Jens Oluf Jensen / Lars Nilausen Cleemann: Som universitet kan vi ikke lave projekter som dette uden støtte og dermed udelukkende på basismidler (basismidler kan ikke engang dække omkostninger til den almindelige stab). En stor del af DTUs (og andre universite-ters) rådighedsbeløb kommer fra tildeling af forskningsmidler, som uddeles i konkurrence. Strategiske forskningsmidler er i højere grad øremærket til særlige formål.

Mads Friis Jensen: Projektet er et af vores første inden for EUDP-rammen og i dette pro-jekt har vi været mere tungt involveret (hovedansøger). Før (dvs. 2006-2009) kørte firmet uden for støttesystemer. Vi solgte produkter og var kun med i støttede projekter, såsom dansk mikrokræftvarme i 2007-08, som underleverandør af viden eller udstyr ind til projek-terne. Grunden til vores større interesse i støtte er et ønske om i samarbejde med DTU, Aalborg Universitet og DPS at skabe et fagligt og politisk fundament for brændselsceller. Sammen arbejder vi målrettet på en unik værdikæde for forskning i materialer og syste-mer og virksomheder, og vi har i dag faktisk en unik førerposition på både det forsknings-mæssige og det kommercielle. Væsentligt for vores succesfulde fremskridt har været, at vi først etablerede et forretningsgrundlag for mindre systemer (luft- eller væskekølet er det springende punkt), før vi gik videre til en platform for større systemer (ordentlig indsats inden for de væskekølede, globalt skalerbart). Vi har sørget for at have styr på systemet, styr på kunderne og styr på grundkomponenterne/materialet (DTU/DPS).

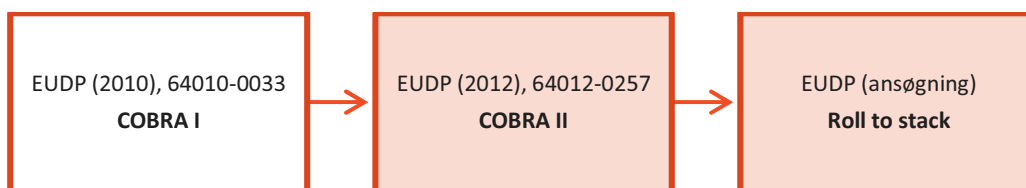
Fra slutschema	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000 kr.)	Tilskud
SerEnergy A/S	Privat v.	35	PL	15.850	60%
Danish Power System	Privat v.	10-19	D	13.658	60%
Aalborg Universitet	Viden/Udd	100+	D	4.835	78%
DTU Energi	Viden/Udd	100+	D	4.510	85%
<b>I alt</b>				<b>38.854</b>	<b>65%</b>

## Projektkæder

COBRA-programmet er opdelt i faser, hvor man forbereder, at der kommer tre projekter.

Jens Oluf Jensen / Lars Nilausen Cleemann: Der opdeles i tre faser for at indbygge logiske stop, hvor man vurderer, om det er værd at gå videre med næste trin. Trinene var:

- › COBRA I (64010-0033) – Udvikling 5kW væskekølet stak.
- › Igangværende COBRA II (64012-0257) – Øge holdbarhed og teste systemer i bredere forstand hos nogle kunder. COBRA II startede i 2014 og forventes afsluttet i 2017.
- › 'Roll to stack' – Udvikling af produktionslinjer og skalerbar produktion. Ansøgning er indsendt til EUDP og projektet forventes at afvikles i perioden 2016-2018;
- › Herefter kommerciel storskala produktion.



## Projektpartnerskabet

Projektteamet bestod af SerEnergy, DTU Energi, Aalborg Universitet og Danish Power Systems (DPS).

Jens Oluf Jensen / Lars Nilausen Cleemann: Før man kom i gang med brændselsceller herhjemme, gik nogle seniorer fra DTU sammen med tidligere ansatte fra Hellesens i 1996 og skabte Danish Power Systems omkring batteriudvikling med det mål at flytte laboratorier ud at arbejde i den virkelige verden. Der har siden været et fint parløb DTU og Danish Power Systems. På lignende vis er SerEnergy en udløber fra Aalborg Universitet.

Jens Oluf Jensen / Lars Nilausen Cleemann: Der er ikke et universitet (med naturvidenskab) i Danmark, som DTU ikke har et samarbejde med. Vi supplerer hinanden. I det konkrete projekt står Aalborg Universitet for det systemtekniske og DTU for celleniveauet. Dermed er der i projektet et klart ansvarsskel men også megen god sparring qua de forskellige baggrunde. Universiteterne i Danmark strides ikke som i udlandet. I hvert fald ikke på dette område. En af forklaringerne kunne være, at man har en fælles platform i form af 'Partnerskabet for Brint og Brændselsceller', hvor man betaler medlemskab. Partnerskabet for Brint og Brændselsceller udstikker strategier<sup>4</sup> for områderne og fungerer som et forum for udveksling af erfaringer og hvor langt, man er kommet. Den fælles front giver bedre adgang til midler. Fordelen ved et samarbejde er, at vi er afhængige af hinandens succes. Der er ingen tvivl om, at brint og brændselsceller er klimamæssigt genialt, men markedet er svært at løbe i gang, eftersom brændselsceller erstatter noget, som fungerer godt i markedet, som brugerne er tilfredse med, og som er billigere. I virkeligheden er vi universiteter (og de private virksomheder) mere kollegaer end konkurrenter, da det er en fælles fordel at få udviklet bedre og billigere teknologi, så markedet kommer i gang. "Naboens succes er også vores succes." Da Topsøe lukkede ned, var det skidt for os alle, for det skabte tvivl omkring området.

<sup>4</sup> Strategier findes på hydrogenet.dk.

Jens Oluf Jensen / Lars Nilausen Cleemann: Det er ikke noget problem at sætte firmaer i søen. De fleste nystartede virksomheder dør. Kunsten er at sikre, at de overlever. Vi vil hellere støtte op om de eksisterende firmaer og sikre, at de overlever den såkaldte ”valley of death”.

### **Samarbejdet med programsekretariatet**

Mads Friis Jensen: Det er muligt at have en god dialog med EUDP-sekretariatet omkring årsager til, at det enkelte projekt ændrer sig undervejs i forløbet. Der er ofte løbet meget vand under broen siden ansøgningstidspunktet.

Jens Oluf Jensen / Lars Nilausen Cleemann: Vi har inviteret EUDP med i netværksaktiviteter fx til workshop ude i Seoul, Korea med gratis deltagelse for 80 deltagere (også fra Danmark). Lennart Andersen fra EUDP holdt indlæg om den danske tilgang til forskning og Danmarks mål for energiudviklingen.

Mads Friis Jensen: Vi i SerEnergy har stor erfaring med andre støtte-programmer i Danmark og udland. EUDP er det mest gennemskuelige og smidige system. Sekretariatet reagerer hurtigt på henvendelser og tager hurtigt beslutninger. De har også været gode til at sige ”Stop med det pjat. I har sagt 5.000 timers drift og ikke 4.500 timer. Så det skal I nå, ellers så er det stop.” Sekretariatet formår at holde os fast på kernen i projektet. Fleksibelt og skarpt.

## EU8 – Professionelle kølemøbler

Fuld titel	Fremtidssikring af dansk produktion af professionelle kølemøbler (64010-0412)		
Bevillingsår	2010	Påbegyndt	Januar 2011
Energiområde	EE teknologi	Projektstatus	Afsluttet marts 2014
Interview med	Projektansvarlig: Teknologisk Institut, repræsenteret v/ Per Henrik Pedersen Projektpartner: Vestfrost Solutions A/S, repræsenteret v/ Lars Gorzelak		



### Projektet kort

Formålet med projektet var overordnet set at fremtidssikre den danske produktion af professionelle kølemøbler ved at sørge for, at de er "best in class" og dermed bidrage til at sikre konkurrenceevnen, eksport og beskæftigelse.

I forbindelse med ECodesign direktivet fra 2005 var der på europæisk plan igangsat studier af, hvordan energimærkningskriterier og minimumskrav til energieffektivitet skal se ud for en række produkter. Blandt de studier, der var langt fremme, er studier for kommercielle køleskabe og -frysere. Energistyrelsen har prioriteret dette EU-arbejde meget højt, og deltager meget aktivt i at skabe skrappe (men realistiske) krav til energieffektivitet for fremtidige produkter. Mangel på energimærkningsordninger eller andre værktøjer for købere og brugere af professionelle kølemøbler har ofte medført, at det er salgsprisen frem for den samlede "life cycle cost", som har været den største konkurrencefaktor.

Projektet havde to parallelle udviklingsforløb: Spor 1) Gram Commercial storkøkken og spor 2) Vestfrost Solutions flaskekølere og vinkølere.

Projektet bestod af en række workshops med tekniske indlæg samt opsamling på EUs mærkningsordninger og processen omkring ECodesign kriterier og mærkningsordninger. Sideløbende er der udviklet og testet optimerede kølemøbler.

### Resultater

De udviklede produkter til storkøkkener er ifølge test i laboratorie 29% bedre i forhold til Gram Solutions tidligere bedste køleprodukter og 27% bedre fryseprodukter. En field test sammenligning med tidligere modeller bekræfter disse forbedringer. Gram Commercial er nu signifikant bedre end andre producenter internationalt, dog bider tyskerne dem lidt i haserne. På fryseområdet er danskerne ikke alene i toppen. Gram Commercial har parallelt med udviklingsprojektet gennemført et projekt med udvikling af nyt design til produkterne. Produkterne er sat i produktion og Grams produkt er nu deres standardvare og produceres i Vojens. Gram Commercial sælger mest i Skandinavien, UK, Tyskland og Holland. (Kilde: AN + AF)

Vestfrost Solutions vinkølere til professionelle er 45% mere effektive og var ved projektets afslutning produceret i omkring 100 styk. Salget er ikke helt så stort som forventet, men dog stigende. Vestfrost Solutions sælger på globalt plan, men vinkøleren vil først og fremmest blive solgt i Europa.

Per Henrik Pedersen: Teknologisk Institut har ledet mange projekter og kan med dette projekt fastholde sin position i førerfeltet i Danmark og udenlands. Teknologisk Instituts nærmeste konkurrenter på området er Re/genT Holland – et privat firma udsprunget af Phillips research, og så måske Bristol University (UK).

(Per Henrik Pedersen: Teknologisk Institut har ikke haft nogen Ph.d. tilknyttet til projektet.)

### Formidling





Per Henrik Pedersen: Helt konkret havde projektet en event i forbindelse med Kulturstaten i Klima- og Energiministeriet i Stormgade med fremvisning vinkøleskab og film om Gram, hvor der kom omkring 3.000 gæster. ”Måske kunne EUDP have gjort en større indsats for mere offensivt at udbrede kendskabet til projektet via fx happenings, pressemøde, kølere i Energistyrelsens kantine eller departementet – men det kunne vi måske også selv have gjort.”

### Forløb

Spor 1 kom i mål. Spor 2 blev ændret og flaskekølerne parkeret, mens de kørte videre med fokus på vinkølerne, idet EU-beslutninger vedrørende energimærkning gjorde det relevant at fokusere på at få vinkølerne i bedste energiklasse.

Lars Gorzelak: Vores virksomhed lever af at være de mest innovative. Derfor er det vigtigt for os at være på forkant med udviklingen. Da det begyndte rykke på EU-niveau med regulering på vinkøler-området, valgte vi at parkere flaskekølerne, så vi kunne fokusere indsatsen intensivt på udviklingen af vinkølerne – ud fra devisen at det er bedre at komme hurtigt frem over en smal front end langsomt frem over en bredere front. Vores målsætning var at blive de første, der lancerede et stort vinkøleskab med glasdør i energiklasse A+. Og det lykkedes.

Lars Gorzelak: Udviklingen af energieffektive og miljøvenlige flaskekølere blev i stedet taget op i et senere EUDP-projekt lanceret i 2014 (se Projektkæder længere fremme). Noget tyder på, at EU snart er parat med regulering på området for flaskekølere, og vi forventer også denne gang at kunne være de første til at levere det bedste produkt på markedet.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Per Henrik Pedersen	Lars Gorzelak
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?		
... jeres <b>forretnings- og finansieringsplaner</b> har holdt stik efter projektets afslutning?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: interview og COWI/Ea/Damvad, survey 2015.



## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Lars Gorzelak: Det, vi forudså i markedet, var et øget fokus blandt kunderne på energiforbrug og naturlige kølemidler, og den trend har vist sig at være rigtig. Takket være udviklingsarbejdet står vi nu godt rustet og er blandt verdens bedste. Porteføljen af high-end vinkøleskabe i energiklasse A+ er siden udvidet til nu at omfatte fire forskellige modeller.

Både Gram Commercial (ca. 200 ansatte) og Vestfrost Solutions (ca. 400 ansatte) er i positiv gænge med svagt stigende antal ansatte, men beskæftigelsen svinger afhængigt af ordrebogen.

Lars Gorzelak vurderer, at Vestfrost Solutions til dags dato har øget omsætningen med 1,5 mio. kr. som direkte følge af den nye teknologi. Han forventer, tallet vil være stigende i de kommende år.

VESTFROST SOLUTIONS Når teknologien er veletableret ...	Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	5.000	10.000
... heraf eksport	95%	95%
Jobs – Fastholdelser	1	2
Jobs – Nyansættelser	-	-

Kilde: Interview.




## Danmark og internationalt

### Energi

Der er anslået 50.000 storkøkkenkøleskabe og fryserne i Danmark, og ifølge ECOdesign-studier er der ca. 3,2 millioner apparater i EU-25. Energiforbruget af storkøkkenkøleskabe og fryserne anslås til at være ca. 90 GWh/år (anslået af Teknologisk Institut) og i EU til at være ca. 9 TWh/år (foreløbigt tal i igangværende ECOdesign-studie Entr. Lot 1).

Der er anslået ca. 70.000 flaskekølere i Danmark og ifølge ECOdesign-studier er der ca. 6,3 millioner i EU-25. Energiforbruget af flaskekølere i Danmark anslås til at være ca. 128 GWh/år (anslået af Teknologisk Institut), og i EU ca. 17 TWh/år (Ecodesign-Lot12 rapport).

I projektet satses på yderligere 25% besparelse i forhold til de to danske producenters i forvejen ret effektive produkter. Besparelspotentialet i Danmark vil være mindst 30 GWh/år og på EU-plan mindst 2.500 GWh/år. Hvis alle professionelle kølemøbler med dårlig energieffektivitet udskiftes med "Best in Class"-apparater, vil potentialet være væsentlig større.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Per Henrik Pedersen
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark?	
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?	
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?	
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?	Ikke relevant

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Per Henrik Pedersen: Jeg tvivler på, at produkterne var kommet så hurtigt på markedet, hvis ikke projektet havde fået EUDP-støtte. Det er vigtigt at kunne bevise overfor aftagerne, at produkterne virker og kan opnå de ønskede energibesparelser.

Per Henrik Pedersen: Generelt er det vigtigt for små virksomheder at få støtte til investeringer – det giver øget interesse for produktudviklingen ikke bare eksternt men også internt i virksomheden.

Lars Gorzelak: Vi arbejder konstant på at forbedre vores produkter, så vi kan være blandt de bedste i markedet. Vi var nok nået hen derhen uden støtten, men udviklingsarbejdet ville ikke have fundet sted i den udstrækning og på det tidspunkt uden støtte. Vi bliver takket være støtten bragt helt i front og på det rigtige tidspunkt.

## Projektkæder

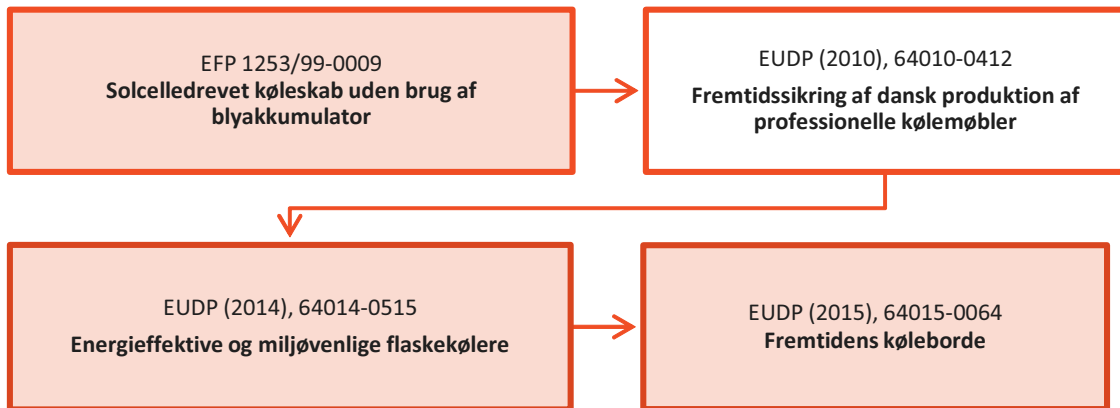
Gram Commercial havde i 2000-2003 et projekt sammen med bl.a. Teknologisk Institut med støtte fra CO<sub>2</sub>-midler, der havde til formål at udvikle en ny generation af energibesparende og miljøvenlige storkøkken kølemøbler og fryserne (731327/00-0122). Vestfrost har ligeledes haft et projekt 2002-2006 vedrørende flaskekølere (731327/97-0141). Begge var en succes og bidrog til en stærk markedsposition.

Andre relaterede projekter der har modtaget støtte er:

- › “FEHA-projektet” (Reduktion af varmetilførsel til kølemøbler) (731327/01-0156)
- › Energieffektive impuls kølere (ELFORSK 340-037), som vandt ELFORSK-prisen 2011.
- › Solcelledrevne vaccine kølere (1253/99-0009 og 33033-0297) – Der er tale om et gammelt EFP-projekt, som er afsluttet for mere end 10 år siden. Der er dog stadig aktivitet på området, da teknologien udnyttes i vaccine kølere, og Teknologisk Institut tester disse for bl.a. WHO.

Det belyste projekt har direkte ført til et nyt EUDP-projekt for Teknologisk Institut og Vestfrost Solutions, nemlig ‘Energieffektive og miljøvenlige flaskekølere’, projektnummer 64014-0515<sup>5</sup>, som behandler den del af spor 2, der blev nedtonet i det oprindelige projekt, samt projektet ‘Fremtidens køleborde’ (64015-0064).

<sup>5</sup> <http://www.energiteknologi.dk/da/project/energieffektive-og-miljoevenlige-flaskekoeelere>



Derudover, har Teknologisk Institut sammen med Gram Commercial i 2015 startet et EUDP-projekt (64015-0064) mhp at designe en ny generation af energieffektive professionelle køleborde, der skal være det mest energieffektive i EU og leve op til ECodesign-kravene, som kommer i 2016. Projektet skal medvirke til at fastholde og udvide dansk produktion på fabrikken i Vojens.

## Projektpartnerskabet

Projektet var et samarbejde mellem Teknologisk Institut, Vestfrost Solutions og Gram Commercial<sup>6</sup> samt Danfoss Compressors (senere Secop<sup>7</sup>).

Lars Gorzelak: For os giver det god mening at mødes og udveksle viden med kollegaer i branchen såsom Gram Commercial og Danfoss. Vi lever af at være blandt de mest innovative. Vi har derfor som regel et eller andet samarbejdsprojekt omkring udvikling kørende med forskellige partnere. Samarbejdet gør det muligt at vidensdele og få mest muligt ud af de timer, vi hver især lægger i arbejdet.

Lars Gorzelak: Mht. det forskningsmæssige aspekt, så bidrager Teknologisk Institut med viden og faciliteter, og deres faglige ekspertise gør det muligt at gå lidt mere i dybden med det rent teoretiske på specifikke områder, end vi normalt har mulighed for at gøre. Og det har stor værdi for os.

Per Henrik Pedersen: Teknologisk Institut har fulgt EU krav og ordninger som konsulent for Energistyrelsen og har skullet holde Energistyrelsen orienteret om emnet. Denne indsigt i EUs interesser og aktiviteter har Teknologisk Institut kunnet udnytte i projektet til gavn for de deltagende virksomheder, og omvendt har samarbejdet med de danske producenter kunnet bruges til at foreslå ordninger til EU Kommissionens processer.

Lars Gorzelak: Hvis man har haft gode og succesfulde projekter sammen tidligere og kender hinanden, er der en tendens til at gå sammen i partnerskaber igen. Det giver en vis sikkerhed for et godt resultat.

<sup>6</sup> Gram har solgt deres oprindelige navn til husholdningsprodukter til produktioner i Kina og Tyrkiet. Kernen i Gram Commercial er erhvervsmøbler.

<sup>7</sup> In 2010, the German holding company AURELIUS AG acquired Danfoss Household Compressors from the Danfoss Group, Denmark. In connection with the new ownership, Danfoss Household Compressors GmbH changed their name to Secop GmbH.

Per Henrik Pedersen: Det var en fordel, at firmaerne kendte hinanden og har arbejdet sammen i årevis og stoler på hinanden. Teknologisk Institut er desuden akkrediteret i test af apparater i henhold til internationale standarder.

Lars Gorzelak: Det har desuden en væsentlig betydning for os, at Teknologisk Institut kan påtage sig rollen som projektansvarlig med det dertil hørende papirarbejde. Det er en stor opgave for mellemstore og små virksomheder at løfte projektlederrollen, og det ville være en barriere for os, selv at skulle stå for projektledelsen.

Fra ansøgning	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
Vestfrost Solutions A/S	Privat v.	100+	D	1.030	40%
Danfoss A/S	Privat v.	100+	D	70	40%
Gram Commercial A/S	Privat v.	100+	D	1.410	40%
Teknologisk Institut	GTS	100+	PL	2.628	40%
			<b>I alt</b>	<b>5.138</b>	<b>40%</b>

## Samarbejde med programsekretariatet

Per Henrik Pedersen: Projektet har fået meget god støtte af programsekretariatet. Ændring i projektets fokus for spor 2 blev godkendt uden problemer.

Lars Gorzelak: Samarbejdet med sekretariatet har fungeret ganske fornuftigt. Set fra vores perspektiv er ansøgningsprocessen en omstændelig proces bl.a. pga. formkravene. Dog har vi forståelse for, at det er nødvendigt med ensartethed for at kunne administrere ansøgningerne. Og derfor er vi glade for at kunne benytte os af et samarbejde med Teknologisk Institut som projektansvarlig.

## EU9 – Drivhuset producerer solenergi

Fuld titel	Drivhuset producerer solenergi (64011-0001)		
Bevillingsår	2011	Påbegyndt	Marts 2011
Energiområde	Sol	Projektstatus	Afsluttet december 2014
Interview med	Projektansvarlig: Knud Jepsen A/S, repræsenteret v/ Kai Lønne Nielsen Underleverandør: Flex Technic, repræsenteret v/ Per Vestergaard		



### Projektet kort

I almindelige erhvervsdrivhuse er solindstrålingen i store dele af året flere gange større end varmebehovet. I stedet for at bortventilere solvarme ønskede Knud Jepsen at udnytte den til produktion af varme på andre tidspunkter ved at gemme varmen i buffertanke til døgn- og korttidsudjævning. Drivkraften var et ønske om en omstilling fra naturgas til en mere grøn, mere prisstabil og billigere energiforsyning i erhvervsgartnerier ved at transformere dem til stor aktive solfangerfelter.

Projektet udviklede og testede tre forskellige installationsdesign og fittings til letvægtsabsorbere parallelt i 3 sammenlignelige væksthushmiljøer på hver 1.000 m<sup>2</sup>. De tre testede systemer var:

- › 1. Et mobilt solfangerfelt som kan positioneres rækkevist over væksthusbordene;
- › 2. Et roterende soldæk monteret i spærkonstruktionen, som kan orienteres i forhold til solhøjden;
- › 3. Et luftsolvarmesystem, dvs. højtryksmikrosprinklere og varmegenvindingssystem i et lukket væksthush, hvor vanddampstågen fungerer som energibærer af solenergien over til varmevekslerenheden.

Testen skulle belyse, hvad der er mest effektivt og fungerer bedst i kombination med energidrift. Det kræver store investeringer at installere varmepumper på kraftvarmeanlæg, og varmepumpen skal køre en stor del af tiden, for at investeringen kan betale sig. Mulighed for samdrift med kraftvarme og varmepumpe selv på grøvejrdsdage gør det muligt at sænke røggastemperaturen og trække mere varme ud.

### Resultater

Solfangerfelterne i væksthushene har en ydelses-profil per installeret kvadratmeter solfanger, som tåler sammenligning med fjernvarmeværkernes barmarksfelter. Den oprindelige tanke var at trække maksimal varme ud på sommerdage, men testen viste, at væksthushets behov ikke var så stort, og at det bedre kan betale sig at trække mindre varme ud over en længere periode. Det er muligt at ekstrahere varme fra februar/marts og helt indtil november. Økonomisk set afhænger den optimale drift af varmepumpe og kraftvarme af bl.a. PSO-afgifterne, men drivhushene kan spare omkring 40% af energiforbruget til egne naturgaskedler.

Det umiddelbare resultat er 15-25% mere effektiv energiudnyttelse inklusive fordele ved mindre affugtningsbehov og dermed mindre energiforbrug til affugtning i drivhuse. Løsningen med luft-solvarmesystem, dvs. højtryksmikrosprinklere og varmegenvindingssystem i et lukket væksthush, hvor vanddampstågen fungerer som energibærer af solenergien

over til varmevekslerenheden og mulighed for effektiv affugtning om natten, hvor gardinerne er lukkede, er den mest effektive energiekstraktionsmåde.

### Formidling



Projektet er bl.a. omtalt i to fagtidsskrifter, nemlig:

- › *Gartneridende nr. 14, 2012 – 'Knud Jepsen tager solen til hjælp'*
- › *Kraftvarme Nyt februar 2013 – 'Spar på energien med et varmepumpeanlæg'*

Projektet er i 2013 fremvist i forbindelse med temadagsarrangement, hvor gartneriet fungerede som værtsholder for en delegation af danske gartnerier og ved gartnerivandring arrangeret af Den Unge Gartner d. 9. oktober 2013 (kilde: AF). Kai Lønne Nielsen: Projektet er desuden blevet fremvist på EUDP-temadag, som et eksempel på samdrift med kraftvarme. Fremvisningen af projektet kan ifølge Kai Lønne Nielsen muligvis inspirere til, at løsningen også finder anvendelse inden for andre områder, fx skoler.

### Forløb

Den oprindelige forretningsplan holdt i høj grad stik. Projektet lykkedes til fulde, omend det ændrede retning undervejs – fra et ligeligt fokus på tre parallelle tests til at gå mere i dybden med en løsning med mere kendt teknologi, nemlig varmevekslerenheder). Det betød, at man gik væk fra solpanelløsningen og dermed blev projektpartneren Arcon's rolle mindre end forventet.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Kai Lønne Nielsen
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?	
... jeres <b>forretnings- og finansieringsplaner</b> har holdt stik efter projektets afslutning?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

I juni 2015 vandt Knud Jepsen en global pris – nemlig Global Entrepreneur of the Year<sup>8</sup> – bl.a. pga. Knud Jepsens nyfortolkning af, hvordan energi kan leveres til gartnerier. Prisen skaber stor synlighed i branchen.

Kai Lønne Nielsen: En positiv sideeffekt ved den udviklede løsning er, at systemet samtidigt kan hjælpe til at affugte luften i drivhusene og derved spares der op til 25% rumvarmeenergi. Det viste sig nemlig, at der dannes betydelig kondens på kølefladerne som følge af den høje luftfugtighed i drivhuset. Normalt er det nødvendigt af og til at åbne gardinerne for at lukke luft ud og reducere luftfugtigheden. Kondensering på energisystemets køleflader betyder, at man kan holde gardinerne lukket, hvilket betyder en mere effektiv klimaskærm. Den tekniske løsning med varmeveksler gav derfor den bedste side-effekt,

<sup>8</sup> En gruppe af virksomheder (teknik og forædling) screener hvert år hele branchen og havde i år udvalgt 7 virksomheder til nærmere eftersyn, hvoraf 3 vandt prisen. <http://www.greeninspirationevent.com/> og [http://www.hortibiz.com/fileadmin/tuinbouwnet/user\\_upload/2012/pdf/Jury\\_report\\_winner\\_Green\\_Inspiration\\_Event\\_2015\\_Jepsen.pdf](http://www.hortibiz.com/fileadmin/tuinbouwnet/user_upload/2012/pdf/Jury_report_winner_Green_Inspiration_Event_2015_Jepsen.pdf)

idet kondensen kunne opsamles i et enkelt punkt. Solpanelerne derimod duede af flere grunde ikke lige så godt – de skyggede for meget for lysindfaldet, og de drypper kondens over det hele og skal have tagrender påmonteret.

En ekstra fordel ved, at energisystemet affugter luften ved kondensering, er, at kondensvandet kan opsamles og genbruges til vanding. Knud Jepsen bruger i forvejen regnvand, og sparer derfor ikke nogen udgift ved at udnytte kondensvandet til vanding. Men andre gartnerier, der bruger boringsvand, vil kunne spare på vandregningen.

Og som måske det vigtigste betyder affugtningen, at mængden af sygdomssporer i luften reduceres betydeligt, hvilket forbedrer vækstforholdene for planterne.

Kai Lønne Nielsen: Knud Jepsen er selv overrasket over den gode tekniske løsning, man er kommet frem til.

Kai Lønne Nielsen: Et projekt som dette medvirker til at billiggøre Knud Jepsens produktion samt at gøre virksomheden mindre følsom over for udsving og stigninger i energipriserne, og medvirker dermed til at bevare Knud Jepsens 120 arbejdspladser.

Kai Lønne Nielsen: Knud Jepsen har flere gartnerier. Det gartneri, de har uden for fjernvarmeforsyningen, har nu takket være den udviklede løsning adgang til en billigere energiforsyning. Det betyder, at produktionen der kan fortsætte, og Knud Jepsen flytter oven i købet produkter ud til dette anlæg, nu hvor energiforsyningen er billigere. Dette betyder, at der ud over at fasholde eksisterende arbejdspladser også skabes 5-6 nye arbejdspladser – en til energi og 3-4 til det nye produkt. Dertil kommer, at det måske bliver muligt at udvide produktsortimentet.

Kai Lønne Nielsen vurderer i rundspørgebesvarelsen, at firmaet til dags dato har haft en omsætning på omkring 1 mio. kr. som direkte følge af den nye teknologi.

Når teknologien er veletableret ...	Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	200	2.000
... heraf eksport (1.000 kr.)	150	1.500
Jobs – Fastholdelser	4	10
Jobs – Nyansættelser	1	3

Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015

Kai Lønne Nielsen: Siden afslutningen af projektet er Knud Jepsen er i gang med på egen hånd (dvs. uden offentlig støtte) at teste løsningen i et areal på 20.000 m<sup>2</sup>. Ambitionen er at belyse, hvordan de løser flest mulig problemer for færrest penge – det ser ud til, at vejen frem i drivhuse uden fjernvarmeforsyning er varmevekslere.

## Danmark og internationalt

### Energimæssig effekt

Kai Lønne Nielsen vurderer, at projekt kan yde et værdifuldt bidrag til opnåelse af de danske energipolitiske mål.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Kai Lønne Nielsen
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark?	
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?	
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?	
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015

### Vækst (beskæftigelse, omsætning, eksport)

Dansk gartneri er en branche, der fortsat taber terræn til udlandet. Derfor kan et projekt som dette medvirke til ikke bare at spare energi men frem for alt at billiggøre dansk produktion og bevare arbejdspladser.

Kai Lønne Nielsen: Afgiftsstrukturen og prisudviklingen på energi i det hele taget er af stor betydning for gartnerierne økonomiske nytte af den udviklede løsning.

Kai Lønne Nielsen: Knud Jepsen har ikke intentioner om at skulle til at sælge løsningen, og idéen er i stedet taget op af det firma, som leverede affugtningsanlægget, nemlig Flex Technic, som nu kan tilbyde en komplet energiløsning med affugtning og opvarmning i et.

Per Vestergaard: Affugteren produceres af det israelske firma AGAM, mens Flex Technic er en handelsvirksomhed, som står for salget af AGAM's affugtere på det danske og norske marked. På det tidspunkt, hvor EUDP-projektet startede (2011), var AGAM begyndt at producere affugteren, men produktet var endnu ikke kommet ud på markedet. Testanlægget blev installeret i begyndelsen af 2012 hos Knud Jepsen og testet frem til efteråret 2012, hvorefter Knud Jepsen investerede i 18 styk i deres væksthuse i Danmark, svarende til en omsætning for Flex Technic på omkring 4 mio. kr. Med Knud Jepsens case som fyrtårn kom der skub i salget i Danmark og Norge. I dag har Flex Technic solgt mere end 60 til disse to markeder. Knud Jepsen-projektet er en vigtig faktor i dette salg.

Per Vestergaard: Løsningen i Knud Jepsens projekt var beregnet til væksthuse uden fjernvarme, men konceptet kan også bruge ved fjernvarme. Flex Technic har fx netop leveret 12 installationer til Gartneriet Knoppen, som bruger fjernvarme til opvarmning af sine væksthuse.

Per Vestergaard: "For os har det værdi at kunne henvise til Knud Jepsens erfaringer i dialogen med potentielle kunder. Det er en lille branche, hvor alle kender alle. Og Knud Jepsen har i gartneribranchen ry for at være meget kompetente og på forkant med udviklingen." "Knud Jepsen er fremme i skoene og består af meget dygtige mennesker."

Per Vestergaard: I tillæg til væksten i Knud Jepsen og Flex Technic kræver opsætning af et enkelt anlæg typisk omkring 3-4 dages smede- og elektrikerarbejde – Et arbejde, som udføres af tredjepart, hvis ikke kunden selv har denne ekspertise internt.

Per Vestergaard: "Det sjove i det her er jo, at vi har fået en fornuftig start i vores virksomhed. Vi har valgt at ikke trække penge ud men arbejder i stedet på at starte en ny virksomhed med egen investering, som skal udvikle en affugterløsning inspireret af drivhusløsningen, men målrettet andre kundetyper behov."



## Projektets rolle og betydningen af støtten

Knud Jepsen søgte kun støtte fordi, de havde en god idé. Solenergindstrålingen på drivhuse er ca. tre gange større end drivhusenes energiforbrug. Knud Jepsen havde gået i en længere periode og tænkt på deres store energiforbrug, og om de kunne trække energi ud af indstrålingen i stedet for at lukke den ud gennem vinduerne. Ville solenergien kunne bruges til fugtstyring eller kunne gemmes til aftenen/natten, kunne der spares energi. Skulle de få en ny idé, vil de overveje at søge støtte igen. Kai Lønne Nielsen: ”Det er godt for Danmarks konkurrenceevne, at man som dansk virksomhed med en god idé kan få støtte til at belyse idéen og få den op og flyve.”

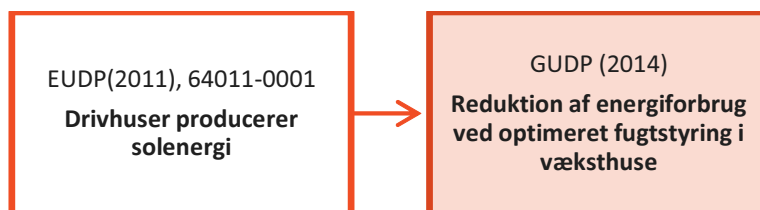
Fra ansøgning	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
Knud Jepsen A/S	Privat v.	100+	PL	8.500 (8.665*)	50% (49%)
Arcon Solar A/S	Privat v.	20-49	D	300 (52)	50%
			<b>I alt</b>	<b>8.800 (8.717)</b>	<b>50%</b>

\* = Beløb i parentes i tabellen er den faktiske finansiering, angivet i afslutningskemaet.

## Projektkæder

Knud Jepsen havde forudgående erfaringer fra et enkelt offentligt støttet projekt sammen med Aarhus Universitet, som dog ikke relaterede sig til solenergiprojektet.

Som opfølgning på projektets erfaringer har Knud Jepsen og Flex Technic i samarbejde med Aarhus Universitets Institut for Fødevarer og Københavns Universitets Institut for Plante- og Miljøvidenskab søsat et projekt i 2014, der har til formål at belyse nærmere, hvad der sker med planterne, når væksthuse affugtes. Projektet hedder 'Reduktion af energiforbrug ved optimeret fugtstyring i væksthuse (REDHUM)' og modtager støtte fra Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram under Miljø- og Fødevarerministeriet. Flex Technics rolle er teknisk support.



## Projektpartnerskabet

Knud Jepsen er en af Europas største blomsterdyrkere med produktion i Danmark, Costa Rica, Vietnam og Tyrkiet. Arcon er specialiseret i konstruktion, produktion og installation af store solvarmeanlæg og har installeret en stor andel af storskala solvarmeanlæggene i Europa.

Flex Technic indgik ikke i projektpartnerskabet, men leverede affugteren til projektet, og har som følge af projektet ladet sig inspirere til at udvikle et nyt produkt.

Knud Jepsen havde ikke arbejdet sammen med Flex Technic før projektet.

## **Samarbejde med programsekretariatet**

Kai Lønne Nielsen: Der har været justeringer af projektet undervejs, og de er blevet accepteret af sekretariatet. Projektet ændrede retning undervejs derved, at retningen skiftede fra et ligeligt fokus på tre parallelle tests til at gå væk fra solpanelløsningen til at gå mere i dybden med en løsning med mere kendt teknologi (varmevekslere). Dermed blev projekt-partneren Arcon's rolle mindre end forventet og budget ændrede sig tilsvarende dog uden at det totale tilskudsbeløb blev større. Sekretariatet har udvist fleksibilitet over for disse justeringer.

## EU10 – Eksperimental vingeforskning

Fuld titel	Eksperimental vingeforskning – fase 2 (64011-0006)		
Bevillingsår	2010 runde 2	Påbegyndt	Januar 2011
Energiområde	Vind	Projektstatus	Afsluttet december 2014
Interview med	Projektansvarlig: DTU Vindenergi, repræsenteret v/ Kim Branner Projektdeltager: DNV GL, repræsenteret v/ Bente Vestergaard		
Tidl. evaluering	Oxford evaluering 2011, s.69		



### Projektet kort

Formålet med projektet var at udvikle en eksperimentel platform for vindmøllevinger med henblik på at opnå et bedre strukturelt design. Projektets resultater udgøres af et roadmap for de teknologiske løsninger, samt vejledninger i nye test-, måle- og analysemetoder. (Kilde: AF)

### Resultater

Der er udviklet nye test og målemetoder samt numeriske and analytiske designværktøjer, som kan modellere den strukturelle opførsel, som observeres ved forsøg. Et designrammeverktøj blev også udviklet, der fungerer som vejledning i hvilke numeriske analyser og strukturelle tests, der er nødvendige for at opnå et optimalt design med et vist niveau af pålidelighed. Tre ens vinger blev testet til svigt med særlig fokus på at opnå en bedre forståelse af svigt i limsamlinger og derpå forbedre designmetoderne for disse. (Kilde: AF)

Roadmappen vil fungere som guide for vingeproducenternes og F&U miljøets videreudvikling af vinger bl.a. i form af nye EUDP-projekter. Helt konkret har projektet bidraget til at øge kvaliteten af de vinger, der produceres af LM Wind Power, pga. den bedre indsigt i svigt og strukturelle mekanismer. (Kilde: AF)

Bente Vestergaard: Projektet har bestemt været en succes. Møllevingerne bliver større og større, og man kan blive ved med at regne og regne i en uendelighed. Men noget helt andet er forsøg med virkelige vinger. SSP Technology stillede tre vinger i normal størrelse til rådighed for eksperimenterne. Eksperimenterne blev gennemført ude på Risø. Det er væsentligt, at vingerne var i normal størrelse. Dermed kan resultaterne og de udviklede metoder bruges direkte, da man ikke risikerer, at tingene opfører sig anderledes, når man skalerer op fra testsituation til virkelighed. Det giver et langt større direkte udbytte for branchen, at der var et eksperimentelt fokus og i fuld skala.

Bente Vestergaard: For DNV GLs vedkommende blev der ikke udarbejdet en forretningsplan, da de "kun" investerede timer i projektet.

Bente Vestergaard: Det er vigtigt for os (DNV GL), at projektets resultater er offentligt tilgængelige, så vi kan referere til dem som basis for vores regler og de diskussioner, vi har med vores kunder.



Kim Branner: Projektet har ikke direkte finansieret Ph.d.-projekter, men har indirekte bidraget til flere Ph.d.-projekter.

## Forløb

Kim Branner: Forløbet kunne fagligt set måske have været bedre på nogle områder, eftersom nogle dele viste sig at være vanskeligere end forventet, fordi teknologien ikke helt var rigtigt moden til at nå demonstration.

Tomas Vronsky, Vestas: “Unfortunately, due to the changes in company research strategy and projects prioritisation, Vestas withdrew from this particular project at the early stage.”

Kim Branner: Vestas steg ud af rigtig mange projekter i 2012 pga. den økonomisk krise virksomheden befandt sig i. LM Wind Power og SSP Technology deltagelse i projektet som vingeproducenter betød, at Vestas godt kunne undværes.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Kim Branner	Bente Vester-gaard
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?		
... jeres <b>forretnings- og finansieringsplaner</b> har holdt stik efter projektets afslutning?	Ikke relevant	Ikke relevant

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015 og interview.

## Formidling

DTU er i øjeblikket i gang med at skrive en artikel om projektet til DTUs tidsskrift *Dynamo*. Formålet med tidsskriftet er at vise, hvordan DTUs forskningsresultater når ud til industrien og gør en forskel.

Kim Branner: Projektets resultater er præsenteret i European Energy Research Alliance (EERA) sammenhæng og bidrager til EU-projektet IRPWind<sup>9</sup>.

Publikationer i forbindelse med projektet omfatter:

- › Bitsche, R. D., Belloni, F., & Eder, M.A. (2015). A quantitative investigation of geometrically non-linear effects in a realistic wind turbine blade cross section. *Composite Structures, under publication*.
- › Eder, M. A. & Bitsche, R.D. (2014). Fracture analysis of adhesive joints in wind turbine blades. *Wind Energy*. DOI: 10.1002/we.1744.
- › Eder, M.A. & Bitsche, R.D. (2015). A qualitative analytical investigation of geometrically non-linear effects in wind turbine blade cross sections. *Thin Walled Structures, accepted*.
- › Eder, M.A., Bitsche, R.D., Nielsen, M. & Branner, K. (2014). A Practical Approach to Fracture Analysis at the Trailing Edge of Wind Turbine Rotor Blades, *Wind Energy*, DOI: 10.1002/ we.1591.
- › Haselbach, P.U., Belloni, F., & Eder, M.A. (2015). Energy release rates in the adhesive trailing edge joint of a wind turbine rotor blade. *Renewable Energy, under publication*.
- › Rosemeier, M., Berring, P. & Branner, K., Non-linear Ultimate Strength and Stability Limit State Analysis of a Wind Turbine Blade, *Wind Energy*, DOI: 10.1002/we.1868.
- › Shmueli, J., Eder, M. A., & Tesauero, A. (2015). A versatile stereo photogrammetry based technique for measuring fracture mode displacements in structures. *Precision Engineering*, 39(5), 38-46. DOI: 10.1016/j.precisioneng.2014.07.004.

<sup>9</sup> IRPWIND består af 24 partnere, som alle er europæiske forskningsinstitutioner og universiteter, der arbejder inden for vindenergi. <http://www.irpwind.eu/>

- › Tesouro, A., Eder, M. A., & Nielsen, M. (2014). *Measurement of local relative displacements in large structures. Journal of Strain Analysis for Engineering Design*, 49(5), 301-314. DOI: 10.1177/0309324713519622.
- › Toft, H. S., Branner, K., Mishnaevsky, L. J., & Sørensen, J. D. (2013). *Uncertainty modelling and code calibration for composite materials. Journal of Composite Materials*, 47(14), 1729-1747. DOI: 10.1177/0021998312451296.

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Bente Vestergaard: Vi forventer, at projektet inden for 1-2 år vil betyde 1-2 nyansættelser og naturligvis i en vis udstrækning bidrage til, at de eksisterende folk fastholdes, forudsat at den nye standard fører til flere kunder i butikken som forventet.

Kim Branner: LM Wind Power skønner, at projektet vil bidrage til en mereksport på 50 mio. kr. i og med, at de i projektet har lært nogle ting, som gør, at de står stærkere i konkurrencesituationen.

Nogle af de udviklede metoder anvendes, som nævnt tidligere, i LM Wind Powers nye vingedesign allerede fra 2014. (Kilde: AF)

	DTU			LM Wind Power			DNV GL		
	I dag	Når veletableret ...		I dag	Når veletableret ...		I dag	Når veletableret ...	
		Realistisk skøn	Optimistisk skøn		Realistisk skøn	Optimistisk skøn		Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	500	1.000	i.o.	0	1.500	3.000
... heraf eksport (1.000 kr.)	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	0	50%	i.o.	0	75%	75%
Jobs – Fastholdelser	2	0	0	i.o.	i.o.	i.o.	0	0	0
Jobs – Nyansættelser	2	0	0	1	4	i.o.	0	1	2

Kilde: AF + interview. Bemærk, at tallene for LM Wind Power er hentet fra afslutningsrapporten og ikke er opdaterede siden da.









### Danmark og internationalt

Kim Branner: DNV GL er førende i verden på certificering af vindmøller. DNV GL arbejder med at lave en vingestandard (blade standard). Deres standarder er toneangivende og flere læner sig op af deres guidelines. Egentlige internationalt godkendte standarder kræver langt tid at få godkendt i det politiske system, da mange lande skal blive enige i standardiseringsarbejdet. IEC guidelines til vindmøller svarer til ISO standarder.

Bente Vestergaard: Der findes kun én global standard for vinger, og det er den DNV GL har udarbejdet. Den nye standard, med input fra projektet, vil således blive den standard, hele branchen globalt opererer efter. Forslaget til den nye standard er i officiel høring i branchen med deadline for kommentarer i starten af september 2015. Standarden forventes klar til brug ved udgangen af 2015. Den nye standard vil medvirke til at øge kvaliteten af de fremtidige vinger.

Bente Vestergaard: På sigt betyder det, at vi er med i sådanne forskningsprojekter formentlig, at flere producenter vil komme til os. Bare det, at vi åbner op for nye måder at gøre tingene på, og at kunderne kan spare penge ved at bruge den udviklede metode og vejledning, vil medføre, at flere vil bruge standarderne.

Kim Branner: Den forventede effekt af projektet er, at udvikling og vedligeholdelsesomkostninger forventes at reduceres med 5% per år svarende til en besparelse på 100 mio. kr./år, idet ny kapacitet 58.520 MW.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Kim Branner	Bente Vestergaard
... forbedre <b>forsynings sikkerheden</b> i Danmark?		
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?		
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?		
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Bente Vestergaard: Det var primært DTU Vindenergi, der leverede arbejdet på projektet, mens SSP Technology leverede de tre testvinger og de øvrige deltagere bidrog til diskussionerne med erfaringer fra hver deres ekspertiseområde. Fx har DONG Energy førstehåndens erfaringer fra virkeligheden med, hvad der sker med vingerne og hvad der ødelægger dem, og ved derfor hvilke problemstillinger, der er brug for at undersøge. Alle på nær DTU og SSP Technology bidrog udelukkende med egne timer og modtog ikke støtte.

Kim Branner: Projektet udspringer fra industriens behov. DTU har ofte mulighed for at gå dybere ind i de forskellige emner end industrien. Vi har takket været projektet fået en bedre forståelse af nogle fænomener, som industrien har observeret. Nu kan vi forklare, hvad der sker og hvad der skal gøres ved det. Vindindustrien er så presset, at langsigtede strategiske forskningsindsatser kan være svære at afse ressourcer til. Det kan vi så som forskningsinstitution gå ind og gøre, og det har Danmark en enorm fordel af – Danmark er førende på vindområdet pga. den støtte, der er uddelt over årene. Og projektets resultater kommer ikke blot partnerskabet til gavn. Resultaterne formidles bredt ud offentligt.

Bente Vestergaard: Alle vindmølleproducenter vil gerne have mere viden, men at dele egne forsknings- og udviklingsresultater med konkurrenterne er ikke uden risiko, selvom fælles bedre viden og teknologi kan være til gavn for branchen som helhed. Derfor er det vigtigt for branchen, at DTU som forskningsinstitution takket være støtten kan gå ind og undersøge en problematik, som er relevant for hele branchen, og derefter offentliggør resultaterne til nytte for hele branchen.

Kim Branner: DTU Vindenergi som institut får kun en meget lille del af omsætningen direkte fra DTU/staten. Der er omkring 250 eksperter beskæftiget på instituttet, og langt de fleste er afhængige af projekter som det støttede.

Bente Vestergaard: DNV fusionerede med Germanischer Lloyd (GL) med effekt fra september 2013. DNV og GL var de helt store globalt set inden for certificering af vindteknologier. Timing af projektet var perfekt, da det har muliggjort, at det nye DNV GL i vores proces med at slå de to certificeringsfirmaers regler sammen og opdatere dem, kan inkludere nye konkrete eksperimentelle erfaringer frem for beregninger alene. Nu er der noget at bygge reglerne på (og ikke blot håndhævnning af gamle regler).

Fra projektregnskab	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
Baumer	Privat v.	20-49	D	300	0%
Blade Test Centre A/S	Privat v.	10-19	D	500	0%
DTU Vindenergi	Viden/udd.	100+	PL	10.694	85%
DLR	Viden	100+	D	835	0%
DNV GL	Privat v.	100+	D	300	0%
DONG Energy A/S	Energi	10-19	D	300	0%
Hexcel	Privat v.	100+	D	0	0%
LM Wind Power A/S	Privat v.	100+	D	500	0%
SSP Technology A/S	Privat v.	100+	D	2.600	35%
Swerea Sicomp	Viden	100+	D	165	0%
Vestas Wind Systems A/S	Privat v.	100+	D	185	0%
			<b>I alt</b>	<b>16.629</b>	<b>58%</b>

## Projektpartnerskabet

Kim Branner: Vi kendte langt de fleste af projektpartnerne fra tidligere samarbejder. LM Wind Power er vingeproducent og SSP Technology designer vinger til vingeproducenter. DNV GL tilbyder certificering af møller og møllekomponenter, primært til producenterne af disse, så de kan dokumentere, at deres produkter opfylder gængse krav. DNV GL gennemgår produkternes dokumentation og verificerer, at diverse tests er korrekt udført. Tyske DLR blev inviteret med i teamet pga. deres erfaringer fra flybranchen og fungerede godt i teamet. En ekspert fra DLR var udstationeret hos DTU i projektperioden. Svenske Swerea indgik også pga. deres erfaringer fra flybranchen men havde ikke så aktiv en rolle i projektet.

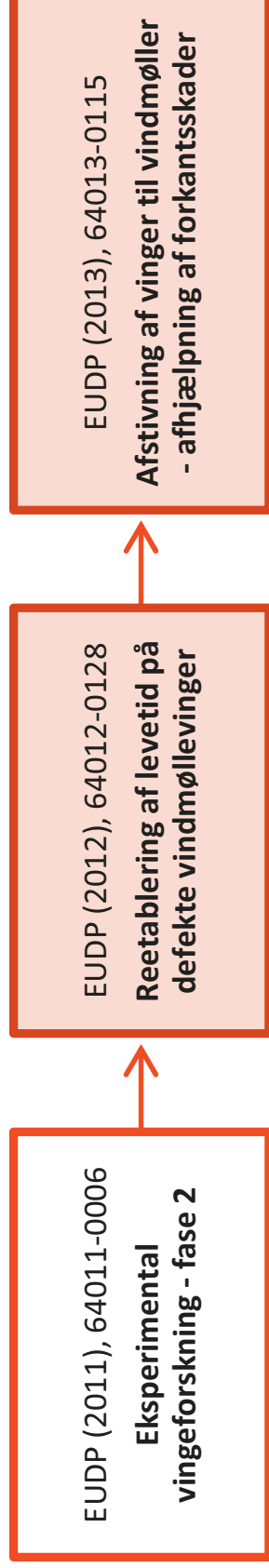
## Projektkæder

Projektet er en direkte fortsættelse af et tidligere EUDP projekt, nemlig "Eksperimentalt Eksperimentel vingeforskning: Strukturelle mekanismer i nutidens og fremtidens store vinger under kombineret last" (journalnr. 63011-0066).

Kim Branner: Find Mølholt Jensen, som tidligere var ansat hos DTU Vindenergi, skrev meget af ansøgningen til fase 2, men han forlod DTU kort efter projektstart, da han startede egen virksomhed (Bladena). Kim Branner overtog derefter projektledelsen. Bladena var et spin-off fra fase 1. Der kom fra tidligere projekter en række patenter, som specielt Find var involveret i, og de blev tilknyttet Bladena.

Kim Branner: Der kommer ofte inspiration fra et projekt til et andet, uden at der nødvendigvis er et direkte link mellem projekterne. Vi har flere projekter i støbeskeen, som bl.a.

vil bygge videre på netop dette projekt. Det roadmap, der blev udarbejdet i projektet, kortlagde de teknologiske udfordringer inden for vingedesign og skitserede fremtidige relevante arbejdsområder. Roadmappen vil således ligge til grund for nye projekter, da det peger på, hvad skal vi bygge videre på.



## Samarbejde med programsekretariatet

Kim Branner: Samarbejdet med EUDP-sekretariatet fungerer godt. Som regel kan man ganske enkelt ringe og få et svar på stedet på de ting, der måtte være. Det er et fornuftigt leje af dokumentering, der skal leveres. EU-projekter er værre.



## EU11 – Selvhejsende kran til udskiftning af gear

Fuld titel	Selvhejsende kran til udskiftning af gear i vindmøller (64011-0019)		
Bevillingsår	2011	Påbegyndt	September 2011
Energiområde	Vind	Projektstatus	Afsluttet april 2014
Interview med	Projektansvarlig: Liftra A/S, repræsenteret v/ Per Fenger		
Tidl. evaluering	...		



### Projektet kort

Formålet med projektet var at udvikle en selvhejsende kran til vindmøller som erstatning for den traditionelle mobilkran, som bruges i forbindelse med service og udskiftning af vindmøllens tunge komponenter såsom gearkassen. Ambitionen var desuden, at den udviklede kran skal kunne transporteres i en 40 fods container, så omkostningerne til servicering af vindmøller kan reduceres, men også at servicering bliver mulig i svært fremkommelige områder.

### Resultater

Resultatet er 2 prototyper leveret i december 2013 og en såkaldt nul-serie fra 2014 på i alt 4 kraner i projektperioden, hvoraf de 3 blev solgt til kunder (den ene til E.On), og den fjerde anvendes af Liftra selv.

Liftra har brugt omkring 15.000 timer på at udvikle og bygge en prototype og derpå yderligere 15.000 timer til at færdigudvikle nulserien og 1.500 timer til at sætte kranen i serieproduktion.

En vindmølles gearkasse skiftes mindst 1-2 gange i møllens levetid og den selvhejsende kran kan reducere omkostningerne forbundet med dette arbejde omkring 20-60%. For danske møller er besparelsen lidt mindre, idet ingeniørtimerne er dyre. I USA er besparelsen omkring 40-60% i USA, mens det i svært tilgængelige områder kan være 80% billigere. Faktisk er der nogle områder, hvor man i dag ikke skifte gearkasser på møllerne, fordi service er umulig.



Det afgørende for projektets succes var, at teknologien virkede. Omkring 90-95% af teknologien er udviklet af Liftra selv. Liftra har søgt 3 patenter på prototypen og de relativt overordnede elementer, hvoraf de 2 blev godkendt undervejs i projektet. Det tredje patent blev søgt efter projektets afslutning og ser ud til at blive godkendt.

### Formidling

Den selvhejsende kran er blevet præsenteret følgende steder:

- › Liftra-reception med over 80 deltagere fra Danmark, Tyskland, Spanien og Polen
- › EWEA 2013
- › Vindmølle industriens årsmøde.
- › AWEA 2013
- › Ugebladet "Ingeniøren", hvor projektet fik global prisen i 2013

I 2014 var Liftra med i et 30 minutters program med navnet "Shade of Green" om brugen af kranen til visning på Discovery, CNN og Fox Business.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Per Fenger
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?	
... jeres <b>forretnings- og finansieringsplaner</b> har holdt stik efter projektets afslutning?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Liftra har i dag 23 ansatte, hvoraf over halvdelen er beskæftiget med kraner. De 5 stillinger er nyansættelser.

Det tekniske markedspotentiale er både eksisterende og fremtidige onshore-møller i ind- og udland. Med udgangspunkt alene i antallet af udskiftninger af gearbokse i eksisterende vindmøller, skønnes markedspotentialet for selvhejsende i projektansøgningen til omkring 100 styk, under antagelse af 50.000-60.000 gamle vindturbiner globalt.

Liftra er pt i forhandlinger med alle de store vindmølleproducenter om at bruge deres kran. "Vi har i dag afsat i alt 6 kraner og forventer at kunne nå op på i alt 9 kraner inden udgangen af 2015. USA er det største enkeltmarked, men der findes også mange små markeder. Liftra forhandler bl.a. med New Zealand, Thailand, Marokko, Egypten, og Philippinerne, hvor der ikke findes kraner."

Per Fenger: "Vi er ret sikre på vores skøn over markedspotentialet, da vi allerede er ved at komme igennem. Det tager lidt tid i og med, at de store energiselskaber og mølleproducenter først skal godkende kranen og tage den i brug, men vi forventer i løbet af 2015 at få 2-3 med."

	I dag	Når veletableret	
	Faktisk	Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	80.000 (= 6 kraner)	180.000 (= 9 kraner)	360.000 (= 18 kraner)
... heraf eksport (1.000 kr.)	100%	99%	99%
Jobs – Fastholdelser	18	+22	+22
Jobs – Nyansættelser	5	20	50

Kilde: Interview.

Liftra satser på en dansk base for produktionen af kranerne. Det sker, at kraner skal bruges i områder fjernt fra transport (remote areas), og her er det tanken, at Liftra så flyver danske eksperter ud til stedet. Liftra har enten solgt kraner eller langtidsleaset kranerne ud, men Liftra kører stadig kranerne.

## Danmark og internationalt

”Vi oplever allerede nu, at vindmølleproducenterne tilpasser designet af næste generations møller (fx detaljer omkring hvordan taget tages af), således at de passer bedre til Liftras kran og det dermed bliver hurtigere og billigere at bruge kranen.”

Set fra et nationalt perspektiv bidrager kranen til en mere omkostningseffektiv vedligeholdelse af vindmøllerne og en reduktion af energiforbruget til transport af traditionelle kraner. Det vil typisk kræve 15-20 køretøjer at transportere en traditionel kran hen til vindmøllen, der skal serviceres, mens den selvhejsende kran kun kræver et køretøj. CO<sub>2</sub>-udledningen som følge af energiforbruget til transporten vil i USA kunne reduceres med ca. 90% og i Europa omkring 50%.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Per Fenger
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark?	
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?	
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?	
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Der var før projektet andre virksomheder, som havde forsøgt sig med kompakte kraner. Vestas har en kran, som kan rummes på blot 2 lastbiler. Selv havde Liftra udviklet en model til spanske Gamesa, som kan rummes på 5 lastbiler. Men begge er målrettet en enkelt mølletype og kan derfor ikke anvendes bredt i branchen.

Liftra er grundlagt i 2003 og havde 12 ansatte i Danmark ved projektstart i 2011. Projektet var for stort og risikofyldt at gennemføre alene for en virksomhed af Liftras størrelse. Liftra havde undersøgt muligheden for at skaffe finansiering til kranen fra de store vindmølleproducenter såsom Vestas og Siemens, men disse ville have alle IP-retteligheder, hvis de skulle investere. Det viste sig umuligt at finde investorer til et produkt, der kan anvendes bredt. Med støtten fra EUDP blev det muligt for Liftra selv at udvikle en kran, som kan anvendes af alle i markedet og ikke kun er snævert tilpasset en enkelt producents produktportefølje. Dermed har Liftra adgang til et større marked bestående af både vindmølleproducenter og energiselskaber.

Fra afslutningsskema	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
LIFTRA ApS	Privat v.	20-49	PL	7.929	45%
<b>I alt</b>				<b>7.929</b>	<b>45%</b>

Kilde: Sekretariatets projektdatabase, suppleret hvis relevant med oplysninger fra projektets slutrapport.

## Projektkæder

Projektet var Liftras første projekt med offentlig støtte.

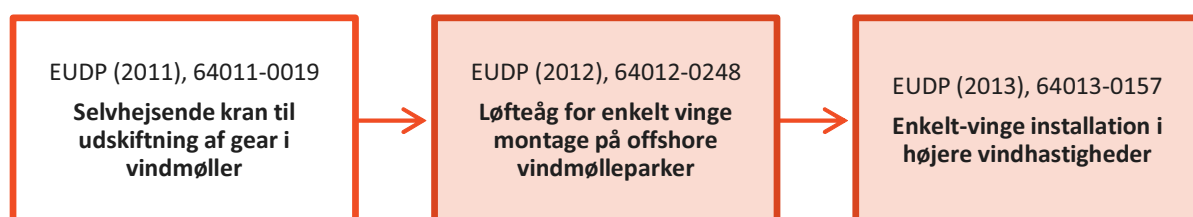
Markedsmodningsfonden har i oktober 2013 bidraget med støtte til udvikling af en off-shore kran – denne bevilling er dog i stedet drejet over til at teste og demonstrere den udviklede onshore kran for derved at sikre en hurtig markedsgennemtrængning. Projektet hedder 'Selvhejsende servicekran til servicering af vindmøller' og formålet er "i første omgang om at få testet og tilpasset Liftra's nyudviklede 24 ton selvhejsende servicekran ved en af verdens største vindmølleoperatører NextEra Energy Resources i USA. Liftra har indtil nu solgt to 19 ton selvhejsende servicekraner til onshore serviceopgaver, men har ikke solgt denne 2. version 24 ton kran til servicering af onshore vindmøller. Gennemførelse af to onshore gearkasseudskiftninger for NextEra med indlagte tilpasningsperioder vil medføre godkendelse af servicekranen til at udføre offshore opgaver. En anden halvdel af projektet består af to offshore gearkasseudskiftninger for Vattenfall med den tilrettede 24 ton selvhejsningskran." (Citat fra <http://markedsmodningsfonden.dk/projekt/0/34/803>)

Liftra har ikke ressourcer til at gå ind på det kinesiske og indiske marked, men vil gerne ind med 10 kraner om 3-4 år. Liftra har derfor søgt Horison2020-midler til at få kranen godkendt i Indien og Kina, men det er endnu ret usikkert om ansøgningen bliver accepteret, da der er mange om budet.

Per Fenger: Den kendsgerning, at projektet har modtaget støtte fra EUDP, er ikke afgørende i forhold til kundernes interesse i kranen eller vores firma, men det har for os været en afgørende faktor i adgangen til støtte fra Markedsfonden og Horison2020.

Per Fenger: "Det er vores ambition at udvikle en kran til brug ved større møller og off-shore, så der kommer nok en ny EUDP-ansøgning fra os. Udviklingen af offshore-kranen bliver vanskelig teknisk set, da den er afhængig af skibstransport. Det er andre mennesker, der skal sige ja til den. Uden om – skib, gearkasse derud. Vi håber på at gå i gang med udvikling af en off-shore kran, når der er en kunde, der vil være med. Det kan dog være, at vi ligesom ved onshore kranen, kan blive nødt til at gå i gang selv, før vi kan overbevise en kunde om at gå med."

Projektet har desuden indirekte ført til nye relaterede udviklingsidéer, som også har modtaget EUDP-støtte. Først projektet 'Løfteåg for enkelt vinge montage på offshore vindmøllerparker', som skulle videreudvikle Liftra's løfteåg, så det bliver muligt at installere vinger på vindmøllerstørrelser på 6MW og mere. Siden projektet 'Enkelt-vinge installation i højere vindhastigheder', som har til formål at udvide vindgrænsen for nogle af Liftras åg til enkelt vinge montage, så det bliver muligt at foretage enkelt vinge installationer i 14 m/s middelvind og med vindstød op til 21 m/s.



## Projektpartnerskabet

Ikke relevant.

## **Samarbejde med programsekretariatet**

Per Fenger: Sekretariatet skal have ros for det minimale bureaukrati. Helt konkret er vi imponeret over hastigheden, hvormed betalingsanmodninger bliver håndteret. Det betyder meget for os, at vi ikke skal vente længe. Vi har også af og til søgt om udbetaling tidligere end oprindeligt planlagt, og EUDP har imødekommet vores behov.

## EU12 – Hydrofaction

Fuld titel	Fra lavværdige råvarer til syntetisk råolie (Hydrofaction) (64012-0004)		
Bevillingsår	2012	Påbegyndt	Januar 2012
Energiområde	Bio og affald	Projektstatus	Afsluttet december 2013
Interview med	Projektansvarlig: Steeper Energy, repræsenteret v/ Steen Brummerstedt Iversen  Projektdeltager: Aalborg Universitet, Institut for Energiteknik repræsenteret v/ Lasse Aistrup Rosendahl		



### Projektet kort

Steeper Energy's Hydrofaction™ teknologi kan omdanne lavværdige biomasse og affaldsmaterialer med lav energidensitet til en højværdig grøn olie med høj energidensitet. Processen har meget høj fleksibilitet med hensyn til hvilke råmaterialer der kan anvendes, og er meget energieffektiv. Teknologien har derfor særdeles lovende perspektiver som en fremtidig transport brændselsteknologi.

Projektets hovedformål var at etablere nøgledata og driftsparametre for specifikke fødestrømme og at gennemføre teknisk og økonomisk feasibility studie af et kommercielt demonstrationsanlæg i en 1.000 tønder olie om dagen (barrels per day = BPD) skala<sup>10</sup> med henblik på at reducere risici i relation til markedsintroduktion.

### Resultater

Steen Brummerstedt Iversen: Steeper Energy havde inden projektstart designet, bygget, idriftsat og solgt et større forsøgsanlæg til Aalborg Universitet. Forsøgsanlægget er i projektet blevet brugt til at etablere driftsparametre og nøgledata for specifikke fødestrømme.

Selve etableringen af testanlægget på Aalborg Universitet er uden for projektet, men kapaciteten af anlægget er øget med en faktor 4 under projektet. Anlægget er således af en signifikant størrelse for et universitet.

Steen Brummerstedt Iversen: Projektresultaterne er lovende og overstiger forhåndsforventningerne:

- › Hydrofaction™ olie produceret fra lignocellulose materialer har en lav viskositet og lavt iltindhold, høj koncentration af såkaldte "mid-distillates" og en øvre brændværdi, som overstiger 40 MJ/kg. Hydrofaction™ olien opfylder hovedparten af de fremtidige krav om lav-svovl skibsbrændstoffer direkte eller ved en simpel opgradering.
- › "Proof of concept tests" i laboratorieskala viste, at olien let kan opgraderes til "drop-in" transportbrændsler.

<sup>10</sup> En produktion på 1.000 BPD udgør mere end 0.5% af Danmarks Nordsøolieproduktion 2014. Det vil sige, at et anlæg på 1.000 BPD er et meget betydende anlæg.

- › De høje masse- og energiudbytter i olien, som var forventet ved Hydrofaction™ processen, blev eftervist: Masseudbytter i slutningen af trediverne er blevet opnået svarende til kulstofudbytter i olien i slutningen af tresserne og netto-energieffektiviteter, som overstiger 80%.
- › Projektet fandt yderligere, at den nødvendige varme til opvarmning af føden til reaktionstemperatur er 35-40% lavere ved drift med føde end ved opvarmning af vand under tilsvarende betingelser, og at Hydrofaction™ processen er selvforsynende med varme ved anvendelse af procesgas til intern procesopvarmning
- › CO<sub>2</sub>-besparelsen ved Hydrofaction™ er estimeret til 440,000 tons per 1.000 BPD uden CO<sub>2</sub>-genvinding og 551.000 tons per 1.000 BPD med genvinding af væskeformig CO<sub>2</sub>.
- › Basic engineering studier gennemført i samarbejde med et uafhængigt tredjeparts ingeniørfirma i en skala på 10 BPD og 1.000 BPD.
- › Den estimerede produktionsomkostning af Hydrofaction™ olie fra biomasse er 60-85 USD/tønne. Dette er sammenligneligt med andre nyere, men mere modne olieteknologier såsom dybe borer, skiferolie og olie fra oliesand, men Hydrofaction™ er ikke behæftet med en decline-kurve som andre nyere olieteknologier.

Steen Brummerstedt Iversen: Steeper Energy har i dag 63 patenter og patentansøgninger fordelt på 12 patentfamilier. Af disse er 5 patentfamilier blevet ansøgt inden for projektperioden.

### Formidling

Lasse Aistrup Rosendahl: Publicering har været et meget vigtigt element af projektarbejdet, og der er produceret forskellige typer af artikler og publikationer, som er formidlet via forskellige kanaler – dels materialer med rent akademisk tyngde og dels mere markedsføringsorienterede materialer, der skal skabe interesse hos potentielle samarbejdspartnere og investorer. Eftersom teknologien befinder sig i en såkaldt dødens dal, hvor teknologien pludselig skifter gear og bliver vældig dyr, er det væsentligt at kommunikere ud via andre kanaler end universiteter normalt benytter.

Steen Brummerstedt Iversen: Vi har svært ved at overbevise investorer, selvom vi har et velfungerende anlæg i lille skala. Der er endnu et stykke vej, inden man kan fremvise anlæg i industriel skala, hvor investorer kan se, at det bliver til en forretning. Og det er svært at få nogen til at engagere sig i netop det næste skridt, da der er tale om store investeringer. Teknologien kan siges at være teknisk og videnskabeligt veletableret men endnu ikke kommercielt veletableret.

Projektet og dets resultater er blevet omtalt i både danske og udenlandske medier samt præsenteret på en række konferencer. Følgende er blot et mindre udsnit.


Artikler i medier:

- › *Bioolforskning rykker fra blød mellemvare til international top, Aalborg Universitet, 7. september 2012.*
- › *Flyv på gylle, flyv på græs, P. F. Gammelby, AU Rømer, Aarhus Universitet, 13. februar 2013.*
- › *Open New Hydrothermal Liquefaction (HTL) Facility in Denmark, Steeper Energy Aps and Aalborg University, 31. maj 2013.*
- › *The World's First Bio Refinery for Sustainable Marine Fuel to Be Built in Denmark. Released through Business Wire. 663 unique views of release. See Appendix B for full information on exposure and views. 11. september 2013.*

### Videnskabelige artikler og bog-kapitler:

- › Mørup, A. J.; Christensen, P.R; Aarup, D.F; Dithmer, L.; Mamakhel, A.; Glasius, M.; Iversen, B.B; *Hydrothermal Liquefaction of Dried Distillers Grains with Solubles: A Reaction Temperature Study*, *Energy & Fuels*, 2012, 26 (9), pp 5944–5953.
- › Christensen, P.R; Mørup, A.J; Mamakhel, A.; Glasius, M.; Becker, J.; Iversen, B.B, *Effects of heterogeneous catalyst in hydrothermal liquefaction of dried distillers grains with solubles*, *Fuel*, Vol. 123, 1 May 2014, Pages 158–166.
- › Toor, S; Rosendahl, L.; Hoffmann, J.; Nielsen, R.P; Pedersen, T.H.; Søgaard, E.G.; *Hydrothermal liquefaction of biomass: Application of hydrothermal reactions to biomass conversion*, “*Application of hydrothermal reactions to biomass conversion*”, ed./Fangming Jin. Springer, 2014.
- › Toor, S.; Reddy, H.; Deng, S.; Hoffmann, J.; Spangsmark, D.; Madsen, L.B.; Holm-Nielsen, J.B; Rosendahl, L; *Hydrothermal liquefaction of Spirulina and Nannochloropsis Salina under subcritical and supercritical water conditions*, *Bioresource Technology*, Vol. 131, 2013, p. 413-419.
- › Hoffmann, J.; Rudra, S.; Toor, S.; Holm-Nielsen, J.B.; Rosendahl, L.; *Conceptual design of an integrated hydrothermal liquefaction and biogas plant for sustainable bioenergy production*, *Biore-source Technology*, Vol. 129, 02.2013, p. 402-410.
- › Toor, S; Rosendahl, L; Hoffmann, J; Holm-Nielsen, J.B.; Ehimen, E.A., *Lignocellulosic biomass-Thermal pretreatment with steam: Pretreatment techniques for biofuels and biorefineries*, In “*Pretreatment Techniques for Biofuels and Biorefineries*”, ed./Zhen Fang. Springer, 2013.
- › *Råolie fra biomasse og affald, EUDP brochure - Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrations-Program* [http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/ny-teknologi/6010\\_eudp\\_2013\\_folder\\_final\\_net.pdf](http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/ny-teknologi/6010_eudp_2013_folder_final_net.pdf).
- › Harrison, Lynda, “*Environmentally Friendly Diluent? Company aims to perfect oil extraction from biomass*”. *New Technology Magazine*. December 19 (2013): 35-36.
- › Iversen, S.B, *Biomass conversion: A new technology platform for renewable “crude”*. *Bioenergy Insight Magazine*, Nov/Dec 2013, p. 58-59.
- › *Profile: Bio-oil Benefits. Pan European Networks: Science and Technology*, 09, Dec. 2013, p. 81-83.
- › Rosendahl, L., *Skibet skal sejle i nat*, *Dansk Energi*, 4. november, 2013.
- › Rosendahl, L., *I 2015 tapper vi olie fra naturen*, *Illustreret Videnskab*, 6. Feb, 2013.
- › Christensen, P. R Mørup, A. J. Becker, J. Mamakhel, M. A. H. Rosendahl, L. Glasius, M. Iversen, B. B. Nielsen, R.P. Toor, S. Hoffmann, J. Søgaard, E.G. *Fra organisk affald til olie*, *Forskning i Bioenergi*, 9, 2012, p. 44-46. [www.biopress.dk/PDF/bioenergi\\_2012/Bioenergi\\_2012\\_17.pdf](http://www.biopress.dk/PDF/bioenergi_2012/Bioenergi_2012_17.pdf).
- › Iversen, S.B. Larsen, T. Rasmussen, H. Toms, P. Iversen, B.B Rosendahl, L *Test anlæg til fremstilling af bioolie*, *Forskning i Bioenergi*, 9, 2012, p. 43. [http://www.biopress.dk/PDF/bioenergi\\_2012/Bioenergi\\_2012\\_18.pdf](http://www.biopress.dk/PDF/bioenergi_2012/Bioenergi_2012_18.pdf)

Steen Brummerstedt Iversen: Det har været et meget positivt projekt, som har leveret meget mere end forventet. Projektet har i meget høj grad nået sine målsætninger.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Steen Brummerstedt Iversen
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

### Forløb



Steen Brummerstedt Iversen: Plantware udgik af projektpartnerskabet og blev erstattet med Aplica ca. et halvt år inde i projektet. Projektændringen fik ingen konsekvenser for projektets gennemførelse eller resultater.



## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Steen Brummerstedt Iversen: Vores forretningsplaner har i meget høj grad holdt stik.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Steen Brummerstedt Iversen	Lasse Aistrup Rosendahl
... jeres <b>forretnings- og finansierungsplaner</b> har holdt stik efter projektets afslutning?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Steen Brummerstedt Iversen: Teknologien er ikke helt klar til kommercialisering endnu. Vi har dog allerede 12 identificerede kommercielle projekter på en størrelse af 1.000-5.000 BPD og industrielle licenstagere og samarbejdspartnere, som er klar, når der er demonstreret teknologi. Størst interesse er der inden for skov- og papirindustri, og særligt hvor de er truet og skal genopfinde sig selv (dvs. Europa og Vestamerika).

Steen Brummerstedt Iversen: Vi forventer, at virksomheden vil begynde at opnå indtægter af den nye teknologi om 2-5 år, men at det vil tage mere end 5 år, før den er veletableret på markedet. (Kilde: SPSK). Nedenstående estimat vedrørende fastholdelse og nyskabelse af job er i Steeper Energy Danmark og indeholder ikke jobs i vores Canadiske søsterselskab Steeper Energy Canada Ltd (samme ejerstruktur), jobs hos licenstagere eller direkte og indirekte jobs i forbindelse med etablering og drift af anlæg. Den danske del af virksomheden arbejder primært med teknologiudvikling og licenser, mens den canadiske del – vores søsterselskab – udgør den mere kommercielle del. Et kommercielt 2.000 BPD (100.000 tons per år) anlæg vil generere 30 direkte jobs og 680 indirekte. Vi forventer salg af minimum 2 nye anlæg per år, efter at teknologien er veletableret. Derudover forventer vi, at der idriftsættes 32 anlæg 10 år efter kommerciel etablering svarende til 960 direkte jobs på anlæg og 21.707 indirekte jobs.

Steen Brummerstedt Iversen: Forventningen til indtjening og beskæftigelse er, at når teknologien er veletableret, så vil det skabe 1-20 mia. i omsætning, hvoraf størstedelen vil være på eksportmarkeder. Samtidig vil det betyde, at der skabes 100-150 nye stillinger. (Kilde: SPSK)

Projektet har derfor et omsætnings- og beskæftigelsespotentiale som angivet i tabellen nedenfor (med data fra survey).

Steen Brummerstedt Iversen: Vi var 3 mand i Danmark før projektet, og vi er nu 10 i Danmark og 7 i Canada. EUDP-navnet og projektet har haft betydning i forhold til tiltrækning af kapital og industrielle samarbejdspartnere. Vi forventer, at vi om 3-5 år er 2-3-doblet.

Steen Brummerstedt Iversen: Derudover vil det planlagte 100 BPD anlæg i Aalborg havn genere 300 indirekte job (hvis 2.000 BPD, så 960 jobs) – måske halvdelen i konstruktionsfasen og 30 direkte ansat på anlægget. Anlægget der skal etableres i Aalborg er en del af Aalborg Smart City Vision.

Lasse Aistrup Rosendahl: Erfaringerne fra projektet har været medvirkende til, at vi har opnået en bevilling på 22 mio. kr. fra Strategisk Forskningsråd til forskning i bioolie (journalnr. 1305-00030B). Således er der nu 6 Ph.d.-stillinger, en post-doc og en lektorstilling, og vi er dermed i alt 10 ansatte i dag.

Lasse Aistrup Rosendahl: Vores ambition er at vedblive at være blandt de førende på feltet. Andre spillere på området er Pacific North West National Laboratory (i staten Washington, USA), Leeds Universitet (UK), men også Japan og Holland er langt fremme. Der er meget fart på området og IEA Bioenergy har netop udvidet deres aktiviteter med en task for hydrothermal liquefaction.

Steeper Energy	Undervejs i projektet	Når veletableret ...	
		Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	0	1.000.000	20.000.000
... heraf eksport	-	80%	95%
Jobs – Fastholdelser	3	9	9
Jobs – Nyansættelser	6	100	150

Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.









### Danmark og internationalt

Steen Brummerstedt Iversen: Der er os bekendt ingen kommercielle anlæg i drift, som omdanner biomasse såsom træaffald til transportbrændsler. Det nærmeste er teknologier såsom forgasning/Fischer-Tropsch og pyrolyse plus efterfølgende hydrotreating. Begge teknologier er endnu på udviklings-/demonstrationsstadiet. Det samme er tilfældet med 2. generations bioethanolproduktion, som er demonstreret i industriel skala, men der findes os bekendt endnu ikke kommercielle anlæg i drift. Hydrofaction™ har potentialet til at substituere fossile brændsler den tunge del af transport sektoren (fly, skibe og tunglastbils transport), som er vanskelig at elektrificere og ikke kan substitueres med ethanol (lav energidensitet).

Steen Brummerstedt Iversen: Den estimerede produktionsomkostning af bioolie vha. Hydrofaction™ er omkring 60-85 USD/tønde, hvilket er sammenligneligt med nyere fossile olieteknologier såsom dybe borer og skiferolie (kilde: AF). Der er sker for øjeblikket ingen nye investeringer i olieindustrien, men for grønne transportbrændsler er der dog et umættet marked, hvor efterspørgslen overstiger udbuddet.

På sigt vil teknologien således i meget høj grad kunne bidrage til en forbedret forsynings-sikkerhed og en reduktion i Danmarks CO<sub>2</sub>-udledning.

Steen Brummerstedt Iversen: Anlægget i dets nuværende form er som nævnt optimeret til affaldsprodukter fra skov- og papirindustri som fx bark, grene, savsmuld og lignende – den ikke højværdige del. Her udgør Canada og Skandinavien de største potentielle forsynings-områder. I princippet kan der dog også anvendes halm, gylle, alger, tørv etc. men det skal dog først demonstreres.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Steen Brummerstedt Iversen	Lasse Aistrup Rosendahl
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark?		
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?		
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?		
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: Interview.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Lasse Aistrup Rosendahl: Projektet har til formål at bringe teknologien på kommercielt niveau inden for en kort tidsramme. Projektet går godt hånd-i-hånd med vores andre forskningsaktiviteter, hvor vi bl.a. får midler fra Strategisk Forskningsråd til mere detaljeret forskning. På den måde supplerede de to støtteordninger hinanden fint. Vi har modtaget en bevilling fra Strategisk Forskningsråd på 22 mio. kr. til "hydrothermal liquefaction". Bevillingen er givet som et rammebevilling, men med konkrete arbejdsplaner og milepæle.

Steen Brummerstedt Iversen: Steeper Energy var nystartet i 2012 og EUDP-støtten har betydet, at teknologien er kommet så langt, som den er i dag. Støtten har medvirket til at trække investeringer ind i selskabet og videre bevillinger bl.a. fra EUDP i 2013 har givet teknologien et kick og en blåstempling.

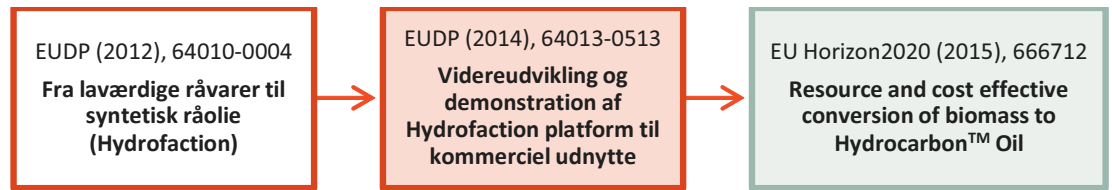
Steen Brummerstedt Iversen: EUDP-bevillingen har således været af afgørende betydning for tiltrækning af ekstern finansiering, gennemførelse af projektet og vækst under og efter projekt perioden. Den har desuden afgørende betydning for tiltrækning af anden offentlig støtte uden for Danmarks grænser. (Kilde: SPSK)

Fra afslutningsskema	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
Plantware A/S	Privat v.	1-9	D	600	50%
Steeper Energy ApS	Privat v.	1-9	PL	7.950	50%
Aalborg Universitet	Viden/Udd.	100+	D	1.201	85%
Aarhus Universitet	Viden/Udd.	100+	D	1.216	85%
<b>I alt</b>				<b>10.967</b>	<b>58%</b>

## Projektkæder

Steen Brummerstedt Iversen: Projektet var det første støttede projekt Steeper Energy havde. Siden da har projektpartnerskabet fået tildelt EUDP bevilling (64013-0513) til det næste skridt, hvor der i det etablerede CBS-anlæg skal gennemføres test og demonstration af forbedrede procesbetingelser samt prototypeudvikling og test med henblik på modning af teknologien til industriel skala.

Steeper Energy har endvidere har desuden fået tildelt 13,9 mio. kr. støtte fra EU Horizon2020 SME 2 (journalnr. 666712) til projektudvikling, partnersøgning og finansiering til et kommercielt demonstrationsanlæg.



## Projektpartnerskabet

Steen Brummerstedt Iversen: Projektet var oprindeligt et samarbejde mellem Steeper Energy ApS, Aalborg Universitet, Aarhus Universitet og Plantware ApS. Plantware gik konkurs tidligt i projektet og blev udskiftet med firmaet Aplica. Aplica har været involveret i pumpeudvikling og har endvidere leveret ingeniørarbejde i forbindelse med anlægsændringer. Steeper Energy og Aalborg Universitet har indgået en langvarig samarbejdsaftale omkring udvikling af Hydrofaction™-teknologien, som bl.a. omfatter, at Steeper Energy lejer forsøgsanlægget til egne formål et vist antal dage om året. Aalborg Universitet bruger derudover anlægget til andre forskningsaktiviteter. Samarbejdet er et eksempel på et succesfuldt private-public-partnership. Aarhus Universitet har i projektet gennemført laboratorieforsøg (kemiske analyser og parameterstudier), herunder specielt forsøg i relation til fremstilling af færdige transportbrændsler.

Lasse Aistrup Rosendahl: Vi har et vældig nært samarbejde med Steeper Energy. Samarbejdet mellem os som forskningsinstitution og det private erhvervsliv i form af Steeper Energy tvinger os forskere til også at have et blik på de problemer, der ligger i at realisere en teknologi og ikke kun akademiske problemstillinger. Og det lærer os at prioritere, for tidshorisonterne i det private er meget korte. Vi vil som forskere typisk gerne først forstå tingene ordentlig og så bygge os op, men i samarbejdet med det private bliver vi tvunget til at fokusere skarpt.

## Samarbejde med programsekretariatet

Steen Brummerstedt Iversen: Jeg har gennem årene prøvet mange støtteprojekter. I forbindelse med den konkrete teknologi har vi haft et fremragende samarbejde med programsekretariatet. Fx har en repræsentant for sekretariatet (Jan Bünger) beredvilligt deltaget i virksomhedens møder med den canadiske ambassade. Vi har igennem hele projektforløbet haft en løbende dialog om fremdriften, og de har forståelse for andre ting såsom udskiftning af partnere.

Lasse Aistrup Rosendahl: Set med vores øjne fungerer samarbejdet ganske fortrinligt. Sekretariatet er nemme at få i tale, og de gode til at gå i konstruktiv dialog. De er med andre ord "gode at spille bold op ad".

Lasse Aistrup Rosendahl: Programmet er noget af det mest entydige i, hvad man bliver målt på. Projekterne skal være til gavn for dansk erhvervsliv og dermed er det enklere at definere og måle på de områder, vi skal performe på. Det er ikke subjektive vurderinger – forretningsplanen skal være skarp ellers er det om igen. Sekretariatet er gode til at tage dialogen med ansøgere og projekterne. Man får klar besked. Og sekretariatet er ikke berøringsangst.

## EU13 – HyProvide

Fuld titel	Brint optankning for biler (HyProvide) (64011-0106)		
Bevillingsår	2011	Påbegyndt	September 2011
Energiområde	Brint og brændselsceller	Projektstatus	Afsluttet juli 2015
Interview med	Projektansvarlig: H2 Logic, repræsenteret v/ Mikael Sloth Projektdeltager: Greenhydrogen.dk, repræsenteret v/ Jørgen Krogsgaard Jensen		
Tidl. evaluering	Oxford evaluering 2011, s. 55		

### Projektet kort



Formålet med projektet var at videreudvikle og teste 700 bar brinttankstationsteknologi (såkaldt hydrogen refuelling station – HRS) og bringe denne tættere på kommercielle målsætninger og dermed muliggøre salg af brint som brændstof til brændselscelle elektriske køretøjer. Teknologiens kapacitet og effektivitet skal øges, og omkostningerne sænkes for at kunne nå en konkurrencedygtig pris (dvs. mindre end 10 EUR/kg) (kilde: AN)

Mikael Sloth: Brinten skal under påfyldning af køretøjet køles af hensyn til køretøjets tank. Kan kølingen forbedres, vil det give en bedre kapacitet under optankning. Ønsket er at kunne øge brintlagringen og udligningstrykket, men kompression er meget omkostnings tungt. HyProvide-projektet havde fokus på øget påfyldningskapacitet, udvikling af simuleringssmodel (SAE J2601 standard) plus test af optankning vha. en konkret tankstation.

### Resultater

Projektet har i høj grad nået sit mål, selvom der stadig ligger en væsentlig udviklingsindsats efter projektperioden, som vil kræve yderligere offentlig støtte (kilde: SPSK).

Projektet har udviklet nye og bedre komponenter til brinttankstationer, med henblik på at øge kapacitet og reducere omkostninger:

- › Udviklet en simuleringssmodel for brintpåfyldning, påfyldningssystem og software som overholder den nye reviderede standard SAE J2601.
- › Kølingssystem og varmeveksler er blevet udviklet og optimeret til at have øget kapacitet under optankning.
- › Kompressor og lagringssystem er blevet dimensioneret, udviklet og testet med henblik på at opnå øget kapacitet og reducerede omkostninger.
- › Brinttankstation systemplatform er blevet udviklet med henblik på at sikre en mere kompakt udførelse og integration af brintproduktion. (Kilde: EF)

Der var i ansøgningen defineret klare målbare mål for projektet, fx er investering i infrastruktur opgjort i anlægsomkostninger per bil og 'daily refueling capacity'. Den daglige opladningskapacitet udgjorde ved ansøgningstidspunktet 50 kg/dag. I løbet af projektet er denne øget til 200 kg/dag, og ambitionen er at nå 1.000 kg/dag i 2020. De 200 kg/dag daglig opladningskapacitet svarer til en anlægsinvestering på omkring 1,6 mio. EUR og projektet har opnået 1,5 mio. EUR. (kilde: AN s. 40 + interview)

Testaktiviteterne inden for brintproduktion (elektrolyse) indfrie ikke fuldt målsætningerne, men har bidraget til en nødvendig fremadrette prioritering i produkttilgangen inden for området – samt givet givtige integrationserfaringer, hvad angår kombination af elektrolyse og brinttankstationer (kilde: AF).



Mikael Sloth: H2 Logic har i projektperioden ansøgt om 2-5 patenter i Danmark og internationalt og det er vores forventning af 2-5 af disse vil nå igennem hele processen og blive godkendt. To er godkendt i dag. (Kilde: AF + interview)

### Formidling

Der er blevet udgivet en international videnskabelig artikel i samarbejde med BMW, Honda, Ford, Hyundai, Opel og Daimler inden for brintoptankning med titlen 'Validation and Sensitivity Studies for SAE J2601, the Light Duty Vehicle Hydrogen Fueling Standard'. (Kilde: AF)

### Forløb

Projektet forløb nogenlunde som forventet.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Mikael Sloth	Jørgen Krogsgaard Jensen
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Effekter – realiserede og forventede



### I egen virksomhed

Mikael Sloth: Projektet har været med til at styrke vores position internationalt samt styrket vores internationale samarbejder og referencer. I november 2012 (ca. et år efter projektet) indgik H2 Logic og nordiske partnere (HyNor (Norway), Hydrogen Sweden, Icelandic New Energy) et samarbejde med bilproducenterne Toyota, Hyundai, Honda og Nissan omkring planlægning af markedsintroduktion af brintbiler i de Nordiske lande. Dette har medført, at Hyundai i 2014 lancerede deres brintbil til salg i Danmark, og Toyota og Honda forventes at følge efter i henholdsvis 2015 og 2016.

Mikael Sloth: Sideløbende med udviklingsprojekter såsom HyProvide har H2 Logic opnået salg til private virksomheder. Delresultater eller -komponenter af det, der blev udviklet på det støttede udviklingsprojekt, kunne gradvist trækkes ind i H2 Logics produktprogram for tankstationer, herunder bl.a. H2Station® CAR-100 teknologi. I løbet af projektperioden er H2Station® produkter blevet solgt til kunder i Danmark og bl.a. Tyskland, Norge, Sverige, Finland, Belgien og England. Fremadrettet forventer H2 Logic, at eksporten vil udgøre en stadig stigende andel af virksomhedens omsætning. (Kilde: interview og AF)

Mikael Sloth: Et andet eksempel er softwaren til test af overholdelse af SAE J2601-standarden. Således er disse projektresultater ikke begrænset til anvendelse i det konkrete projekt men har umiddelbar kommerciel værdi.

Adskillige af projektets resultater er således implementeret i præ-kommercielle brint tankstationer som både er solgt i ind- og udland. (Kilde: AF)

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Mikael Sloth	Jørgen Krogsgaard Jensen
... jeres <b>forretnings- og finansieringsplaner</b> har holdt stik efter projektets afslutning?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Mikael Sloth: Projektet har som minimum betydet, at vi har kunnet fastholde to stillinger og besætte 2 nye stillinger.

Jørgen Krogsgaard Jensen: Uden projektet havde Greenhydrogen.dk ikke eksisteret i dag. Tidligere var vi 14 mand. I dag er GreenHydrogen.dk 5 mand, og det ser ud til, at vi kan komme på markedet næste år, og så kommer virksomheden til at vokse igen. Da dette projekt indgår i en del af det samlede koncept, er det svært at sige, hvad det konkrete projekt bidrager til af den samlede omsætning og beskæftigelse. Jeg har derfor i venstre kolonne for Greenhydrogen.dk i nedenstående tabel angivet, hvad det konkrete projekt medført i dag og i de to øvrige kolonner hvad hele konceptet vil bidrage med.

	H2 Logic			Greenhydrogen.dk		
	I dag	Når veletableret ...		Projektet i dag	Når det samlede koncept er veletableret ...	
		Realistisk skøn	Optimistisk skøn		Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	47.000 (i 2013)	90.000	100.000	0	17.000	80.500
... heraf eksport	30%	70%	90%	0	60%	90%
Jobs – Fastholdelser	2	5	10	0	2	6
Jobs – Nyansættelser	2	Min 15	20	2	5	20

Kilde: AF + interview.

## Danmark og internationalt

Mikael Sloth: En af udfordringerne for brintbilsteknologierne er at markedet endnu er under opbygning. Der var i 2011, hvor projektet startede op, meget fokus på elbiler i den offentlige debat. Dette er vendt i 2014, og der er i dag et større kendskab i offentligheden til brintbiler. Dertil kommer, at Toyota (Mirai), Hyundai (iX35) og Honda (TCV Concept) introducerer nye modeller på det danske marked i 2015. Der sker i disse år også en udrulning af brintbiler i Tyskland, UK og USA.

Jørgen Krogsgaard Jensen: De førende på brint markedet i dag, målt i markedsandele, er nok Canadiske Hydrogenesis, men GreenHydrogen.dk er førende på den teknologiske udvikling og performance.

Mikael Sloth: Der har været en afgiftsfritagelse på el- og brintbiler, som udløber ved udgangen af 2015, men regeringen søger tilslutning til at forlænge afgiftsfritagelsen. H2 Logic håber, at det lykkes at lave en forlængelse, da det vil hjælpe infrastrukturudviklingen.

Brint til transport forventes for alvor at kunne bidrage med CO<sub>2</sub>-reduktioner og fossil uafhængighed efter 2020. Frem mod 2050 kan imod 50% af bilparken kan køre på brint produceret på basis af vedvarende energi. (Kilde: AF)

På sigt vil teknologien i meget høj grad kunne bidrage til en forbedret forsyningssikkerhed og en reduktion i Danmarks CO<sub>2</sub>-udledning.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Mikael Sloth	Jørgen Krogsgaard Jensen
... forbedre <b>forsyningssikkerheden</b> i Danmark?		
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?		
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?		
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Jørgen Krogsgaard Jensen: Som nævnt ville vores virksomhed ikke have eksisteret i dag uden projektet. Vi søger støtte som en del af virksomhedens strategi for produktudvikling. Det kan af to grunde være svært at tiltrække tilstrækkeligt med andre former for finansiering:

- › Både brintteknologier og brintmarkedet er endnu ikke veludviklede. Der er stadig tale om nye teknologier og et stort set uopdyrket marked, hvor de potentielle kunder ikke en gang ved at de kunne være kunder. Det kræver derfor et langsigtet investeringsperspektiv. De fleste investorer vil gerne se en business case, hvor der maksimalt går 3 år før investorerne begynder at få et afkast. Allerede ved en udsigt at skulle vente 5 år på et afkast er interessant fra investorerne meget lavere.
- › Mange andre projekter inden for brint- og brændselscelleudvikling modtager støtte, og der er derfor en forventning fra investorerne om, at virksomheden selv bidrager med en stor del af finansieringen.

Mikael Sloth: Projektet ville have været for risikofyldt uden støtten. Brintbilsmarkedet er stadig ikke et modent marked. Der skal foretages store investeringer i infrastruktur, herunder tankstationer i en forventning om et væsentligt marked på lang sigt. Udviklings- og udbygningsinvesteringerne skal foretages, før markedet er modent. Her er offentlig støtte vigtig, selvom der er mere fleksibilitet ved private investeringer.

Jørgen Krogsgaard Jensen: Når det drejer sig om ny teknologi, så kan man vælge en af to strategier – vente på at andre danske virksomheder eller udlandet udvikler teknologien og markedet, så der kommer et markedsefterspørgsel, som man så kan forsøge at få en andel af, eller være i front i udviklingen af teknologi og markedsefterspørgsel. Strategi nummer to kræver en langsigtet indsats og langsigtet støtte.



Kilde: EF	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
GreenHydrogen.dk ApS	Privat v.	1-9	D	1.590	62%
H2 Logic A/S	Privat v.	20-49	PL	13.130	55%
<b>I alt</b>				<b>14.928</b>	<b>55%</b>

## Projektkæder

Jørgen Krogsgaard Jensen: Oprindeligt var projektet en del af en noget større projektansøgning, som på opfordring fra EUDP-sekretariatet blev splittet op i tre dele. Grunden til opsplitningen var en formodning om at nogle dele ikke berørte alle partnere i samme udstrækning, og at det ville lette projektstyringen at fokusere parternes involvering på de for dem mest relevante emner. Opsplitningen førte til tre projekter:

- › 'HyProvide large-scale alkaline electrolyser' (64011-0105) – hvor projektpartnerskab bestod af GreenHydrogen. Dk, MW Siemens, Danmarks Tekniske Universitet og Hydrogen Innovation and Research Centre (nu lagt ind under AAUH),
- › Det belyste projekt 'HyProvide-HRS' (64011-0106) med H2 Logic og GreenHydrogen.dk,
- › 'Hydrogen fremstillet ved elektrolyse – LT-PEMEC teknologien' (64011-0107) med IRD A/S.

Efterfølgende blev 'Standardisering og koordinering af elektrolyseprojekter' (64011-0328) oprettet med Partnerskabet for Brint og Brændselsceller for at koordinere eventuelle fællesaktiviteter formidling af viden inden for de tre projekter.

Jørgen Krogsgaard Jensen: Alle delkomponenter af et produkt kan ikke udvikles på én gang. Vi ser på, hvad der er det kritiske at få til at fungere, og arbejder så med, at få det til at fungere. Hvis det lykkes, så går vi videre til næste delkomponent og optimerer på den osv. Derfor giver det mening, at samme teknologi støttes i flere omgange.

De direkte forløbere til det belyste projekt er:

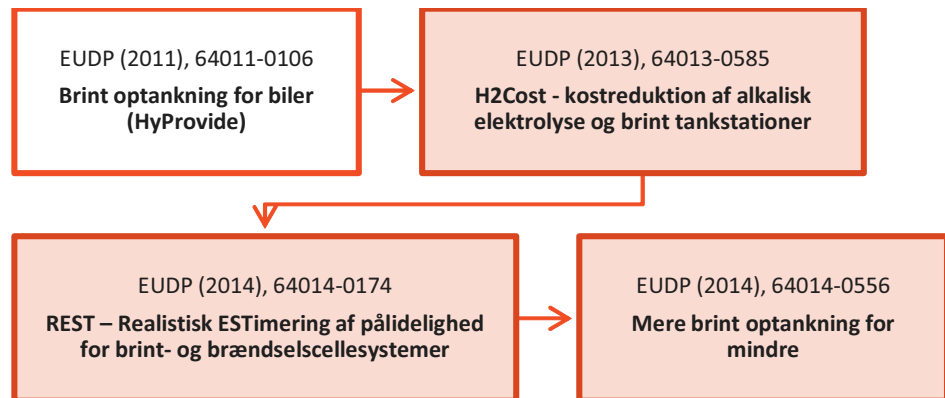
- › 'Hydrogen Link Vestjylland projekt' (EFP 33032-0208), hvor 1. generation teknologi blev udviklet og afprøvet (2007).
- › 'LINK2009 – Udvikling og afprøvning af 2. generation brændselscelle hybridkøretøjer og brinttankstationer' (63011-0069) fra 2008-2010.
- › 'LINK2009 – Fase 2 – Demonstration af 2. generation brændselscelle hybridkøretøjer og brinttankstationer i Danmark' (64009-0172) fra 2009-2014 – hvor H2 Logic testede det grundlæggende. LINK2009 projektet i Holstebro havde 10 deltagende virksomheder, vidensinstitutioner og organisationer. Der blev testet 3 brintbiler og en 700 bar brinttankstation i Holstebro i 2011. Projektet omfattede 2 stk. Ph.d.er på DTU.

Foruden de kommercielle resultater er der i løbet af projektperioden blevet iværksat 5 nye F&U-projekter inden for brint optankning med et samlet budget på 100 mio. kr. Projekterne viderefører F&U inden for projektets indsatsområder frem mod opnåelsen af kommercielle målsætninger. (Kilde: AF)

Som direkte opfølgning på det belyste projekt har GreenHydrogen.dk iværksat projekterne 'HyBoost - Mere brint optankning for mindre' (64014-0556) og H2 Logic har iværksat 'REST – Realistisk ESTimering af pålidelighed for brint og brændselscelle systemer' (64014-0174).

Parallelt med projektet har H2 Logic også haft projekterne 'HyFill-Fast - Hurtig, effektiv brint-tankning og -lagring med høj kapacitet på køretøjer' (Innovationsfonden ENMI 11-116802) samt 'Kostreduktion af alkalisk elektrolyse og brint tankstationer' (64013-0585) – nu projektnavn ændret til H2Cost.

Mikael Sloth: H2Cost er et samarbejde med GreenHydrogen, mens de øvrige af vores projekter sker i samarbejde med andre danske deltagere. Hertil kommer en række EU-støttede projekter. H2 Logics omkostningsbudget for nye projekter efter HyProvide beløber sig til omkring 60-70 mio. kr., hvoraf 50% egenfinansiering.



## Projektpartnerskabet

H2 Logic producerer brinttankstationer til brændselscelle eldrevne køretøjer, mens GreenHydrogen.dk producerer og leverer brintforsyningsystemer.

Mikael Sloth: Partnere vælges ud fra en vurdering af, hvem der er relevante. Projektet var vistnok vores første projekt sammen med GreenHydrogen. Sigtet med samarbejdet er at sikre en god koordinering af udviklingen og optimeringen af brintproduktionsanlæg og tankstationer. Samarbejdet sikrer, at H2 Logic er opdateret på det seneste nye inden for emner, som har implikationer for deres tankstationer og er derved får vi koordineret markedsudviklingen for optankning. Vores virksomheder har nu nyt projekt sammen om opdateret om brintproduktionsteknologi.

Jørgen Krogsgaard Jensen: Partnerskabet for Brint og Brændselsceller er vigtig for os. Det udgør et forum, hvor et projekt eller en aktør efter behov bl.a. kan diskutere problemstillinger og fremlægge resultater. Partnerskabet for Brint og Brændselsceller er et samarbejde mellem brint og brændselscellebranchen, forskningsinstitutioner og overvågende myndigheder<sup>11</sup>. Partnerskabet har til formål at fremme samspillet mellem disse aktører omkring den løbende udvikling af strategier. EUDP-sekretariatet er repræsenteret i partnerskabet.

Et eksempel på et konkret udbytte af Partnerskabet for Brint og Brændselsceller er analysearbejdet 'Analyser for kommercialisering af brintteknologier' (64013-0581) fra 2014-2015. Et andet eksempel er 'Brintteknologier – positionering af danske interesser I opstart

<sup>11</sup> Partnerskabet for Brint og Brændselsceller ([www.hydrogenet.dk](http://www.hydrogenet.dk)) blev etableret i 2007 i overensstemmelse med den nationale brintstrategi 'Brintteknologier – strategi for forskning, udvikling og demonstration i Danmark' (2005) og i tråd med miljøministerens rapport 'Redegørelse om fremme af miljøeffektiv teknologi – vejen til et bedre miljø' (2006).

af Horizon 2020 (journalnr. 64013-0112), som har været med til at sikre, at danske interesser er blevet varetaget under dannelsen af det nye europæiske brint-og brændselscelleprogram ' Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (FCH 2-JU) under EU's Horizon2020-program.

Mikael Sloth: Formidlingen over for den generelle offentlighed drejer sig primært om at opbygge en opmærksomhed omkring brintteknologien, og dette sker bl.a. via hjemmesiden [www.brintbiler.dk](http://www.brintbiler.dk), som Partnerskabet for Brint og Brændselsceller er tovholder på.

## **Samarbejde med programsekretariatet**

Jørgen Krogsgaard Jensen: EUDP-midlerne administreres meget professionelt. Samarbejdet er fleksibelt. Det er enkelt at kommunikere med EUDP og få fat i de rigtige folk. Desuden kommer sekretariatet gerne ud og besøger projekterne.

Mikael Sloth: Erfaringen med samarbejdet med programsekretariatet er, at det fungerer "lean" og effektivt med en lydhørhed over for projektjusteringer undervejs.

## Afviste ansøgninger

Der er i case-undersøgelsen taget kontakt til 5 afviste projektansøgere for at illustrere, hvilke veje ansøgerne vælger at gå efter afslag. Blandt de 5 afviste ansøgninger indgår 2 ansøgninger til EUDP. Vi har bevidst valgt projektansøgere, hvis projekt ifølge sekretaria-terne hovedsageligt ikke kom gennem nåleøjet, fordi støttemidlerne er begrænsede eller fordi projektemnet ikke var fokusområde i den pågældende støtterunde eller pulje.

I alle 5 tilfælde er projektansøgerne fortsat med at forfølge deres idéer omend på meget forskellig vis.

I tilfældet med 'Efficient incorporation of wind power in district heating systems' (64010-0480), forbedrer projektpartnerskabet ansøgningen. Samtidig bevirker ændrede rammevilkår, at projektets økonomi i anden ansøgningsrunde er stærkere og opnår EUDP-støtte. I opfølgningen på den anden EUDP-ansøgning 'DEAP as an Energy Harvesting Technology' (64010-0079), fandt vi, at projektpartnerskabet har udvidet projektet og opnået støtte fra Højteknologifonden.

De 2 EUDP-eksempler er kort beskrevet nedenfor.

### EL14 – Effektiv integration af vind i fjernvarmesystemer

<b>Titel</b>	Efficient incorporation of wind power in district heating systems (64010-0480)		
<b>Ansøgningsår</b>	2010	<b>Energiområde</b>	Smart grid
<b>Interview med</b>	Projektansvarlig: Teknologisk Institut, repræsenteret v/ Claus Poulsen, Afdelingsleder Teknologisk Institut. + Bjarke Paaske (tidligere projektleder hos DTI, siden 2015 ansat i Energistyrelsen)		

Projektet handlede om at udvikle løsninger for udnyttelse af søvand til fjernvarmeproduktion i Ans via en varmepumpe. Teknologisk Institut var projektansvarlig og projektteamet bestod af en bred kreds af rådgivere, leverandørvirksomheder og institutioner.

Den aktuelle EUDP-projektansøgning blev afvist i 2010, men projektet fik efterfølgende knap 3 mio. kr. i EUDP-støtte i 2011 (64011-0349) med næsten samme indhold. Dog var ansøgningen på opfordring blevet uddybet med hensyn til de kommercielle aspekter, bl.a. for firmaet Boatech, som skulle stå for leverancer til og installation af søvandsdelen inklusiv pumpestationer og rør. Desuden blev der i 2011 søgt et mindre støttebeløb end i 2010, da el-afgifterne for strøm til varmepumper i mellemtiden var blevet sænket, så projektets økonomi dermed så bedre ud.

Efter et længere forløb med sagsbehandling i forbindelse med en VVM-redegørelse står projektet nu foran anlægsfasen, som forventes gennemført i 2016.

Bjarke Paaske mener, at projektøkonomien er i orden, og der er derfor gode chancer for at projektet bliver en succes. Nuværende projektleder er Lars Reinholdt fra Teknologisk Institut.

Bjarke Paaske mener ikke, at projektet kunne være realiseret uden støtte. Der har været brugt mange ressourcer på at udvikle nye løsninger, og dette udviklingsarbejde ville være svært at finansiere. Endvidere har projektet strakt sig over en længere årrække. Et lille

firma som fx Boatech, ville derfor formentlig nøjes med at bruge kræfter på deres kerneforretninger, hvis ikke der var mulighed for støtte.

## EL15 – DEAP

<b>Titel</b>	DEAP as an Energy Harvesting Technology (64010-0079)		
<b>Ansøgningsår</b>	2010	<b>Energiområde</b>	Bølge
<b>Interview med</b>	Projektansvarlig: Danfoss Polypower A/S, repræsenteret v/ Hans-Henrik Kiil (netop fratrådt)		

Projektets formål var at demonstrere, at dielektriske elektroaktive polymerer (DEAP) kan anvendes til at generere energi ved praktisk anvendelse i fx et bølgekraftanlæg. – Et sådant polymermateriale kan generere en elektrisk strøm, når det aflastes efter at have været strukket mekanisk.

Forud for ansøgningen var der ansøgt om patenter på opfindelser med anvendelse af DEAP-teknologien.

I ansøgningen stod Danfoss Polypower som hovedkraften på projektet, der også havde deltagelse af Aalborg Universitets Institut for Energiteknologi samt Syddansk Universitet.

Der blev søgt om ca. 7,5 mio. kr., men projektet fik afslag.

Der blev efterfølgende søgt om og bevilliget midler fra Højteknologifonden til et lignende men mere omfattende projekt, som blev gennemført i perioden 2011-15.

Hans-Erik Kiil mener i dag, at en forklaring på, at der ikke blev bevilliget støtte fra EUDP, er, at der nærmere var tale om grundforskning end demonstration.

”Det var fornuftigt, at vi ikke fik EUDP-støtte. Teknologien var ikke moden nok. Projektets mål om at demonstrere teknologien i praktisk anvendelse var urealistisk på daværende tidspunkt”. Højteknologifonden passede bedre til projektet, da den i højere grad støtter grundforskning.

”Det gennemførte projekt har medført, at teknologien nu er mere moden, men dens gennembrud afhænger af yderligere udvikling af materialeteknologien”.



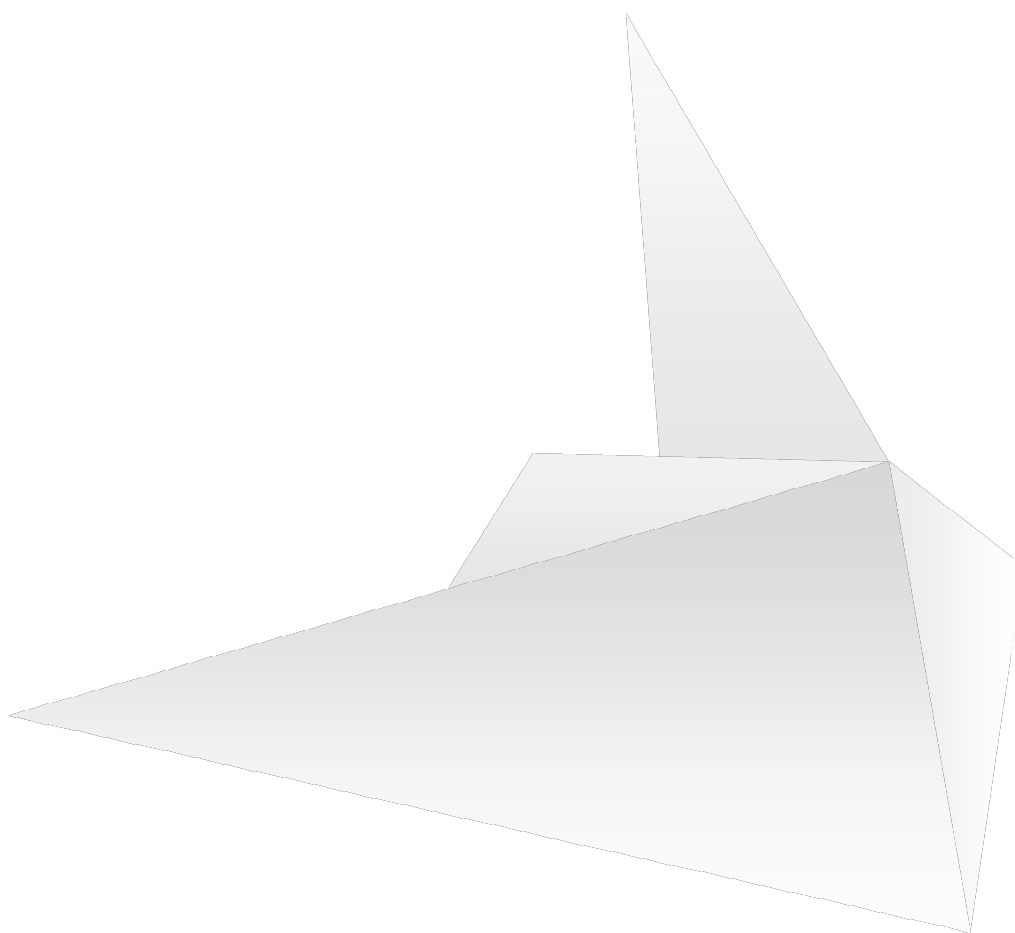
## Bilag B Casestudier – ForskEL

Evaluering af Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets forsknings- og udviklingsprogrammer for ny energiteknologi



# INDHOLD

<b>OVERBLIK .....</b>	<b>2</b>
<b>FO1 – ELEKTRISKE HOVEDKOMPONENTER I VINDMØLLER.....</b>	<b>3</b>
<b>FO2 – TRINOPDELT FORGASNING .....</b>	<b>10</b>
<b>FO3 – POLYSTAR .....</b>	<b>15</b>
<b>FO4 – CRESTWING .....</b>	<b>20</b>
<b>FO5 – BOREHULLER I BRÆDSTRUP .....</b>	<b>24</b>
<b>FO6 – SOFC-LIFE .....</b>	<b>31</b>
<b>FO7 – ESWA .....</b>	<b>36</b>
<b>FO8 – WS UNIT .....</b>	<b>42</b>
<b>EKSEMPEL PÅ AFVISTE PROJEKTANSØGNINGER .....</b>	<b>49</b>



## Overblik

I de følgende kapitler præsenteres 8 eksempler på ForskEL-projekter og en afvist ansøgning, se tabel oversigt nedenfor. Beskrivelserne baserer sig på mundtlige og skriftlige udsagn (interview, ansøgninger, slutrapporter og forskelligt formidlingsmateriale) fra projektansvarlige og projektdeltagere. Casene giver konkrete illustrative eksempler på de umiddelbare projektsresultater og de mere langsigtede effekter.

Der er gennemført interview med en repræsentant for den projektansvarlige organisation (det primære interview) samt en repræsentant for en af de øvrige projektdeltagere (sekundært. Interviewene er gennemført i perioden i maj-september 2015.

Eftersom de interviewede personer har en egeninteresse i at signalere, at økonomisk støtte har en merværdi, vil dette kunne farve udsagnene. Dette bias søges afhjulpet noget ved at holde interviewene fokuseret på et konkret projekt og faktiske forhold. Udsagnene er i øvrigt taget for pålydende, og der er ikke fra evalueringsteamets side foretaget en vurdering af udsagnenes rigtighed.

De forskellige kilder er angivet vha. følgende forkortelser:

- › AF – Afslutningsrapport/-skema
- › AN – Ansøgning
- › EF – Portalen [www.energiforskning.dk](http://www.energiforskning.dk)
- › SPSK – Spørgeskemabesvarelser

Tabel 1: Overblik over de udvalgte ForskEL cases.

Case nr.	Journal nr.	Projekttitle	Projektansvarlig	Bevilningsår	Antal partnere	Energiområde	Budget (mio. kr.)	Tilskudsandel
FO1	10087	Elektriske hovedkomponenter i vindmøller	DTU	2008	10	Vind	6,94	58%
FO2	10131	Trinopdelt forgasning. Erfaringsindhenting og optimering	Biosynergy Proces ApS	2008	1	Bio og affald	1,84	76%
FO3	10143	PolyStaR - Nye materialer og fremstillingsmetoder til plastsolceller med forbedret holdbarhed og pålidelighed	DTU	2009	3	Sol	7,32	53%
FO4	10465	Crestwing, den endelige test	Waveenergyfyn	2010	3	Bølge	2,50	98%
FO5	10496	Borehuller i Brædstrup	PlanEnergi	2010	6	Sol	23,69	29%
FO6	10625	SOFC-Life	DTU	2011	1	Brint og brændselsceller	7,42	49%
FO7	10738	ESWA - Energy Smart Water Utilities	Århus Vand og Spildevand	2012	8	Smart grid og systemer	6,04	66%
FO8	10239	Optimisation of kWh production and reliability of WSE unit	Wave Star A/S	2009	7	Bølge	10,00	50%
FO9	10652	Næste generation af affaldsforbrændingskedler	Teknologisk Institut	2011	-	Bio og affald	-	-

## FO1 – Elektriske hovedkomponenter i vindmøller

Fuld titel	Elektriske hovedkomponenter i vindmøller (10087)		
Bevillingsår	2008	Påbegyndt	Januar 2009
Energiområde	Vind	Projektstatus	Afsluttet januar 2014
Interview med	Projektansvarlig: DTU Elektro, repræsenteret v/ Joachim Holbøll Projektdeltager: ABB, repræsenteret v/ Erik Koldby		



### Projektet kort

Erik Koldby: Projektet handlede om kompatibilitet og sammensætning af elkomponenter til vindmøller for vindmølleparker placeret i områder med forskellige miljø (fx oceaniske) forhold. Formålet med projektet var at finde en metode og udvikle et værktøj til at undersøge elkomponenternes kompatibilitet og identificere risici for fejl på forhånd – som led i udarbejdelse af specifikationer.

Erik Koldby: ABB leverer store elkomponenter til vindmøllebranchen. Der eksisterer risiko for, at kunderne køber og sammensætter forkerte komponenter, som modarbejder hinanden. Jeg opfatter projektet som en følge af fejlene på Middelgrund Vindmøllepark, hvor syv transformere nedbrændte bl.a. pga. uheldigt samspil mellem koblingsanlæg og transformere. Desuden kan projektet betragtes som en opfølgning på Ph.d.-projektet 'Critical Voltage Distributions in the Dry Type Transformer of Large Wind Turbines when Exposed to Transients', der blev afsluttet i 2007.

Joachim Holbøll: Hovedemner i projektet var at betragte elektriske komponenter i de omgivelser, som de placeres i (både elektriske og ikke elektriske) og beskrive disse omgivelser, analysere kompatibiliteten af forskellige komponenter og udarbejde model/værktøj til at understøtte udarbejdelse af komponentspecifikationer.

Joachim Holbøll: Projektet blev delt op i to faser (under den samme bevilling). I den første fase af projektet deltog en bred skare af deltagere fra industrien – for at analysere problemstillingen vedr. kendte elektriske komponenter i nye omgivelser og definere disse omgivelser. Den næste fase handlede om komponent-modellering og blev udført hovedsageligt som et Ph.d.-studium. Her blev der besluttet at fokusere på transformere, som installeres i vindmøller.

### Resultater

Erik Koldby: Projektet nåede sit mål. Det lykkedes at finde en metode til at undersøge kompatibiliteten af forskellige elkomponenter, som vindmøllepark-udviklere kan bruge til udarbejdelse af specifikationer til komponentleverandører. Metoden kan sikre, at de forskellige komponenter bliver sat korrekt sammen og ikke modarbejder hinanden. Brug af metoden kan hjælpe til at undgå havarier og reparationer, som især er omkostningstunge ved offshore vindmøller, hvor selve udskiftningen af fx en transformer let kan løbe op på 500.000 kr. ud over selve transformerprisen, som udgør 100.000-200.000 kr. Med møller, der er større end 2 MW møllerne på Middelgrunden og længere fra land, er der tale om meget større beløb.

Joachim Holbøll: Projektets resultater inkluderer generel udvikling af viden og værktøjer og omfatter følgende:

- › Grundig definition af omgivelser for elektriske komponenter i vindmøller.
- › Ph.d.-afhandling, hvor bredbåndsmodellering af komponenter er blevet udviklet.
- › Et bedre beslutningsgrundlag for de deltagende virksomheder.

Erik Koldby: Der fandtes ikke lignende metoder eller værktøjer for vindmøller inden dette projekt, hverken i Danmark eller internationalt. Danmark er foregangsland inden for vindenergi og derfor driver meget af udviklingen herom.

Joachim Holbøll: Dagens standard – der fandtes ikke lignende modellering af komponentkompatibilitet. Generelt var deltagerne overrasket over betydningen af de nye omgivelser for de elektriske komponenter.

Joachim Holbøll: Vi ved ikke, hvorvidt virksomhederne bruger disse modeller/værktøjer aktivt. Men den opnåede viden og de udviklede transformermodeller bruges både i Danmark og internationalt. I Norge fortsætter udviklingen af transformermodellerne.



Erik Koldby: Det vides ikke, om metoden og værktøjet er blevet taget i brug eller i hvilken udstrækning.

## Formidling

Joachim Holbøll: Formidling i forbindelse med projektet inkluderer deltagelse i konferencer og workshop, conferenceartikler og artikler i videnskabelige tidsskrifter. Hertil kommer et større antal opgaver udført af studerende. Artikler og konferencer omfatter bl.a. (Kilde: AF):

- › *Matthew Henriksen, Joachim Holbøll, "Wind Turbine Electrical Main Components, Electrical and Non-electrical Environment", Report from PSO project 010087, Techn. University of Denmark, Electrical Engineering, 102 pages, 2011.*
- › *CIGRE Joint Working Group A2-C4.39, "Electrical Transient Interaction between Transformers and the Power System," CIGRE Brochure, 2014. (A. Holdyk contributed).*
- › *Holdyk, A., Holboell, J., Jensen, A., "Implementation of Cable Models for Studies of Compatibility of Electric Components in Wind Farms", Jicable 2011, 20-23 June 2011.*
- › *Holdyk, A., Holboell, J., Arana, I., "Compatibility Between Electric Components in Wind Farms", '10th International Workshop on Large-Scale Integration of Wind Power into Power Systems as well as on Transmission Networks for Offshore Wind Farms', Aarhus, Denmark, 25-26 October 2011*
- › *Henriksen, Matthew Lee ; Koldby, Erik ; Holbøll, Joachim ; Holdyk, Andrzej, "Environmental Severity Classes for Main Electrical Components in Offshore Wind Turbine", '10th International Workshop on Large-Scale Integration of Wind Power into Power Systems as well as on Transmission Networks for Offshore Wind Farms', Aarhus, Denmark, 25-26 October 2011.*
- › *Rasmus Schmidt Olsen, Joachim Holboell, Asger Jensen "Analysis of load conditions of wind turbine components", EWEA Offshore 2011, Amsterdam.*
- › *J. Holboell, M. Henriksen, R. Olsen, A. Jensen, E. Koldby, "Electrical and Non-Electrical Environment of Wind Turbine Main Components", Cigré Symposium, Paris 2012*
- › *Holdyk, A., Holboell, J., Arana, I., Jensen, A., "Switching Operation Simulations in a Large Offshore Wind Farm with Use of Parametric Variation and Frequency Domain Severity Factor", UPEC 2012, 4-7 September 2012.*
- › *Kocewiak, Łukasz Hubert ; Arana Aristi, Iván ; Hjerrild, Jesper ; Sørensen, Troels ; Bak, Claus Leth ; Holbøll, Joachim, "EMC of harmonic and transient measurement equipment in offshore wind farms", Energy Procedia , Deep Sea Offshore Wind R&D Seminar, Trondheim, 2012*

- › V. Kersulius, A. Holdyk, J. Holboell, I. Arana, 'Sensitivity of Nodal Admittances in an Off-shore Wind Power Plant to Parametric Variations in the Collection Grid', *Proceedings of the 11th International Workshop on Large-Scale Integration of Wind Power into Power Systems*. 2012
- › A. Holdyk and J. Holboell, "Implementation of the parametric variation method in an EMTP program," in *International Conference on Power System Transients, IPST, Vancouver, BC, Canada, 2013*, pp. <http://www.ipst.org/techpapers.htm>.
- › A. Holdyk, I. Arana, J. Holboell, 'Wide band characterization of wind turbine reactors', *IPST, Vancouver 2013*
- › A. Holdyk, B. Gustavsen, I. Arana, J. Holboell, 'Wide Band Modeling of Power Transformers Using Commercial sFRA Equipment', *IEEE Transactions on Power Delivery*, 2013
- › A. Holdyk, J. Holboell, E. Koldby, A. Jensen, 'Influence of an offshore wind farm's layout on electrical resonances', *Cigré Symposium, Paris 2014 (submitted)*
- › Holdyk, 'Interactions of electrical main components in wind farms', *Ph.D.-thesis, Technical University of Denmark, 2013*.
- › Ivan Arana Aristi, 'Overvoltages and protection in offshore wind power grids', *Ph.D.-thesis, Technical University of Denmark, 2012. (Related topic conducted in parallel to EMC wind)*

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Erik Koldby
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?	
... projektets <b>risikovillighed</b> har medvirket til at skabe mere innovative løsninger, end der ellers ville kunne være opnået?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Forløb

Erik Koldby: Meget af projektets arbejde blev gennemført som Ph.d.-studie. Den første Ph.d.-studerende stoppede efter et år, og det viste sig vanskeligt at finde en ny Ph.d.-studerende til at starte forfra. Dette forsinkede projektet.

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Erik Koldby: For ABB har projektet været vidensopbyggende: Projektet initierede og bidrog til interne diskussioner, hvilket har givet os øget viden om vindmølleteknologi.

Erik Koldby forventer ikke, at ABB opnår øgede indtægter direkte som følge af projektet (Kilde: SPSK).

Erik Koldby: Ud over det konkrete Ph.d.-projekt, blev projektets problemstilling og data stillet til rådighed for undervisningen på DTU i form af diverse projektopgaver for studerende.

Erik Koldby: For projektudviklere og komponentleverandører som os reducerer et mere rigtigt valg af komponenter risikoen for eventuelle erstatningssager.

## Danmark og internationalt

### Energi og systemmæssige effekter

Joachim Holbøll: Metoden bidrager til øget pålidelighed af komplekse elsystemer (fx vindmølleparker) i det overordnede elsystem. Den gør det muligt at forudse, hvad der kan ske i







komplekse elsystemer og dermed mindske risikoen for uforudsigelige u hensigtsmæssige hændelser i elsystemet. Dermed bidrager metoden til bedre vindmølleprojekter.

Erik Koldby: Den energiresource-mæssige effekt af dette projekt ligger i, at bedre planlægningsprocesser understøtter nemmere og hurtigere etablering af VE-produktion og dermed fortrængning af fossile brændsler. Metoden hjælper til, at der stilles korrekte specifikationer for elkomponenter til vindmøller og dermed opnås et mere pålideligt system, hvorved risici for øgede udgifter til udskiftning af komponenter reduceres og dermed bidrager til lavere omkostninger for vindmølleparker. Metoden muliggør, at potentielle problemer kan analyseres på forhånd, hvilket gør, at investeringen bliver mere sikker. Derved bliver nemmere at tiltrække investorer og hurtigere at gennemføre projekter. Vindmøllebranchen får et bedre ry, og investering i vindmølleparker bliver mere attraktiv for potentielle investorer.

Erik Koldby: Projektets effekt på elsystemet er en væsentlig reduceret risiko for havari og dermed afbrydelser i elnettet, som øger elforsyningsikkerheden og minimerer omkostninger til balancering af hele elsystemet.

Joachim Holbøll: Generelt er der et stort potentiale for videre arbejde med elektriske komponenter i komplekse systemer. Især bør kabler analyseres nærmere. Den udviklede model kan sagtens bruges til at optimere selve de elektriske komponenter. Dette indgik ikke som en del af projektet.

Joachim Holbøll: Som konsekvens af projektet er planlægningen i dag af vindmølleparker mere grundig, og der analyseres mere.

I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til ...	Joachim Holbøll	Erik Koldby
<p>... udvikling og integration af miljøvenlige <b>elproduktionsteknologier</b>?</p> <p>JH: Pålideligheden af vindmøllesystemer kan øges (risiko for udfald minimeres) og på den måde integreres vindmøller bedre i elsystemet.</p> <p>EK: Projektet skaber forudsætning (mulighed) for det. Men der er lang responstid fra udvikling af metoden til at der kan måles en større effekt.</p>		
<p>... forbedret <b>styring og regulering</b> af et fremtidigt elsystem?</p> <p>JH: Der er bedre styr på, hvad der sker, når man regulerer vindmøller, når de fx kobles ind og ud af elsystemet.</p> <p>EK: Metoden hjælper til at undgå havari og dermed afbrydelser af elproduktionen og forsyningen til nettet.</p>		
<p>... inddragelse af <b>international viden</b> på området?</p> <p>JH: Der blev holdt workshops med international deltagelse, og der blev modtaget inputs fra internationale aktører.</p> <p>EK: Danmark er førende på vindenergiområdet: Derfor er der ikke så meget international viden at inddrage. ABB har inddraget egen international viden bl.a. vedr. transformere.</p>		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: Interview og COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Projektet havde en international dimension i og med, at kunderne til det forbedrede produkt er store internationale virksomheder, der har afsætning i Danmark og internationalt.

I hvilken grad gav den internationale dimension ...	Erik Koldby
... Adgang til <b>ny og bedre viden</b> , der ellers ikke ville være adgang til?	
... Inspiration til <b>nye og innovative løsninger</b> ?	
... <b>Bedre tekniske løsninger og resultater</b> , end der ellers ville kunne være opnået?	
... <b>Bedre og bredere formidling</b> af resultater og/eller danske kompetencer?	
... Større internationalt <b>netværk og samarbejdsrelationer</b> ?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Projektet har potentielt betydning for især forsyningssikkerheden og omkostningseffektiviteten i det danske elsystem.

Joachim Holbøll: Resultaterne og den genererede viden kan bruges af vindmølleprojektudviklere og elforsyningsvirksomheder. Der har i projektet været fokus på transformere, men modellerne kan også modificeres og bruges til andre formål. Det næste naturlige skridt er at analysere kabler mere detaljeret.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Erik Koldby
... forbedre <b>forsyningssikkerheden</b> i Danmark?	
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?	
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?	
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Joachim Holbøll: Projektet var domineret af større partnere, mens de mindre partnere deltog på et lavere aktivitetsniveau.

Erik Koldby: Støtten var vigtig for at kunne bringe så mange teknologileverandører og andre aktører sammen. Uden støtten ville arbejdet med at finde en metode til at sætte el-komponenter i vindmøller korrekt sammen være blevet gennemført ude i de enkelte teknologivirksomheder, men uden det brede samarbejde og åbenhed. Projektet har således bevirket, at den nye viden, skabt i projektet, er blevet kommet en bredere kreds til gode.

Joachim Holbøll: Projektet ville ikke være blevet gennemført i samme form uden støtte. Dog er det vigtigt med en vis egenfinansiering, idet dette giver større ejerskab og sikrer det nødvendige engagement fra deltagerne.

Fra ansøgning	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
ABB A/S	Privat v.	100+	D	370	i.o.
Codan Forsikring A/S	Privat v.	100+	D	i.o.	i.o.
Danmarks Tekniske Universitet	Viden/Udd.	100+	PL	i.o.	i.o.
DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik	Privat v.	100+	D	i.o.	i.o.
DONG Energy A/S	Energi	10-19	D	i.o.	i.o.
Gamesa Wind Engineering A/S	Privat v.	1-9	D	i.o.	i.o.
Siemens Wind Power A/S	Privat v.	100+	D	i.o.	i.o.
Vattenfall A/S	Energi	100+	D	i.o.	i.o.
Vestas Wind Systems A/S	Privat v.	100+	D	i.o.	i.o.
Aalborg Universitet	Viden/Udd.	100+	D	i.o.	i.o.
<b>I alt</b>				<b>5.433,8</b>	<b>58%</b>

## Projektpartnerskabet

Erik Koldby: DTU og DONG var de drivende kræfter i projektet. Projektteamet blev sammensat af DTU, som var projektansvarlig og stod for udviklingen af metoden (dvs. Ph.d.-projektet). DONG Energy, som repræsenterer de potentielle kunder til metoden, hvad brug for en metode til at udarbejde korrekte komponentspecifikationer. DONG Energy leverede de nødvendige driftsdata fra vindmølleparker til undersøgelsen. Herudover inkluderede projektet en bred skare af vindmølleproducenter og leverandører af elkomponenter.

Erik Koldby: ABBs rolle i projektet var at bidrage med data og information om ABBs elkomponenter til vindmøller samt at følge projektet og bidrage til vejledning af det Ph.d.-projektet, som var en del af projektet.

Erik Koldby: Projektteamet omfattede flere konkurrenter. Ikke desto mindre var teknologileverandørerne trygge ved at stille information om deres komponenter til rådighed pga. projektledernes og andre deltagers høje etiske standard. Det brede projektpartnerskab viser, at det var en fælles og meget relevant problemstilling, projektet tog op. Samtidig muliggjorde den brede kreds, at det blev muligt at analysere flest mulige forskellige typer af elkomponenter med hver deres karakteristiker.

Erik Koldby: Projektdeltagerne kendte hinandens styrker, og disse blev godt udnyttet. Deltagelse i projektet har styrket den gensidige forståelse og respekt for hinandens kompetencer. Samarbejdet har gjort, at deltagerne kom tæt på hinanden, skabte personlige kontakter, som gør, at fremtidige samarbejder bliver nemmere. Samarbejdet og projektet har også haft en stærk signalværdi – nemlig den, at branchen tager problemet alvorligt.

Erik Koldby: For at opnå succes med et F&U-projekt er det bl.a. vigtigt, at projektet arbejder med en reel problemstilling, og at projektets målsætninger er målbare.

Joachim Holbøll: DTU stod for at skrive ansøgningen og fungerede som projektleder for projektet og Ph.d.-projektet. I den første fase af projektet var alle deltagere involveret og bidrog lige meget til projektet. Efter første fase blev der formuleret, hvad projektet



skulle fokusere på videre frem, og den aktive deltagerkreds blev reduceret til tre hovedaktører – Ph.d.-projektet (DTU) og DONG Energy og ABB, som bistod i vejledningen af Ph.d.-studenten.

Joachim Holbøll: Fordele ved samarbejdet i projektet var, at der blev udvekslet viden og erfaringer mellem forskellige aktører i branchen. Og der er fortsat samarbejde mellem nogle af projektets deltagere. Udfordringen i et samarbejde mellem forskellige aktører er, at der er forskellige forventninger til projektet, og at der skal sikres fortrolighed, når de forskellige industripartnere skal bidrage med information og data om deres produkter. Omvendt var det en styrke for projekt, og udbyttet blev betydelig større i og med, at der kunne indsamles feedback fra aktører med forskellig baggrund.

Det er ifølge Erik Koldby bedst, at et sådant projekt forankres hos et universitet for at sikre åbenhed og vidensdeling, og ikke mindst brug af den nyeste viden i universitetsundervisning.

Joachim Holbøll: Projektets forankring hos universitet sikrer stabilitet i projektet i modsætning til en forankring i industrien, hvor forholdene og fokus kan ændre sig i løbet af projektperioden.

Joachim Holbøll: Programsekretariatene bør understøtte det brede samarbejde mellem forskellige partnere – samarbejde med forskellige aktører er en styrke. Programsekretariatene kunne fx stille krav om, at en af projektpartnerne skulle repræsentere en industripart eller aftager.

## **Samarbejde med programsekretariat**

Joachim Holbøll: ForskEL har udvist en fin fleksibilitet i og med, at ForskEL godkendte en forlængelse af projektet og en vis omorganisering, som blev nødvendig, som følge af at der skulle skaffes en ny Ph.d.-studerende, efter at den første stoppede.

Joachim Holbøll: Selve sekretariatets platform til ansøgninger, afrapportering, m.m. er lidt tung – der har været problemer med password osv.

## FO2 – Trinopdelt forgasning

Fuld titel	Trinopdelt forgasning – Erfaringsindhentning og optimering (10131)		
Bevillingsår	2008	Påbegyndt	Marts 2008
Energiområde	Bio og affald	Projektstatus	Afsluttet januar 2011
Interview med	Projektansvarlig: BioSynergi Proces ApS, repræsenteret v/ Henrik Houmann Jakobsen		



### Projektet kort

Projektets primære mål var at øge teknologiens konkurrenceevne gennem en mere konkurrencedygtig pris.

Projektet tog udgangspunkt i et eksisterende pilot-kraftvarmeanlæg med trinopdelt forgasning i Græsted, opført i 2004. Projektets mål var procesteknisk optimering af det eksisterende pilotanlægs tørreanlæg og indhentning af driftserfaringer med kraftvarmeproduktion. Tørreprocessen blev vurderet teoretisk med den konklusion, at den mest relevante indsats var forbedring af tørreanlæggets tæthed. Et nyt brændselsindløb og en tæt brændselssluse blev udviklet. Disse forbedringer er herefter blevet testet under længere drift og har vist en betydelig forbedring af tørreanlæggets tæthed. (Kilde: AF)



Erfaringerne fra anlægsdriften viste med tydelighed, at energitabet fra trækulsindholdet i gasgeneratorens aske var væsentligt større end ønskeligt. Mængden betød, at håndteringen og bortskaffelsen af trækul i sig selv udgjorde en væsentlig driftsomkostning.

I slutningen af projektet blev der derfor aftalt en ændring med sekretariatet, så der i stedet for at fortsætte med yderligere drift kunne prioriteres at få fundet og afprøvet en brugbar metode til reduktion af trækulproduktionen. Der blev især set på de muligheder, som lå i at ændre den nederste del af gasgeneratoren. I slutningen af projektet blev der således gennemført et lovende forsøg med indbygning af et ekstra trin i forgasningsprocessen. Konklusionen var, at metoden så ud til at være en effektiv metode til at omsætte restkulstoffet til brændbar gas og dermed øge gasgeneratorens koldgasvirkningsgrad. Arbejdet med reduktion af trækulproduktionen er derfor fortsat i et nyt projekt i 2011 (ForskEL-projekt 10635).

Projektperioden blev forlænget, idet BioSynergi Proces kun havde ét forsøgsanlæg og var derfor nødt til at holde to længere pauser for at gøre plads til andre forsøg – hvoraf nogle af disse også har modtaget støtte. Herunder bl.a. ForskEL-projektet 'System og drifts optimering af trinopdelt forgasnings anlæg' (7191), som løb fra 2007 til februar 2009.

### Resultater

Både interview i forbindelse med case-undersøgelsen og survey (se tabel nedenfor) viser, at projektet er lykkedes i forhold til de oprindelige målsætninger.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Henrik Houmann Jakobsen
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?	
... projektets <b>risikovillighed</b> har medvirket til at skabe mere innovative løsninger, end der ellers ville kunne være opnået?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Intentionen med pilotanlægget har været at bruge det som trædesten for et større fuldskala anlæg med en teknisk effekt på 300 kW<sub>el</sub> og 750 kW<sub>th</sub>, som nu er under opførelse. Fuldskala anlægget koster ca. 20 mio. kroner at opføre og er finansieret af flere kasser – private investorer som overtager anlægget når det går i drift (7 mio. kr.), egenfinansiering (3 mio. kr.) og EUDP-midler via to projekter (i alt 10-11 mio. kr.). ”De private investorer skal være tålmodige og risikovillige: Bare det at gå op i anlægsstørrelse betyder, at ting skal håndteres på en anden måde. Det har betydet, at vi ikke kan holde tidsplanen, da udviklingsarbejdet er så stort.”

Der er et marked for teknologien i Danmark, men især i udlandet, da der her er større træressourcer til rådighed. Dertil kommer, at anlægget er relativt lille og kan levere både el og varme. Denne størrelse anlæg er der ikke så mange, der har satset på. BioSynergi har forespørgsler fra Baltikum, Østrig, UK, Grækenland, Italien og Spanien. ”Nærmarkedet er dog Sverige og Norge, men vi skal først i gang herhjemme. Pilotanlægget og demonstrationsanlægget i fuld skala fungerer som udstillingsvindue for potentielle kunder. Desuden medvirker driften af anlæggene til, at vi kan indsamle erfaringer til brug i virksomhedens videre produktudvikling og serviceydelser.” Projektet har derfor potentielt et relativt stort omsætnings- og beskæftigelsespotentiale, som angivet i tabellen nedenfor.

Projektet begyndte at generere indtægter ca. 1 år efter projektets afslutning. Vi forventer, at teknologien er veletableret på markedet om ca. 4 år efter de første indtægter. Det bør dog bemærkes, at vækst i job vil primært ske hos underleverandører, og dette indgår ikke de oplyste jobtal i nedenstående tabel. (Kilde: SPSK)

	I dag	Når veletableret ...	
		Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	1.000	100.000	250.000
... heraf eksport (1.000 kr.)	0	60%	80%
Jobs – Fastholdelser	0	10	15
Jobs – Nyansættelser	2	10	15

Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Henrik Houmann Jakobsen: BioSynergi Proces fokuserer på udvikling og salg af deres teknologiske produkter og serviceydelser, og har ikke umiddelbare planer om selv at skulle drive deres anlæg. Vækst i job vil primært ske hos underleverandører, og dette indgår ikke i de i tabellen oplyste tal. Derudover er der arbejdspladserne til transport af træflis og skovbrug samt omkring 1-1½ mandår til årlig drift af anlægget.

Branding via ForskEL-programmet bruges kun ved lejlighed til kommunikation gennem konferencer. Virksomheden har primært brug for at have et anlæg i drift, der fungerer, som de så kan fortælle om og fremvise. Virksomheden har selv et meget stort nationalt og internationalt kontaktnet til relevante aktører og potentielle kunder.

### Danmark og internationalt

Biomasse til kraftvarme er en del Danmarks Energistrategi 2025. Teknologien er med til at sikre, at den biomasse, der produceres i skovbruget, udnyttes effektivt i kraftvarmesystemet. Ved både at producere el og varme udnyttes flisen mere effektivt, og teknologien kan udnytte den eksisterende fjernvarmestruktur. Selve anlægget er 15-20% mere omkostningseffektivt end mindre naturgasfyrede kraftvarmeanlæg. (Kilde: SPSK)

I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til ...	Henrik Houmann Jakobsen
... udvikling og integration af miljøvenlige <b>elproduktionsteknologier</b> ?	
... forbedret <b>styring og regulering</b> af et fremtidigt elsystem?	
... inddragelse af <b>international</b> viden på området?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Henrik Houmann Jakobsen vurderer (jf. survey, se tabel nedenfor), at projektet i meget høj grad bidrager til at reducere CO<sub>2</sub>-udledning og øge omkostningseffektiviteten i energisystemet og i høj og i nogen grad bidrager til energieffektivitet/reduceret energiforbrug og forsynings sikkerheden.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Henrik Houmann Jakobsen
... forbedre <b>forsynings sikkerheden</b> i Danmark?	
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?	
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?	
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

### Projektets rolle og betydningen af støtten

Uden støtte ville det ikke have været muligt at gennemføre projektet. Dermed ville al tidligere udviklingsarbejde være gået tabt.

Ud over de tekniske udfordringer, er den største udfordring i udviklingsprojekter af dette omfang at få finansieringen på plads og derefter at styre likviditeten effektivt. Det kræver et konstant samspil med de, som støtter og finansierer, og det kræver en god likviditetsstyring. "Vi skal have pengene på kontoen, inden vi bruger dem. Vi skal løbende holde et vågent øje med likviditeten. Vi har haft investeringsstop flere gange undervejs i udviklingsprojekterne, mens der ventes på udbetaling af projektstøtte."

”Heldigvis bliver vi godt behandlet. Vi har som noget ekstraordinært en aftale med ForskEL om, at vi foretager månedsvi af rapportering til sekretariatet, som processerer af rapporteringen hurtigt. Dermed bliver det muligt at få månedsvi udbetaling af støtte og kun med ca. en måneds forsinkelse at skaffe dækning til udgifter afholdt til fx lønninger og materialeindkøb. Ingen bank har ønsket at stille kredit til rådighed på blot nogenlunde rimelige vilkår, selvom vi har kunnet fremvise kontrakter på offentlig projektstøtte.”

Fra ansøgning	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000 kr.)	Tilskud
BioSynergi Proces ApS	Privat v.	1-9	PL	1.840	76%
<b>I alt</b>				<b>1.840</b>	<b>76%</b>

## Projektkæder

Projektet er kun ét i en længere kæde af projekter, der omhandler udviklingen af biomassekraftvarmeanlægget.

Projekter med bevilling fra Energistyrelsen<sup>1</sup>:

- › ENS-UVE projektnr. 023005/23014-0022: Optimering og automatiseret drift af Open Core anlæg til kraftvarmeproduktion på skovflis. 2001
- › EFP 2001 projekt: Dynamisk modellering af trinopdelte forgassere ledet af MEK, DTU Lyngby.
- › EFP 2007 projekt, pr. nr. 33033-0087: Udvikling af trinopdelt Open Core forgasningsanlæg til kraftvarmeproduktion med træpiller som brændsel.

Projekter med bevilling fra Energinet.dk:

- › PSO-projekt 5288: Reguleringssegenskaber for trinopdelte forgasningsanlæg. 3/2004 - 9/2007.
- › PSO-projekt 5729: Opgradering og fortsat demonstrationsdrift af trinopdelt forgasningsanlæg. 4/2005 - 6/2008.
- › PSO-projekt 7191: Forenkling, system- og driftsoptimering af trinopdelt forgasningsanlæg til kraftvarmeproduktion. Desuden teknisk og finansiel forberedelse til opskalering af kraftvarmestemet. 3/2008 - 1/2011.
- › ForskEL-projekt 10025: Forberedelse til fuldskala demonstration af 1.300 kWth (300 kW el) trinopdelt forgasningsanlæg til kraftvarmeproduktion samt introduktion af 3. parts deltagelse/investering til finansiering af demonstrationsprojekter. 3/2008 - 1/2011.

Projektet har muliggjort tiltrækning af yderligere F&U-midler og kapitaltilførsel til BioSynergi Proces. (Kilde: SPSK)

## Projektpartnerskabet

Virksomheden er spin-off fra aktiviteter på ejerens forhenværende arbejdsplads GTS-instituttet dk-TEKNIK og MILJØ (nu del af Force Technology). Idéen opstod hos Henrik Jacobsen, som søgte orlov og byggede en første forsøgsudgave sammen med DK-Teknik, som indskød materialer og patenter.

<sup>1</sup> Kilde: <http://www.biosynergi.dk/index.php?Udviklingsprojekter>

## **Samarbejde med programsekretariatet**

Dialogen med sekretariatet (og også EUDP sekretariatet) fungerer godt. ”Hvis vi fortæller, at vi står med et problem, så er sekretariaterne gode til at se, hvad de kan gøre for at hjælpe os, inden for de administrative rammer de nu engang opererer under – de er en ”medspiller”. Det kræver jo så også, at man fra projektets side leverer i det tempo, sekretariatet har brug for.”

## FO3 – PolyStaR

Fuld titel	PolyStaR – Nye materialer og fremstillingsmetoder til plastsolceller med forbedret holdbarhed og pålidelighed (10143)		
Bevillingsår	2009	Påbegyndt	April 2009
Energiområde	Sol	Projektstatus	Afsluttet juni 2009
Interview med	Projektansvarlig: DTU Energikonvertering, repræsenteret v/ Frederik C. Krebs		



### Projektet kort

PolyStaR havde til formål at demonstrere storskala fremstilling og anvendelse af polymer-baserede solceller, herunder at afprøve materialer og eftervise effektivitet, stabilitet, nedbrydningshastighed og produktionsforhold for solcellerne. En del af projektet var således rettet mod en optimering af produktionsprocesserne samt udvikling af målemetoder mhp. at komme tættere på en markedsmodning af teknologien.

Projektet PolyStaR blev støttet af det fælles europæiske ERA-Net PV, (Polymol-udbuddet) med ca. 1 mio. EUR som en bevilling over flere år. ForskEL støttede den danske deltagelse, mens de øvrige deltagere blev støttet af belgiske midler.

### Resultater

Frederik C. Krebs: De vigtigste resultater var, at der blev demonstreret industriel produktion (rullecoating) af solcellerne, samtidig med holdbarheden øgedes. Projektet kom på et godt tidspunkt, hvor der var land at vinde, og støtten derfor havde stor virkning. Resultaterne tjener som fundament for den forskning, der udføres i dag.

Hanne Lauritzen vurderer, at solcellerne på grund af projektet opnåede en 50% mere effektiv produktion af primær energi og dermed 50% omkostningsreduktion. (Kilde:SPSK)

### Formidling

Resultaterne fra projektet er publiceret i adskillige artikler (Kilde: Frederik C. Krebs + Hanne Lauritzen, SPSK):

- › *Nanoscale* (2010), 2, 873-886.
- › *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* (2010), 94, 2018-2031.
- › *Energy & Environmental Science* (2010), 3, 512-525.
- › *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* (2010), 94, 1553-1571.
- › *J. Mater. Chem* (2010), 20, 8994-9001.
- › *J. Am. Chem. Soc.* (2010), 132, 1688-16892.
- › *Polymer Degradation and Stability* (2010), 95, 2666-2669
- › *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* (2010), 95, 1308-1314
- › *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* (2010), 95, 1348-1353
- › *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* (2011), 95, 1268-1277.
- › *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* (2011), 95, 1389-1397.
- › *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* (2011), 95, 1398-1416.
- › *Adv. Energy Mater.* (2011), 1, 68-71.
- › *J. Phys. Chem C* (2011) 115, 10817-10822
- › *35th PVSC. IEEE*, (2010) 1068-1072

- › *Adv. Funct. Mater.* (2011) 21, 64-72.
- › *Energy Environ. Sci.* (2011), 4, 3741
- › *Energy Environ. Sci.* (2011), 4, 4116-4123
- › *Synthetic Metals* (2011), online doi:10.1016/j.synthmet.2011.10.008
- › *RSC Advances* (2011), online. DOI: 10.1039/c1ra00686j
- › *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* (2012), 97, 157-163. doi:10.1016/j.solmat.2011.09.064
- › *Materials Today* (2012), 15, 36-49.
- › *Energy Environ. Sci.* (2012), 5, 5117-5132.
- › *Advanced Materials* (2012), 24, 580-612.
- › *Energy Environ. Sci.* (2012). doi: 10.1039/C2EE03508A
- › *J. Mater. Chem.* (2012). doi:10.1039/c2jm16340c
- › *Phys. Chem. Chem. Phys.*(2012) doi: 10.1039/b000000x
- › *Phys. Chem. Chem. Phys.*(2012) doi: 10.1039/C2CP41787A
- › *Adv. Energy Mater.* (2012) doi: 10.1002/aenm.201200663
- › *J. Mater. Chem.* (2012) doi: 10.1039/C2JM34284G
- › *Polymer Degradation and Stability* (2012) doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2012.07.021

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Frederik C. Krebs
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?	
... projektets <b>risikovillighed</b> har medvirket til at skabe mere innovative løsninger, end der ellers ville kunne være opnået?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Der blev også udtaget et patent i Danmark, EU, USA og andre lande undervejs i projektperioden.

## Effekter – Realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Frederik C. Krebs: Bevillingen bevirkede to direkte nyansættelser på projektet og styrkede hele forskningsområdet, så der blev skabt fremdrift og kritisk masse, og så produktiviteten blev øget. Denne effekt holdt ved, selvom der desværre er en afmatning af forskningsområdet i dag.

Projektet har bidraget til, at teknologien i dag står over for en kommercialisering. Samtidig er der sket en stor reduktion i forskningsaktiviteterne hos DTU på dette område. Når teknologien modnes, skal de offentlige midler nedtrappes. Hvis støtten forsvinder for hurtigt og for tidligt, går der meget viden tabt, men omvendt kan man risikere at spille midler på noget, der ikke kan lykkes. Overgangen mellem forskningsverdenen og den kommercielle anvendelse af teknologien er svær, det er en kritisk fase.




Frederik C. Krebs: I dag findes to PSO-støttede projekter, der går ud på at demonstrere elproduktion med polymersolceller til elnettet. Et af dem er Megawatt-projektet, som kører








i dag. PolyStaR har været med til at afføde disse to ForskEL-projekter, og er antagelig blevet støttet bl.a. fordi ForskEL har kunnet se fremdrift og resultater. Teknologien er nu modnet så meget, at den står foran et kommercielt gennembrud.

Der er også kommet et par start-up virksomheder ud af forskningsgruppen. Det drejer sig dels om FOM Technologies ApS, der sælger maskiner hovedsageligt baseret på en af mine opfindelser og viden fra forskningsgruppen. I de få år virksomheden har eksisteret, har den haft en stor omsætning. Endvidere drejer det sig om firmaet infinityPV ApS, der sælger plastsolceller, folier, blæk samt måleudstyr. Men også flere eksisterende virksomheder har fået nye produkter relateret til polymer solceller. Det drejer sig bl.a. om Grafisk Maskinfabrik A/S, de har omsat for to cifrede millionbeløb på maskiner til plastsolceller i Tyskland, Frankrig, Australien osv., samt Mekoprint, der har en stor offentlig forretning gennem et EUDP-støttet projekt som de leder, og også har projektmidler fra det tidligere DSF og højteknologifonden på grafen osv. Bortset fra Mekoprint ovenfor er alle de andre tre virksomheder nogen, der tjener rigtige penge på rigtige produkter, og det er kun Mekoprint, der reelt lever af statsstøtte, hvad angår plastsolceller. Så alt i alt har projektet haft en stor effekt på produktionen og samfundet.




Hanne Lauritzen: Den typiske installation forventes at få en energiproduktionskapaciteten på 10 MW per anlæg i 2020.

I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til ...	Frederik C. Krebs
... udvikling og integration af miljøvenlige <b>elproduktionsteknologier</b> ?	
... forbedret <b>styring og regulering</b> af et fremtidigt elsystem?	
... inddragelse af <b>international</b> viden på området?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

I hvilken grad gav den internationale dimension ...	Frederik C. Krebs
... Adgang til <b>ny og bedre viden</b> , der ellers ikke ville være adgang til?	
... Inspiration til <b>nye og innovative løsninger</b> ?	
... <b>Bedre tekniske løsninger og resultater</b> , end der ellers ville kunne være opnået?	
... <b>Bedre og bredere formidling</b> af resultater og/eller danske kompetencer?	
... Større internationalt <b>netværk og samarbejdsrelationer</b> ?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Frederik C. Krebs
... forbedre <b>forsynings sikkerheden</b> i Danmark?	Ikke relevant
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?	
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?	
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Frederik C. Krebs: Uden støtten vil det have taget længere tid at gennemføre projektidéen, og vi havde måttet gennemføre projektet i mindre skala. Projektet havde været for risikofyldt for os at gennemføre uden støtte. Støtten gjorde det muligt at nå langt længere. Det er desværre sværere at skaffe midler i dag, da bevillingsstrukturen er ændret og midlerne er færre både fra EU og fra de nationale ordninger.

	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
Cytec Surface Specialities, Bruxelles (Belgium)	Privat v.	Uoplyst	D	i.o.	0
Danmarks Tekniske Universitet	Viden/Udd.	100+	PL	7.320	53%
IMEZ vzw, Leuven (Belgium)	Privat v.	Uoplyst	D	i.o.	0
<b>I alt</b>				<b>i.o.</b>	<b>i.o.</b>

## Projektkæder

Projektet bygger på et tidligere projekt, der har modtaget støtte fra Det Strategiske Forskningsråds Energi- og Miljøpulje, men er ikke siden efterfulgt af nye projekter. (Kilde: SPSK)

Frederik C. Krebs: Det er vigtigt med kontinuitet i projekterne, da den viden, som er opbygget viden i forskningsmiljøerne skal bibeholdes. Samtidigt er det også vigtigt at være kritisk med bevillingerne, så pengene ikke spildes på ufrugtbare projekter. Det er en balance.

Frederik C. Krebs: På dette område er der meget at lære for bevillingsgiverne. Der er måske brug for en mere forpligtet instans, der kan evaluere projekterne kritisk og tage ansvaret, fremfor nogle unavngivne reviewere. Der skal være nogle, der kan tage de hårde beslutninger. Så kunne midlerne anvendes mere effektivt.

Frederik C. Krebs: Vi gør i Danmark alt på den rigtige *måde*, men ikke nødvendigvis det rigtige. Fx gives pengene forlods, og når projektet slutter, er der ikke rigtig nogen opfølgning, der vurderer, om resultaterne er nået. Det kræver mere kontakt mellem parterne og mere ledelse. ForskEL-sekretariatet er dog generelt gode til at støtte og følge op og fokusere midlerne.

## Projektpartnerskabet

Projektet var et samarbejde mellem DTU Energikonvertering, det belgiske IMEC institut samt den belgiske industrivirksomhed Cytec Surface Specialties.

Frederik C. Krebs: Parterne kendte hinanden i forvejen, så samarbejdet var let at etablere. Det har også givet gode netværk og kontakter efterfølgende. I dag har vi stadig nogle af de samarbejdspartnere, som var i projektet. Samarbejdet med produktionsvirksomheden Cytec var lidt rodet, da de var støttet fra flere sider og deltog i to projekter samtidig, hvor vi kun var med i det ene, Vi fik derfor kun lov at se halvdelen af resultaterne, da der var fortrolighedshensyn. Denne trang til hemmeligheder hjalp dem ikke.

## Samarbejde med programsekretariatet

Frederik C. Krebs: Projektet var et samarbejde i PV-ERA-Net, hvor danske og belgiske nationale råd støttede op om projektet, der bar præg af at være som et projekt støttet af et EU-rammeprogram. De store ERA-NET projekter kræver, at der er fokus på koordination på bevillingssiden. Der er fordele ved den nationale deling, da det mindsker administrationsbyrden men tilsvarende stiller det krav til, at de nationale råd taler sammen.

Der har været et glimrende samarbejde med ForskEL. Administrationen blev udfordret af samarbejdet i ERA-Net, men det var ikke på grund af ForskEL-sekretariatet.

## FO4 – Crestwing

Fuld titel	Crestwing – den endelige test (10465)		
Bevillingsår	2010	Påbegyndt	Juni 2010
Energiområde	Bølge	Projektstatus	Afsluttet marts 2011
Interview med	Projektansvarlig: Crestwing (tidligere Waveenergyfyn), repræsenteret v/ Henning Pilgaard Projektdeltager: DHI Group repræsenteret v/ Bjarne Jensen		



### Projektet kort

Projektets formål var en videreudvikling af det patenterede bølgeenergianlæg Crestwing. Anlægget muliggør ca. 80% udnyttelse af den enkelte bølges energi. Sammenlignet med andre bølgeenergianlæg er Crestwing ca. dobbelt så effektiv. Den store udnyttelse af energien i bølgerne kan også udnyttes til at reducere kystbelastningen med bølger, idet anlægget 'svækker' bølgerne.

Målet var at tage et skridt videre fra den tidligere 1:30 model og bygge en 1:20 model og at gennemføre bedre og mere nuancerede tests i testfaciliteterne hos Dansk Hydraulisk Institut. Fokus var på at belyse, måle og dokumentere alle kræfter, som påvirker konstruktionen, for at kunne beregne den krævede konstruktionsstyrke.

### Resultater

Henning Pilgaard: Formålet med projektet blev opfyldt. Der blev genereret gode data, som danner et solidt grundlag for den videre udvikling af teknologien mht., hvordan anlægget bedst konstrueres. Derudover bliver resultaterne bl.a. brugt til at beregne drift- og vedligeholdelsesomkostningerne og generelt planlægning af, hvordan drift- og vedligeholdelse bedst gennemføres.

Projektet havde som målsætning at skabe forudsætning for en ny teknologi. Der findes ikke i dag kommercielle bølgeenergianlæg. (Kilde: SPSK)

### Formidling

Henning Pilgaard: Teknologien er blevet formidlet via Crestwings hjemmeside (<http://crestwing.dk/>), diverse præsentationer på konferencer samt deltagelse i diverse konkurrencer. Men i det specifikke projekt er der ikke publiceret nye peer-reviewed artikler eller holdt indlæg på konferencer. (Kilde: SPSK)

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Henning Pilgaard	Bjarne Jensen
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?		
... projektets <b>risikovillighed</b> har medvirket til at skabe mere innovative løsninger, end der ellers ville kunne være opnået?		

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Henning Pilgaard: Projektet har været med til at bane vejen for et nær fuldskala anlæg. Det er endnu for tidligt at opgøre en effekt målt i beskæftigelse eller omsætning i virksomheden. Crestwing forventer, at der frem til 2020 etableres 11 Crestwing anlæg, men der er ikke taget stilling, om anlæggene etableres i Danmark eller udlandet.

Henning Pilgaard: Projektet begyndte at generere indtægter ca. 1 år efter projektets afslutning. Vi forventer, at teknologien er veletableret på markedet om ca. 5-10 år fra i dag. (Kilde: SPSK)

CRESTWING	I dag	Når veletableret ...	
		Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	2.000	100.000	400.000
... heraf eksport (1.000 kr.)	15%	50%	80%
Jobs – Fastholdelser	1	210	1.000
Jobs – Nyansættelser	1	2	2

Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

### Danmark og internationalt

#### Energimæssige effekter

Et fuldskala anlæg udlagt som enkeltanlæg i Nordsøen har et produktionspotentiale omkring 1.000 MWh/år (Kilde: AF).

Henning Pilgaard: Bølgeenergianlæggene forventes at kunne udnytte den samme el-infrastruktur som offshore vindmøller og at "udjævne" vindenergi, fordi bølgerne kommer senere ift. vinden og der typisk er bølger et døgn efter, at vinden har lagt sig.

I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til ...	Henning Pilgaard	Bjarne Jensen
... udvikling og integration af miljøvenlige <b>elproduktionsteknologier</b> ? HP: Crestwing bølgeenergianlæg kan effektivt udnytte vedvarende energi, være et godt supplement til vindenergi, samt bruges i øsamfund til at erstatte dieselmotorer. Desuden kan bølgeanlæg udnytte de samme kabler som offshore vindmøller.		
... forbedret <b>styring og regulering</b> af et fremtidigt elsystem? HP: Bølgeanlæggets produktion er delvist forskudt for vindproduktionen og kan dermed hjælpe til at udjævne VE-produktionen		
... inddragelse af <b>international</b> viden på området? HP: Det er mest danske kompetencer, som blev udnyttet i projektet.		








Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Henning Pilgaard: Det største potentiale og den bedste rentabilitet for bølgeenergianlæg er, hvis anlægget placeres i Atlanterhavet. Her er der dobbelt så store bølger som i de danske farvande, hvilket giver et 11 gange større energipotential. Desuden er power-take-off systemet i Crestwing-anlægget ikke hydraulisk ligesom i andre anlæg, men i stedet mekanisk. Derved reduceres tabet i systemet fra ca. 35% til ca. 10%. Dette er en af grundene til, at anlægget forventes at være konkurrencedygtigt. Med produktionspris på ca. 1 kr./kWh

er anlægget, ifølge Henning Pilgaard, det mest konkurrencedygtige på markedet i dag. Anlæggets rentabilitet er ”på kanten”, hvis det placeres i Nordsøen, men meget god i Atlanterhavet.

Henning Pilgaard: På den anden side er det vigtigt, at der også etableres anlæg i Danmark for at sikre Danmark en rolle inden for bølgeteknologi.

Henning Pilgaard: Energiproduktionskapaciteten per typisk installation forventes at blive 3,5 MW el og forventes i 2020 at nå 7 enheder og i 2035 45 enheder. De første energimæssige effekter forventes ca. 5 år efter projektets afslutning. (Kilde: SPSK)

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Henning Pilgaard	Bjarne Jensen
... forbedre <b>forsynings sikkerheden</b> i Danmark?		
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?	Ved ikke	
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?		
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

### Vækst (beskæftigelse, omsætning, eksport)

Henning Pilgaard: Anlægget kan produceres af velkendte konstruktioner og materialer og har derfor ikke høje omkostninger og kan bygges på ethvert skibsværft. Et fuldskala demonstrationsanlæg ville koste 10. mio. kr., hvilket ifølge Henning Pilgaard, er væsentligt lavere end de andre bølgeanlæg.

Henning Pilgaard: Potentialet for eksport forventes at være godt, idet anlægget kan producere mest energi, hvis det placeres i Atlanterhavet. En placering i havet omkring Storbritannien vil kunne sikre bedre indtægter end en placering i Danmark, eftersom elafregningen er mere fordelagtig i Storbritannien som forholdene er i dag.

Den største markedsbarriere er ifølge Henning Pilgaards opfattelse nok, at det er blevet vanskeligere at tiltrække finansiering, dels fordi der er flere bølgeteknologier, som ikke har leveret de forventede resultater, og dels pga. finanskrisen.

### **Projektets rolle og betydningen af støtten**

Henning Pilgaard: Projektet ville ikke været gennemført uden ForskEL-støtten eller en anden form for offentlig finansiering, især fordi de nødvendige test hos Dansk Hydraulisk Institut er dyre. Projektet havde været for risikofyldt for os at gennemføre uden støtte.

Henning Pilgaard: En vis egenfinansiering har en stor indflydelse på engagementet af et projekts partnere, idet det fører til større sammenhold og gensidig forpligtelse til at nå projektets mål.

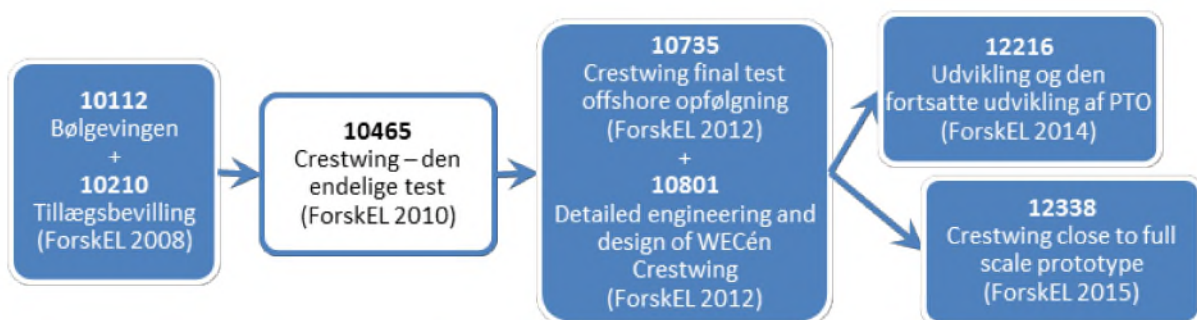
Kilde: EF	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
DHI	GTS	100+	D	1.394	82%
Waveenergyfyn v/ Henning Pilgaard	Privat v.	1-9	PL	1.320	77%
Aalborg Universitet	Viden/Udd.	100+	D	100	90%
			<b>I alt</b>	<b>2.814</b>	<b>98%</b>

## Projektkæder

Projektet er en videreførelse af ForskEL-projektet 'Bølgevingen' PSO fra 2008, udført i samarbejde med DTU. Formålet var at bestemme bølgevingekonceptets effektoptag ved forskellige fysiske konfigurationer og opstillinger samt fastlægge den endelige udformning. Der blev givet en tillægsbevilling til test af power take-off systemet og optimering af forankringssystemet, som konsekvens af at der i projektførelsen er blevet identificeret behov for yderligere tests.

Det belyste projekt er siden blevet efterfulgt af flere ForskEL-projekter:

- › Crestwing final test offshore opfølgning (10735) – 2012
- › Detailed engineering and design of WECen Crestwing (10801) – 2012
- › Udvikling og den fortsatte udvikling af PTO (12216) – 2014
- › Crestwing close to full scale prototype (12338) – 2015



## Projektpartnerskabet

Henning Pilgaard: Crestwing har været ansvarlig både for ansøgningen og for projektledelse. Alle tre projektpartnere kendte deres roller og samarbejdet gik rigtig godt.

## Samarbejde med programsekretariat

Henning Pilgaard er tilfreds med samarbejdet med ForskEL, som har en praktisk og konstruktiv tilgang, følger projekter tæt og fx i dette projekt har stillet lokaler til rådighed til møder.

## FO5 – Borehuller i Brædstrup

Fuld titel	Borehuller i Brædstrup (10496)		
Bevillingsår	2010	Påbegyndt	Februar 2010
Energiområde	Sol	Projektstatus	Afsluttet marts 2012
Interview med	Projektansvarlig: PlanEnergi, repræsenteret v/ Per Alex Sørensen Projektdeltager: GEO, repræsenteret v/ Jan D. Andersen		



### Projektet kort

Projektets formål er at udvikle, projektere og demonstrere et samlet koncept med solvarme, borehulslager og varmepumpe for elregulering og op til 100% reduktion af fossile brændsler på naturgasfyrede kraftvarmeværker.

Projektets målsætning var at etablere et pilotanlæg for borehulslagring til solvarme, i kombination med en varmepumpe. Projektet er baseret på en gammel idé om energilagring i jorden via borehuller, som blev diskuteret i Energistyrelsens arbejdsgruppe for varmelagre i midten af 90'erne. Men dengang viste beregningerne, at løsningen var for dyr, ikke mindst fordi varmepumpe er påkrævet for at trække varmen ud af jorden igen. Efter liberaliseringen af elmarkedet blev emnet taget op igen, ikke mindst fordi varmepumper kunne aktivt bruges i forbindelse med variation i elpriser. Overslagsberegninger viste, at økonomien så bedre ud med de nye forudsætninger. Samtidig har Brædstrup Fjernvarme overvejet at få solvarmedækning på omkring 50%. Så stor dækning kan kun opnås med et stort varmelager. Og der er to muligheder – damvarmelager eller borehulslager<sup>2</sup>. Brædstrup Fjernvarme var interesseret i at afprøve borehulslagerteknologien, fordi lageret er under jorden, og der kan placeres solfangere oven på lageret.

Brædstrup Fjernvarme satte som betingelse for anlægsrealisering, at de i starten af projektet gennemførte beregninger viste god økonomi i borehulslagerprojektet. PlanEnergi fik tilladelse til at anvende en tysk-udviklet model (TRNSYS) til brug i beregninger af borehulslageret.

### Resultater

Projektet nåede sit mål. Det planlagte pilotanlæg blev etableret og er i dag i drift. Der foretages fortsat målinger og indsamles driftsdata for at samle erfaringer og verificere den anvendte beregningsmodel (i TRNSYS<sup>3</sup>) mhp. at udføre beregninger for et fuldskala demonstrationsprojekt.







<sup>2</sup> Alternativet til et borehulslager er et damvarmelager. Prismæssigt er der ikke stor forskel på de to lagerteknologier. Borehulslageret har den fordel, at der bruges afprøvede materialer, hvorimod der i damvarmelageret er større usikkerhed vedr. liner- og isoleringsmaterialer. Desuden har et borehulslager længere levetid. Energieffektiviteten er sammenlignelig for begge teknologier. Borehulslagre har den ulempe, at effekten er lille (0,5 MW i Brædstrup), sammenlignet med solvarmeeffekt og effekten af damvarmelageret (11-12 MW for et sammenligneligt damvarmelager). Derfor er der behov for en buffertank.

<sup>3</sup> <http://www.trnsys.com/>



Per Alex Sørensen: Det foreligger pålidelige data for første år, men andet års data er under verifikation. Da elafgifterne på varmepumper stadig er høje, bruges varmepumpen mindre end planlagt, og derfor er driften anderledes end oprindeligt forventet/planlagt.

Per Alex Sørensen: Forretningsplanen, der blev udarbejdet til ansøgningen, omhandler ikke pilotanlægget men derimod et fuldskala demonstrationsprojekt. Demonstrationsprojektet er ikke påbegyndt endnu, men PlanEnergi er i dialog med Brædstrup Fjernvarme om etablering af et sådant fuldskala demonstrationsanlæg. Det bliver højst sandsynligt et hybrid damvarme-borehulslager for at opnå større effekt.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Per Alex Sørensen	JDA	JL
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?			
... projektets <b>risikovillighed</b> har medvirket til at skabe mere innovative løsninger, end der ellers ville kunne være opnået?			

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Formidling

Per Alex Sørensen: Brædstrup Fjernvarme gjorde en stor indsats for at formidle pilotprojektet. Der er bl.a. blevet udarbejdet en informationsbrochure, hvor alle projektets partnere bidrog til indholdet. Der blev arrangeret møder for IEA's Task 45<sup>4</sup> og projektet SDH Plus hos Brædstrup Fjernvarme, og det nye pilotanlæg blev fremvist. Generelt har Brædstrup Fjernvarme haft mange besøg på grund af pilotanlægget.

Jan D. Andersen: GEO har skrevet en faglig artikel om borehulslagre, målinger grundvand m.v., som blev præsenteret på ATV-konferencen ved Vingsted i 2011.

Per Alex Sørensen: Desuden blev projektet formidlet via Dansk Fjernvarmes ERFA-gruppe for solvarme, artikel i Fjernvarmen (Dansk Fjernvarmes fagtidsskrift) og i HotCool (DBDHs fagtidsskrift). Derudover holdt projektet oplæg på konferencer, heriblandt IRES Berlin 2011, IRES Berlin 2013, SDH Malmø 2013, Greenstock Beijing 2015 og SDH Toulouse 2015.

Per Alex Sørensen: Projektet resulterede også i, at der blev udviklet (og der blev fundet sponsorer til) en hjemmeside [www.solvarmedata.dk](http://www.solvarmedata.dk), hvor der kan findes real time data over solvarmeanlæg i Danmark.

Følgende artikler og præsentationer er blevet til som følge af projektet:

- › Artikel i *Ingeniøren* 17.12.2009
- › Artikel i *El & Energi* (forår 2010)
- › Artikel i *Fjernvarmen* nr. 2, 2010
- › Præsentation på *Geoteknisk Forenings årsmøde i Odense, januar 2011*
- › Præsentation på *Dansk Fjernvarmeforenings 8 regionale møder, forår 2011*
- › Artikel i *Ingeniøren*, 25 februar, 2011
- › Præsentation på *ATV's årsmøde, 8.-9. marts, 2011*
- › Præsentation på *IRES, 28.-30. november, 2011 i Berlin*
- › Præsentation for *VE-net, 15. december, 2011 i Aarhus*

<sup>4</sup> <http://task45.iea-shc.org/>

- › Præsentation på Intersolar Europe Conference, 11.-14. juni, 2012 i München
- › Præsentation på EUROSUN 2012, 18.-20. september, 2012 i Rijeka
- › Præsentation i Kiel, 23. oktober, 2012
- › Præsentation på halvårligt møde i 4DH-WP2, 11. marts, 2013 i Aarhus
- › Præsentationer på EGC 2013 (European Geothermal Congress) i Pisa
- › Artikel i Sonne, Wind & Wärme 04/2013

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Jan D. Andersen: Brædstrup-projektet er det eneste i Danmark med varmelagring i tør jord, men der findes flere i Tyskland. GEO er dog ikke involveret i disse. GEO har folk, der arbejder med relaterede projekter i forbindelse med grundvandslagring, ca. 3-4 personer, som er ansat i løbet af de sidste fem år. Dette er et selvstændigt forretningsområde. Brædstrup-projektet har som en indirekte effekt været med til at sætte fokus på varmelagring i jorden som forretningsområde. Dette er et område med vækst.

Brædstrup Fjernvarme forventer, at virksomheden vil begynde at opnå indtægter 2-5 år efter projektafslutningen, men at teknologien først vil være veletableret markedet mere end 5 år efter projektets afslutning. Resultatet vil, hvis alt går vel, være 1-3 nye ansættelser og en forøgelse af omsætningen på 300.000-1.000.000 kr. (Kilde: SPSK)

Per Alex Sørensen: PlanEnergi har tilegnet sig nye kompetencer og har fået erfaring med ny teknologi. Dette giver bedre mulighed for at komme med ind i nye udviklings- og demonstrationsprojekter, deltage i internationale projekter, og generelt er PlanEnergi's marked for rådgivning blevet større. PlanEnergi forventer en betydelig meromsætning i egen virksomhed, forudsat at et fuldskalaanlæg bliver etableret og leverer lige så godt udbytte som pilotanlægget. En betydelig del af denne omsætning vil ske i udlandet. (Kilde: SPSK)

Når veletableret ...	Brædstrup Fjernvarme		PlanEnergi	
	Realistisk skøn	Optimistisk skøn	Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	300	3.000	500	1.000
... heraf eksport (1.000 kr.)	0	0	25%	75%
Jobs – Fastholdelser	0	0	1	1
Jobs – Nyansættelser	1	3	1	2

Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

### Danmark og internationalt

#### Ressourceeffekt/energisystem

Per Alex Sørensen: Elafgifterne til varmepumper er ikke blevet sænket så meget som forventet i projektansøgningen. Derfor er anlæggets drift anderledes end oprindeligt planlagt – varmepumpen kører mindre. De høje afgifter er en af årsagerne til, at der ikke har været større interesse for lignende systemer.

Per Alex Sørensen: Borehulslagerteknologien er endnu ikke udbredt. Denne lagertype kan ikke etableres alle steder, da den i høj grad er afhængig af, at de rette geologiske forhold skal være til stede.

Per Alex Sørensen: Denne type energilagring muliggør større udnyttelse af solvarme i fjernvarmesystemet og er dermed med til at øge andelen af vedvarende energi i det samlede energisystem. Anlægget øger fleksibiliteten i systemet ved at afkoble el- og varmeproduktion (varmen kan produceres ved brug af varmepumpe, når der er overskuds el og lagres, og kan el produceres i et kraftvarmeværk, når elpriserne er høje og den samproducerede varme kan lagres). Hvis varmepumpen udnytter ”overskuds-el” baseret på vind, så er lagersystemet med til at sikre bedre udnyttelse af vindenergi og dermed øge VE-andelen i energisystemet.

Jan D. Andersen: Projektet har øget vores viden om hvor meget varme, der kan lagres i jorden. Projektet har desuden været med til at vise, at varmelagring kan øge andelen af vedvarende energi i fjernvarmeproduktionen.

### Vækst (beskæftigelse, omsætning, eksport)

Per Alex Sørensen: Teknologileverandører og installatører har afprøvet nye teknologier og udviklet nye tjenesteydelser:

- › PC Brøndboring A/S, som udførte boringerne, har tilegnet sig ny viden og nye kompetencer, som kan bruges til at yde ny service – lodrette boringer i forbindelse med individuelle varmepumper.
- › Johnson Controls har i forbindelse med projektet afprøvet en ny type varmepumpe.
- › Siden projektets gennemførelse er solvarmemarkedet vokset signifikant – og der har generelt været stor omtale af solvarme til fjernvarme.

Per Alex Sørensen: Projektet har fået stor opmærksomhed og mange besøgende – også fra udlandet. Der er blevet holdt møder for internationale netværk og projekter, såsom IEA’s Solar Heating & Cooling Task 45 og EU-projektet SDH Plus hos Brædstrup Fjernvarme.

I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til ...	Per Alex Sørensen	Jan D. Andersen
... udvikling og integration af miljøvenlige <b>elproduktionsteknologier</b> ? PAS: Pga. at elafgifterne stadig er for høje. JDA: Brædstrup Totalenergi havde en ide om at kunne bruge vindmøllestrøm fleksibelt i forbindelse med anlægget. Der er lavet et pilotprojekt, men resultaterne kender jeg ikke.		
... forbedret <b>styring og regulering</b> af et fremtidigt elsystem? PAS: Projektet har demonstreret værdien af varmepumpen i elsystemet.		
... inddragelse af <b>international</b> viden på området? PAS/JDA: Projektet inkluderede samarbejde med en tysk virksomhed med erfaring inden for varmelagringsområdet, så erfaringer fra udlandet kunne inddrages i arbejdet.		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Jan D. Andersen: Brædstrup-projektet er det eneste i Danmark med varmelagring i tør jord, men der findes flere i Tyskland. Den tyske partner i projektet har i væsentlig grad bidraget positivt til projektets resultat- og effektskabelse (Kilde: SPSK)

I hvilken grad gav den internationale dimension ...	Per Alex Sørensen	Jan D. Andersen
... Adgang til <b>ny og bedre viden</b> , der ellers ikke ville være adgang til?		
... Inspiration til <b>nye og innovative løsninger</b> ?		
... <b>Bedre tekniske løsninger og resultater</b> , end der ellers ville kunne være opnået?		
... <b>Bedre og bredere formidling af</b> resultater og/eller danske kompetencer?		
... Større internationalt <b>netværk og samarbejdsrelationer</b> ?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Teknologien vil på sigt kunne sikre en større andel vedvarende energi i fjernvarmeproduktionen og dermed bidrage til en reduktion af Danmarks samlede CO<sub>2</sub>-udledning. Derudover understøtter fleksibel lagringskapacitet en bedre forsyningsikkerhed og større omkostningseffektivitet. Energieffektiviteten vil indirekte påvirkes positivt.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Per Alex Sørensen	Jan D. Andersen
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark?		
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?		
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?		
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Jan D. Andersen: Hvis der ikke var givet støtte, havde risikoen efter min opfattelse været for stor til, at Brædstrup Fjernvarme havde kunnet gennemføre projektet. Støtten sikrede, at udgifter til udvikling og etablering af pilotanlægget ikke førte til højere fjernvarmepriser for forbrugerne.

Per Alex Sørensen: En vis andel af egenfinansiering giver større ejerskab blandt projektpartnere. Når man selv skal bidrage med finansiering, føler man sig nemlig i højere grad forpligtet over for projektet.

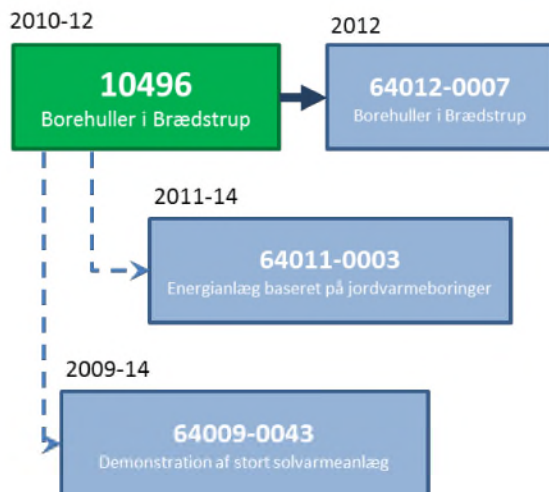
	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
Brædstrup Fjernvarme AmbA	Energi	1-9	D	21.758	45%
GEO	Privat v.	100+	D	400	80%
Per Aarsleff A/S	Privat v.	100+	D	200	75%
PlanEnergi	Privat v.	1-9	PL	930	77%
Professionshøjskolen VIA University College	Viden/Udd.	100+	D	-	0%
Solites (DE)	Privat v.	Uoplyst	D	400	100%
<b>I alt</b>				<b>23.688</b>	<b>29%</b>

## Projektkæder

PlanEnergi har i 2012 som direkte opfølgning på det belyste projekt og i samarbejde med Brædstrup Fjernvarme etableret et fuldskala anlæg med 10.600 m<sup>2</sup> solfangere, 19.000 m<sup>3</sup> borehulslager og en varmepumpe til supplerende af det eksisterende kraftvarmeværk i Brædstrup. Dette projekt modtog EUDP-støtte (64012-0007).

Parallelt med aktiviteterne i Brædstrup er der iværksat et projekt (2009-2014), anført af PlanEnergi, om demonstration af et solvarmeanlæg med støtte fra EUDP (64009-0043+64010-0447), der har til formål at demonstrere et fuldskala damvarmelager (60.000 m<sup>3</sup>) i Dronninglund Fjernvarme kombineret med et stort markplaceret solvarmeanlæg (35.000 m<sup>2</sup>) og varmepumper (3 MW termisk).

Erfaringerne fra det belyste projekt er ydermere inddraget i flere videre arbejder, heriblandt et projekt anført af GEO – 'Energianlæg baseret på jordvarmeboringer' (64011-0003) fra 2011-14 – som havde til formål at tilvejebringe viden og værktøjer til planlægning og design af varmepumpesystemer baseret på lukkede borehuller.



## Projektpartnerskabet

Per Alex Sørensen: De fleste projektpartnere kendte hinanden før projektet. De nye i partnerskabet var Via University College. PlanEnergi var projektleder og stod for ansøgnings-skrivning. Per Aarslev indgik oprindeligt i projektpartnerskabet mhp., at de skulle etablere de nødvendige borehuller. Men Per Aarslevs priser viste sig at være for høje, og derfor valgte vi et andet firma til at bore, og Per Aarslev gik ud af projektet.

Jan D. Andersen: GEO var rådgiver i projektet og stod for forundersøgelser af jordbunden, herunder varmeledningsevne og grundvandsspejl.

Per Alex Sørensen: Generelt var samarbejdet præget af åbenhed. PlanEnergi fortsætter samarbejdet med de forskellige projektpartnere. PlanEnergi samarbejder med GEO i andre varmepumpe- og lagerprojekter (Dronninglund, Gammel Rye, Præstø), og vi samarbejder også fortsat med den tyske virksomhed vedrørende de store varmelagere. Via University College indgår også i flere af vores samarbejder, og bidrager for det meste med måleprogrammer.

Jan D. Andersen: Det var givende at være med i projektet, da det øgede vores viden om varmebranchen. GEO samarbejder med PlanEnergi om andre projekter vedr. damvarmelagre og grundvandslagre. Borehulsageret var ikke starten på samarbejdet, men blot et led i en længere række af projekter, hvor GEO og PlanEnergi har samarbejdet.

Jan D. Andersen: Projektledelsen lå det rigtige sted, da PlanEnergi kunne fokusere på optimeringer af energisiden. Vi har ikke overblik over energistrømme og kraftvarme.

Jan D. Andersen: Vi etablerede et godt samarbejde med ingeniørskolen 'VIA University College' i Horsens, som siden er fortsat.

Per Alex Sørensen: Uden det internationale samarbejde havde det næppe været muligt at gennemføre projektet, da vores tyske partner dels leverede det beregningsprogram, som blev anvendt ved design af anlægget, dels var åben om de tekniske løsninger, som er valgt i Tyskland (rør, sonder, opbygning af låg, mønster i borehuller og forbindelse mellem dem). Dette gjorde, at vi konstant havde en erfaren partner til kvalitetssikring af de løsninger, vi valgte for projektet i Brædstrup.

## **Samarbejde med programsekretariat**

Det var Per Alex Sørensen oplevelse, at samarbejdet med programsekretariatet gik nemt.

## FO6 – SOFC-Life

Fuld titel	SOFC-Life (10625)		
Bevillingsår	2011	Påbegyndt	Januar 2011
Energiområde	Brint og brændselsceller	Projektstatus	December 2013
Interview med	Projektansvarlig: DTU Energi, repræsenteret v/ Karin Vels Hansen Projektdeltager: Ingen øvrige, da Topsøe Fuel Cells er lukket		



### Projektet kort

Projektets formål var at opbygge modeller, der kan forudsige levetider for SOFC-brændselsceller og -stakke baseret på "ex situ" studier af kontinuert degradering af enkeltkomponenter og grænseflader. Projektet var en vigtig brik i den danske udviklingsstrategi for brændselsceller, hvor der var et stort fokus på udvikling af SOFC-brændselsceller.

Ved hjælp af systematisk langtidstestning i form af periodisk udtagelse af prøver og efterfølgende undersøgelser inklusiv kvantificering af mikrostrukturelle ændringer i tre dimensioner, identificeres relationer mellem degraderingsparametre og tid. Denne information bruges derpå til opstilling af modeller af de individuelle cellekomponenter, som derefter integreres i en model, der inkluderer masse-, varme- og ladningstransport og som vil være i stand til at forudsige enkelte degraderingsfænomener og deres kombinerede effekt på single repeating units og celler. Validiteten af de udviklede modeller testes derefter på industrielle single repeating units, celler og stakke.

### Resultater

Karin Vels Hansen: Projektets mål blev delvist opfyldt. Det lykkedes kun at udvikle dele af den planlagte model. Dette skyldes til dels, at nogle af de internationale partnere i EU-projektet ikke prioriterede projektet højt nok, hvilket igen kan skyldes den lave EU-finansiering, der blev givet på projektets tidspunkt. En anden grund var at det ret ambitiøse projekt viste sig sværere at nå end oprindeligt forventet indenfor den relativt korte givne tidsramme på 3 år.

Karin Vels Hansen: Værdien af modellen over degradering af elementer i brændselsceller og dermed levetiden af brændselsceller består i, at den supplerer laboratorietest over elementer af forskellige materialer og kombinationer af materialer/elementer og dermed reducerer udviklingstiden og omkostningerne forbundet hermed. Som nævnt blev modellen ikke færdigudviklet.

Karin Vels Hansen: Det grundlæggende koncept om at kunne modellere langtidsdegradering er stadig validt, og det diskuteres løbende på DTU, hvordan man kan arbejde videre med det, hvis der kan opnås bevilling til det videre grundlæggende arbejde. Det vides ikke om andre, internationale partnere, bruger modellen.


Karin Vels Hansen: Projektet har givet en væsentlig ny indsigt i degraderingsfænomener som en funktion af de grundlæggende fysisk-kemiske processer, der er involveret, inklusiv deres afhængighed af operationelle parametre. (Kilde: EF) Et vigtigt resultat af projektet er

derfor den forbedrede viden om materialer, hvilket er dokumenteret ved at der blev publiceret et antal af internationale artikler undervejs i projektet.

### Formidling

Der er publiceret en lang række artikler og holdt oplæg om projektet på adskillige konferencer. Artiklerne omfatter bl.a. (Kilde: SPSK):

- › *Quantitative relationships between microstructure and effective transport properties. based on virtual materials testing. Gerd Gaiselmann, American Institute of Chemical Engineers Journal (AIChE Journal) Vol. 60, American Institute of Chemical Engineers New York, 2014, 1983-1999.*
- › *The influence of constrictivity on the effective transport properties of porous layers in electrolysis and fuel cells, Lorenz Holzer, Journal of Materials Science Vol. 48, Springer Publishing Company, New York, 2013, 2934-2952.*
- › *Redox cycling of Ni/YSZ anodes for solid oxide fuel cells: Influence of tortuosity, constriction and percolation factors on the effective transport properties, Lorenz Holzer, Journal of Power Sources, Vol. 242, Elsevier London, 2013, 179-194.*
- › *Long-term stability of LSM-YSZ based cathodes Laura C. Baqué, ECS Transactions, Vol. 57 (1) The Electrochemical Society, Pennington, USA, 2013, 2027-2036.*
- › *Long term resistivity behaviour of SOFC interconnect/Ni-mesh/anode interfaces, Venkatesh Sarda et.al., ECS Transactions Vol. 57 (1), The Electrochemical Society Pennington, USA.*
- › *Cellular automata modelling of microstructure evolution of Ni cermet anode, Xin Wang, Alan Atkinson, SOFCXIII, ECS Transactions, Vol. 57 (1), The Electrochemical Society Pennington, USA, 2013, 2465-2474.*
- › *Local activation and degradation of electrochemical processes in SOFC, Zacharie Wuillemain et.al. ECS Transactions Vol. 57 (1), The Electrochemical Society Pennington, USA, 2013 561-570.*
- › *Electrochemical model of solid oxide fuel cell for simulation at the stack scale. I. Calibration procedure on experimental data, Arata Nakajo et.al., Journal of the Electrochemical Society, Vol. 158 Electrochemical Society New York, USA, B1083-B1101.*
- › *Electrochemical model of solid oxide fuel cell for simulation at the stack scale. II. Implementation of degradation processes, Arata Nakajo et.al., Journal of the Electrochemical Society Vol. 158 Electrochemical Society, New York, USA, 2011, B1102-B1118.*
- › *Progressive activation of degradation processes in solid oxide fuel cell stacks. Part I: Lifetime extension by optimisation of the operating conditions, Arata Nakajo et.al., Journal of Power Sources Vol. 216 Elsevier Amsterdam, NL 2012, 449-463.*
- › *Progressive activation of degradation processes in solid oxide fuel cell stacks. Part II: Spatial distribution of the degradation, Arata Nakajo et.al., Journal of Power Sources Vol. 216 Elsevier Amsterdam, NL 2012, 434-448.*
- › *Modeling microstructure evolution of Ni cermet using a cellular automaton approach, Xin Wang, Journal of the Electrochemical Society Vol. 161, The Electrochemical Society Pennington, USA, 2014, F605-F614.*
- › *Effect of aging on the electrochemical performance of LSM-YSZ cathodes, L.C. Baqué, P.S. Jørgensen, W. Zhang, K.V. Hansen, M. Søggaard, J. Electrochem. Soc. 162 (9) F971-F981 (2015).*

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Karin Vels Hansen
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?	
... projektets <b>risikovillighed</b> har medvirket til at skabe mere innovative løsninger, end der ellers ville kunne være opnået?	Ved ikke

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.



## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Karin Vels Hansen: Der er ansat 1 person på DTU som følge af projektet (Kilde: SPSK). Kun hvis projektet tages op igen kan projektet forventes direkte at skabe en meromsætning for DTU.

Karin Vels Hansen: For DTU (Risø) bidrog projektet til udvidet kendskab til materialer. Der blev lavet en del forsøg og analyser, som bidrog til vidensopbygning. Denne viden kan og bliver brugt løbende i videre materialeforskning.

Karin Vels Hansen: For Topsøe Fuel Cells bidrog projektet ligeledes til vidensopbygning. Topsøe har gennemført en del 'stack' tests og har udvidet deres viden om deres produkter. Selv om Topsøe har stoppet deres aktiviteter vedr. brændselsceller, kan projektets resultater bruges i udviklingen af elektrolyseteknologi, som Haldor Topsøe er fortsat med.




### Danmark og internationalt

#### Ressourceeffekt/energisystem

Karin Vels Hansen: Vi har nu et bedre kendskab til degraderingsmekanismer af de enkelte materialer/komponenter og brændselsceller, som gør det muligt at forudse, hvad der sker med brændselsceller over lang tid. Modellering frem for laboratorietests vil på sigt kunne føre til mere effektiv og billigere produktion af brændselsceller.






#### Vækst (omsætning, beskæftigelse, eksport)

Topsøe Fuel Cells stoppede aktiviteterne vedr. SOFC-brændselsceller. Derfor er der ikke positive effekter vedr. eksport og vækst.

I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til ...	Karin Vels Hansen
... udvikling og integration af miljøvenlige <b>elproduktionsteknologier</b> ? KVH: Dette har ikke været fokus i projektet.	
... forbedret <b>styring og regulering</b> af et fremtidigt elsystem? KVH: Projektets emne har ikke indflydelse på regulering i elsystemet.	
... inddragelse af <b>international</b> viden på området? KVH: Idet projektet var en del af et EU-projekt. Deltagerne i projektet har fået et godt udbytte af hinandens resultater og samarbejder i dag om nye projekter.	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: Interview og COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Den gensidige vidensudveksling i projektet har været nyttig og har bidraget til et større fagligt netværk, til trods for at de tekniske løsninger ikke nåede så langt som håbet.

I hvilken grad gav den internationale dimension ...	Karin Vels Hansen
... Adgang til ny og bedre viden, der ellers ikke ville være adgang til?	
... Inspiration til nye og innovative løsninger?	
... Bedre tekniske løsninger og resultater, end der ellers ville kunne være opnået?	
... Bedre og bredere formidling af resultater og/eller danske kompetencer?	
... Større internationalt netværk og samarbejdsrelationer?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Karin Vels Hansen har ikke kunnet vurdere de mere langsigtede effekter af projektet, da Topsøe Fuel Cells ville have været den umiddelbare danske industri til at implementere resultaterne.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Karin Vels Hansen
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark?	Ved ikke
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?	Ved ikke
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?	Ved ikke
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?	Ved ikke

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Projektets rolle og betydning af støtten

ForskEL-støtten var en top-up bevilling til EU-projektet 'SOFC-Life under the Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU)'. EU-projektet bestod af 13 partnere, hvor Danmark var repræsenteret af DTU (Risø) og Topsøe Fuel Cells (som ikke modtog støtte fra EU-projekt).

Karin Vels Hansen: Projektet havde været for risikofyldt for os at gennemføre uden støtte (Kilde: SPSK).

Karin Vels Hansen: Top-up støtten fra ForskEL var en vigtig faktor for DTUs og Topsøes store engagement. Det lave engagement fra nogle af de internationale partnere, kan muligvis skyldes den lave EU-støtte.

## Projektkæder

Projektet har været en del af større kæde af projekter vedr. udvikling af brændselsceller både i EU og Danmark. Det belyste projekt har ikke direkte ført til nye projekter, men har bidraget generelt til arbejdet på instituttet.

Tidligere projekt modtog støtte fra EU- FP7 (Kilde: SPSK).

## Projektpartnerskabet

I forhold til ForskEL var det DTU og Topsøe, som i fælleskab stod for ansøgningen og afrapportering. Begge deltog i EU-projektet og skulle levere inputs til modeludviklingen. Disse

inputs var dog afhængige af andres bidrag. Da de andre partnere ikke leverede deres del, kunne DTU og Topsøe ikke levere hele deres input.

Samarbejdet i EU-projektet var udfordret pga. manglende engagement fra nogle deltageres side samt pga. udskiftning af en projektleder undervejs i projektet. Men der var internationale partnere med hvem samarbejdet gik godt.

Topsøe og DTU havde i forvejen et samarbejde, hvor de har lært meget af hinanden. DTU har også fået gode kontakter til EU-projektets partnere og har fået et indblik i andres syn og tilgang til problemstillingerne. Samarbejdet med nogle af de internationale partnere fortsætter i andre projekter.

Ifølge Karin Vels Hansen, er det en fordel at forankre et projekt som dette hos forskningsinstitutioner, som har stor interesse at bruge projektets udbytte til videre forskning og udvikling. Dertil kommer, at universiteter kan sikre åbenhed og vidensdeling omkring projektets resultater. På den måde er der flere, der kan få direkte og indirekte gavn af projektet.

Den optimale projekts størrelse er afhængig af projektet og partnere – især partnernes engagement. Det er klart, at koordineringen er nemmere med færre deltagere. Det vigtigste for succesfuld gennemførelse af projekter er god kommunikation. Samarbejde på tværs af landegrænser behøver ikke at være udfordret, hvis blot der er god kommunikation.

## **Samarbejde med programsekretariat**

Der har ikke været meget kontakt til ForskEL-sekretariatet i løbet af projektet. Generelt er samarbejdet med sekretariatet godt.

## FO7 – ESWA

Fuld titel	ESWA – Energy Smart Water Utilities (10738)		
Bevillingsår	2012	Påbegyndt	Juni 20120
Energiområde	Smart grid og systemer	Projektstatus	Afsluttet juni 2014
Interview med	Projektansvarlig: Aarhus Vand, repræsenteret v/ Pia Jacobsen Projektdeltager: ABB repræsenteret v/ Kim Loeb		



### Projektet kort

Projektets formål var at belyse vandforsyningsselskabernes muligheder for at overgå til at være dynamiske elforbrugere og producenter af vedvarende energi og energilagring gennem en tilpasning af eksisterende vandinfrastruktur.

Projektets mål var således:

- › At kortlægge og vurdere potentialet for vandselskabers evne til at tilpasse driften, således at selskaberne kan medvirke til at opfylde elsystemets behov gennem fleksibel efterspørgsel drevet af elprisen på elmarkedet og ved ekstrapolering at bestemme potentialet for den samlede danske vandsektor.
- › At teste nye pris-fleksible driftssystemer på fuldskala produktionsanlæg med henblik på at opnå viden om hvor meget og hvor lang tid energiforbruget kan udskydes uden at kompromittere eksisterende processer og faciliteter samt at identificere R&D behov for at drive fleksibiliteten videre.
- › At teste eksisterende teknologier (fx mikrohydro) i vandsektorens infrastruktur for at opnå driftserfaringer med teknologier og bestemme bæredygtigheden i et komplekst processystem som fx et spildevandsanlæg eller et vandværk for at undersøge potentialet for at vandselskaber både kan blive producenter af vedvarende energi og levere energilagringsfaciliteter.<sup>5</sup>

Kim Loeb: Formålet med ABBs del af projektet var at se på, hvordan driften af spildevandssystemer/renseanlæg kunne optimeres for at udnytte døgnvariationerne i elpriserne. Det gik ud på at lave et styresystem, der kunne styre spildevandspumper m.v. i forhold til Nordpool priserne, så driften samtidig blev tilgodeset.

### Forløb

Kim Loeb: Samarbejdet i arbejdsgruppen fungerede godt. Som udgangspunkt mente Aarhus Vand, at deres anlæg var optimeret, men under vejs viste der sig nye muligheder, og det satte yderligere skub i projektet.

### Formidling

Projekt resultaterne er præsenteret ved flere lejligheder, heriblandt to præsentationer ved DANVA's årlige konference.

Der er skrevet en række artikler til DANVA's nyhedsbrev:

- › Nr. 1 – *Smart Grid adaptation, energy production and storage in the water sector*,





<sup>5</sup> <http://eudp-new.omega.oitudv.dk/da/project/eswa-energy-smart-water-utilities>

- › Nr. 2 – Heat pumps have the biggest energy potential in the water sector,
- › Nr. 3 – Energy production by micro-hydro in the water sector,
- › Nr. 4 – Smart-Grid adaptation at Marselisborg WWTP,
- › Nr. 5 – Legal barriers and drivers for Energy Smart Water Utilities.

Ydermere, er der publiceret en række artikler om de lovmæssige barrierer og drivkræfter for Energy Smart Water Utilities, hvor også ligheder og forskelle mellem EU lovrampen og de danske lovrammer:

- › *"The Conditions for Future Energy-Smart Water Utilities under EU and Danish, Law and Policy" (app. 45 pages) "Scandinavian Studies in Law" Vol. 60, 2013.*
- › *"Legal Conditions for Water Utilities Eco-Innovation as Energy Smart Water Utilities", Journal of Earth Science and Engineering", 2013, page 644-654.*
- › *"The existing regulatory conditions for 'energy smart water utilities': Promotion of sustainable energy transition" in Lorenzo Squintani, Hans Vedder, Moritz Reese og Bernhard Vanheusden (red.) "Environmental Law and Energy and Climate Law as Instruments to Achieve Sustainable Energy", 2014.*

Kim Loeb: ABB har bidraget til rapporter m.v. men har ikke lavet selvstændig formidling.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Pia Jacobsen	Kim Loeb
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?		
... projektets <b>risikovillighed</b> har medvirket til at skabe mere innovative løsninger, end der ellers ville kunne være opnået?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Resultater

Projektet viste, at det er muligt for vandforsyningsselskaber at styre deres forbrug efter prissignaler, samt at producere og lagre energi uden forringelse af spildevandets udløbskvalitet. Specifikke lokale forhold i forsyningerne er dog afgørende for, om det kan betale sig økonomisk for det enkelte selskab.

Potentialet for at tilpasse driften – det vil sige forskyde energiforbruget til billigere tidspunkter – viste sig at være begrænset for Aarhus Vand, da Aarhus Vand har ikke så mange installationer i den størrelsesorden, der ønskes fra energiselskaberne (her DONG). Installationerne bør være minimum 200 kW, for at det kan betale sig.

Projektets beregninger viste, at potentialet for produktion af biogas er størst, hvis gassen kan magasineres. Vandselskaberne har dog meget begrænsede lagringskapaciteter, som systemerne så ud på tidspunktet for projektet. Aarhus Vand har ikke investeringsmidler til en stor investering i gastank, så denne løsning viste sig at heller ikke være særlig attraktiv for Aarhus Vand.

Pia Jacobsen: Projektet har identificeret lovgivningsmæssige og økonomiske barrierer for vandsektorens indsats som aktiv forbruger og producent i et dynamisk energisystem, men også den eksisterende tankegang og kulturen i sektoren kan være en barriere, da forsyningsselskaber prioriterer forsyningsikkerheden højt og kan se risici, hvis driften styres fra eksterne systemer som 'SmartGrid'.

Afgiftssystemet begrænser udbyttet af genvinding. Turbine-energien skal kunne anvendes internt i virksomheden – ellers giver det intet udbytte. Dertil kommer, at afregningspriser for systemydelser ikke kendes. (Kilde: SPSK)

Grundfos var ikke med i projektteamet, men kom på banen, da man diskuterede styring af højdebeholdere til at akkumulere energi. Traditionelt anvendes trykholdeventiler til trykregulering fra højt til lavt niveau. Turbiner kan anvendes til regulering af tryk samtidig med at der trækkes energi ud, men turbiner er ikke godkendte til brug i forbindelse med drikkevand. Det er pumper derimod. Teamet fik den idé at anvende en pumpe ”omvendt”, så den fungerer som en turbine. Der fandtes ikke noget færdigt produkt på markedet, og Grundfos var interesseret i at arbejde videre med konceptet.

Som led i projektet udviklede, testede og demonstrerede Grundfos derfor en mikro-vand-turbine (mindre end 10 kW), der kan operere med et kontinuert flow og relativt store mængder af vand. Tilbagebetalingstiden er mindre end 5 år. Aarhus Vands system har ca. 20 trykreducerende ventiler. Hvis disse erstattes med mikroturbiner, vil man kunne spare 50-70% af pumpeenergien. (Kilde: Ansøgning om støtte fra Climate Market Accelerator til projektet 'Unlock market demands for micro energy production in water utilities' 2014)

Pia Jacobsen: Der var dog kun et sted i Aarhus Vands vandforsyning, som var relevant, da der skal være et vist tryk, der skal reduceres og samtidig en vis vandmængde (=fysiske forhold), men andre drikkevandsforsyninger har taget idéen op.

Det er Aarhus Vands vurdering, at der ved test af smart-grid styring på rensningsanlæggets beluftningsanlæg, samtidig blev opnået energibesparelser svarende til 10% mere effektivt forbrug i deres system. (Kilde: SPSK)

Derudover har Aarhus Vand opnået en styrket national position mht. forskning, teknologi-udvikling eller kommercialisering, og et potentiale for yderligere tiltrækning af forsknings- og udviklingsmidler. (Kilde: SPSK)

Pia Jacobsen: Der er publiceret en peer-reviewed artikel sammen med DHI og virksomheder i Dansk Vand, 2013 og derudover er der holdt indlæg på følgende (Kilde: SPSK):

- › *Dansk Vandkonference, 2013 – Jan Holmegaard Hansen, COWI,*
- › *Regionalt Vandsamarbejde, Midtjylland, 2014 – Paul Kristian Thomsen, Aarhus Vand,*
- › *Aarhus Kommunes Klimapartnerskab, 2012 – Paul Kristian Thomsen, Aarhus Vand.*

Kim Loeb: Der viste sig flere optimeringsmuligheder. Bl.a. blev det eftervist, at det er muligt at spare penge ved at optimere efter elpriserne. Det viste sig dog også, at det ikke var voldsomt meget, der kunne spares på et døgn, så forventningerne til resultaterne var måske lidt for højt sat. Det skyldes bl.a., at Aarhus Vand allerede havde indført et overordnet sty-resystem på det pågældende renseanlæg. Det viste sig dog, at det alligevel var muligt at optimere yderligere. Bl.a. kunne store energiforbrug som beluftningsblæsere, pumper og frekvensomformere slukkes periodevist, med deraf følgende energibesparelse.

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Aarhus Vand er en forsyningsvirksomhed inden for vand og spildevand. Projektet har for Aarhus Vands vedkommende ikke ført til øget omsætning eller beskæftigelse.

Kim Loeb: ABB har heller ikke set de store effekter i form af beskæftigelse eller nye kunder. Meget af indholdet var kendt for ABB, der er vant til at lave systemer, der optimerer drift, fx regulering og valg af frekvensomformere. ABB er et stort internationalt firma, men den danske afdeling arbejder mest i Danmark, og resultaterne har ikke direkte kunnet bruges i andre projekter, idet forretningen ikke er så stor inden for vandsektoren. Kim Loeb mener dog, at DHI har haft et forretningsmæssigt udbytte som effekt af projektet.

Kim Loeb: ABB har heller ikke set de store effekter i form af nyudvikling, beskæftigelse eller nye kunder. Meget af indholdet var kendt for ABB, der til dagligt arbejder med systemer der bl.a. giver overblik, optimerer driften og sænker energiforbruget i forsyningsbranchen. Jjeg mener til gengæld, at DHI har haft et forretningsmæssigt udbytte som resultat af projektet.

### Danmark og internationalt

Det er eftervist i projektet, at de primære systemydelser med omrøring og beluftning er implementeret på en måde, der sikrer, at afløbskvaliteten ikke påvirkes væsentligt.

I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til ...	Pia Jacobsen	Kim Loeb
... udvikling og integration af miljøvenlige <b>elproduktionsteknologier</b> ?		
... forbedret <b>styring og regulering</b> af et fremtidigt elsystem?		
... inddragelse af <b>international viden</b> på området?		Ingen

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Energibesparelspotentialet i Danmark er ca. 3% af det samlede energiforbrug i drikkevandsforsyningen. Potentialet er endnu større i lande, hvor vand pumpes op i reservoirer placeret højt oppe. Disse forsyninger er ikke særligt følsomme over for strømafbrydelser, men til gengæld forbruger de 2-3 gange så meget strøm og dermed er energisparepotentialet tilsvarende større. Hvis disse erstattes med mikroturbiner, vil man kunne spare 50-70% af pumpenergien. (Kilde: Ansøgning om støtte fra Climate Market Accelerator til projektet 'Unlock market demands for micro energy production in water utilities' 2014)

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Pia Jacobsen	Kim Loeb
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark?		
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?		
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?		
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Pia Jacobsen: Uden støtten havde vi måttet gennemføre projektet i mindre skala. (Kilde: SPSK) Støtten er vigtig for at kunne få andre parter – fx rådgivere og universiteter – med på projekterne. Ulempen er administrationen som projektleder – Aarhus Vand er ofte nødt til at købe ekspertise til ansøgningsarbejde og projektrapportering. Det kan betyde fravalg af støtte.

Pia Jacobsen: Det betyder noget for Aarhus Vand at have F&U-projekter – ”Det borger for en vis forskningsmæssig kvalitet og anvendelse af ny viden i stedet for udelukkende at optimere eksisterende systemløsninger.” Aarhus Vand arbejder meget fokuseret med, hvordan vi som vandselskab kan bidrage til CSR<sup>6</sup>, og vi benchmarker vores aktivitetsniveau inden for F&U-aktiviteter med andre vandselskaber.

Kim Loeb: Det har hjulpet og har fremmet processen, at der har været støtte. Derved har ABB også følt, at det var fornuftigt at bidrage med en vis egenfinansiering.

## Projektkæder

Projektet har ført til endnu et nyt projekt – ’Unlock market demands for micro energy production in water utilities’ – i 2014, der delfinansieres vha. støtte fra Climate Market Accelerator. Projektet har til hensigt at estimere markedspotentialet for mikro-turbinen og forberede en markedsefterspørgsel.

Pia Jacobsen: Aarhus Vand formidler gerne deres erfaringer fra projekter videre. Et konkret eksempel er projektet ’Fremtidens Drikkevandsforsyning’, som er støttet af Naturstyrelsen og Vandsektorens Teknologifond, der skal udvikle og demonstrere eksportorienterede vandteknologiprodukter inden for både socioøkonomi, vandkvalitet og effektivisering<sup>7</sup>. Her bidrager Aarhus Vand med deres erfaringer fra ForskEL-projektet.

## Projektpartnerskabet

Ifølge Pia Jacobsen har COWI været en stor drivkraft bag projektet og har understøttet projektledelsen. Det konkrete projekt er blevet til ved, at COWI, ABB og DHI har præsenteret ideer, som Aarhus Vand derpå har vurderet om passer ind i selskabets og Aarhus Kommunes CO<sub>2</sub>- og energistrategier.

Pia Jacobsen: Vandselskabernes brancheforening DANVA har opfordret vandselskaberne til også at søge midler fra andre støtteprogrammer end Vandsektorens Teknologifond<sup>8</sup>. Og det førte til ForskEL-projektet.

Pia Jacobsen: Aarhus Vand har været tilfreds med projektet og projektteamets samarbejde. Fremadrettet vil vi fokusere mere på at definere udviklingsbehov, som er strategisk vigtige at innovere på, og målrette udviklingssamarbejdet med erhvervsliv, institutter og universiteter.

Kim Loeb: Projektsamarbejdet har været godt, men har ikke givet væsentlige nye kontakter for ABB.

<sup>6</sup> CSR – Corporate Social Responsibility

<sup>7</sup> Mere information findes på <http://www.futurewater.dk/>

<sup>8</sup> Se <http://vtu-fonden.dk/om-fonden.aspx>



Fra ansøgning	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000 kr.)	Tilskud
Århus Vand og Spildevand	Andet	100+	PL	1.864	64%
DANVA	Andet	20-49	D	209	80%
ABB A/S	Privat v.	100+	D	1.080	65%
DONG Energy A/S	Energi	10-19	D	604	64%
DHI	GTS	100+	D	791	65%
Aarhus Universitet	Viden/Udd.	100+	D	112	100%
COWI A/S	Privat v.	100+	D	1.352	65%
Aarhus Kommune	Kommune	100+	D	25	100%
			<b>I alt</b>	<b>6.037</b>	<b>66%</b>

## Samarbejde med programsekretariat

Pia Jacobsen: ”Ulempen ved at modtage støtte er administrationen som projektleder. Det er klart, at sekretariaterne skal være skarpe på, at der skal leveres resultater i projekterne. I innovations- og udviklingsprojekter er det ofte nødvendigt at ændre projektplanen efterhånden som man får afklaret og testet løsninger, men det er administrativt tungt at gennemføre budgetændringer i støttede projekter.”

## FO8 – WS unit

Fuld titel	Optimisation of kWh production and reliability of WS unit (10239)		
Bevillingsår	2009	Påbegyndt	Januar 2009
Energiområde	Bølge	Projektstatus	Afsluttet juni 2011
Interview med	Projektansvarlig: Wavestar (tidl. Wave Star Energy), repræsenteret v/ Jeanette Hylleborg Projektdeltagere: Benny Petersen Industriservice A/S, repræsenteret v/ Benny Petersen Aalborg Universitet, repræsenteret v/ Peter Frigaard		
Tidl. evaluering	Oxford Research 2011 (s. 57)		



### Projektet kort

Projektets formål var at optimere produktionen fra Wavestar bølgemaskinen i irregulære bølger gennem en avanceret styring af modtrykket i hydrauliksystemet på hver enkelt flyder. Mere præcist var målet at vurdere produktionsprisen for bølgeenergien, at teste og optimere pålidelighed og drift af anlæg samt at udføre forsøg med 24 timers fuldautomatisk drift. Systemet udvikles på de to testflydere på Roshage Mole for senere at kunne implementeres på et 500 kW anlæg med 40 flydere.

Peter Frigaard: Størrelsen af testanlægget var på 110 kW installeret effekt.

Peter Frigaard: Der er stor forskel på, hvor langt i opskaleringen de enkelte anlægsdele var på projekttidspunktet (og i dag). Dele af anlægget er 1:10, noget 1:20, noget 1:2 osv. – det anlæg, der er testet på, har kun 2 flydere i halv størrelse (og intentionen er at fuldskala anlægget skal have 20 flydere) – så måske var testanlægget samlet set 1:50.

### Resultater

Peter Frigaard: Målet var at forbedre på selve PTO'en, så det leverer mere energi. Man arbejdede med en optimering af motoren inde i PTO-systemet. Derudover var målet at indsamle pålidelige produktionsdata og dermed bedre bud på potentielle produktionsanlæg. Man skal dog huske på, at der var tale om et testanlæg. Hver gang noget skaleres op, ændrer situationen sig, og man kan ikke antage, at det vil opføre sig på samme måde som det mindre test anlæg.

Igennem 2011 blev der arbejdet med pålidelighed, drift og optimering af anlægget i Hanstholm. Fra januar 2011 overgik driften til fuldautomatik og forsøg med 24-timers drift blev indledt. Anlægget har kørt fuldautomatisk og ubemandet i perioden 1. februar til 30. april 2012 (Kilde: AF).

- › Den gennemsnitlige driftstid har i perioden 1. februar til 30. april 2012 været på 96% - i oktober 2011 var den 70,5%.
- › Effektiviteten i PTO-systemet har på begge flydere været mellem 54-58% i perioden 1. februar til 30. april 2012.
- › Der er i perioden 1. juni til 31. december 2011 produceret i alt 12 MWh på testanlægget og i perioden 1. februar til 30. april 2012 produceret 11 MWh – en fordobling.

## Forløb

Projektet forløb som planlagt i en kontrolleret proces bestående af to trin:

- › En styrkelse af energioptagelsen af havet.
- › En forøgelse af energitransformationen i systemet.

Parallelt med dette blev der foretaget en verificering af hele anlægget, herunder stormsikringssystemet.

## Formidling

Publikationer om fremskridtene i udviklingen af teknologien har ifølge Jeanette Hylleborg en betydelig værdi for Wavestar, idet publikationer medvirker til at positionere WS som en seriøs virksomhed med høj troværdighed. Det samme gælder Aalborg Universitet. To eksempler på nyere publikationer er:

- › *Experimental validation of numerical models for wave energy absorbers*, Morten Kramer, Francesco Ferri, Andrew Zurkinden, Enrique Vidal, Jens P. Kofoed, 2nd SDWED Symposium: Advances in modeling of wave energy devices, ISSN 1901-726X DCE technical report no. 144 – citeret af 1.
- › *PTO concept with four pressure lines*.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Jeanette Hylleborg	Peter Frigaard
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?		
... projektets <b>risikovillighed</b> har medvirket til at skabe mere innovative løsninger, end der ellers ville kunne være opnået?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Jeanette Hylleborg: Projektet har haft stor betydning i forhold til at kunne forbedre og dokumentere Wavestars evne til at producere elektricitet på et effektivt og stabilt niveau. Wavestar har adskilt sig fra de øvrige markante spillere på markedet, som fx Pelamis (nu lukket), Waveroller, Floating Power Plant og Aquamarine, ved at levere data over en længere periode, som dokumenterer driften og energiproduktionen. Etablering af en fuldskala model, gerne med 10x2 flydere, er næste skridt.

Jeanette Hylleborg: Vores forventninger til omsætning og jobskabelse, når teknologien er veletableret på markedet i 2025 er vist i tabellen nedenfor.

Når veletableret ...	Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	400.000	1.500.000
... heraf eksport	80%	90%
Jobs – Fastholdelser	10	10
Jobs – Nyansættelser	30	50

Jeanette Hylleborg: Vores optimistiske skøn er samlet at kunne skabe 2.500 jobs i Europa, når teknologien er implementeret på markedet.

Peter Frigaard: Fra vores synspunkt er vi glade for vores involvering i udviklingen af et Wavestar anlæg, for det betyder rigtigt isenkram at lege med – kæmpekonstruktioner og ikke blot forskning bag ved computeren. Det giver altid en anderledes tænkning at arbejde med private, men det gør vi så meget, så det kan ikke tilskrives dette projekt alene. AAU tænker i dag generelt lidt mere kommercielt i sin forskning end vi ville have gjort for 10 år siden. AAU har behov for virkelighedsnære projekter, som de studerende kan komme tæt på.

Peter Frigaard: AAU har i alt omkring 10 årsværk der arbejder med bølgeområdet. Selve projektet har afstedkommet noget der svarer til 1 årsværk – dette er i form af 3 Ph.d.-forløb hver med 1/3 årsværk.

Benny Petersen: BPIs primære kunder er inden for trykkeribranchen. Projektet var BPIs første forskningsprojekt, og BPI fungerede mere som underleverandør end en egentlig partner i udviklingen. Dog voksede firmaet fra 6-7 ansatte til 12 mand i projektperioden, delvist som konsekvens af projektet. Men firmaet blev hårdt ramt af krisen, hvor trykkeribranchen havde en stor nedtur. BPIs sidste arbejde på projektet blev udført i 2009 og siden har der ikke været meget relateret til WS-enheden, kun nogle nye stumper i 2012. I dag har firmaet kun 3 ansatte. Projektet har ikke ført til henvendelser fra potentielle kunder.

### **Danmark og internationalt**

Teknologien kan, når den er færdigudviklet, anvendes både i Danmark og internationalt.

Peter Frigaard: Arbejdet med idéen er ikke ny. Konceptet blev påbegyndt for 10 år siden. Der er forskellige trin i udviklingsprocessen. Først er der opfinderne med idéer, der har testet ting "uprofessionelt" og på et tidspunkt også får penge i ryggen (Mads Clausen). Udvikling af teknologi generelt har ikke et lineært forløb, og der er mange iterationer undervejs. Det var også tilfældet med vindmøller – der er der også sket mange iterationer fra 5kW møller til dagens store møller.

Peter Frigaard: En udfordring, som bølgeteknologi står overfor, er, at det er dyrt at teste til havs.

Peter Frigaard: Man kunne godt udvinde bølgeenergi i dag med den teknologi, der findes, men prisen er enorm og ville bremse det. Det ikke så meget de tekniske anlæg, der er en hindring for at producere i dag, som det er økonomisk. Groft sagt, for at WS-konceptet skal kunne slå igennem, skal anlæggets effekt hæves med en faktor 2 og omkostningerne sænkes med en faktor 5.

Projektet har taget et skridt videre i udviklingen af miljøvenlig elproduktionsteknologi og dermed bidraget til ForskELs mål.

Peter Frigaard: Der findes bølgeanlæg i bl.a. Skotland og Irland, hvor der findes gode bølger og støtteprogrammer. Der findes også anlæg nærmere os, nemlig i Gøteborg. Anlæggene er på sammenligneligt niveau med WS-anlægget eller lavere.

Peter Frigaard: Alle anlæg er langt fra markedet (inden ”den trebladede”) – der er mange flere parametre, der skal håndteres ved anlæg på havet end fx vindmøller. WS hører blandt de, der er tættest på markedet.

I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til ...	Jeanette Hylleborg	Peter Frigaard
... udvikling og integration af <b>miljøvenlige elproduktionsteknologier</b> ?		
... forbedret <b>styring og regulering</b> af et fremtidigt elsystem?		
... inddragelse af <b>international viden</b> på området?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Peter Frigaard: Det reelt beskæftigelse – Indtil videre er det for tidligt at opgøre nytten af støtten i omsætning, beskæftigelse og eksport. Udbyttet har primært været opbygning af viden, kendskab og erfaring om, hvordan man optimerer PTO, så man kan opsamle mere energi.









Peter Frigaard: Spin-off – I forbindelse med teknologier som Wavestar er det især de større eksisterende virksomheder, som har spin-off og ikke mindre enmandsvirksomheder. De større eksisterende virksomheder ser en mulighed for at opdyrke/udvikle et nyt forretningsområde. Eksempler er Danfoss (som kan få mulighed for at levere hydrauliksystemer til Wavestar anlæggene) og KK Electronics (som kan få mulighed for at levere særlige elkomponenter).

Projektet har skabt grobund for den videre udvikling og har medvirket til at der har kunnet skabes kontakter med både virksomheder og universiteter i Europa. Dette har bl.a. været afgørende for udformningen af en stor ansøgninger til EU Horizon 2020.

I hvilken grad gav den internationale dimension ...	Jeanette Hylleborg	Peter Frigaard
... Adgang til <b>ny og bedre viden</b> , der ellers ikke ville være adgang til?		
... Inspiration til <b>nye og innovative løsninger</b> ?		
... <b>Bedre tekniske løsninger og resultater</b> , end der ellers ville kunne være opnået?		
... <b>Bedre og bredere formidling</b> af resultater og/eller danske kompetencer?		
... Større internationalt netværk og samarbejdsrelationer?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Teknologien vil, hvis levedygtig, kunne levere vedvarende energi ind til det danske energisystem og dermed bidrage til at reducere Danmarks CO<sub>2</sub>-udledning.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Jeanette Hylleborg	Peter Frigaard
... forbedre <b>forsynings sikkerheden</b> i Danmark?		
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?		
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?		
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Jeanette Hylleborg: Danmark er blandt de førende inden for bølgeenergi – og WaveStar de eneste med driftsresultater. Clausen-familien har over årene investeret over 250 mio. kr. i udviklingsarbejdet. Det er ifølge Jeanette Hylleborg ikke muligt for Wavestar at finde nye investorer på dette stadie. Det er derfor afgørende med støtte, så Wavestar kan nå frem til en business case, der kan vises frem.

Jeanette Hylleborg: Udviklingen af en helt ny energiteknologi så som bølgeenergi tager ekstremt lang tid. Wavestar har arbejdet med opgaven i adskillige år, og måske bliver det muligt i 2020 reelt at udnytte bølgeenergien.

Peter Frigaard: Der er generelt et enormt ønske fra politisk side om at støtte bølgeenergi – men det svært at forstå, at det er så svært at få omkostningerne ned.

Peter Frigaard: Indtil videre har støtten bidraget til, at det har været muligt at vise, at man kan lave energi, så drifter man og konkluderer, at det virker men de store besparelser, der er nødvendige ved masseproduktion, medfører, at enhedspris er for dyre. (Landbaseret vind kostede oprindeligt 30 kr./kWh og i dag 30 øre/kWh).

Jeanette Hylleborg: Støtten til ForskEL-projekt 10305 blev givet som et tidsbegrænset til-læg til elprisen, og formålet med projektet var at demonstrere pålidelig elproduktion fra bølgekraft. Støtten på 2 mio. kr. (ud af et samlet projektbudget på i alt 3 mio. kr.) blev så-ledes udløst af elproduktionen, og Wavestar formåede at vise omverdenen, at anlægget virker – de nåede deres målsætning og driftstid var gulerod. Det er naturligvis en risiko for firmaet med den form for støtte, men samtidigt spændende at eftervise en business case for anlægget på den måde. Troværdighed og bevis for produktion medfører, at investorer og herunder også energiselskaber vil være mere tilbøjelige til at drifte anlægget de næste 20 år.

Peter Frigaard: Uden støtten have vi måttet gennemføre projektet i mindre skala (Kilde: SPSK)

Jeanette Hylleborg: Wavestar ansøgte i 2013 om 40 mio. kr. i EUDP-midler til projektet 'Kombineret fuldskala bølge – og vindenergi' (64013-0154) til udviklingen af en 1 MW maskine i Danmark til et samlet budget på 80-100 mio. kr. og fik ansøgningen godkendt, men på grund af problemer med at finde egenfinansiering samt et dansk energiselskab, som aktivt ville deltage i projektet, måtte Wavestar opgive det pågældende projekt.

Jeanette Hylleborg: Hvis Danmark kunne tilbyde en feed-in tarif for bølgeenergi, ville det skabe større grundlag for at komme videre med teknologien og tiltrække den nødvendige kapital. Det er desuden vigtigt for nye teknologier, at eventuelle feed-in tariffer opretholdes i en længere årrække (fx 20 år).

Kilde: EF	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000 kr.)	Tilskud
Wave Star A/S	Privat v.	1-9	PL	5.730	41%
Benny Petersen Industriservice ApS	Privat v.	1-9	D	520	48%
Jens Vulff ApS	Privat v.	Uoplyst	D	1.500	50%
Jurag Separation A/S	Privat v.	1-9	D	200	50%
Svend Ole Hansen ApS	Privat v.	10-19	D	1.520	50%
Aalborg Universitet	Viden/Udd.	100+	D	520	100%
Yacht Design	Privat v.	uoplyst	D	500	50%
<b>I alt</b>				<b>10.490</b>	<b>48%</b>

## Projektkæder

Projektet er blot ét i en længere række af projekter, der har modtaget støtte fra ForskEL og EUDP til udviklingen af teknologien:

- › 4301 (2004) 'Wave Star - bølgekraftmaskine 1:40 skala'
- › 6545 (2005) 'Wave Star Energy bølgekraft testmaskine til Nissum Bredning i skala 1:10'
- › 7322 (2007) 'Etablering af molebaseret testcenter på Roshage Mole ved Hanstholm samt designstudie og test af kostkritiske skala 1:2 bølgeenergi hovedkomponenter'
- › 10023 (2008) 'Optimisation of energy production on a Wave Star converter'
- › 63011-0067 (2008) 'Wave Star Energy – demonstrator til Nordsøen'
- › 10239 (2009) 'Optimisation of kWh production and reliability of WS unit'
- › 10305 (2009) 'Wavestar prototype at Roshage, phase 1 og 2'
- › 10306 (2009) 'Grid connection of the Horns Rev 500 kW system' – ændret til et igangværende at opgradere og flytte.
- › 10649 (2011) 'FLOAT – A søgning til udvikling af ny fleksibel UHPC'
- › 10705 (2011) 'Optimization of Wave Energy Converters PTO-system Efficiency'
- › 10754 (2012) 'FLOAT 2 – Ansøgning til udvikling af ny fleksibel UHPC 2'
- › 10796 (2012) 'Kost effektive fundamenter og installation for bølge energi'
- › 64013-0107 (2013) 'Partnerskab for Bølgekraft – Roadmaps. (EUDP-13-I)'
- › 64013-0154 (2013) 'Kombineret fuldskala bølge – og vindenergi' – opgivet pga. manglende privat finansiering og partner.
- › 64014-0156 (2014) 'WaveSpring for at forøge bølgeenergi absorption'

Roadmap-projektet fra 2013 samlede kræfterne inden for bølgeenergi i Danmark med det formål at udnytte udviklingsmidlerne optimalt i forhold til de fælles udfordringer og behov.

## Projektpartnerskabet

Jeanette Hylleborg: De primære kræfter i projektet og udviklingen af teknologien er Wavestar og Aalborg Universitet. Samarbejdet med Aalborg Universitet er ifølge Jeanette Hylleborg vigtigt, da grundforskning og ekspertviden er nødvendig. Samarbejdet med Aalborg

Universitet har også muliggjort opbygning af danske testfaciliteter inklusive test bølgebasin og en avanceret testbænk til PTO.

Peter Frigaard: AAU har entret med WS mange gange og har været med i det meste af udviklingen. Vi har vel medvirket til at få Wavestar til ikke at holde deres kort så tæt på kroppen og i stedet åbne mere op, så de kan få bidrag til deres projekt, og samtidig er med til at gavne den samlede bølgeindustri.

Peter Frigaard: Bølgeområdet er en lille verden, og der er i dag et rimeligt godt samarbejde og vidensudveksling imellem aktørerne.

Peter Frigaard: AAU er en stor organisation med mange fagspecialister. WSs samarbejde med AAU gør det muligt for Wavestar at få adgang til specialister med stor specialviden på mange områder i stedet for at skulle ansætte selv. Fx kan Wavestar trække på AAUs specialister inden for glasfiber i stedet for at skulle ansætte en person. Det giver Wavestar noget fleksibilitet. Desuden kan det være svært for private virksomheder at finde de specialister uden for forskningsmiljøet.

## **Samarbejde med programsekretariatet**

Jeanette Hylleborg: "Vi har et fantastisk samarbejde med ForskEL-sekretariatet, som bl.a. udviser stor fleksibilitet, når vores verden ændrer sig, og vi derfor må tilpasse projektet."

Peter Frigaard: Programmet skal have ros for sin fleksibilitet. Projektet er lige på kanten af det område, som ForskEL kan yde støtte til, da projektet måske er mere forskningsprojekt end udviklingsprojekt vedr. elproduktion. Denne type projekter passer bedst til EUDP, men forskningsprogrammer er i fare for måske at blive for teoretiske.



## Eksempel på afviste projektansøgninger

Der er i case-undersøgelsen taget kontakt til 5 afviste projektansøgere for at illustrere, hvilke veje ansøgerne vælger at gå efter afslag. Blandt de 5 afviste ansøgninger indgår 1 ansøgning til ForskEL. Der er bevidst valgt projektansøgere, hvis projekt ifølge sekretaria-terne hovedsageligt ikke kom gennem nåleøjet, fordi støttemidlerne er begrænsede eller fordi projektemnet ikke var fokusområde i den pågældende støtterunde eller pulje.

I alle 5 tilfælde er projektansøgerne fortsat med at forfølge deres idéer omend på meget forskellig vis. I opfølgningen på ForskEL-ansøgningen 'Næste generation af affaldsfyrede kedler' (10652), indsendt i 2011, fandt vi, at man har søgt andre offentlige midler og er gået videre med delelementer af projektet.

ForskEL-eksemplet er kort beskrevet nedenfor.

### FO9 – Næste generation af affaldsfyrede kedler

Fuld titel	Næste generation af affaldsfyrede kedler (10652)		
Ansøgningsår	2011	Energiområde	Bio og affald
Interview med	Projektansvarlig: DTU Kemiteknik, repræsenteret v/ Flemming Frandsen		

Støtte til projektet blev søgt af DTU Kemiteknik på vegne af et konsortium med såvel affaldsværker, rådgivere og leverandører, hvor Babcock & Wilcox Vølund havde en stor rolle. Formålet var forskningsaktiviteter med henblik på at forbedre elvirkningsgrader og forbrændingsforhold i affaldsforbrænding, bl.a. ved at se på aske- og slaggedannelse og korrosionsforhold i kedler m.v. En del af indholdet var eksperimentelt og indeholdt afprøvning af nye målemetoder.

Projektet skulle bygge videre på resultater opnået i flere tidligere ForskEL-projekter.

Der blev efterfølgende søgt støtte til projektet fra Det Frie Forskningsråd Teknik og Produktion (FTP), Højteknologifonden og Det Strategiske Forskningsråd, men også her uden resultat.

Flemming Frandsen mener, at en af årsagerne til, at projektet ikke blev tildelt støtte var, at projektet er mere driftsrelateret end typisk støttede projekter, selvom det potentielt kunne give store energigevinster. Projektidéen fik også en stor opbakning fra industrien, bl.a. Vølund, der ville bidrage med ca. 1/3 af midlerne til projektet.

Der har været en lang proces med bevillingsgiverne for at prøve at påvirke dem og skaffe opbakning til idéen. Blandt andet har der været en debat i fagbladet Ingeniøren.

En del af projektets elementer er dog senere brugt i andre sammenhænge. Fx i et projekt med Vølund, hvor der søges støtte fra Innovationsfonden, samt som en del af et større europæisk projekt, der støttes af European Research Area Network (ERA-Net).

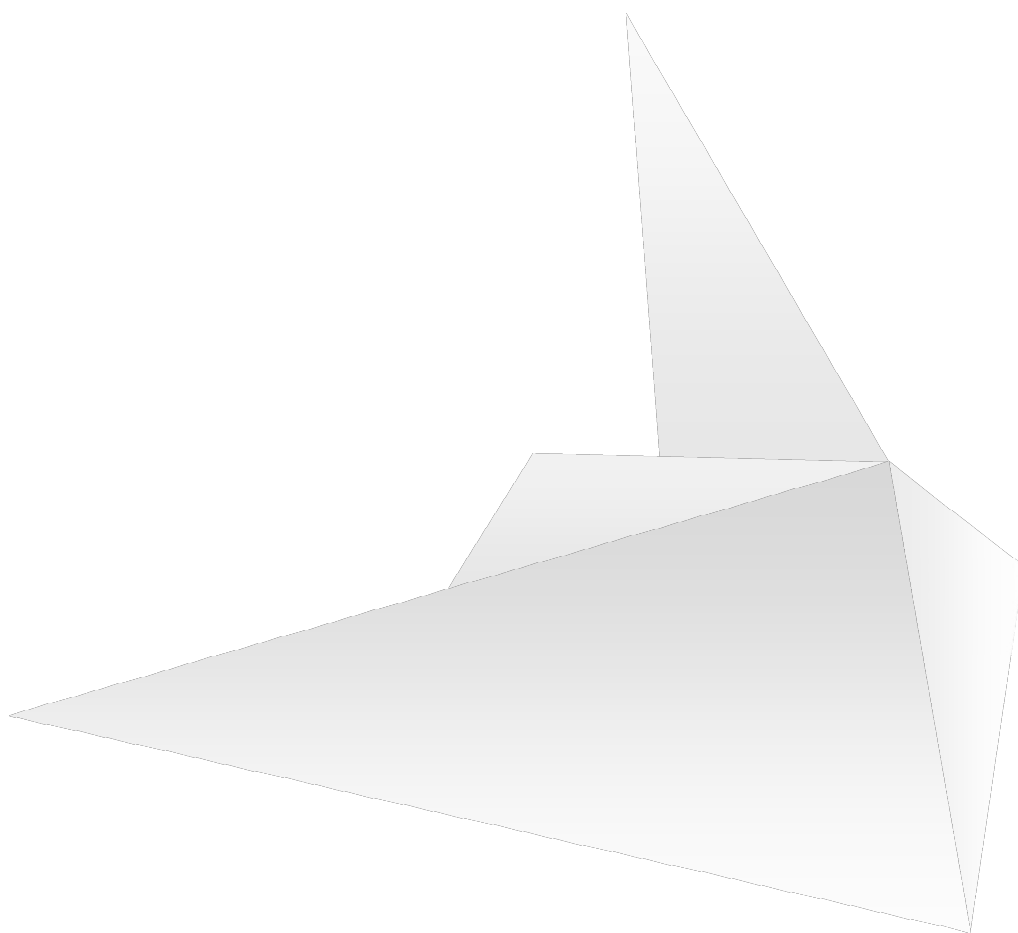


## Bilag C Casestudier – ELFORSK

Evaluering af Energi-, Forsynings- og Klimaministeriets forsknings- og udviklingsprogrammer for ny energiteknologi

# INDHOLD

<b>OVERBLIK.....</b>	<b>2</b>
<b>EL1 – VARMEPUMPER OG ÆNDREDE KOMFORTTEMPERATURER .....</b>	<b>4</b>
<b>EL2 – ELBESPARENDE KUGLELEJER .....</b>	<b>10</b>
<b>EL3 – HØJEFFEKTIVE HØJTEMPERATUR VARMEPUMPER TIL INDUSTRIEL KØLING.....</b>	<b>14</b>
<b>EL4 – TERMOAKTIVE KONSTRUKTIONER .....</b>	<b>19</b>
<b>EL5 – 2G VÆRKTØJ TIL SYSTEMOPTIMERING.....</b>	<b>27</b>
<b>EL6 – VÆRKTØJER TIL FREMME AF LED .....</b>	<b>33</b>
<b>EL7 – DIGITALT VÆRKTØJ TIL ARKITEKTARBEJDER</b>	<b>41</b>
<b>AFVISTE ANSØGNINGER.....</b>	<b>48</b>



## Overblik

I de følgende kapitler præsenteres 7 eksempler på ELFORSK-projekter og 2 afviste ansøgning, se tabel oversigt nedenfor. Beskrivelserne baserer sig på mundtlige og skriftlige udsagn (interview, ansøgninger, slutrapporter og forskelligt formidlingsmateriale) fra projektansvarlige og projektdeltagere. Casene giver konkrete illustrative eksempler på de umiddelbare projektsultater og de mere langsigtede effekter.

Der er gennemført interview med en repræsentant for den projektansvarlige organisation (det primære interview) samt en repræsentant for en af de øvrige projektdeltagere (sekundært. Interviewene er gennemført i perioden i maj-september 2015.

Eftersom de interviewede personer har en egeninteresse i at signalere, at økonomisk støtte har en merværdi, vil dette kunne farve udsagnene. Dette bias søges afhjulpet noget ved at holde interviewene fokuseret på et konkret projekt og faktiske forhold. Udsagnene er i øvrigt taget for pålydende, og der er ikke fra evalueringsteamets side foretaget en vurdering af udsagnenes rigtighed.

De forskellige kilder er angivet vha. følgende forkortelser:

- > AF – Afslutningsrapport/-skema
- > AN – Ansøgning
- > BR – ELFORSK brochure
- > EF – Portalen [www.energiforskning.dk](http://www.energiforskning.dk)
- > SPSK – Spørgeskemabesvarelser

*Table 1: Overblik over de udvalgte ELFORSK cases.*

Case nr.	Journal nr.	Projekttitel	Projektsansvarlig	Energiområde	Antal partnere	Bevilningsår	Budget (1.000 kr.)	Tilskudsandel
EL1	341-020	Varmepumper og elforbrug - betydningen af ændrede komforttemperaturer	SBI-AAU	Adfærd/bygninger	4	2009	1.095	48%
EL2	342-032	Elbesparende kuglelejer	Dansk Energianalyse A/S	EE teknologi/industri	2	2010	1.628	60%
EL3	342-078	Højeffektive - højtemperatur varmepumper til industriel køling	Advansor A/S	EE teknologi/industri	9	2010	3,670	28%
EL4	343-011	Fuldskala demonstration af termoaktive konstruktioner - Tillægsbevilling	COWI A/S	EE teknologi/bygninger	5	2011	438	69%
EL5	344-008	2. generationsværktøj til systemoptimering	Teknologisk Institut	Værktøj/industri	7	2012	1.789	65%
EL6	344-055	Værktøjer til fremme af energibesparende LED belysning i underholdningsindustrien	DTU Fotonik	Værktøj/industri	7	2012	3.929	31%
EL7	346-026	A+E:3D - Digitalt værktøj for arkitektonisk energioptimering og -renovering i de tidlige designfaser	henrik-innovation ApS	Værktøj/bygninger	6	2014	1.624	35%
EL8	342-002	Udvikling af metoder til energirådgivning af små og mellemstore virksomheder	Håndværksrådet	Adfærd	i.o.	2010	i.o.	i.o.
EL9	343-062	IndExTool -- Software for optimering for energisystemer i industrielle processer -- Fase I Behovsanalyse og grundlagsskabelse	DTU Mekanik	Værktøj/industri	i.o.	2011	i.o.	i.o.

## EL1 – Varmepumper og ændrede komforttemperaturer

Fuld titel	Varmepumper og elforbrug - betydningen af ændrede komforttemperaturer (341-020)		
Bevillingsår	2009	Påbegyndt	Januar 2009
Energiområde	Adfærd	Projektstatus	Afsluttet juni 2011
Interview med	Projektansvarlig: Statens Byggeforskningsinstitut (SBI), under Aalborg Universitet, repræsenteret v/ Kirsten Gram-Hanssen Projektdeltager: IT-Energy ApS, repræsenteret v/ Troels Fjordbak Larsen		
Tidl. evaluering	Living Strategy, december 2014, s. 10+30		



### Projektet kort

Projektets primære fokus var en forbedret serviceydelse. (kilde: SPSK)

I elopvarmede huse og sommerhuse kan luft-til-luft varmepumper ved korrekt brug mindske elforbruget til opvarmning med en faktor 3-4, sammenlignet med traditionelle elpaneler. Formålet med projektet var at undersøge, om den potentielle besparelse bliver opnået i praksis – eller om besparelspotentialet bliver omsat til øget komfort i form af højere indetemperatur, øget opvarmningsareal, længere opvarmningsæson, køling i sommerperioden el. lign. (Kilde: BR)

Projektet fokuserede på luft-til-luft varmepumper, der er opsat som erstatning for traditionelle elpaneler, dels i huse til helårsbeboelse og dels i sommerhuse. Projektets resultater baserer sig på en spørgeskemaundersøgelse (survey) blandt 450 ejere af helårshus eller sommerhus med en luft-til-luft varmepumpe installeret. For de huse, hvor det har været muligt, er survey-resultaterne sammenholdt med husenes årlige elforbrug årene før og efter installeringen af varmepumpen. Blandt de deltagende husstande er desuden udvalgt 12 familier til nærmere studier i form af kvalitative interviews og en teknisk inspektion af deres varmepumper. Projektet inkluderer desuden en analyse af det potentielle kølebehov i danske boliger under forskellige forudsætninger. (Kilde: AF)

### Resultater

Både interview i forbindelse med case-undersøgelsen og survey (se tabel nedenfor) viser, at projektet er lykkedes i forhold til de oprindelige målsætninger.





I hvor høj grad vurderer du, at ...	Kirsten Gram-Hanssen
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?	<input checked="" type="checkbox"/>

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Med introduktion af varmepumpen åbner der sig nye muligheder for forbrugerne. Projektets resultater viste, at det teoretiske potentiale for energibesparelse ikke realiseres for helårshuse eller sommerhuse. Den gennemsnitlige faktiske elbesparelse i helårshusenes elforbrug er ca. 23%, og for sommerhusene i gennemsnit er der slet ikke sparet energi. (Kilde: BR)



Delanalysen af, hvilken betydning fremtidige klimaforandringer kan få for brugen af køling i den danske boligmasse, viser, at elforbruget til køling kan komme til at udgøre en ikke uvæsentlig del af boligens samlede primære energiforbrug for nyere huse bygget efter år 2000, hvorimod den ældre bygningsmasse i mindre grad er udsat for overophedning. (Kilde: AF)

I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til ...	Kirsten Gram-Hanssen
... At <b>udvikle og commercialisere</b> nye og mere energieffektive teknologier og udvikle energi-effektiv adfærd hos forbrugeren?	
... at fremme energieffektive teknologier i <b>industriens processer</b> , herunder fleksibelt elforbrug?	Ikke relevant
... at fremme energieffektive teknologier i <b>bygninger eller dens installationer</b> , herunder fleksibelt elforbrug?	Ved ikke
... at benytte såkaldte ' <b>non-energy benefits</b> ' til at fremme energieffektivitet?	
... at fremme og styrke <b>faglige netværk og F&amp;U-miljøer</b> ?	
... at understøtte <b>danske erhvervspotentialer</b> på det energiteknologiske område til gavn for vækst og beskæftigelse?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Kirsten Gram-Hanssen: Projektet var et forskningsprojekt og har som noget ekstraordinært været medvirkende årsag til en ny fastansættelse (seniorforsker), men har derudover ikke direkte ført til jobs eller omsætning.

Kirsten Gram-Hanssen: SBI bliver som forskningsinstitut målt på bl.a. antallet af videnskabelige artikler og har i samarbejde med virksomhederne i projektet publiceret adskillige i forbindelse med projektet. Dette er en vigtig effekt af projektet, selvom det ikke er et mål for ELFORSK-midlerne.

Projektet har skabt ny viden og netværk samt styrket SBIs nationale/internationale position. Desuden har det tiltrukket F&U-midler og kapitaltilførsel samt skabt potentiale for tiltrækning af yderligere F&U-midler og kapitaltilførsel. (Kilde: SPSK)

Troels Fjordbak: Omfanget af IT-Energy's involvering begrænsede sig til under 1 arbejds-måned, og IT-Energy's udbytte af projektet var derfor især, at projektet var en lejlighed til at bekræfte og aktivere eksisterende samarbejdsnetværker.

### Danmark og internationalt

Varmepumper er et væsentligt element i den danske energieffektiviseringsstrategi.




Kirsten Gram-Hanssen: Projektet viser på tydelig vis, at det ikke er tilstrækkeligt at nøjes med at interessere sig for teknologiernes effektivitet, hvis vi vil spare energi. Måden, hvorpå brugerne anvender teknologien, kan betyde lige så meget for energiforbruget.

Kirsten Gram-Hanssen: Projektet dokumenterer, at når en energieffektiv teknologi som en varmepumpe tages i anvendelse, så sker der ofte samtidig ændringer i den hverdagspraksis, som teknologien indgår i, og derved høstes den potentielle teknisk mulige besparelse ikke fuldt ud. (Kilde: BR)

Kirsten Gram-Hanssen: Andre og internationale studier peger på rebound-effekter omkring de 20%, og projektet bekræfter dette.

Kirsten Gram-Hanssen: Dette er væsentligt at få med i energipolitiske beslutninger, hvor bestemte besparelsesmål forventes indfriet ved hjælp af udbredelse af mere effektive teknologier, ligesom det er væsentligt at få med, når energisystemer dimensioneres til at dække et givet behov. Projektets resultater har fx således også været diskuteret med Energistyrelsen i forhold til deres videre arbejde med at udbrede varmepumper. (Kilde: BR)

Kirsten Gram-Hanssen mener ikke, at det er muligt med forskningsmæssig integritet at regne på, hvad energimæssig effekt projektet har haft. Det man derimod kan konstatere er, at varmepumper har været et godt sted at starte, men relevansen af konklusionerne fra projektet begrænser sig ikke til varmepumper. Det er også stærkt relevant for initiativer relateret til bygningsopvarmning og -køling og dermed tiltag i forbindelse med bygningsrenovering og nybyggeri.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Kirsten Gram-Hanssen
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark?	
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?	
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?	
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?	Ved ikke

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Kirsten Gram-Hanssen: Det er i den almene interesse at få kortlagt om ny teknologi såsom luft-til-luft varmepumper, bliver anvendt rigtigt og formidle information – kan forbrugerne betjene deres installationer i hjemmet herunder også varmepumper? Uden projektstøtten var dette ikke blevet undersøgt og vores viden om rebound-effekten var ikke blevet opdateret.

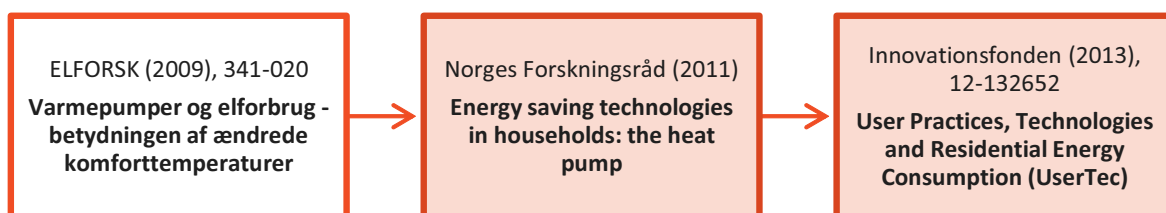
Fra projektdatabase:	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
IT-Energy ApS	Privat v.	1-9	D	72	50%
SEAS-NVE Strømmen	Energi	Uoplyst	D	199	15%
AURA Energi (tidl. Lokalenergi Handel)	Energi	Uoplyst	D	156	71%
Statens Byggeforskningsinstitut (SBI)	Viden/Udd.	100+	PL	668	53%
<b>I alt</b>				<b>1.095</b>	<b>48%</b>

## Projektkæder

Kirsten Gram-Hanssen: Projektet byggede ikke direkte videre på et tidligere (støttet) projekt, men projektets partnere havde gode erfaringer med at arbejde sammen fra tidligere støttede PSO-projekter om bl.a. standby-forbrug. Projektet er desuden blot ét projekt i en længere række af internationale projekter, der behandler emnet rebound. Man er endnu i dag ikke kommet frem til en løsning på, hvordan rebound-effekt kan minimeres eller fjernes.

Kirsten Gram-Hanssen publicerede en videnskabelig artikel i forbindelse med ECEEE Summer Study, som inspirerede det norske SIFO (Statens Institutt for Forbruksforskning) til at lave et tilsvarende projekt i Norge med dansk deltagelse fra SBI. Projektet skulle bl.a. gentage nogle af de analyser, der var lavet i Danmark, så man kunne sammenligne resultaterne, samt lave ny fælles viden om, hvordan der kan arbejdes med at begrænse rebound-effekt. Projektet, 'Energy saving technologies in households: the heat pump' blev støttet af Norges Forskningsråd med 3,3 mio. norske kr., heraf ca. 800.000 norske kr. til SBI. (Kirsten Gram-Hanssen er pt i færd med at udarbejde en videnskabelig artikel om resultaterne.) I dette dansk-norske projekt, støttet af norske midler, indgik interviews med repræsentanter for salgs- og markedsføringsledet for varmepumper. Formålet var at belyse rebound-effekten og hvordan man kan sikre en mere 'korrekt/optimal' brug af varmepumperne. Der er meget fokus på effektiviteten af den enkelte varmepumpe og korrekt installation, men ikke i samme omfang hvordan brugerne bruger varmepumpen. Både det danske og det norske projekt rejser spørgsmålene: *Hvem er det, der skal have ansvar for den korrekte brug? Salgsargumentet over for brugerne er bedre komfort – måske skal det tænkes mere ind i policy-tankegangen.*

Kirsten Gram-Hanssen: SBI har i dag et 5-årigt projekt, kaldet 'UserTEC' (<http://sbi.dk/usertec>), som har modtaget 17 mio. kr. i støtte fra Innovationsfonden, hvor der arbejdes videre med mange af de samme tankegange som i varmepumpeprojektet, og tager skridtet videre og går i dybden med, hvordan vi kan adressere rebound-effekt. En arbejdsplan ledet af Kirsten Gram-Hanssen går i dybden med bredt at forstå og beskrive husholdningers energiforbrugende praksisser. En anden af projektets arbejdsplaner, ledet af Per Heiselberg fra Aalborg Universitet (AAU), tager udgangspunkt i dette arbejde og adresserer/behandler, hvordan rebound-effekt kan tænkes ind i teknologiudviklingen og fx bygningsreglementet. UserTEC-projektet inkluderer nyansættelser af 3 Ph.d.-projekter på SBI, samt tre Ph.d.-projekter på andre AAU-institutter.



## Projektpartnerskabet

Kirsten Gram-Hanssen: ELFORSK havde i et tidligere projekt sat en person fra LokalEnergi (nu AURA Energi) og Kirsten Gram-Hanssen sammen, og deraf udsprang samarbejdet om varmepumpeprojektet.

Kirsten Gram-Hanssen: Udgangspunktet for projektet var, at AURA Energi undrede sig over, hvorfor forbruget ikke faldt som forventet hos kunder, som de havde solgt varmepumper til. Man havde en fornemmelse af, at der var en vis rebound-effekt. Desuden var der en nysgerrighed på, om nogle af forbrugerne så småt var begyndt at bruge varmepumperne til køling på nogle af de varmeste sommerdage, da markedsføring af varmepumper foreslog dette.

Kirsten Gram-Hanssen: SEAS NVE blev føjet til teamet for at sikre en større geografisk spredning end blot LokalEnergi's område og en partner med teknisk ekspertise inden for varmepumpeteknologi (Preben Munter) – Det var ELFORSK, der foreslog SEAS NVE som en mulighed. Kirsten Gram-Hanssen kendte IT Energy (Troels Fjordbak), samt LokalEnergi fra tidligere ELFORSK-projekter. IT-Energy varetog de statistiske analyser og samkørte data samt bidrog med øvrig viden om husholdningers elforbrug.

Ifølge Troels Fjordbak Larsen er det for IT-Energy, som er et lille firma, ikke så vigtigt, om man samarbejder med en offentlig enhed som SBi. For os er det vigtigere, at det er en større enhed og en enhed med forskningsmæssigt renommé – som gør, at man som meget lille firma kan få adgang til projektstøtte. Det kan være svært, selv for et veletableret lille firma, som har vist sit værd fagligt, at få adgang til støtte.

## Synliggørelse af projektet

Kirsten Gram-Hanssen: Projektresultaterne er kommunikeret bredt ud i både presse, konferencesammenhæng og faglitteratur. Projektet oplevede en pæn medie-interesse med bl.a. avisartikler og radioindslag. Fx udsendte SBi 14 juni 2011 en pressemeddelelse<sup>1</sup> om varmepumper, som førte til følgende omtaler:

- › Artikel på *videnskab.dk*, *jp.dk* og *politikken.dk*
- › Indslag i P1 radioavis
- › Artikel i *Berlingske* (boligen s. 6)
- › Diverse lokalaviser
- › Radioavisen på P1 og P4 flere gange

Desuden er der blevet skrevet at antal videnskabelige artikler. Eksempler herpå, samt hvor ofte de er blevet citeret:

- › *Air-to-air heat pumps in real-life use: Are potential savings achieved or are they transformed into increased comfort?* K Gram-Hanssen, TH Christensen, PE Petersen - *Energy and Buildings* vol 53, pp 64-73, 2012, Elsevier Forlag – citeret af 26.
- › *Air-to-air heat pumps: a wolf in sheep's clothing?* TH Christensen, K Gram-Hanssen, PE Larsen, E gudbjerg, L Stryhn, P Munter, paper at ECEEE 2011 summer study – citeret af 17.
- › *Efficient technologies or user behaviour, which is the more important when reducing households' energy consumption?* Kirsten Gram-Hanssen, *Energy Efficiency*, 2013, Springer Forlag – citeret af 22.
- › *Varmepumper og elforbrug: Betydningen af ændrede komfortpraksisser*, TH Christensen, K Gram-Hanssen, PE Petersen, *SBi serie 2011:24 udgave 1* – citeret af 1.
- › *Energy savings with air-to-air heat pumps – true or false?: findings and policy implications from a Danish study*, paper presented at EEDEL-2011, K Gram-Hanssen, TH Christensen, PE Petersen.
- › *Heat pumps and user practices – energy reductions or increased comfort?*, presentation at 6th Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environmental Systems.

<sup>1</sup> Yderligere presseklip kan findes på: <http://vbn.aau.dk/en/persons/kirsten-gramhanssen%28e08c8bc7-62c8-4905-99f4-5a5a9c9f4e4d%29/clippings.html>



Både pjecer og netværkstilbud fra ELFORSK er nyttige og et godt tilbud – dog vil en stor del være irrelevante for den enkelte, måske særligt de som har flere års erfaring i branchen – Kirsten Gram-Hanssen: 'Det er ikke relevant for mig personligt at netværke med alle, der arbejder med energi i Danmark, og omkring 95% af pjecerne er ikke fagligt relevante for mig og mit forskningsfelt. Mange af os behøver ikke flere netværk.' Derfor har ELFORSK pjecer og netværkstilbud i det konkrete projekt kun haft mindre betydning for interessen i projektets resultater.

## Samarbejde med programsekretariatet

Kirsten Gram-Hanssen udtaler om de første erfaringer fra at have et ELFORSK-projekt: 'Jeg var positivt overrasket over, at ELFORSK gik så meget i aktiv dialog med os. ELFORSK kommer fx gerne med forslag til samarbejdspartnere, så teamets partnere komplementerer hinandens kompetencer. Det har jeg haft stor glæde af.'

Kirsten Gram-Hanssen: Kravet til halvårsrapporternes niveau og omfang er meget rimeligt og fornuftigt. ELFORSK har en ualmindelig god sagsbehandling og det er nyttigt med den faglige dialog. 'Det er en fin hjælp at kunne have en dialog om projektidé og -team med ELFORSK sekretariatet før ansøgningen. Sekretariatet bør dog være forsigtig med at bede om, at projektansøgere slår deres projekter sammen – det kan gøre det endelige team for stort og projektet kan tage en retning (en ELFORSK-konstruktion), som ikke alle i de oprindelige ansøgning kan engagere sig i. Og det kan være svært for ansøgerne at indse dette selv og at modsætte sig dette. Det er projektejerne, der skal stå inde for projektet.'

Kirsten Gram-Hanssen: 'Excel-skabelonen til ansøgningen kan gøres mere brugervenlig. Fx de tekstfelter, der skal udfyldes, som i dag kræver, at man skal flytte på tekststumper<sup>2</sup>.'

I hvor høj grad har...	Kirsten Gram-Hanssen
I hvor høj grad har ELFORSKs <b>eksterne</b> formidling af projektets resultater efter din vurdering haft en positiv indflydelse på interessen for projektresultaterne?	
I hvor høj grad har <b>samarbejdet og dialogen</b> med ELFORSK i løbet af projektforløbet haft indflydelse på jeres udbytte af projektet?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

<sup>2</sup> Bemærk, at der siden dette projekt er kommet nyt ansøgningskema, som i øvrigt er fælles for de tre programmer, ELFORSK, EUDP og ForskEL.

## EL2 – Elbesparende kuglelejer

Fuld titel	Elbesparende kuglelejer (342-032)		
Bevillingsår	2010	Påbegyndt	Marts 2010
Energiområde	EE teknologi	Projektstatus	Afsluttet maj 2013
Interview med	Projektansvarlig: Dansk Energi Analyse A/S, repræsenteret v/ Mogens Johansson – ikke interviewet, da han er gået på pension Projektdeltager: CeramicSpeed A/S, repræsenteret v/ Bøje Schaumann Kjær		



### Projektet kort

Formålet med projektet var at udvikle energieffektive kuglelejer til elmotorer til industrien. Udgangspunktet var at undersøge og dokumentere energiforhold og de øvrige driftsforhold vha. teststande for derved at belyse, hvordan de enkelte standardkomponenter kan optimeres og kombineres, så energitabet minimeres mest muligt. (Kilde: AF)

Der skal være en vis omdrejningshastighed på kuglelejet, for at der er et væsentligt energiforbrug og dermed også er væsentligt potentiale for at spare energi. Markedet er således i første omgang primært elmotorer i produktioner. Dernæst maskiner, der er meget følsomme over for nedbrud og/eller hvor konventionelle lejer har kort levetid på grund af et varmt eller forurenede miljø, i det lejerne fra CeramicSpeed har markant længere levetid. (Kilde: AF)

### Resultater


Bøje Schaumann Kjær: 'Projektet er afsluttet og vandt ELFORSK Prisen 2013 pga. de opsigtsvækkende resultater. Afhængigt af lejestørrelse kan der spares 50-70% energi ved at anvende CeramicSpeed hybridlejer i stedet for standardlejer.'

Lejer med frikterende tætninger har omkring 7-8 gange større tab end standardlejer. Hvor CeramicSpeed lejer kan erstatte lejer med frikterende tætninger, kan tilbagebetalingstiden blive ned til 1 år. Sammenlignes med ikke-frikterende standardlejer bliver tilbagebetalingstiden for CeramicSpeed lejer ofte 2-5 år og i visse tilfælde op til 14 år eller mere. Dette gælder ved beregninger ud fra tabsbesparelsen alene. Indregnes også omkostningerne ved lejeskift, reduceres tilbagebetalingstiden betydeligt. Projektet viser således, at lejer med keramiske kugler skal billiggøres, hvis de skal finde bred anvendelse. Med dagens lejepriser er CS-lejerne især interessante som alternativ til lejer med frikterende tætninger og ved anvendelser, hvor produktionen er meget følsom over for nedbrud og/eller hvor konventionelle lejer har kort levetid på grund af et varmt eller forurenede miljø. Andre anvendelser kan være i motorer, hvor tabene skal reduceres for at opfylde krav om høj virkningsgrad (IE3 eller IE4). (Kilde: EF)

### Forløb

Bøje Schaumann Kjær: 'Vi afbrød at få lavet en dokumenteret test på DTU test, fordi vores virksomhed ikke var klar til det og ikke havde midler nok. Vi udførte derfor i stedet testen selv. I det igangværende projekt (346-011) bruger vi dog DTU til testningen. Vi kan nemlig nu stille mere klare projektopgaver, der kravsificerer, hvad DTU skal lave. Man når ikke langt med 10.000 kr., så projektet skal have en vis størrelse for at kunne involvere DTU.'

Bøje Schaumann Kjær: `Ændringen til trods så er projektet i høj grad lykkedes i forhold til de oprindelige målsætninger.`

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Bøje Schaumann Kjær
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?	

*Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.*

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed







Bøje Schaumann Kjær: `Projektets resultater har født ind i vores INSULATE-serie til alt roterende industriudstyr. I det andet projekt (346-011) fokusurer vi på lejer til motorer, ventilatorer og køleenheder, som har de hastigheder, man skal op på, for at der er et væsentlig energiforbrug og dermed et potentiale for væsentlig energibesparelse.`

Bøje Schaumann Kjær: `CeramicSpeed er i dag førende på vores nicheområde, som er hybridlejer. Vi er specialist i hybridlejer, mens konkurrenterne blot har hybridlejer som del af et meget stort sortiment. Vi har taget afsæt i Danmark, da det er svært at få det internationale forhandlernet ombord – de store forhandlere har mange produkter/varenumre og et nyt og mere komplekst produkt som vores forsvinder derfor let i kanalerne. Desuden dominerer de store producenter disse forhandlernet. Vi hænger derfor fast i Nordeuropa, men nu på det seneste er vi avanceret på lukkede portaler for lejer. Der er ingen tvivl om, at behovet og efterspørgslen er derude i verden – det er blot en udfordring at blive kendt.`

Bøje Schaumann Kjær: `CeramicSpeed har i dag 50 ansatte, hvoraf 14 arbejder med hybridlejer til industrien. Vi var også vokset uden projektet, men vi var vokset langsommere og uden så klar profil. Det er meget vigtigt med dokumentation af produkternes evner, for at komme ud på markedet. Projektet har altså bidraget til en relativ stort omsætning og beskæftigelse, og de forventes, som angivet i tabellen nedenfor, at stige yderligere i de nærmeste år.`



## Danmark og internationalt

Projektet har bidraget aktivt til så godt som alle ELFORSKs målsætninger – se tabel.

I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til ...	Bøje Schaumann Kjær
... At <b>udvikle og commercialisere</b> nye og mere energieffektive teknologier og udvikle energi-effektiv adfærd hos forbrugeren?	
... at fremme energieffektive teknologier i <b>industriens processer</b> , herunder fleksibelt elforbrug?	
... at fremme energieffektive teknologier i <b>bygninger eller dens installationer</b> , herunder fleksibelt elforbrug?	
... at benytte såkaldte ' <b>non-energy benefits</b> ' til at fremme energieffektivitet?	
... at fremme og styrke <b>faglige netværk og F&amp;U-miljøer</b> ?	
... at understøtte <b>danske erhvervspotentialer</b> på det energiteknologiske område til gavn for vækst og beskæftigelse?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Dermed bidrager projektet tilsammen med det efterfølgende til især at reducere Danmarks energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udledning fra industrien.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Bøje Schaumann Kjær
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark?	Ikke relevant
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?	
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?	
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?	Ikke relevant

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Bøje Schaumann Kjær: 'Projektet var CeramicSpeeds første projekt med offentlig støtte, og projektet passede godt ind i firmaets udvikling. Vi kunne måske også have fundet finansiering andet steds, men det havde signalværdi, at pengene kom fra et energiforskningsprogram, hvor der bl.a. er fokus på energibesparelser. Vi har ikke skullet ud og eftervise, at vi er legitime.'

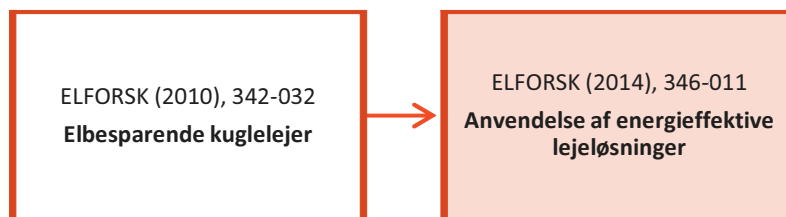
Kilde: AN	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000 kr.)	Tilskud
CeramicSpeed A/S	Privat v.	1-9	D	776	39%
Dansk Energi Analyse A/S	Privat v.	1-9	PL	320	77%
"Laboratorium"	-	-	-	532	82%
<b>I alt</b>				<b>1.628</b>	<b>60%</b>

## Projektkæder

Bøje Schaumann Kjær: 'Efterfølgeren til projektet, er et projekt, der videreudvikler modellerne så de ikke alene kan bruges på lejer og udvalgte elmotorer, men alle gængse typer af



roterende udstyr såsom ventilatorer, kompressorer m.v. og et langt større udsnit af lejetyper og størrelser end i det første projekt. CeramicSpeed har flere projekter i kikkerten og er pt i gang med ansøgninger til EUDP og Markedsmodningsfonden.'



## Projektpartnerskabet

Bøje Schaumann Kjær: 'Teamet bestod blot af Dansk Energi Analyse og CeramicSpeed, dog i tæt samspil med industrielle aftagere så som Grene og Grundfos. Det var vigtigt at have mulige kunder med for at sikre sig, at der bliver udviklet noget brugbart for kunderne. Desuden er det en legitim måde at invitere kunderne til et lidt tættere forhold til firmaet. Det var første gang vi arbejdede sammen med Dansk Energi Analyse og de øvrige, og samarbejdet forløb godt.'

Bøje Schaumann Kjær: 'I det igangværende projekt (346-011) er der specialister inden for elmotorer med. Det var der ikke i det første projekt.'

## Synliggørelse af projektet

Projektet er præsenteret på flere messer og konferencer fx EL&TEKNIK-messen og forskellige ELFORSK-arrangementer. Desuden har projektet modtaget ELFORSK Prisen 2013.

Bøje Schaumann Kjær: 'ELFORSKs brochure over projektets resultater ligger på vores hjemmeside, og er oversat til engelsk, så vi kan udlevere den på messer som naturlig del af vores øvrige salgsmaterialer. Det, at vi modtog ELFORSK-prisen, har givet os masser af opmærksomhed, og det indgår som integreret del af vores kommunikation og markedsføring.'

## Samarbejde med programsekretariatet

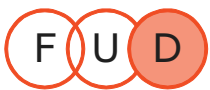
Bøje Schaumann Kjær: 'Overkommelig ansøgningsprocedure hos ELFORSK, så man får blod på tanden til større ansøgninger.'

Bøje Schaumann Kjær: 'Det gode for os er, at man kan komme ind som helt grøn. ELFORSK var med til at pege på en erfaren projektleder til at udarbejde ansøgning og drive projektet. Den tætte sparring og ELFORSKs forståelse af os har haft positiv værdi.'

I hvor høj grad har ...	Bøje Schaumann Kjær
... ELFORSKs <b>eksterne</b> formidling af projektets resultater efter din vurdering haft en positiv indflydelse på interessen for projektresultaterne?	
... <b>samarbejdet og dialogen</b> med ELFORSK i løbet af projektforløbet haft indflydelse på jeres udbytte af projektet?	

## EL3 – Højeffektive højtemperatur varmepumper til industriel køling

Fuld titel	Højeffektive - højtemperatur varmepumper til industriel køling (342-078)		
Bevillingsår	2010	Påbegyndt	Marts 2010
Energiområde	EE teknologi	Projektstatus	Afsluttet maj 2013
Interview med	Projektansvarlig: Advansor, repræsenteret v/ Torben M. Hansen Projektdeltager: Cronborg, repræsenteret v/ Hanne Kronborg		
Tidl. evaluering	Living Strategy, december 2014, s.13+28		



### Projektet kort

Anvendelse af varmepumper i den danske proces- og fødevarerindustri er begrænset. Dette skyldes dels mangel på varmepumper, som er i stand til at levere den ønskede procestemperatur, idet de fleste traditionelle varmepumper er teknisk begrænset omkring 60°C og dels at effektiviteten samtidig er så lav ved høje temperaturer, at den økonomiske gevinst er begrænset ift. gaskedler etc. Varmepumper, der benytter CO<sub>2</sub> eller isobutan som kølemiddel, vil kunne levere temperaturer omkring 80-90°C med en effektfaktor over 4,5 ved de rette systemintegrationsbetingelser og dermed være attraktive som varmeproducerende enheder til fortrængning af fossilt brændsel. I de tilfælde, hvor proceskøling også skal nyttiggøres, kan behovet dækkes ned til -10°C. (Kilde: AF)

Projektets formål var at gennemføre analyser af, hvordan transkritiske CO<sub>2</sub>-varmepumper og isobutan-varmepumper kan dække fødevarerindustriens procesvarmebehov i temperaturområdet 80-90°C, samt hvordan køleanlæg kan optimeres via kaskadekobling til en transkritisk varmepumpe. Der er ikke andre varmepumper der kan levere samme temperaturløft. Projektet omfattede efterfølgende demonstration af løsningerne i en industri-virksomhed. (Kilde: AF)

Hanne Kronborg: 'Første skridt var at afklare, hos hvem af de fire industrivirksomheder teknologien skulle installeres. Valget faldt på Jensen Food. Der blev dog lavet beregninger for alle fire virksomheder, og Jutland Meat, Odense Marcipan og Tican kan anvende de udarbejdede kravspecifikationer til eventuelt senere at købe et tilsvarende anlæg.'

### Resultater

Hanne Kronborg: 'Projektet har set fra Cronborgs perspektiv i høj grad været en succes.' Deltagelse i projektet har ifølge Hanne Kronborg styrket Cronborgs brand, som energirådgivere, der kan løfte nye teknologier.

Hanne Kronborg: 'Der var også tilknyttet en bachelor-studerende på maskinmesteruddannelsen, som havde sin daglige gang hos Cronborg og i virksomheden med anlægget.'

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Torben M. Hansen	Hanne Kronborg
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?		

## Effekter – Realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Torben M. Hansen: 'Særligt opstartsårene var svære og det støttede projekt i ELFORSK-regi var med til dels at holde virksomheden i live, dels at give en art blåstempling af produkterne og organisationen. Virksomheden blev solgt ca. midtvejs i projektet (i 2011) til HillPhoenix, som er USA's største producent af køleanlæg og kølemøbler til supermarkeder. Den opfattede danske førerposition indenfor miljø- og energiteknologier har også været katalyserende for denne proces. Fokus i virksomhedens vækststrategi var og er stadig, anvendelse af naturlige kølemidler i internationale supermarkedskæder.'

Hanne Kronborg: 'Vi har solgt et anlæg mere siden projektets afslutning, hvilket svarer til vores forventninger. Teknologien er 'smal' og udfordringen for teknologiens udbredelse er at finde frem til de rigtige kunder. Der bør også nævnes, at Cronborgs interesse naturligvis er at servicere vores industrikunder og ikke at promovere Advansor anlæg.'

Hanne Kronborg: 'Vi har siden projektets afslutning tredoblet vores omsætning og er gået fra 2 til nu 7 ansatte, og en del af denne vækst kan tilskrives projektet i og med at vi kan tilbyde at hjælpe vores kunder til større besparelser og lavere CO<sub>2</sub>-udslip.'

Teknologien er begyndt at generere indtægter for Danfoss. Det er dog ifølge Danfoss umuligt at svare på forventningerne til fremtidige ansættelser og omsætning, da det er en del af en stor omsætning. (Kilde: SPSK)

Når veletableret ...	Advansor		Cronborg	
	Realistisk skøn	Optimistisk skøn	Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	2.000	5.000	2.000	5.000
... heraf eksport (1.000 kr.)	25%	30%	100%	100%
Jobs – Fastholdelser	2	3	2	7
Jobs – Nyansættelser	2	3	7	12

Kilde: Interview.

### Danmark og internationalt

En grundlæggende barriere for virksomheders anvendelse af de undersøgte løsninger skyldes bl.a. uklarhed omkring forholdene omkring afgiftsregler ved udnyttelse af overskudsvarme. Uanset dette forhold, så kan integration af køle- og varmfunktioner give både installationsmæssige besparelser og ikke mindst reducere energiforbruget. Det skønnes, at der er i udnyttet potentiale i de danske virksomheder for udnyttelse af overskudsvarme på op mod 10% af erhvervslivets energiforbrug. (Kilde: AF)

I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til ...	Torben M. Hansen	Hanne Kronborg
... At <b>udvikle og kommercialisere</b> nye og mere energieffektive teknologier og udvikle energieffektiv adfærd hos forbrugeren?		
... at fremme energieffektive teknologier i <b>industriens processer</b> , herunder fleksibelt elforbrug?		
... at fremme energieffektive teknologier i <b>bygninger eller dens installationer</b> , herunder fleksibelt elforbrug?		
... at benytte såkaldte ' <b>non-energy benefits</b> ' til at fremme energieffektivitet?	Ved ikke	
... at fremme og styrke <b>faglige netværk og F&amp;U-miljøer</b> ?		
... at understøtte <b>danske erhvervspotentialer</b> på det energiteknologiske område til gavn for vækst og beskæftigelse?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: Interview.

Samlet set for Danmark vurderer både Torben M. Hansen og Hanne Kronborg, at projektets resultater især vil kunne bidrage væsentligt til reduktionen af Danmarks CO<sub>2</sub>-udledning.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Torben M. Hansen	Hanne Kronborg
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark?		
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?		
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?		
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: Interview.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Hanne Kronborg: 'Varmegenvindingsløsningen kunne måske også være blevet implementeret hos Jensens Food uden ELFORSK-støtte, men det ville formentlig have været en anden teknisk løsning, som ikke ville have ført til de samme besparelser, og det ville have været noget sværere at overbevise Jensen Food om at etablere varmegenvinding.'

Hanne Kronborg: 'Advansor havde teknologien men manglede en case, der kunne fremvise teknologien i drift. Samtidig havde Cronborg gjort sig nogle overvejelser om varmegenvinding i forbindelse med rådgivning af nogle af deres kunder. Advansor havde før projektet kun et enkelt anlæg på dette område (varmegenvinding). Støtten i sig selv var væsentlig for at overbevise Jensen Food i at forsøge sig med varmegenvinding, men det har helt klart også værdi, at ELFORSK som neutral part bakker op om idéen, og at varmepumper og besparelser i industrivirksomheder har Energistyrelsens og ELFORSKs opmærksomhed. Takket være støtten blev det muligt at installere netop Advansors effektive løsning og at have et bredere samarbejde, der involverede flere potentielle kunder.'

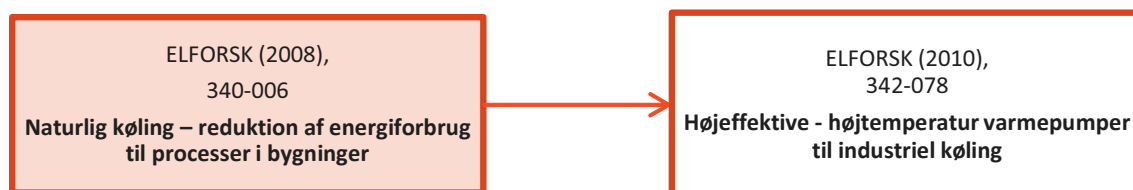
Hanne Kronborg: 'Energirådgivning af industrivirksomheder er typisk kendetegnet ved et årelangt samarbejde mellem energirådgiver og industrivirksomhed.' Det er derfor Hanne Kronborgs forventning, at andre industrivirksomheder vil lade sig inspirere, selvom der ikke er nogen, der tog idéen op lige efter projektet.

Kilde: ELFORSK	Type	Ansatte	Rolle	Arbejdstid (timer)	PSO-tilskud (1.000kr.)	Total budget (1.000kr.)	Tilskud
Advansor A/S	Privat v.	20-49	PL	1.800	342	i.o.	i.o.
Cronborg	Privat v.	1-9	D	600	126	i.o.	i.o.
Danfoss A/S	Privat v.	100+	D	500	35	i.o.	i.o.
GEA Gresco Køleteknik	Privat v.	20-49	D	300	21	i.o.	i.o.
Gerstenberg Schröder	Privat v.	20-49	D	i.o.	i.o.	i.o.	i.o.
Jensens Food	Privat v.	Uoplyst	D	100	14	i.o.	i.o.
Jutland Meat A/S	Privat v.	100+	D	100	14	i.o.	i.o.
Odense Marcipan	Privat v.	100+	D	100	14	i.o.	i.o.
Tican a.m.b.a.	Privat v.	100+	D	100	14	i.o.	i.o.
Øvrige materialeomk. m.m.	-	-	-	-	446	-	-
<b>I alt</b>				<b>3.850</b>	<b>1.044</b>	<b>3.673</b>	<b>28%</b>

## Projektkæder

Torben Hansen: 'Det ELFORSK-støttede vandkøleanlægsprojektet fra 2008 ('Naturlig køling – reduktion af energiforbrug til processer i bygninger' (340-006)) om effektiv klimatisering med CO<sub>2</sub>-kølemiddel udgjorde det fælles fundament bagud for det belyste projekt.'

Hanne Kronborg: 'Projektet var et alenestående projekt.'



## Projektpartnerskabet

Torben Hansen: 'De små industrivirksomheder har svært ved at afse tid til deltage i et projekt – derfor valgte Advansor og Cronborg at inddrage større virksomheder.'

Torben Hansen: 'Det er svært for industrivirksomhederne at gennemskue, hvordan afgifterne spiller ind på økonomien af varmegenvindingen. Derfor var det vigtigt, at en energirådgiver som Cronborg indgik i teamet, da de kender reglerne og kan gennemskue konsekvenserne for økonomien.'

Hanne Kronborg: 'Cronborg leverer energirådgivning til omkring 200 industrikunder. Advansor kom med idéen og teknologien, som skulle demonstreres. Cronborg leverer energirådgivning til omkring 200 industrikunder, og sammen med Advansor fandt de frem til 4 potentielle kunder – Jensens Food, Jutland Meat, Odense Marcipan og Tican – , som kunne indgå i projektet. Danfoss, GEA Gresco Køleteknik og Gerstenberg Schröder indgik i teamet, som leverandører af komponenter til varmegenvindingssystemet. Cronborg fungerede som hovedentreprenør, der etablerer anlægget.'

Hanne Kronborg: `Det var nemt at samarbejde, da Advansor, Danfoss, GEA Grenco Køle- teknik og Gerstenberg Schröder alle er vant til at arbejde med projekter hos industrikun- der.`

Torben Hansen: `Set fra industrivirksomhedernes synsvinkel er det primære, at anlægget kan køle det, det skal, og sekundært at virksomhederne opnår energibesparelser. Den bedste tilgang til etablering af varmegenvinding er, når industrivirksomhederne er med ved tegnebrættet – så kan anlægget blive 2-5 gange billigere.`

## Synliggørelse af projektet

Hanne Kronborg: `Cronborg har holdt oplæg om casen til forskellige foredrag heriblandt for energirådgivernes ERFA-træf og Maskinmestrenes Forening, og der er skrevet artikler til relevante fagblade for kunder, maskinmestre og industrivirksomheder. Omkring 80% af de, som kan bruge anlægget, er maskinmestre.`





Torben Hansen: `Sekretariatet har været gode til at synliggøre projektet vha. journalister og brochurer, som fx Advansor kan lægge frem eller sende til potentielle kunder. Den kendsgerning, at projektet har modtaget ELFORSK-støtte, er en blåstempling.`

## Samarbejde med programsekretariatet

Torben Hansen: `Sekretariatet er åbent, hjælpsomt og konstruktivt i sin tilgang til projek- terne, og formalia er rimelige. Der signaleres et tydeligt fokus på idéerne og på at nå an- vendelige resultater. Det er vigtigt, at ikke alle projekter "skæres over samme læst".`

Hanne Kronborg: `Sekretariatet støttede godt op om formidlingen af projektets resultater. Fx var sekretariatet gode til at få Advansor til at udtale sig om projektet i medierne og med præsentationer. Det var vigtigt, at det var Advansor, der udtalte sig, da teknologien var i fokus. Det kan ellers være svært at sikre tid i en travl hverdag. ELFORSK var med til at for- tælle historien og sikre at projektet blev kendt.`

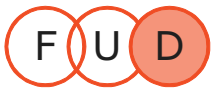
Hanne Kronborg: `Det var overraskende nemt at deltage i projektet, eftersom administra- tionen og afrapportering ikke er tung og tidskrævende. Modsat EU-bureaukratiet, som er tungt og uigennemskueligt, afskrækker ELFORSK-bureaukratiet på ingen måde.`

I hvor høj grad har...	Torben M. Hansen	Hanne Kronborg
... ELFORSKs <b>eksterne</b> formidling af projektets resultater efter din vurdering haft en positiv indflydelse på interessen for projektresultaterne?		
... <b>samarbejdet og dialogen</b> med ELFORSK i løbet af projektforløbet haft indfly- delse på jeres udbytte af projektet?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: Interview.

## EL4 – Termoaktive konstruktioner

Fuld titel	Fuldskala demonstration af termoaktive konstruktioner – Tillægsbevilling (343-011)		
Bevillingsår	2011	Påbegyndt	Marts 2011
Energiområde	EE teknologi	Projektstatus	Afsluttet december 2011
Interview med	Projektansvarlig: COWI, repræsenteret v/ Reto Hummelshøj Projektdeltager: Spæncom, repræsenteret v/ Finn Passov		
Tidl. evalueret	Living Strategy, december 2014, s.10+30		



### Projektet kort

ELFORSK projekt (343-011) vedr. køling af bygninger med termoaktive elementer var en fuldskala demonstration af anvendelse af "thermal activated building structures" (TABS). Formålet med fuldskalademonstration har været at afprøve TABS i et rigtigt byggeri i praksis – herunder dimensionering, kapacitet, styring, kobling til forsyningsystemer samt at undersøge indeklimaeffekter og slutbrugertilfredshed. Det aktuelle projekt er en tillægsbevilling til projektet 338-041 om 'Fuldskala demonstration af termoaktive konstruktioner'. Tillægsbevillingen gjorde det muligt, at måle effekten af køleeffekt af TABS i et realistisk kontormiljø i det udførte byggeri.

### Resultater



Projektet har vist, at det er muligt at bruge TABS i kontorbyggeri med de nedhængte akustiske lofter med god effekt, som førte til et godt indeklima og tilfredse slutbrugere. Det viste sig, at effekten og energibesparelsen var højere end forventet. TABS muliggør frikøling og giver stor fleksibilitet og lastudjævning ift. forsyningsystemerne, (kravet til kølevandstemperatur er kun nogle få grader under rumtemperatur pga. de store overflader) og på den måde kan TABS reducere energiforbrug til køling. Desuden kan TABS bruges til opvarmning af lokaler ved brug af lavtemperaturvarmekilder. Besparelse er afhængig af køle- og/ eller varmebehovet samt udformning af lokaler og hvor store elementer kan installeres.

Dagens standard for en kølekompressor er en COP 3-5, TABS kan med frikøling med luft opnå en COP på 30 (dvs. op til 10 gange bedre), og ved brug af grundvandskøling COP på 60 (op til 20 gange mere effektivt).

Desuden er det undersøgt, hvordan TABS kan anvendes i de eksisterende bygninger, hvilket vil kunne forstørre markedet for TABS signifikant.

Succeskriterier for projektet har været at påvise køleeffekten af termoaktive betonelementer, at de giver god komfort og at elementerne er producerbare. Alle succeskriterierne blev opfyldt.

Som en del af projektet har COWI sammen med SBi udviklet og introduceret et beregningsmodul i BSim, der er et offentligt tilgængeligt IT-værktøj til analyse af bygninger og installationer.













I hvor høj grad vurderer du, at ...	Reto Hummelshøj	Finn Passov
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015

### Forløb

Projektets afslutning blev forsinket pga. vanskeligheder med at udleje de lokaler, hvor der skulle gennemføres et måleprogram. I kraft af tillægsbevilling blev måleprogrammet gennemført og suppleret med kapacitetstests.

Derudover er der ikke sket store ændringer i projektet undervejs. Dog har markedssituationen for produktet forandret sig, idet antallet af nybyggeri inden for kontorbygninger er faldet signifikant.

I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til ...	Reto Hummelshøj	Finn Passov
<p>... At <b>udvikle og kommercialisere</b> nye og mere energieffektive teknologier og udvikle energi-effektiv adfærd hos forbrugeren?</p> <p>RH: Projektkæden har ført til et kommercielt produkt, som reducerer energiforbruget. Produktet sikrer et godt indeklima, og forbrugernes adfærd og produktivitet ændres ikke negativt.</p> <p>FP: Termoaktive betonelementer fører til reduceret energiforbrug til køling.</p>		
<p>... at fremme energieffektive teknologier i <b>industriens processer</b>, herunder fleksibelt elforbrug?</p> <p>RH: Produktet er ikke egnet til industrielle processer generelt. Men projektet har skabt et produkt, der skabes i en ny sandwichstøbeteknik, og produktet er industrielt fremstillede præfabrikerede byggekomponenter.</p> <p>FP: Termoaktive elementer kan dog også bruges i industrielle bygninger.</p>		
<p>... at fremme energieffektive teknologier i <b>bygninger eller dens installationer</b>, herunder fleksibelt elforbrug?</p> <p>RH: TABS fremmer fleksibelt elforbrug i bygninger. TABS giver mulighed for at lagre termiske energi i noget tid, som giver mulighed for at afbryde elforbrug til køling i perioder. Forbruget kan flyttes til nattetimer. Spidslast udjævnes.</p> <p>FP: Termoaktive betonelementer fører til reduceret energiforbrug til køling.</p>		
<p>... at benytte såkaldte '<b>non-energy benefits</b>' til at fremme energieffektivitet?</p> <p>RH: Uden væsentligt energiforbrug forbedrer TABS indeklima, reducerer larm (i forhold de sædvanlige ventilationsløsninger), eliminerer evt. træk fra ventilationen, alt dette fører til øget produktivitet, bedre sundhed, større arbejdsglæde.</p>		
<p>... at fremme og styrke <b>faglige netværk og F&amp;U-miljøer</b>?</p> <p>RH: Og dette er også bærende for at holde udviklingsmiljø i gang. COWI er kommet i nye faglige netværk som fx COIN (Concrete Innovations).</p> <p>FP: Spæncom har haft stor glæde af samarbejde med COWI og DTU som også agerer som ambassadører for de udviklede termokemiske elementer.</p>		
<p>... at understøtte <b>danske erhvervspotentialer</b> på det energiteknologiske område til gavn for vækst og beskæftigelse?</p> <p>FP: Der er ikke et umiddelbart eksportpotentiale for produktet, idet det er kostbart at eksportere. Desuden bliver produktet ikke anvendt, hvis ikke der kommer flere byggerier.</p>		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015 samt case-interview.



## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Finn Passov: Der eksisterede ikke lignende produkter i Danmark, som benyttede samme teknologi. Produktet reducerer forbrug af el til køling og er nemmere at bruge i byggeriet. For at helt færdiggøre produktet har det for Spæncom krævet en lille investering i færdigudvikling.

Finn Passov: Udbredelsen af Spæncom's produkt i Danmark er ikke så stor, som forventet pga. lavkonjunktur og et lavere end forventet omfang af kontorbyggeri. Vi forventer mere aktivitet om 5-10 år. Transport af præfabrikerede betonelementer er forbundet med store omkostninger, og derfor kan produktet i sig selv ikke eksporteres af Spæncom. Projektet og udvikling af produktet har dog forhindret nedgang i virksomhedens størrelse, idet virksomheden nu kan tilbyde et nyt produkt.

Reto Hummelshøj: COWI har derimod kunnet eksportere konceptet, idet vi har udbredt anvendelsen af TABS i Nord- og Centraleuropa via vores egen konsulentvirksomhed. I COWIs projekter indgår ofte resultater af mange udviklingsprojekter, som supplerer/komplementerer hinanden. Udviklingsprojekter gennemføres, når der i markedet eller byggeprocessen identificeres behov. Den ny viden bidrager til øget viden hos COWI, og stiller COWI bedre i forhold til konkurrenter fx i forbindelse med arkitektkonkurrencer. Hvis det antages, at 20% af opgaverne i bygningsafdelingen hos COWI er vundet pga. viden, som COWI har udviklet og tilegnet sig herunder vedr. TABS, bidrager projektet indirekte til beskæftigelse og fastholdelse af ca. 240 medarbejdere. Omsætning i den forbindelse er ca. 360 mio. kr.

Reto Hummelshøj: Der blev i forbindelse med ansøgningen udarbejdet en forretningsplan, og denne blev mere end opfyldt. TABS er nu blevet anvendt i mange byggerier i Danmark. Desuden er konceptet udbredt til Norge frontet af COWI.

Kilde: SPSK	COWI			Spæncom		
	Realiseret i dag	Når veletableret ...		Realiseret i dag	Når veletableret ...	
		Realistisk skøn	Optimistisk skøn		Realistisk skøn	Optimistisk skøn
Omsætning (1.000 kr.)	10.000	3.000	5.000	5.000	2.000	10.000
... heraf eksport	20%	30%	40%	0%	0%	10%
Jobs – Fastholdelser	1	1	2	5	5	10
Jobs – Nyansættelser	2	1	2	0	0	0

Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

### Danmark og internationalt

Reto Hummelshøj: TABS blev meget populært i nybyggeri lige efter projektets afslutning (i højkonjunktur perioden) hvor Spæncom havde udfordringer med at nå at producere hurtigt nok til markedet med de eksisterende forme. Produktion af præfabrikerede TABS er marginalt mere tidskrævende, og det ville reducere kapaciteten til at producere de almindelige betonelementer med brug af den formkapacitet, fabrikken havde til rådighed. Derfor blev markedsprisen for TABS forhøjet for at kompensere for den mulige salgsvolumen ved fuld udnyttelse af fabrikken. I øjeblikket bygges der mindre, så nu er produktionsprisen lavere for TABS.

Reto Hummelshøj: Både Spæncom og andre virksomheder har produceret og leveret TABS til flere store byggerier i Danmark bl.a. skuespilhuset, COWI's egne kontorer m.m. Desuden bruges TABS i den nye ATP-bygning Pakhuset på Langelinie, som er en showcase, hvor der bruges varmepumpe, grundvandskøling og TABS og naturlig ventilation i et optimeret samspil. Disse to sidste projekter er opført uden offentlig støtte.

Reto Hummelshøj: I dag bygges der mindre nyt, og derfor er efterspørgslen også faldet. In-situ støbte løsninger er dog også blevet mere udbredt og kan stadig udnytte de system- og energimæssige fordele, som projektet har afdækket.

### Ressourceeffekt









Ressourceeffekten ligger i, at elforbruget til køling kan reduceres ca. 10 gange (fra fx 17 kWh/m<sup>2</sup> til 1,5 kWh/m<sup>2</sup>). Denne besparelse skal ses i forhold til, at der i det seneste år er blevet bygget ca. 2,8 mio. m<sup>2</sup> ekstra kontor- og institutionsbyggeri og set over perioden 1990-2005 en gennemsnitlig udbygning på 1,4 mio. m<sup>2</sup> om året (Danmarks Statistik). Antages det, at TABS benyttes i halvdelen af det nye kontorbyggeri (2005-tal), vil det give en årlig besparelse i elforbruget blot til køling på 23 mio. kWh, eller 760.000 ton CO<sub>2</sub> pr. år akkumuleret efter 10 år. Det bidrager således til den energipolitiske målsætning om at reducere energiforbrug til køling. (Kilde: AN)

Reto Hummelshøj: Samtidig kan lavtemperaturvarmekilder (fx overskudsvarme fra serverrum, proceskøl, jordvarme, solvarme, fjernvarme retur osv.) udnyttes til opvarmning, hvilke bidrager til integration af overskudsvarme og vedvarende energikilder i energisystemet samt understøtter bedre udnyttelse af fjernvarme.

Reto Hummelshøj: Anvendelsen af TABS i eksisterende bygninger vil kunne reducere energiforbruget yderligere.

### Systemeffekter

Reto Hummelshøj: Termoaktive elementer tillader fleksibelt elforbrug, idet energien kan lagres i en periode og på den måde tilpasse last og udjævne spidslast. Spidlasteffekten reduceres typisk med 30%.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Reto Hummelshøj	Finn Passov
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark?		
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?		
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?		
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015

### Vækst (omsætning, beskæftigelse, eksport)

Reto Hummelshøj: En markedsbarriere er, at der for tiden ikke bygges så mange kontorbygninger som TABS er tiltænkt for (kontorer og andre større byggerier). Muligheder for at anvende TABS i forbindelse med renovering af eksisterende bygninger undersøges derfor.

Reto Hummelshøj: Generelt er TABS blevet bredt kendt blandt arkitekter og bygherrer, og dette skyldes bl.a. god formidling i projektet. Der eksisterer stadigvæk en markedsbarriere

i form af manglende viden om produktet især hos entreprenører, arkitekter, bygningsingeniører m.m.

Reto Hummelshøj: Den vigtigste effekt af hele projektkæden er gennembruddet, der påviste, at der ikke mistes effekt pga. de nedhængte akustiske lofter, og produktet dermed kan bruges i Danmark.

Reto Hummelshøj: Det blev også påvist, at anvendelse af TABS er billigere end traditionelle løsninger samtidig med at der spares energi i driften dvs. en win-win-situation.

## Projektets rolle og betydning af støtten

Reto Hummelshøj: Støtten har været vigtig for COWI's deltagelse i projektet. Selvfinansiering er en udfordring for især konsulent virksomheder, og udgør en barriere for større engagement i projektet, som i sidste ende hæmmer større vidensudvikling og vidensdeling.

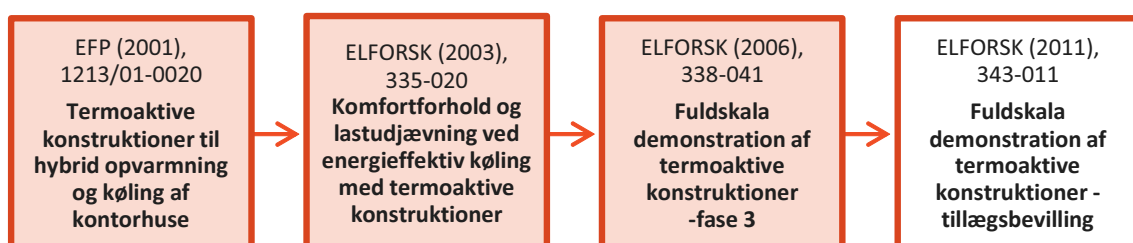
Finn Passov: Spæncom leverer termoaktive betonelementer som underleverandør. Selvfinansiering gav ikke større ejerskab blandt projektpartnerne. Projektet modtog ikke støtte fra andre kilder. Projektet ville have været gennemført uden støtte i lignende form men i mindre omfang for vor andel af projektet. Merudbyttet som følge af støtten er bedre dokumentation og formidling, hvilket gør det nemmere at markedsføre og sælge produktet. Deltagelse i støttede projekter er en afvejning af udviklingsomkostninger og muligheden for at have viden for sig selv. Det er især relevant i byggebranchen, som har ikke tradition for patenter.

Projektets budget (tillægsbevillingen) er vist nedenfor.

Kilde: AN	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
COWI A/S	Privat v.	100+	PL	154	100%
Danmarks Tekniske Universitet	Viden/Udd.	100+	D	225	73%
Middelfart Sparekasse	Finans	100+	D	36	0%
Spæncom A/S	Privat v.	100+	D	23	44%
<b>I alt</b>				<b>438</b>	<b>69%</b>

## Projektkæder

Projektet er det sidste i en kæde af projekter og har derfor været det sidste markedsskub. I projektkæden har der været tre faser: 1) Afsøge viden og muligheder, 2) Pilot projekt, 3) Demonstration. Projektet bygger på 2 tidligere projekter (EFP og ELFORSK), se figur nedenfor.



Reto Hummelshøj: EFP-projektet fra 2001 (1213/01-0020) handlede om at screene erfaringer med termoaktive betonelementer (TABS) og fandt metoder, som har startet sin udvikling i Schweiz men ikke var brugt i Danmark. Dette blandt andet pga. en anderledes byggeskik i Danmark, hvor etagedæk i kontorbygninger typisk bygges af præfabrikerede beton elementer og ikke in-situ støbt beton, som i Schweiz. Desuden bruges i Danmark nedhængte akustiske lofter, som det var opfattelsen ville forhindre optimal effekt af brug af termoaktive betonelementer (det har dette projekt dog senere rokket ved).

Reto Hummelshøj: Det andet ELFORSK-projekt (338-041) handlede om laboratorie-test af termoaktive elementer i et mock-up kontorlokale, hvor der også var mulighed for at afprøve effekten med forskellige typer nedhængte lofter. Tests har påvist, at termoaktive elementer giver tilstrækkelig god effekt selv med de nedhængte lofter. Projektet beviste, at termoaktive elementer med fordel kan produceres og bruges i Danmark.

Reto Hummelshøj: Det seneste ELFORSK-projekt (343-011) og det sidste i rækken af projekter vedr. termoaktive elementer var en fuldskala demonstration af anvendelse af TABS. Formålet med fuldskalademonstration har været at afprøve TABS i et rigtigt byggeri mhp. afprøvning i praksis – dimensionering, kapacitet, styring, kobling til forsyningssystemer samt at undersøge indeklimaeffekter og slutbrugertilfredshed. Spæncom's rolle i dette projekt har været mindre end i det forrige projekt, hvor virksomheden bidrog med udvikling af produktet. I dette projekt har virksomheden leveret det færdige produkt til byggeriet.

Reto Hummelshøj: COWI har ledet udviklingsforløbet for præfabrikeret TABS i Danmark frem til det nuværende stadie, hvor sidste trin er en fuldskala demonstration, der er gennemført og dokumenteret med målinger som fase 3 af et samlet udviklingsforløb.

Reto Hummelshøj: Projektet har ikke direkte ført til nye FUD-projekter. Men viden fra projektet bruges videre i andre FUD-projekter, såsom projekter vedr. solceller og solfangere. Desuden har den nye viden om TABS ført til, at COWI kom med på en del nye byggeri-projekter.

Reto Hummelshøj: Det er en god idé at dele et stort projekt i flere faser og søge om finansiering i flere omgange. Især fordi store projekter er forbundet med stor risici. Derfor øger det troværdighed at have faser. Samtidig er det vigtigt ikke at miste momentum. Derfor hvis den første fase gennemføres med succes og der er behov for at fortsætte udviklingen, er det vigtigt, at der gives tilsagn om støtte til den næste fase hurtigt efter. I modsatte tilfælde er der risiko for at kontinuiteten mistes og projektet ikke fortsætter. Der kunne fx afsættes midler (rammebudget) til projekter med flere faser, som bevilliges automatisk, hvis den første fase viser succes. Dvs. der bør være mulighed for at søge om tillægsbevilling uden om de sædvanlige ansøgningsrunder.

## Projektpartnerskabet

Finn Passov: Teamet bestod af DTU og COWI som stod for udvikling og vidensopbygning, Spæncom som producerede og leverede TABS samt slutbruger og investor Middelfart Sparekasse. COWI var projektleder og stod for ansøgningskrivning. Det var vigtigt at have en kunde og slutbruger med i projektet.

Finn Passov: Teamet har haft samarbejde før og kendte dermed hinanden godt og har udnyttet hinandens styrker godt. Både ansøgningsprocessen og projektet var drevet af COWI. COWI og DTU stod for det beregningsmæssige og Spæncom producerede og leverede de termoaktive elementer til en storskala-demonstration.

Reto Hummelshøj: I dette projekt har COWI udnyttet den tætte kontakt med egne projektører, DTU har involveret studerende og Ph.d.-studerende, samt international viden via udstationering i udlandet. DTU har bidraget til vidensopbygning og udarbejdelse af styringsstrategi. Spæncom har i denne fase fået afprøvet deres produkter og fået dokumenteret viden herom.

Reto Hummelshøj: Samarbejdet i regi af FU&D projektet havde den kvalitet, at der nu var tid til at udveksle erfaringer, være kreativ og afprøve ting.

Reto Hummelshøj: Samarbejdet mellem partnerne i projektet fortsætter også efter projektets afslutning. Projektet har været forankret lige meget hos alle partnere. Det er ikke kun vigtigt hvor selve projektet forankres inden for projektteamet, men det er især vigtigt at forankre projektet også hos andre, bl.a. til projektet eksterne aktører for at opnå de ønskede effekter. Det afhænger af projekttypen, om projektet bør organiseres som et tæt samarbejde mellem få partnere eller som en mere ekstensiv samarbejde. Optimal teamstørrelse ligger på 4-8 deltagere afhængig af projekttype. Selve projektgennemførelsen behøver ikke at foregå i et meget tæt samarbejde, men det er vigtigt at afholde fælles workshops. Desuden er det en god ide at etablere en følgegruppe for at få inputs fra "eksterne" aktører.

Finn Passov: Samarbejdet forgik gnidningsfrit, uden udfordringer. Dette skyldes fælles forståelse for projektet, fælles interesse. Godt kendskab til hinanden gjorde, at alles styrker blev udnyttet optimalt. Samarbejdet med flere forskellige aktører i branchen giver gode input til fx behovet i markedet. Desuden skaber og styrker samarbejdet kontakter til andre af branchens aktører og giver godt indblik i forskellige synspunkter og udfordringer.

## Synliggørelse af projektet

Der er gennemført ekstensiv formidling om projektet – listen med formidlingsaktiviteter fylder 1½ side i slutrapporten. ELFORSK-programmet har endvidere bidraget signifikant til formidling med video, plancher, artikler, foldere, annoncer i aviser. Følgende er et udsnit:

- › *Præsentation på ELFORSK Forum 18. maj 2006*
- › *Berlingske Tidende 27. juli 2006 "Indbygget afkøling i nye byggerier"*
- › *Nyhed i Dansk Fjernvarme 27. juli 2006 "Indbygget afkøling i nye bygninger"*
- › *Artikel i COWI feature august 2006 "Glashus med indbygget køleanlæg".*
- › *TV Lorry 1. aug. 2006.*
- › *Input til artikel til Dansk Energi Net "F&U-projekter sætter fokus på energibesparelser i bygninger.*
- › *Omtale i SCANREF september 2006.*
- › *Artikel i ARKITEKTEN 04/06 "Termoaktive betonhuldæk erstatter mekanisk køling, kilde Spæncom, Aalborg.*
- › *Artikel i ARKITEKTEN 11/06 Tema: intelligente installationer. "Køling og opvarmning med termoaktive konstruktioner" v. Peter Weitzmann DTU.*
- › *Temamøde: Termoaktive konstruktioner for Arkitekter, COWI, 27. nov. 2006 19 deltagere, 2,5 timer.*

- › *ELFORSK-arrangement ifm COP15. Projektet blev præsenteret v. Reto M. Hummelshøj COWI d. 9 dec. 2009.*
- › *COIN (Concrete Innovation) workshop i Oslo 26-27. januar 2010. Arrangeret af SINTEF med tema om termoaktive konstruktioner v. Reto M. Hummelshøj, COWI.*
- › *Artikel i Byggeriets Dagblad "Licitationen" (DanskeArkByg) d. 26. april 2010, sektionen "Erhvervsbyggeri": "Højt til loftet".*
- › *Præsentation på EnergiForsk2010 informationsmøde d. 21. juni 2010. Præsentationen "Lastudjævning og energibesparelser ved energilagring i bygningen" blev givet under sessionen med titlen "Energibesparelser"..*
- › *Præsentation i Forum for energieffektivitet Viden-Teknologi-Netværk, 15-16. november 2011, Hindsgavl, Middelfart v. Peter Weitzmann Ph.d., COWI "Energilagring i bygninger, TABS / fase-skift".*
- › *TV-indslag på Nordjyske web-tv d. 1. januar 2012. "Kontorhus bliver vandkølet". (<http://nordjyske.dk/webtv/seneste-nyt.aspx?clipId=21289>)*
- › *35) Artikel i Nordjyske ([www.nordjyske.dk](http://www.nordjyske.dk)) d. 31. december 2011. "Køleslangerne sidder i loftterne."*
- › *Brochuren TermoMax - revolutionerende ny energiløsning, som giver informationer fra udviklingsarbejdet inkl. de tidligere afsluttede faser.*
- › *14) Pier review. REHVA Guidebook. Technical Task Force 3: Low temperature heating and high temperature cooling. Embedded water based surface heating and cooling systems. Draft for review. Kommenteret af Reto M. Hummelshøj. 24. januar 2007.*

Desuden er der blevet afholdt en række møder med arkitekter og bygherrer vedr. brug af termoaktive konstruktioner i forbindelse med nye planlagte projekter. I forbindelse med projektering af byggeriet af Viborg Rådhus arbejdes der med at implementere termoaktive konstruktioner (inspireret af Middelfart Sparekasse byggeriet). COWI har fortalt om brugen af termoaktive konstruktioner ved en række lejligheder og har vundet projekteringen af nye markante byggerier, hvor disse systemer bl.a. indgår, herunder DONG Energy House (nyt hovedsæde i Skærbæk). (Kilde: AF)

## Samarbejde med programsekretariatet

Reto Hummelshøj: Der har været et rigtig godt og gavnligt samarbejde med ELFORSK, som har involveret sig i projektet. På den måde har programsekretariatet skabt engagement blandt deltagere. Desuden har sekretariatet haft forståelse for de nødvendige ændringer i projektet undervejs.

Reto Hummelshøj: ELFORSK yder en forholdsvis lille finansiering, men på den anden side bidrager sekretariatet aktivt ved involvering i projekter og hjælper processen frem. Dette engagement bidrager også til vidensoverførsel fra energibranchen og fra andre projekter.

Reto Hummelshøj: Det positive ved ELFORSK-programmet er en forholdsvis simpel ansøgningsproces og stor engagering i projekter.

I hvor høj grad har...	Reto Hummelshøj	Finn Passov
...ELFORSKs <b>eksterne</b> formidling af projektets resultater efter din vurdering haft en positiv indflydelse på interessen for projektresultaterne?		
... <b>samarbejdet og dialogen</b> med ELFORSK i løbet af projektførelsen haft indflydelse på jeres udbytte af projektet?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## EL5 – 2G værktøj til systemoptimering

Fuld titel	2. generationsværktøj til systemoptimering (344-008)		
Bevillingsår	2012	Påbegyndt	Marts 2012
Energiområde	EE teknologi	Projektstatus	Afsluttet januar 2014
Interview med	Projektansvarlig: Teknologisk Institut, repræsenteret v/ Sandie B. Nielsen Projektdeltager: AURA Energi, repræsenteret v/ Michael Olsen		



### Projektet kort

Projektet videreudvikler og optimerer værktøjet til systemoptimering, der blev udarbejdet i det afsluttede PSO-projekt nr. 341-014. Projektet 341-014 havde store ambitioner med at udvikle optimeringsværktøjet. Ikke alle målsætninger og ambitioner er blevet opnået. Det i første omgang udviklede værktøj til systemoptimering var ikke brugervenligt nok og ikke tilstrækkelig udviklet. Målet var derfor at udvikle et mere praktisk IT-værktøj.

Derfor blev der søgt om tilskud til et 'fase 2' projekt, med det formål at færdiggøre værktøjet (funktionaliteten og brugerflade) og formidle det til potentielle kunder.

### Resultater



Michael Olsen: Projektets målsætning blev opnået – værktøjet blev færdigudviklet og bruges i dag bl.a. af energirådgivere hos AURA Energi, hvor det findes relevant.

IT-værktøjet er blevet testet af en række slutbrugere, som har været positive og fundet værktøjet særdeles anvendeligt. Testene har afstedkommet ønsker om videreudvikling af værktøjet, som primært omhandler geardelen, flere motormodeller og en mere detaljeret energianalyse.

Før udvikling af dette værktøj fandtes der ikke nogen lignende værktøjer, hvor der indgik diverse motorer, gear, remtransmissioner, ventilatorer osv., og hvor der kunne analyseres og optimeres samspil mellem de forskellige elementer.

Værktøjet er stilet til energirådgivere og maskinleverandører. Især maskinleverandører har tendens til at overdimensionere forskellige motor-elementer, hvilket både fordyrer udstyret og fører til større energiforbrug pga. dårligere virkningsgrader. Værktøjet kan bruges som inspiration for at gennemføre energibesparelser og viser konsekvensvurderinger af forskellige løsninger. Derfor kan værktøjet bruges til at retfærdiggøre gennemførelse af valgte energibesparende tiltag i industrien.

Hvis de nye motorsystemer bygges på basis af forundersøgelser og optimering med det udviklede værktøj og dimensioneres rigtigt fra starten, kan der skønsomt opnås energibesparelse på 3-4% sammenlignet med dagens praksis. For de eksisterende systemer er det mindre sandsynligt, at der kan findes større besparelser med korte tilbagebetalingstider, hvis udskiftning udelukkende gennemføres for at reducere energiforbrug. Derfor er anvendelsen af optimeringsværktøjet i designfasen vigtig. På den anden side kan værktøjet ikke garantere besparelser, hvis fx udstyrets vedligeholdelse afviger fra det som antages at være standard.

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Sandie B. Nielsen	Michael Olsen
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Sandie B. Nielsen: 'Værktøjet er gratis og har derfor ikke bidraget direkte til vækst og beskæftigelse.'






Michael Olsen: AURA Energi har også indirekte fået flere kunder på grund af brug af værktøjet. Derudover er også virksomhedens netværk udvidet via deltagelse i projektet. For AURA Energi har udvikling af værktøjet betydet, at det er blevet nemmere og hurtigere at regne på maskinsystemer, når der kortlægges energibesparelspotentialer i virksomheder. Desuden er beregningskvaliteten blevet bedre – mere præcise og mere rigtig beregninger og resultater, som man kan stole på. På den anden side havde vi forventet at generere flere besparelser på baggrund af systemoptimeringsværktøjet, end det er lykkedes at realisere.

### Danmark og internationalt

#### Ressourceeffekt

Michael Olsen: Værktøjet er gratis og alle kan bruge det. Værktøjet var oprindeligt offentliggjort på Dansk Energi's hjemmeside, men ligger nu på Teknologisk Instituts hjemmeside. Værktøjet har endvidere opnået international opmærksomhed via papers og workshops afholdt på bl.a. EEMODS elmotorkonferencer og har fået flere end 1.600 unikke downloads af den engelsksprogede version.

Hvis, især maskinleverandører, bruger værktøjet i forbindelse med design og salg af nye motorsystemer kan der typisk opnås elbesparelser på 3-4%. Interviews med flere virksomheder, gennemført som en del af projektet har generelt vist, at der er behov for værktøjet. Men det vides ikke, hvor udbredt værktøjet faktisk er blandt forskellige virksomheder (både hos leverandørerne men også i produktionsvirksomhederne). Mens den potentielle effekt er stor, kendes den realiserede effekt ikke med bestemthed. (Kilde: AN)

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Sandie B. Nielsen	Michael Olsen
... forbedre <b>forsynings sikkerheden</b> i Danmark?	Ikke relevant	Ikke relevant
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?	Ikke relevant	
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?		
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015



### Vækst (omsætning, beskæftigelse, eksport)

Michael Olsen: Værktøjet kan potentielt indirekte føre til større salg fra de danske leverandører, fordi det kan hjælpe til at optimere udstyret så det passer bedre til opgaven – er dimensioneret rigtigt – og derfor billigere, mere effektivt og har lavere livcyklusomkostninger. Lavere omkostninger til maskinsystemer kan føre til, at produktionsvirksomheder bliver mere konkurrencedygtige.

Sandie B. Nielsen: 'Der kan endvidere være tale om eksport af dansk viden ved præsentation af værktøjet i udlandet, oversættelse af værktøjet til engelsk og de mange 'downloads' af værktøjet. Internationaliseringen af værktøjet foregår udelukkende via 4E EMSA projektet: <http://motorsystems.org>. Oprindeligt havde vi ikke regnet med så stor international interesse, som der har været.'

I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til ...	Sandie B. Nielsen	Michael Olsen
<p>... at udvikle og kommercialisere nye og mere energieffektive teknologier og udvikle energieffektiv adfærd hos forbrugeren?</p> <p>SBN: 'Hvis værktøjet bliver brugt i design af motorsystemer, giver det godt overblik over konsekvenserne af brug af forskellige (også mere energieffektive) komponenter.'</p>		
<p>... at fremme energieffektive teknologier i <b>industriens processer</b>, herunder fleksibelt elforbrug?</p> <p>MO: 'Nogle maskinleverandører har givet udtryk for, at de vil kunne bruge værktøjet i deres daglige arbejde og der er også blevet opnået en vis effekt via AURA Energi's energirådgivning.'</p>		
<p>... at fremme energieffektive teknologier i <b>bygninger eller dens installationer</b>, herunder fleksibelt elforbrug?</p>	Ikke relevant	Ikke relevant
<p>... at benytte såkaldte '<b>non-energy benefits</b>' til at fremme energieffektivitet?</p> <p>SBN: 'Værktøjet kan bruges til at designe systemer – sætte komponenter sammen. Værktøjet viser konsekvenser af forskellige valg og kan dermed føre til valg af mere energieffektive komponenter.'</p> <p>MO: 'Hvis værktøjet bruges til at optimere dimensionering af maskinsystemer og systemer bliver billigere (også drift og vedligeholdelse bliver billigere), kan de nemmere sælges og produktionsvirksomheder bliver mere konkurrencedygtige.'</p>		
<p>... at fremme og styrke <b>faglige netværk og F&amp;U-miljøer</b>?</p> <p>SBN: 'I forbindelse med udvikling og formidling af værktøj har Teknologisk institut fået kontakt til mange internationale aktører og præsenteret værktøjet i Brasilien, USA, Kina m.m. Desuden er Teknologisk Institut blevet involveret i internationale projekter. Alt sammen er med til at promovere danske viden og F&amp;U.'</p> <p>MO: 'Via Teknologisk Institut som har præsenteret værktøjet i udlandet og har indgået internationale samarbejder.'</p>		
<p>... at understøtte <b>danske erhvervspotentialer</b> på det energiteknologiske område til gavn for vækst og beskæftigelse?</p> <p>SBN: 'Modellen inkluderer ikke danskproducerede teknologier, og derfor er der ikke effekt på vækst og beskæftigelse.'</p> <p>MO: 'projektet bidrager ved at billiggøre maskinsystemer. Både leverandører og produktionsvirksomheder kan blive mere konkurrencedygtige.'</p>		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015 samt case-interview.

### Projektets rolle og betydningen af støtten

Michael Olsen: Projektet ville ikke kunne gennemføres uden støtte. Det er svært at se om der kan laves forretning ud af værktøjet. Det ville have været alt for usikkert at gennemføre projektet for egne midler. Egenfinansiering giver større ejerskab – det gør, at det skal sikres, at vi får noget ud af den tid, vi bruger på projektet. Egenfinansiering er samtidig

med til at vise, at virksomheden er motiveret og forventer, at det er noget, som giver virksomheden konkurrencefordele.

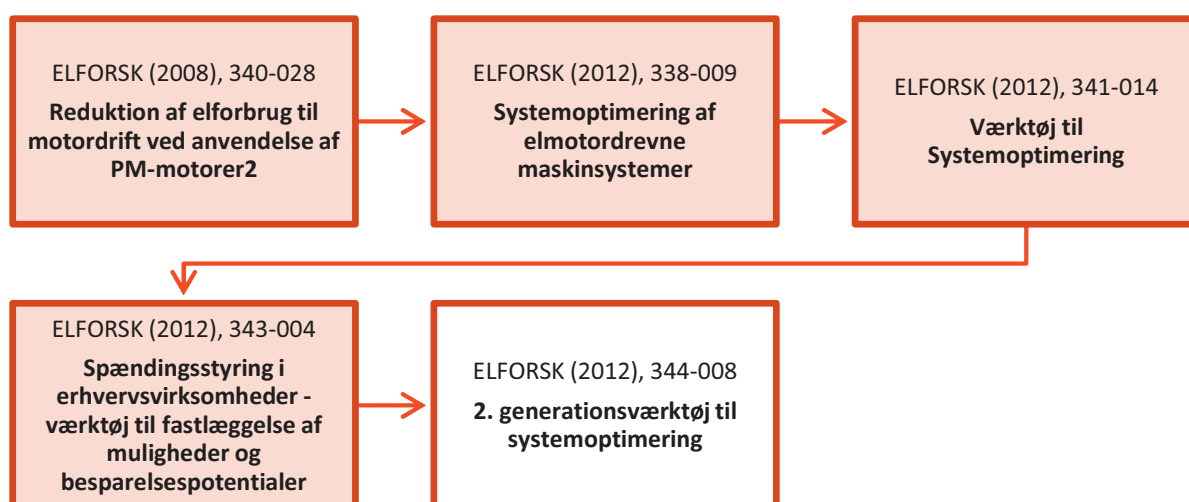
Sandie B. Nielsen: "I forbindelse med udvikling og international formidling af værktøjet har Teknologisk Institut fået kontakt til mange internationale aktører og præsenteret værktøjet i Brasilien, USA, Kina m.m. Desuden er Teknologisk Institut involveret i internationale projekter. Alt sammen er med til at promovere danske viden, forskning og udvikling."

Projektets budget er vist nedenfor (faktiske omkostninger).

Kilde: AN	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
ARLA FOODS AMBA	Privat v.	100+	D	53	80%
Bauer Gear Motor Europe GmbH	Privat v.	Uoplyst	D	89	47%
Energirådgiveren	Privat v.	1-9	D	95	88%
Lemvigh Müller	Privat v.	100+	D	68	80%
Leroy Somer A/S	Privat v.	10-19	D	60	47%
Lokalenergi	Energi	20-49	D	169	70%
Teknologisk Institut	GTS	100+	PL	1.257	64%
<b>I alt</b>				<b>1.789</b>	<b>65%</b>

## Projektkæder

Projektet er det sidste i en række PSO-projekter, som omhandler motordrift og systemoptimering, se figur nedenfor. Det belyste projekt er en direkte følge af PSO-projektet nr. 341-014, hvor den første version af systemoptimeringsværktøjet blev udviklet. Desuden benytter projektet erfaringer og viden opnået i tidligere nævnte projekter samt "Den lille Blå om systemoptimering". Det belyste projekt kan således siges at være den sidste i rækken af projekter, som førte til udvikling af værktøjet.



Sandie B. Nielsen: Projektet har ikke ført direkte til yderligere projekter, men Teknologisk Institut er via værktøjet kommet med i internationale projekter.

## Projektpartnerskabet

Michael Olsen: Teknologisk Institut har haft den største rolle idet de stod for ansøgningen, projektledelse og afrapportering. Teknologisk Institut stod for udviklingen af værktøjet og havde den oprindelig ide om, hvordan værktøjet burde udvikles på baggrund af tidligere projekter.

Michael Olsen: AURA Energi stod for at afprøve værktøjet i praksis og kom med input vedr. værktøjets funktionalitet og brugervenlighed. Desuden bidrog AURA Energi med data til modellen ud fra de målinger de foretog hos kunder. Aura havde bl.a. kontakt til Arla Foods, som var en demonstrationsvirksomhed, hvor værktøjet blev afprøvet og valideret. Arla har stillet systemer til rådighed for at validere og demonstrere værktøjet. På den måde inkluderede projektet også en slutkunde i udviklingen af værktøjet.

Michael Olsen: Energirådgiveren (firma) og Lemvigh Müller deltog i projektmøderne løbende og stod for formidlingen af værktøjet til virksomheder som afslutning på projektet.

Michael Olsen: 'Samarbejdet gik rigtig godt og Teknologisk institut var dygtige i projektledelsen. Fordelen med samarbejdet er, at man kan udnytte forskellige aktørers styrker. Det er vigtigt at sammensætte det rigtige hold, men også at favne bredt. Det var vigtigt, at projektet og værktøjet var forankret hos produktionsvirksomheder og maskinleverandører. Men det er også vanskeligt – der er behov for en foregangs-virksomhed.'

Sandie B. Nielsen: 'Fordele ved samarbejdet er, at der bringes flere forskellige kompetencer i spil og at der skabes netværk. Udfordringer med samarbejdet er, at det er tidskrævende opgave at koordinere arbejdet og sikre, at alle kender deres rolle i projektet og leverer deres bidrag.'

Michael Olsen: De fleste deltagere kendte hinanden fra det første systemoptimeringsprojekt og fortsætter diverse samarbejde vedr. andre emner.

Sandie B. Nielsen: 'Ikke alle deltagere er lige engagerede i projekter, især i ansøgningsfasen og derfor er ikke alle opmærksomme på de vilkår, som de deltager i projektet under. Ansøgningsportalen kunne godt generere mails til alle deltagere, så de kan få information om både ansøgningen og når tilskuddet er tildelt.'

## Synliggørelse af projektet

Michael Olsen: Projektet og værktøjet er blevet formidlet ved diverse møder, hvor værktøjet er blevet fremvist, herunder på Energiens Topmøde. Desuden har især Teknologisk Institut præsenteret værktøjet på flere internationale konferencer, bl.a. i Brasilien. Værktøjet er desuden blevet lagt på Teknologisk Instituts hjemmeside, hvorfra det kan downloades gratis. Dansk Energi offentliggjorde også værktøjet på deres hjemmeside<sup>3</sup>.





---

<sup>3</sup> Link til værktøjet (og mange andre udviklet i ELFORSK-regi) findes på <http://www.elforsk.dk/ELFORSK/Projekter/Vaerktøjer.aspx> og hos Teknologisk Institut på <http://www.teknologisk.dk/systemoptimering>.

Projektresultaterne er ifølge ELFORSK bl.a. blevet anvendt i forbindelse med Dansk Energis Store Blå om Systemoptimering<sup>4</sup>.

Sandie B. Nielsen: Efter projektets afslutning formidler projektpartnerskabet ikke værktøjet så intensivt, som vi måske burde for at få flere til at bruge det; der mangler nok kontinuitet i formidlingen af værktøjet efter projektets afslutning. Generelt har der nok fra projektets side været for lidt fokus på formidling af værktøjet – også blandt projektets partnere.

## Samarbejde med programsekretariatet

I hvor høj grad har...	Sandie B. Nielsen	Michael Olsen
... ELFORSKs <b>eksterne</b> formidling af projektets resultater efter din vurdering haft en positiv indflydelse på interessen for projektresultaterne?		
... <b>samarbejdet og dialogen</b> med ELFORSK i løbet af projektførelsen haft indflydelse på jeres udbytte af projektet?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

Michael Olsen: ELFORSK var engageret og deltog i nogle af projektmøderne. Det er især gavnligt, at programsekretariatet deltager på de første par møder. Generelt var samarbejdet med ELFORSK godt, de kom med relevante inputs til projektet.

Michael Olsen: Repræsentanter fra ELFORSK må gerne være til stede ved endnu flere af møderne i projektgruppen (kilde: SPSK).

<sup>4</sup> Denne Lille Blå om Systemoptimering udkom i 2005 i et oplag på 10.000 og Den store Blå om Systemoptimering i 2015 i et oplag på 2.000. For mere information, se [http://www.elforsk.dk/Den%20lille\\_store%20blaa.aspx](http://www.elforsk.dk/Den%20lille_store%20blaa.aspx)

## EL6 – Værktøjer til fremme af LED

Fuld titel	Værktøjer til fremme af energibesparende LED belysning i underholdningsindustrien (344-055)		
Bevillingsår	2012	Påbegyndt	Marts 2012
Energiområde	Værktøj	Projektstatus	Afsluttet maj 2014
Interview med	Projektansvarlig: DTU Fotonik, repræsenteret v/ Jesper Wolff Projektdeltager: Center for Lys, repræsenteret v/ Anne Bay		



### Projektet kort

Projektets formål var at teste allerede kendt software og validere processer til at simulere udendørsbelysning ved brug af forskellige lyskilder og til at validere forskellige belysningsløsninger. Software skulle give mulighed for at lave justeringer tidligt i designfasen og skulle hjælpe med at kommunikere forskellige belysningsløsninger. På den måde skulle den udviklede software også kunne bruges som beslutningsværktøj.

Projektets aktiviteter skulle bestå af test og validering af lyssimuleringssoftware til visualisering af udendørsbelysning med forskellige lyskilder. Der skulle designes udendørs belysningsinstallation på Roskilde Festival. Denne installation skulle visualiseres med det udvalgte software. Derefter skulle softwaren valideres ved at lave fysiske lysmålinger af den realiserede lysinstallation på Roskilde festival og sammenligne værdier med det simulerede. Yderligere skulle der laves en validering baseret på perception – sammenligning mellem fotografier og renderinger (virtuelle simuleringer).

### Resultater

Projektets målsætninger er stort set blevet nået, men ikke alle.

Der blev testet software til 3D-visualisering af lysinstallationen, ligesom der er blevet lavet design for, og produceret lysinstallation til Roskilde Festivalen. Installationen bestod af nogle store balloner med lysdioder inde i. Desværre blev installationen ødelagt af for stærk vind og skulle hurtigt udskiftes med en ny installation. Derfor blev sammenligning mellem fysiske målinger og simulerede værdier kun gennemført i begrænset og forsimplet omfang, hvorfor denne del af valideringen ikke kan anses for at være anvendelig. Derimod blev den perceptuelle validering gennemført.

Parallelt med projektet havde DTU Fotonik søgt om Green Lab bevilling (Energistyrelsen) til en test facilitet for lyskilder og lysinstallationer – DOLL<sup>5</sup>. DOLL består af et *Living Lab* – en lokalitet, hvor der kan afprøves forskellige lyskilder i virkeligheden, en test og målingsfacilitet for lyskilder og et såkaldt Virtual lab, hvor der simuleres forskellige belysningsløsninger.

Anne Bay: 'DOLL står meget på skuldrene af projektet, og DOLL er blandt laboratorier i verdensklasse.'



<sup>5</sup> <http://www.lightinglab.dk/Om-DOLL/>

Anne Bay: `Kunststykket inden for dette område er at skabe simulerede billeder af høj kvalitet af rigtige miljøer. Det er meget komplekst at simulere lys rigtigt og hvordan lyset agerer sammen med forskellige overflader og ikke kun "bliver til et foto". En specialist fra ENTPE (Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat) i Lyon blev føjet til teamet et stykke inde i projektet i erkendelse af, at projektet kunne have gavn af en førende kapacitet på området med mange års erfaring. Specialisten er siden blevet ansat i DTU Fotonik / DOLL som følge af samarbejdet.`

Jesper Wolff: `Projektets udvikling af software til visualisering af belysning har været det første og meget vigtige skridt mod udvikling af det virtuelle laboratorium i DOLL. Specialisten fra Lyon har i samarbejde med en ekstern softwareleverandør udviklet og specificeret krav til software, som efterfølgende er kommet i anvendelse i DOLL Virtual Lab til kommerciel anvendelse samt til forskningsaktiviteter i DTU-regi.`

Jesper Wolff: `Det forventes, at det udviklede værktøj kan skabe stor værdi for en bred målgruppe i belysningsbranchen, især via DOLL. Bevillingen til DOLL fungerer som lån, som skal betales tilbage til samfundet ved at give rabat på de udførte test til forskellige brugere af testfaciliteter. Derfor er der i forbindelse med ansøgningen om Green Lab bevilling blevet sat nogle målsætninger om benyttelse af DOLL's faciliteter. 'Virtual Lab' har gennemført pilotprojekter som har afprøvet software og procedurer i forbindelse med konkrete projekter med potentielle kunder (belysningsrådgiver, arkitekter og belysningsproducent). For at kunne levere de relevante services til belysningsbranchen er der indgået et samarbejde med en mindre dansk softwarevirksomhed, om at udvikle et dedikeret værktøj til projektering og kommunikation af vej- og gadebelysning. Denne platform er interaktiv og tilbyder 3D-oplevelser af installeret vej- og gadebelysning, som kan opleves både 2D på brugerens computerskærm, eller 3D med Virtual Reality briller. Denne platform er dog ikke færdigudviklet endnu, da der først skal rejses penge til at gennemføre den sidste, men omfattende udvikling og implementering. Dette værktøj bygger bro til DOLL Virtual Labs valideringsværktøj, således at de rummelige oplevelser brugeren får af stedet og lyset gennem modellerne, rent lysteknisk kan valideres.`

Anne Bay: `Projektet var kun i mindre grad en succes. I nogle projekter går alt op i en højere enhed og resultatet er fantastisk, men sådan er det jo ikke hver gang. Enhver forskning er jo gæt, og man kan i sagens natur ikke forudse alle de problemer, der opstår undervejs. I det konkrete projekt stødte vi på nogle praktiske problemer. Fx kunne vi i bagkundskabens lys se, at sitet ikke var velvalgt – skiftet fra store flotte balloner til en sidste øjeblikkelig løsning blev forstyrrende for resultaterne, og der var ikke lys nok til at man kunne lave en rendering, der gav mening. Projektet var meget lærerigt, idet det har vist os alle, hvor svært det er at lave praktiske test i 3D, som giver mening. Det er vigtigt at tage den læring til sig. Vi er takket været projektets problemer i dag klogere. Og det må jo være sådan man arbejder i forskningsprojekter. Man ved jo godt, at nogle af projekterne ikke kommer i hus eller ændrer karakter i forhold til det oprindelige. Der kan være et godt team og en god idé, og så kan projektet alligevel godt floppe. Og det er ikke flovt, når blot man tager læringen til sig.`

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Jesper Wolff	Anne Bay
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?		

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

På baggrund af projektets resultater arbejder DTU Fotonik i et Horizon2020 projekt med lyssimulering til optimering af byggeriet, også relateret til indeklimatekonomi, optimering af akustik, komfort osv.

Jesper Wolff: 'Vi har efter projektets afslutning ansat en specialist fra samarbejdspartneren og universitetet ENTPE i Lyon, hvorfor der kan siges, at der er blevet skabt en arbejdsplads.'

I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til ...	Jesper Wolff	Anne Bay
... At <b>udvikle og kommercialisere</b> nye og mere energieffektive teknologier og udvikle energi-effektiv adfærd hos forbrugeren?		
... at fremme energieffektive teknologier i <b>industriens processer</b> , herunder fleksibelt elforbrug?		Ved ikke
... at fremme energieffektive teknologier i <b>bygninger eller dens installationer</b> , herunder fleksibelt elforbrug? JW: 'Fordi det udviklede værktøj viser muligheder med energieffektiv belysning.'		
... at benytte såkaldte ' <b>non-energy benefits</b> ' til at fremme energieffektivitet? JW: 'For fx arkitekter og lysdesignere er det visuelle udtryk og arkitektoniske design i fokus. Det i projektet udviklede værktøj kan bruges til at vise muligheder og dermed promovere LED lyskilder.'		Ved ikke
... at fremme og styrke <b>faglige netværk og F&amp;U-miljøer</b> ? JW: 'DTU Fotonik selv bidrog med kompetencer i projektet. Der har især været stor vidensdeling med universitetet i Lyon og et universitet i Paris samt nogle franske softwareudviklere. Dette samarbejde har været især vigtig i forbindelse med udvikling af 3D visualiserings værktøj, hvor de bidrog med vigtig kompetencer, som DTU Fotonik ikke havde på det tidspunkt. Desuden er det interne samarbejde på DTU styrket (konkret mellem DTU Fotonik og DTU Computer).'		
... at understøtte <b>danske erhvervspotentialer</b> på det energiteknologiske område til gavn for vækst og beskæftigelse?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015 samt case-interview.

### Danmark og internationalt

#### Ressourceeffekt

Jesper Wolff: 'Den udviklede software hjælper til at kvalitetssikre belysningsløsninger, at lyset bruges hensigtsmæssigt, og at der ikke bruges lys der, hvor der ikke behov for det. Dette kan også føre til energibesparelser.'

Jesper Wolff: 'Desuden er værktøjet med til at formidle viden om belysningsmuligheder med LED-lys, som er en energieffektiv lyskilde, men har mange variationsmuligheder for lys (fx farve). Som potentiale anslås det, at ved en overgang fra glødepærer og halogenlamper til LED-belysning vil danske virksomheder, private hjem og offentlige institutioner årligt kunne spare omkring 2 TWh svarende til mere end 2 mia. kr.'

#### Vækst (omsætning, beskæftigelse, eksport)



Jesper Wolff: 'Projektet bidrager til eksport af de danske testløsninger og viden. Laboratoriet besøges af og fremvises til mange virksomheder, universiteter og kommuner fra udlandet.'

Jesper Wolff: `Den udviklede software kan hjælpe producenter med at optimere design af lysarmaturer og er også et brugbart værktøj til arkitekter i deres arbejde.`

### Marked

Jesper Wolff: `Der er generelt stor konkurrence inden for LED-belysning. Den metode, som rådgivere bruger til belysningsløsninger, er for simpel og har store mangler.`

Jesper Wolff: `Det udviklede værktøj kan betragtes som konkurrerende til rådgivernes arbejde. På den anden side kan værktøjet også bruges af rådgiverne.`

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Anne Bay
... forbedre <b>forsyningsikkerheden</b> i Danmark?	Ikke relevant
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?	
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?	
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?	Ikke relevant

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Anne Bay: `Støtten signalerer til omverdenen, at der er bund i det, man laver i Danmark, og er med på at bygge industrien og kompetencerne op. Danmark kan gøre sig gældende på verdensplan og omverdenen er begyndt at få øjnene op for de danske kompetencer. Vi indgår i et nyt projekt støttet af INTERREG med et forventet budget på ca. 7,3 mio. EUR – Lighting Metropolis<sup>6</sup> – som skal sætte hovedstadsområdet på verdenskortet for lys. Lys er betydeligt mere intelligent i dag og begynder at blande sig med den digitale verden. Et samarbejde mellem det offentlige, erhverv og forskning (triple helix) skal sikre, at vi er med helt oppe foran.`

Jesper Wolff: `Støtten har været vigtig for udførelsen af projektet. Det er tvivlsomt om en vis egenfinansiering bidrager til større ejerskab i projektet, idet der kan være andre drivere for forskellige deltagere. Fx er det for Gunver Hansen Tegnestue vigtigt at levere god kvalitet, som viser professionalisme, og som kan bruges til markedsføring af deres "brand".`

Jesper Wolff: `Projektet har ikke modtaget støtte fra andre kilder. Masteleverandør leverede dog master gratis – som en slags sponsorat.`

Anne Bay: `Ud over de få helt store lysvirksomheder, som alle kender, så er der er ekstremt mange mikro-firmaer og småfirmaer inden for lysbranchen, herunder også asiatiske firmaer med LED-produkter. Det er svært for mikro-firmaerne og de små firmaer at holde gang i virksomheden. Deres fokus er typisk på de næste 3 måneders levering, og de har ikke overskud til at tænke 2-3 år frem i deres innovation. For disse virksomheder er adgang til støtte vigtig for deres fortsatte eksistens.`

Nedenfor vises budgettet med de faktiske omkostninger i projektet.

<sup>6</sup> <http://www.lightinglab.dk/UK/DOLL-news/News/?id=695>



Kilde: AN	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000kr.)	Tilskud
Brother, Brother & Sons ApS	Privat v.	1-9	D	285	26%
Danmarks Tekniske Universitet	Viden/Udd.	100+	PL	1.518	22%
Dansk Center for Lys	Andet	1-9	D	134	63%
Foreningen Roskilde Festival	Andet	1-9	D	1.552	15%
Gunver Hansen Tegnestue	Privat v.	1-9	D	248	76%
Kultur og kommunikation ApS	Privat v.	1-9	D	161	63%
Tivoli	Privat v.	100+	D	52	15%
<b>I alt</b>				<b>3.929</b>	<b>31%</b>

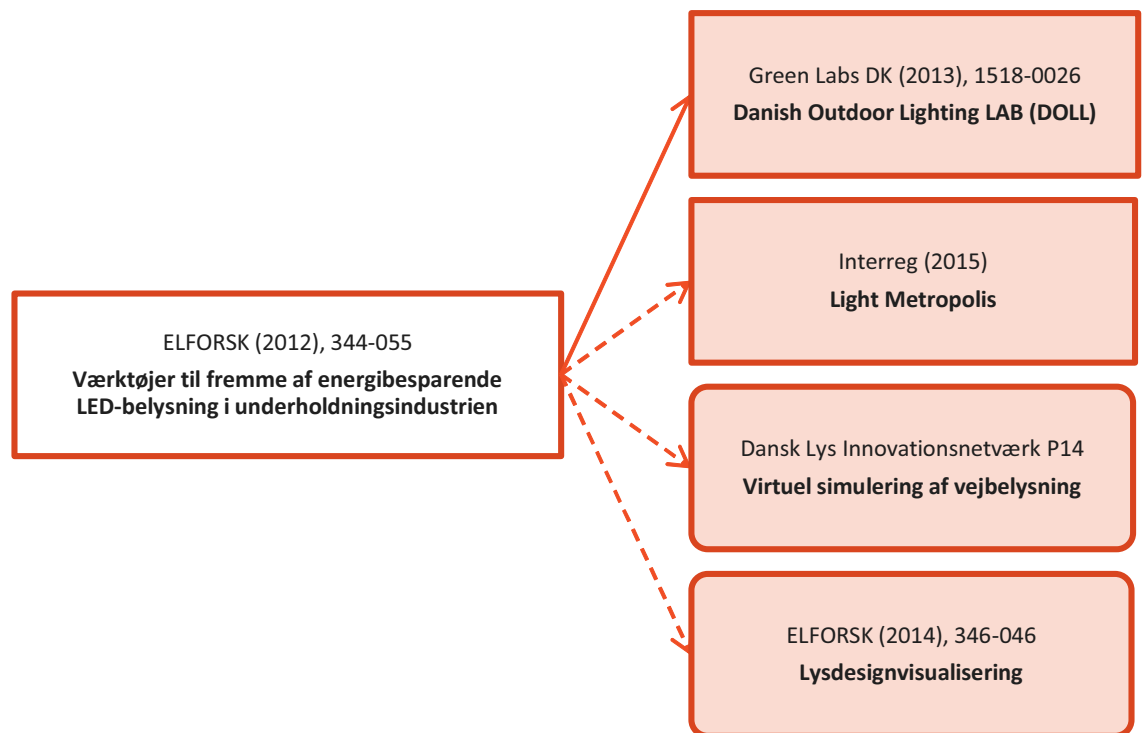
## Projektkæder

Jesper Wolff: 'Projektet har været det første i udviklingen af software til at visualisere belysningsløsninger og analysere LED lys. Parallelt med dette projekt blev der ansøgt om midler til Green Lab (Energistyrelsen) for lys DOLL, hvor dette projekt spillede en vigtig rolle i udviklingen af Virtual Lab i DOLL.'

DTU Elektronik dannede i 2010 sammen med en række andre danske partnere et Innovationsnetværk Dansk Lys, som har fået bevilling fra Styrelsen for Forskning og Innovation. Dette er dog ikke en følge af projektet.

Der arbejdes i dag på at udvikle computer-modeller for gadebelysning, som kommunerne vil kunne bruge i forbindelse med udbud for gadebelysning, hvor de indkommende tilbud vedr. gadebelysningsløsninger kan visualiseres i repræsentative kontekstmodeller, eksempelvis en typisk villavej med belysningsklasse E2. Et projekteksempel er Dansk Lys Innovationsnetværk P14: Virtuel Simulering af vejbelysning

Dansk Center for Lys har desuden iværksat i projekt i 2014, der sigter mod at visualisere lysmiljøer på meget højt niveau, og stille demomiljøer til rådighed for spillerne på det danske marked, for dermed at give arkitekter og lysdesignere mulighed for at vurdere og sammenligne innovative, energieffektive belysningsløsninger gennem high-end fotorealistiske visualiseringer. Projektet hvis titel er Lysdesignvisualisering (346-045) får støtte fra ELFORSK.



## Projektpartnerskabet

Jesper Wolff: Det var en tværfaglig projektgruppe. DTU Fotonik var projektleder og stod også for ansøgningen. DTU stod for vidensopbygning og validering af visualiseringssoftware og procedurer. I den forbindelse har DTU inddraget franske universiteter og software specialister som eksterne underleverandører. Roskilde Festival repræsenterede bygherren og stillede et område til rådighed på festivalen til lysinstallation. Gunver Hansen Tegnestue repræsenterede den kreative del af projektet og stod for design af lysinstallationen. Brother, Brother & Sons, som normalt står for scenebelysning på Roskilde Festival, bidrog med styring til lysinstallationen og var eksperter inden for det felt i projektet.

Jesper Wolff: 'Det er de ovenstående partnere, som udgjorde kernen af projektet og arbejdede tæt sammen. I installationsfasen blev en række underleverandører inddraget såsom leverandør af mast osv.'

Jesper Wolff: 'Dansk Center for lys stod for formidlingen i projektet og vurderes at være en god og vigtigt platform til at forankre projektet.'

Anne Bay: 'Dansk Center for Lys ønsker særligt at bidrage til projekterne på tre måder:

- › Sammensætning af projektpartnerskab – Dansk Center for Lys særlige kompetence i denne sammenhæng er, at centret nemt kan finde frem til egnede virksomhedspartnere og formidle kontakten til mulige kandidater.
- › Præcisering af projektets fokus – Centret kan være med til at sikre at projektet skærpes, så det bliver så praktisk orienteret som muligt, så der er maksimalt potentiale for deres medlemmer kan bruge resultaterne, og der er optimal mulighed for at kommunikere resultaterne. Fx er der et helt andet blikfang i at vælge Københavns hovedbanegård til en test end et anonymt kontorrum. Dansk Center for Lys formål er at holde deres medlemmer orienterede og opdaterede og sikre medlemmerne en faglig omgangskreds. Samtidig kan Dansk Center for Lys tage medlemmernes synspunkter med til bordet – vi kan bidrage med kontakten til virksomhederne, hvilken type forskning skal der drives for at det passer i medlemmernes kram, hviske forskerne i øret.

- › Kommunikation af resultaterne – Vi støtter gerne op om effektivt at formidle resultater og læring bredt ud via nyhedsbreve, web, bladet LYS, events, m.m.’

Jesper Wolff: ‘Desuden blev Innovationsnetværket Dansk Lys involveret og lavede brugerundersøgelser, samt faciliterede en event på Roskilde Festivalen om projektet og historien bag. Den danske lysbranche er lille, og mange af aktørerne kender hinanden. Det nye i projektet var, at der blev inddraget udenlandske eksperter og dermed viden.’

Jesper Wolff: ‘Forskellige partnere i projektet samarbejder fortsat. DTU Fotonik fortsætter samarbejde med Brother, Brother & Sons, samt overvejer nye projekter med tegnestuen. Gunver Hansen Tegnestue har fået gode kontakter til leverandører til lysinstallationer og til ingeniører.’

## Synliggørelse af projektet

Jesper Wolff: ‘Generelt var der ikke stor fokus på formidling i projektet, fordi fokus var på læring, vidensopbygning og validering af software og procedurer.’

Jesper Wolff: ‘Projektet er blevet formidlet via Dansk Center for Lys. Der er bl.a. blevet skrevet artikler i fagbladet Lys. Der blev desuden arrangeret en ’event’ på Roskilde Festival, hvor projektet blev demonstreret (sammen med lysinstallationen).’

De to artikler til fagbladet LYS, som er Danmarks eneste lysfaglige blad, og som når ud til ca. 1.200 medlemmer af Dansk Center for Lys og abonnenter, er:

- › *Dorte Gram, ”Lyssimuleringer skal sikre kvalitet og energibesparelser”, Artikel i LYS, 03-2013, pp. 24-25 (2013).*
- › *Gunver Hansen, ”MoonWalk og TubeWalk på Roskilde Festival 13”, Artikel i LYS, 03-2013, pp. 26-27, (2013).*

Nyheder om projektet har løbende været bragt i elektroniske nyhedsbreve hos Dansk Center for Lys og hos Innovationsnetværket Dansk LYS. Desuden har projektets mål og resultater været omtalt i forbindelse med foredrag og undervisning:

- › *Event ved Roskilde Festival 2012 ”Fremtidens Pladsbelysning”.*
- › *Lystemadag – Århus Arkitektskole 28/2-2013, med deltagelse af ca. 110 studerende og undervisere.*
- › *Region Sjælland – Temadag om lys 17/1-2013, med deltagelse af ca. 25 kommunalt ansatte lys-teknikere.*
- › *Event ved Roskilde Festival 2013.*
- › *Lystemadage – Designskolen Kolding 28/1 + 4/2-2014, med deltagelse af ca. 45 studerende og undervisere.*

Roskilde Festivalen har præsenteret projektet på egen hjemmeside: [http://roskilde-festival.dk/dk/arts/billedgalleri/zones/arena\\_zone/](http://roskilde-festival.dk/dk/arts/billedgalleri/zones/arena_zone/). Desuden er Moonwalk en del af Festivalens pressekit, som kan ses på [http://roskilde-festival.dk/fileadmin/user\\_upload/images/2013/presse/Dokumenter/pressekits\\_2013/RF-artpressekit\\_DK\\_lores.pdf](http://roskilde-festival.dk/fileadmin/user_upload/images/2013/presse/Dokumenter/pressekits_2013/RF-artpressekit_DK_lores.pdf).

Projektet har også opnået omtale på fx ”kunsten.nu”: <http://www.kunsten.nu/artikler/artikel.php?roskilde+festival+2013+lysinstallationer> (7/7-2013). (Kilde: AF)

Anne Bay: ‘Vi oplever, at ELFORSK gerne vil have os med på projekter, fordi vi kan sørge for, at projektet så kommer ud til vores medlemsskare. ELFORSKs markedsføring kommer

tit senere en vores egen markedsføring af projekterne. Vores styrke er, at vi modsat private virksomheder er ukommercielle og har derfor en lødighed i vores budskab, som virksomhederne ikke kan komme i nærheden af – et budskab rensset for kommercielle interesser.


Jesper Wolff: `ELFORSK er gode til formidling. Især deltagelse i Energiens Topmøde var god. Her er der generelt mulighed for at udstille projekter og skabe nye kontakter.`

### Samarbejde med programsekretariatet

Anne Bay: `Programmet fungerer godt set med vores perspektiv, idet det er muligt at søge midler til virksomheder, der har en travl hverdag og kan have svært ved at deltage. Støtten er `et lille plaster på såret`.

Jesper Wolff: `Der var et godt samarbejde med ELFORSK. Projektteamet anvendte sekretariatet som sparringspartner, og havde stor glæde af at tale med sekretariatet. Sekretariatet bidrog med gode værktøjer til projektledeelse, som var en stor hjælp.`

Jesper Wolff: `Desuden var ELFORSK lydhøre og forstående over ændringer i projektet, fx pga. mislykket lysinstallation. Generelt er indtrykket, at sekretariatet er fleksibelt over for ændringer, hvis der foreligger gode grunde og argumenter.`

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Anne Bay
... ELFORSKs eksterne formidling af projektets resultater efter din vurdering haft en positiv indflydelse på interessen for projektsresultaterne?	Ved ikke
... samarbejdet og dialogen med ELFORSK i løbet af projektføreløbet haft indflydelse på jeres udbytte af projektet?	

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## EL7 – Digitalt værktøj til arkitektarbejder

<b>Fuld titel</b>	Digitalt værktøj for arkitektonisk energioptimering og -renovering i de tidlige designfaser (346-026)		
<b>Bevillingsår</b>	2014	<b>Påbegyndt</b>	Januar 2014
<b>Energiområde</b>	Værktøj	<b>Projektstatus</b>	Uafsluttet (december 2015)
<b>Interview med</b>	Tidligere projektansvarlig: VGLCPH, repræsenteret v/ Vibeke Grupe Larsen Projektdeltager: Henning Larsen Architects, repræsenteret v/ Signe Kongebro		



### Projektet kort

Formålet med projektet var, at udvikle et 3D-modelværktøj til arkitekter uden ingeniørvinden, som gør det muligt allerede i de tidlige designfaser hurtigt at vurdere de energimæssige konsekvenser af forskellige arkitektoniske og materialemæssige valg. Modellen er udviklet over 3 faser. Vibeke Grupe Larsen var projektleder i de tidlige faser. I 2014 blev projektlederskabet overtaget af henrik-innovation.

### Resultater

Signe Kongebro: `Det udviklede værktøj kan downloades gratis lige nu (<http://apluse.biz/>), men har børnesygdomme, som på sigt skal udbedres. Der er omkring 500, der har downloadet værktøjet. Vi bruger selv værktøjet i vores bæredygtighedsafdeling. Der sidder flere ingeniører i denne afdeling. I hvilken udstrækning værktøjet bliver anvendt af andre arkitekter i det daglige arbejde ved vi ikke.`

Vibeke Grupe Larsen: `Der er blevet udviklet forskellige versioner af modellen. Det viste sig dog, at være en stor opgave at udvikle en digital 3D-model, som også inkluderer bygningsreglementets energirammeberegninger med tilstrækkelig høj præcision og validitet i resultaterne. I lang tid lykkedes det ikke at opnå gode resultater – resultaterne afveg med 10-30%. Målet var, at afvigelsen skulle reduceres til 3-5%. Udfordringen lå i at oversætte energirammeberegninger i programmet Excel til en 3D-model.`

Vibeke Grupe Larsen: `I forhold til dagens praksis kan sådan en 3D-model spare tid både for arkitekter og ingeniører, og kan gøre det nemmere at finde energieffektive løsninger. I stedet for, at der laves skitser, som derefter gennemgås af ingeniører, som beregner energimæssige konsekvenser, giver modellen en real-time mulighed for at vurdere energiforbruget i bygningen som følge af forskellige designløsninger. Det er der generelt behov for i byggebranchen. Det vil sige, at modellen kan effektivisere projekteringsprocessen, sikre at bygningsreglementet bliver overholdt og føre til energibesparelser.`

Vibeke Grupe Larsen: `Desuden kan modellen på en pædagogisk måde formidle (og øge bevidstheden om), hvad er vigtige faktorer i forbindelse med energieffektive bygninger.`

Signe Kongebro: `Hovedmålgruppen er aktørerne i den tidlige fase af bygningsdesign – altså arkitekter. Det vil sige, at det har været vigtigt, at brugeren nemt kan lege med udformningen samtidig med, at der "inde bag ved" regnes detaljeret i overensstemmelse med gældende bygningsreglement. Ambitionen har været, at brugeren kan tage en figur i



3D og hive i den på en 3D-plattform, og så ændrer tallet for energiberegningerne sig automatisk i bunden af skærmen. Noget sådant, baseret på dansk lovgivning (med dennes standard for, hvordan der regnes energi i bygninger), er nemlig ikke lavet tidligere. Excel-filer kan trækkes ud med beregningerne og bruges i dialogen mellem de involverede grupper, herunder ingeniører og entreprenører. Set med en arkitekts øjne er værktøjet endnu ikke helt ideelt, idet grafikken ikke står mål med det niveau arkitekter er vant til at arbejde med.'

### Forløb









Vibeke Grupe Larsen: 'Ændringer i bygningsreglementets energirammeberegninger flere gange undervejs i projektet har gjort modeludviklingen mere vanskelig og dyrere, og der skulle betales ny licens for at få adgang til energirammeberegneren.'

Vibeke Grupe Larsen: 'Desuden var det mere vanskeligt end forventet at udvikle værktøjet, hvilke førte til nogle frustrationer.'

Signe Kongebro: 'Hele den planlagte formidlingsdel mangler endnu at blive gennemført.'

I hvor høj grad vurderer du, at ...	Vibeke Grupe Larsen	Signe Kongebro
... projektet er <b>lykkedes</b> sammenholdt med de oprindelige målsætninger og forventninger?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: Interview.

I hvor høj grad vurderer du, at projektet har bidraget til ...	Vibeke Grupe Larsen	Signe Kongebro
... At <b>udvikle og commercialisere</b> nye og mere energieffektive teknologier og udvikle energi-effektiv adfærd hos forbrugeren?	Ved ikke	Ved ikke
... at fremme energieffektive teknologier i <b>industriens processer</b> , herunder fleksibelt elforbrug?	Ikke relevant	Ikke relevant
... at fremme energieffektive teknologier i <b>bygninger eller dens installationer</b> , herunder fleksibelt elforbrug?		
... at benytte såkaldte ' <b>non-energy benefits</b> ' til at fremme energieffektivitet?		
... at fremme og styrke <b>faglige netværk og F&amp;U-miljøer</b> ?		
... at understøtte <b>danske erhvervspotentialer</b> på det energiteknologiske område til gavn for vækst og beskæftigelse?		

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: Interview.

## Effekter – realiserede og forventede

### I egen virksomhed

Signe Kongebro: 'Vi brugte selv værktøjet i vores bæredygtighedsafdeling, der anvender det til at analysere energiforbruget på volumenniveau. Der sidder flere ingeniører i denne afdeling.'

Signe Kongebro: 'Mht. projektets rolle i vores egen virksomhed, så er det ikke så meget værktøjet, der har givet os en forretningsmæssig fordel, som det er udviklingsprocessens

diskussioner af, hvad der er vigtigt, der har sat os langt frem i forhold til vores konkurrenter.’

## Danmark og internationalt

### Ressourceeffekt

Vibeke Grupe Larsen: ‘Meningen med modellen er, at det skal gøre det nemmere at designe energieffektive bygninger.’

### Vækst (omsætning, beskæftigelse, eksport)

Vibeke Grupe Larsen: ‘Indirekte kan væksten og eksporten påvirkes ved at inkludere forskellige leverandørers produkter i værktøjet. Værktøjet frigør flere ressourcer hos arkitekter og rådgivende ingeniører, som dermed kan udføre flere ydelser. Desuden vil der være potentiale for at sælge konsulentytelser i forbindelse med modellen.’

Signe Kongebro: ‘Projektet og de øvrige indsatser på området skal måske sammenlignes med græsrodsbevægelser, hvor mange forskellige aktører arbejder med forskellige tilgange til emnet og drevet af forskellige midler, og så til sidst giver det genlyd nok og kræfterne bliver samlet. Der har måske manglet en samfundsmæssig modningsproces – branchen har villet det hurtigere end lovgivningen har været moden til.’

Signe Kongebro: ‘Jeg er ikke den, der har kontakten med brugerne af værktøjet, og ved derfor ikke, om værktøjet bliver brugt i undervisningen på fx Arkitektskoler eller kurser på SBI. Projektpartnerskabet har dog holdt flere workshops og kurser i løbet af årene, typisk med et element af afprøvning og feedback på beta-versioner af nye moduler. Der deltog også konkurrenter fx AutoCad og AutoDesk – i disse.’

Vibeke Grupe Larsen: ‘Metoden og modellen ville potentielt kunne sælges i udlandet. Det kræver dog, at der hentes klimadata i andre lande i modellen, og selve værktøjet skal oversættes til andre sprog.’





### Markedsbarrierer

Vibeke Grupe Larsen: ‘Ift. forretningsmodel er der blevet drøftet forskellige modeller. Som udgangspunkt er udviklingen af modellen finansieret af ELFORSK, og modellen er derfor gratis. På den anden side, hvis modellen skal kunne bruges over en længere periode, skal den vedligeholdes.’

Signe Kongebro: ‘Udfordringen ved et værktøj, som det udviklede, er, at det nu skal være driftsmæssigt bæredygtigt. Værktøjet skal vedligeholdes, og der skal findes finansiering til dette arbejde. Det har igennem hele projektforløbet (og også hele projektkæden) været diskuteret meget, hvad værktøjet skal kunne, og hvilken form for kommercialisering man bør satse på. En måde at skabe en indkomst på er at introducere en brugerlicens. Værktøjet kan ikke leve af EU- og PSO-midler på sigt.’ Projektteamet har endnu ikke internt afklaret, hvilken vej der er bedst at gå. Vælger man en forretningsmodel, hvor leverandører af bygningselementer (såsom Rockwool) står for finansieringen, så risikerer man at miste objektivitet. En løsning med brugerbetaling kræver rigtig mange brugere. En tredje – og ifølge Signe Kongebro den bedste – model kunne være at forankre værktøjet hos fx KL (Kommunernes Landsforbund) og gøre værktøjet til godkendt dokumentationsværktøj til byggetilladelser. Hele skaleringspotentialet i projektet er så afgjort endnu ikke nået.

Signe Kongebro: ‘Bygningsreglementet opererer snart med frivillige bæredygtighedsklasser, hvor energi blot er ét element. Til beregning af bæredygtighedsklassen anvendes LCA

(materialer) og LCC (hele byggeriets omkostninger til opførelse, energiforbrug og vedligehold over en given periode fx. 50 år), som er Excel-baserede værktøjer administreret af SBi. Man kunne forestille sig en model, hvor det i projektet udviklede værktøj kombineres med disse i en visuel platform. Denne mulighed er dog ikke undersøgt nærmere i projektet.

I hvor høj grad vurderer du, at projektets konkrete resultater – når fuldt udviklet og implementeret – efter din vurdering kunne bidrage til at ...	Vibeke Grupe Larsen	Signe Kongebro
... forbedre <b>forsynings sikkerheden</b> i Danmark?	Ikke relevant	Ikke relevant
... øge <b>energieffektiviteten / reducere energiforbruget</b> i energisystemet i forhold til nuværende teknologi?		
... reducere Danmarks bidrag til <b>CO<sub>2</sub>-udledning</b> ?		
... øge <b>omkostningseffektiviteten</b> i energisystemet?	Ikke relevant	Ikke relevant

Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: COWI/Ea/Damvad, survey 2015.

## Projektets rolle og betydningen af støtten

Vibeke Grupe Larsen: 'Projektet ville ikke kunne lade sig gøre uden støtte. Men projektet passer også rigtig godt ind i ELFORSKs målsætninger og ELFORSK har indikeret deres interesse i at støtte projektet.'

Vibeke Grupe Larsen: 'En vis egenfinansiering gav større ejerskab blandt projektets partnere. Projektet indgik i firmaernes forretningsstrategi. Egenfinansieringen i det pågældende projekt var efter Vibeke Grupe Larsens opfattelse stor.'

Kilde: AN	Type	Ansatte	Rolle	Budget (1.000 kr.)	Tilskud
Henning Larsen Architects A/S	Privat v.	100+	D	538	i.o.
vglcph ApS	Privat v.	1-9	D	110	i.o.
Statens Byggeforskningsinstitut	GTS	100+	D	304	i.o.
InteractiveLabProductions	Privat v.	1-9	D	166	i.o.
Akademisk Arkitektforening	Andet	20-49	D	116	i.o.
henrik-innovation ApS	Privat v.	1-9	PL	389	i.o.
<b>I alt</b>				<b>1.624</b>	<b>35%</b>

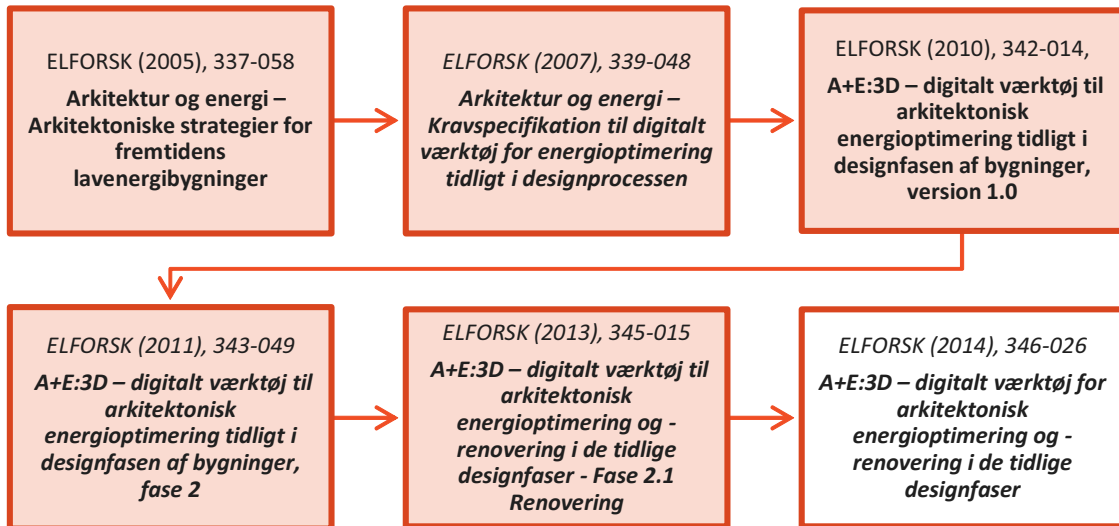
## Projektkæder

Projektet er blot ét i en kæde af projekter, som dækker forskellige stadier af idé- og modeludviklingen:

- › 337-058, *Arkitektur og energi – Arkitektoniske strategier for fremtidens lavenergibygninger (2005) – publikationen vandt i 2007 ELFORSK-prisen.*
- › 339-048, *Arkitektur og energi – Kravspecifikation til digitalt værktøj for energioptimering tidligt i designprocessen (2007)*
- › 342-014, *A+E:3D – digitalt værktøj til arkitektonisk energioptimering tidligt i designfasen af bygninger, version 1.0 (2010), hvor der blev udviklet en grundstruktur til håndtering af enkle bygningsgeometrier. Dette projekt vandt EFLORSK-prisen 2012.*



- › 343-049, A+E:3D – digitalt værktøj til arkitektonisk energioptimering tidligt i designfasen af bygninger, fase 2 (2011), som var en videreudvikling af værktøjet, således at det kan håndtere komplekse bygningsgeometrier og give kompleks feedback til brugeren.
- › 345-015, A+E:3D – digitalt værktøj til arkitektonisk energioptimering og -renovering i de tidlige designfaser - Fase 2.1 Renovering (2013)
- › 346-026, A+E:3D – digitalt værktøj for arkitektonisk energioptimering og -renovering i de tidlige designfaser (2014)



Vibeke Grupe Larsen: 'Projekt-idéen stammer fra et tidligere ELFORSK-projekt 'Arkitektur og Energi i godt samspil' (projektleder Rob Marsh), som i 2007 vandt ELFORSK-prisen. Projektet resulterede i en bog, der giver konkrete anvisninger på, hvad man som arkitekt skal tage hensyn til, når man planlægger og tegner fremtidens lavenergibygninger. Som spin-off fra projektet 'Arkitektur og Energi i godt samspil' blev der gennemført en række workshops om det samme emne. Disse workshops blev finansieret af Energifonden. I løbet af disse workshops blev det klart, at der var et behov for en model, som nemt kan beregne energimæssige konsekvenser af forskellige designløsninger.'

Signe Kongebro: 'HLA og SBi har siden udviklet rapporten til også at omhandle renovering i "Arkitektur, energi og renovering". Der er også lavet en app<sup>7</sup>, som Realdania bidrog med 100.000 kr. til udvikling af plus launch og formidling<sup>8</sup>. Arkitektens Forlag, ARKFO, har lavet analyse af app'en – for mere info se <http://arkfo.dk/da/blog/guide-ny-app-til-b%C3%A6redygtig-renovering>. App'en har nu inspireret SBi til at tænke mere i de baner fremover.'

## Projektpartnerskabet

Teamet er en multidisciplinær arbejdsgruppe, der er sammensat af repræsentanter fra det praktiske erhverv (ingeniører og arkitekter), forskningsmiljø og softwareudviklingsmiljø.

Signe Kongebro: 'Lige siden energiklasse-begrebet blev introduceret i bygningsreglementet, har der været et behov for at kunne simulere energiforbruget allerede i de tidlige faser af bygningsdesignprocessen. VGLCPH og SBi (Rob Marsh) tog initiativ til at formulere

<sup>7</sup> <http://da.henninglarsen.com/nyheder/nyhedsarkiv/2015/05/ny-app-til-baeredygtig-renovering.aspx>. Arkitektens Forlag, ARKFO, har lavet analyse af app'en – for mere info se <http://arkfo.dk/da/blog/guide-ny-app-til-b%C3%A6redygtig-renovering>

<sup>8</sup> <https://realdania.dk/samlet-projektliste/arkitektur-energi-og-renovering-design-guide>

og kondensere behovet. Senere i projektkæden kobede HLA sig på projektet, og sidst programmørvirksomheden og Henrik-Innovation.'

Vibeke Grupe Larsen: 'Statens Byggeforskningsinstitut bidrog med viden om bygningsreglementets energiramme beregningsprogram, og hvordan det kunne gøres operationelt i 3D-modellen, samt viden omkring det lovgivningsmæssige. Henning Larsen arkitekter har testet og formidlet værktøjet, og skabt bevidsthed og forståelse for værktøjet. Ingeniør Henrik Sørensen fra henrik-innovation (tidligere ansat hos Esbensen Rådgivende Ingeniører) har arbejdet med integreret design og de relaterede processer. Henrik Sørensen overtog projektlederrollen i 2014. Derudover deltog IT-designere og -programmører (ILP) med baggrund i spil-udvikling. Det var tanken, at 3D-værktøjet skulle opbygges som spil, derfor blev det valgt at inkludere spiludviklere i projektet.'

Vibeke Grupe Larsen: 'I forbindelse med programmeringen bør det nævnes, at det har været vanskeligt at gengive bygningsreglementets energiramme-beregninger i 3D-værktøjet.'

## Synliggørelse af projektet

Værktøjet har været løbende formidlet og debatteret bl.a. via workshops, LinkedIn, Arkitektforeningens miljø- og klimanetværk samt foreningens efteruddannelse i Innovation og certificering. Publikationen, der ligger til grund for værktøjets udvikling, vandt ELFORSK-prisen i 2007 og værktøjet selv i 2012. (Kilde: AF)

Vibeke Grupe Larsen: 'Projektet og værktøjet blev formidlet via en website, hvorfra det var muligt at downloade forskellige versioner af værktøjet samt brugervejledninger m.m. Desuden blev der skrevet artikler og arrangeret et kursus via arkitektforeningen. Det er vores indtryk, at projektet og værktøjet har fået stor opmærksomhed blandt arkitekter.'

## Samarbejde med programsekretariatet

Vibeke Grupe Larsen: 'ELFORSK var begejstret for projektet og opfordrede til aktiv formidling.'





Vibeke Grupe Larsen: 'Samarbejdet med ELFORSK gik godt – sekretariatet var engageret og ELFORSK bidrog med deres egen formidling, som skabte god opmærksomhed om projektet.'

Signe Kongebro: 'Sekretariatet har været utroligt tålmodige og har troet på os og har været fleksible. Der er ikke mange donorer, der så open-minded og fagligt stærke. Sekretariatet stiller meget simple og præcise spørgsmål, der formår at samle op på de diskurser, der pludseligt opstår i arbejdsprocessen. "Det er jo udviklingens natur, at man ikke bare kan gå fra A til B." Vi er forskellige fagspecialister, der i det konkrete projekt har kastet os ud i et felt med softwareudvikling.'

## Forslag til programsekretariatet

Signe Kongebro: Sekretariatet må gerne agere "Kirsten giftekniv" og hjælpe projektpartnerskabet til at finde frem til andre, som kan finansiere/kommercialisere værktøjet på sigt.

Signe Kongebro: `Udviklingsprojekter, og måske især udvikling af værktøjer, kræver en forståelse af de psykologiske processer, der kendetegner arbejdsprocessen og forløbet. Her er vi novicer og kan have gavn af hands-on opbakning.`

	Vibeke Grupe Larsen	Signe Kongebro
<p><b>I hvor høj grad har...</b></p> <p>... ELFORSKs <b>eksterne</b> formidling af projektets resultater efter din vurdering haft en positiv indflydelse på interessen for projektresultaterne?</p>		
<p>... <b>samarbejdet og dialogen</b> med ELFORSK i løbet af projektforløbet haft indflydelse på jeres udbytte af projektet?</p>		

*Søjlerne angiver graderne meget høj, høj, nogen, mindre og meget begrænset omfang. Kilde: Interview.*

## Afviste ansøgninger

Der er i case-undersøgelsen taget kontakt til 5 afviste projektansøgere for at illustrere, hvilke veje ansøgerne vælger at gå efter afslag. Blandt de 5 afviste ansøgninger indgår 2 ansøgninger til ELFORSK. Vi har bevidst valgt projektansøgere, hvis projekt ifølge sekretariaterne hovedsageligt ikke kom gennem nåleøjet, fordi støttemidlerne er begrænsede eller fordi projektemnet ikke var fokusområde i den pågældende støtterunde eller pulje.

I alle 5 tilfælde er projektansøgerne fortsat med at forfølge deres idéer omend på meget forskellig vis. I den ene ende af skalaen er selve projektet opgivet, men idéen forfølges fortsat på anden vis – se 'Udvikling af metoder til energirådgivning af små og mellemstore virksomheder' (342-002). I opfølgningen på den anden ELFORSK-ansøgning 'IndEx Tool – Software for optimering af energisystemer i industrielle processer – Fase 1 Behovsanalyse og grundlagsskabelse' (343-062), fandt vi, at man har videreført delelementer af projektet gennem andre aktiviteter bl.a. eksamensprojekter.

De 2 ELFORSK-eksempler er kort beskrevet nedenfor.

### EL8 – Udvikling af metoder til energirådgivning af SMVer

<b>Titel</b>	Udvikling af metoder til energirådgivning af små og mellemstore virksomheder (342-002)		
<b>Ansøgningsår</b>	2009	<b>Energiområde</b>	Værktøjer
<b>Interview med</b>	Projektansvarlig: Håndværksrådet, repræsenteret v/ Henrik Lilja		



Formålet med det ansøgte projekt var at udvikle og afprøve nye tilgange til det at få små og mellemstore virksomheder (SMVer) til at efterspørge og bruge energirådgivning samt at realisere angivne besparelser. Desuden skulle projektet få energispareaktørerne til i højere grad at interessere sig for SMVer, da energispareindsatsen overfor disse har været stærkt begrænset. Støtten til projektet blev søgt sammen med Lokalenergi Handel, hvis rådgivningsafdeling var hovedkraften.

Håndværksrådet var sammen med OVE i 2003-2004 involveret i et andet støttet projekt med lignende indhold.

Henrik Lilja: 'Det afviste projektindhold er ikke en aktivitet, vi er gået videre med, selvom vi stadig arbejder aktivt for at få aktører på banen med henblik på energirådgivning i SMVer. Energiselskaberne kan typisk ikke få – og har ikke udvist nogen nævneværdig interesse for at få – økonomi i at tilbyde energirådgivning til SMVerne, da de mener, at værdien af energibesparelserne (i forhold til energispareforpligtelserne) er begrænset'.

Henrik Lilja: 'Støtteordningerne til FUD-projekter er generelt svært tilgængelige for små virksomheder uden akademiske medarbejdere, da det er tids- og administrationskrævende dels at udforme ansøgninger og dels at leve op til kravene til dokumentation m.v. De forskellige energi-støtteordninger er oftest ret "akademiske" i både form og indhold og henvender sig altovervejende til større virksomheder og ikke mindst rådgivervirksomheder, der netop har større virksomheder som kundegruppe. Dele af ledelsen af disse programmer har desuden et "attitude-problem" og har optrådt direkte hånligt overfor og

komplet uvidende om danske SMVer og disses vilkår, hvilket er medvirkende til, at programmerne ikke evner/tilstræber at inkludere SMV-segmentet.’

Henrik Lilja: ‘ELFORSK-ordningen skal have ros for at være noget lettere tilgængelig for SMVer end for eksempel EUDP- og VE-til-proces-ordningerne.’

### EL9 – IndEx Tool

<b>Titel</b>	IndEx Tool – Software for optimering af energisystemer i industrielle processer – Fase 1 Behovsanalyse og grundlagsskabelse (343-062)		
<b>Ansøgningsår</b>	2011	<b>Energiområde</b>	Værktøjer
<b>Interview med</b>	Projektansvarlig: DTU Mekanisk Teknologi, repræsenteret v/ Brian Elmegaard		

Projektet har sit udspring i, at der findes en del velbeskrevne termodynamiske metoder til at optimere varmegenvinding i procesindustri, men at de ikke i praksis anvendes så meget, som de kunne. Idéen var at udvikle et let tilgængeligt software værktøj, som kunne være en støtte i beslutninger om konkrete tiltag til procesoptimeringer og energiprojekter i virksomhederne.

Medansøgere var rådgivningsfirmaet Viegand og Maagøe, Arla Foods samt to andre industrivirksomheder.

Der er ikke søgt støtte til lignende projekter fra andre sider, men projektets idé er efter afslaget forsøgt videreført gennem andre aktiviteter, herunder nogle eksamensprojekter. Endvidere er der i 2014 givet en intern bevilling til et Ph.d.-projekt, der skal arbejde mere videnskabeligt med samme problemstilling. Dette kan eventuelt være med til at dokumentere, at der stadig findes et behov for et konkret værktøj, og kan dermed måske skabe et grundlag for en ny ansøgning om støtte.

Selvom idéen stadig forfølges, har afslaget på støtte bevirket, at det konkrete værktøj (software) ikke er blevet udviklet.

Brian Elmegaard mener, at årsagerne til afslaget bl.a. kan være, at der ikke var tale om et projekt, der skulle lede til et kommercielt produkt. Der var derfor ikke et direkte fokus på den forretningsmæssige side. Endvidere har projektet ikke haft til hensigt at udvikle eller demonstrere konkrete teknologier, men derimod nærmere et hjælpeværktøj, og det kan derfor tænkes at falde lidt uden for fokus af støtteordningerne.





## Bilag D Bilag til forskningsanalysen

### Volumen og gennemslagskraft fordelt på energiområder

Aktiviteterne i de tre programmer er fordelt på en række energiområder. På linje med at forskellene i formidlingsfokus har de tre programmer haft et forskelligt fokus i de projekter der har modtaget midler gennem programmerne. EUDP og ForskEL har begge en bevillingsprofil der domineres af et eller to energiområder (jf. mens ELFORSK udelukkende arbejder med energieffektivitet. I Tabel er gengivet fordelingen af formidlingsaktiviteter på de 8 energiområder, samlet set har tre områder (*Bio og Affald*, *Brint og Brændselsceller* samt *energieffektivitet*) stået bag ca. 75% af alt formidlingsaktivitet. For at kunne sige noget om forskningskvaliteten af den udførte forskning på hvert af de 8 områder trækkes på data genereret til analysen af programmerne videnskabelige gennemslagskraft. Tabel viser ud over den almindelige formidlingsaktivitet fordelingen af de 258 internationalt publicerede videnskabelige artikler. Af tabellen fremgår det, at der på flere af energiområderne er publiceret en yderst begrænset mængde videnskabelige litteratur med oprindelse i de tre programmer. Dette besværliggøre en analyse af den internationale gennemslagskraft, da man som tommelfingerregel skal bruge minimum 10 publikationer pr år pr forskningsområde for at kunne etablere stabile citationstal. Dette opnås kun for enkelte af de 8 områder, hvorfor de i Tabel D1 angivne tal for den internationale gennemslagskraft skal fortolkes med stor forsigtighed. Det er således kun på *Brint og Brændselsceller*-området, at vi med sikkerhed kan sig at publikationer skrevet i tilknytning til ForskEL projekterne holder et overgennemsnitligt niveau sammenlignet med EU og Danmark generelt. Lignende resultater finder vi når vi ser på alle tre programmer samlet. Under hensyn tagen til publikations volumen viser tallene i Tabel D2 at gennemslagskraften målt i forhold til EU og Danmark er høj og ligger et stykke over gennemsnittet for energiområderne *Brint & Brændselsceller*, *Sol* og *Bio & Affald*.

Tabel D1 Formidlingsaktiviteter og internationalt publicerede artikler fordelt på energiområderne

Energiområde	ELFORSK		EUDP		ForskEL		Total	
	Formidling	Int. Publikation	Formidling	Int. Publikation	Formidling	Int. Publikation	Formidling	Int. Publikation
Andet			3	2	8	2	11	4
Bio og affald			47	9	182	51	229	60
Brint og brændselsceller			67	25	215	78	282	103
Bølge			1		25	2	26	2
Energieffektivitet	180	14	40	5			220	14
Smart Grid og systemer			2		44	3	46	3
Sol			91	45	20	8	111	53
Vind			33	14	32	5	65	19
Sum	180	14	284	100	526	149	990	258

Kilde: COWI/EA ENERGIANALYSE/DAMVAD ANALYTICS, 2015 baseret data fra Scopus

**Tabel D2** Gennemslagskraften for internationale publikationer fordelt på energiområder relativt til EU og DK

	ELFORSK		EUDP		ForskEL		Samlet	
	EU	DK	EU	DK	EU	DK	EU	DK
Andet			0,96	0,59	3,11	3,68	2,49	2,95
Bio og affald			0,58	0,52	1,74	1,54	1,50	<b>1,33</b>
Brint og brændselsceller			0,89	0,62	1,62	1,61	1,30	<b>1,29</b>
Bølge					0,33	0,40	0,33	0,40
Energieffektivitet	0,56	0,27	2,36	1,16			1,04	0,51
Smart Grid og systemer					0,56	0,46	0,56	0,46
Sol			5,07	2,48	3,48	2,07	3,04	1,80
Vind			1,42	0,91	1,62	1,46	1,80	1,62

*Kilde: COWI/EA ENERGIANALYSE/DAMVAD ANALYTICS, 2015 baseret data fra Scopus*  
*Noter: Gennemslagskraft beregnet på baggrund af mindre end 10 årlige publikationer skal tolkes med stor forsigtighed, da selv meget få citationer kan have stor indflydelse på hvor niveauet for gennemslagskraften ligger.*

I Tabel D3 angives for de ti forskningsinstitutioner der er mest publiceringsaktive, deres relative andel af det samlede volumen i forskningsoutput. Som det fremgår af figuren står tre danske universiteter med DTU i spidsen bag 65% af det samlede antal publikationer. Samtidig er det værd at bemærke, at den virksomhed som har det største antal medforfatterskaber er en international virksomhed og at den første danske virksomhed kommer ind på en niende plads med bidrag til lige knapt to publikationer. Selv om 18 procent af den samlede publikations mængde er lavet i samarbejde med industrien er effekten på videndeling ganske betragtelig da et stort antal virksomheder (i alt 27 ud af 103 organisationer total) bidrager til og får glæde af samarbejdet med vidensinstitutionerne.

**Tabel D3** Top 10 institutioner der bidrager til internationalt peer-reviewed forskningspublikationer

Organisation	Fraktionelt antal publikationer				Andel af totalen
	ELFORSK	EUDP	ForskEL	Sum	
Danmarks Tekniske Universitet	5,63	35,48	82,70	123,82	48%
Aalborg Universitet	4,27	13,95	18,83	37,05	14%
Syddansk Universitet			7,83	7,83	3%
IBM Research (Switzerland)			5,50	5,50	2%
Aarhus Universitet		2,00	3,00	5,00	2%
Instituto de Catálisis y Petroleoquímica (Spain)		3,67	1,08	4,75	2%
Teknologisk Institut Danmark			2,43	2,43	1%
University of British Columbia (Canada)			2,00	2,00	1%
IRD Fuel Cells A/S		1,92		1,92	1%
Ben-Gurion University (Israel)			1,86	1,86	1%
Andre	4,10	43,98	22,76	65,85	26%
Total	14,00	101,00	148,00	258,00	100%

*Kilde: COWI/EA ENERGIANALYSE/DAMVAD ANALYTICS, 2015*  
*Note: \*) andre dækker de 94 organisationer, firmaer, universiteter, Offentlige institutioner og forskningsinstitutioner der falder uden for top 10 målt på deres bidrag til forskningspublikationer.*