



Sektorkobling - nøglen til fremtidens bæredygtige energisystem

Globale trends, danske cases og
anbefalinger fra et 2030-perspektiv



DareDisrupt

Opsummering

Kæmpe klimagevinster ved tværgående samarbejde

Et klimavenligt samfund ser anderledes ud, end det samfund vi kender i dag. Der kommer rigelige mængder grøn energi fra vindmøller, solceller og biogasanlæg, og den bliver udnyttet over alt i samfundet – i boliger, biler, fly, skibe og virksomheder.

Det kræver stærke tværgående løsninger, og at vi udnytter de digitale løsninger fuldt ud. Til gengæld er gevinsterne meget store. Analyser fra DTU viser, at vi ved at tænke intelligent og på tværs kan reducere CO₂-udledningen i Danmark med **22 millioner tons** over de næste 25 år.

Rapporten beskriver, hvordan virksomheder som ABB, Danfoss, Københavns Lufthavne og Nature Energy er gået foran i dette arbejde. Og den peger på områder, hvor det er nødvendigt, at vi er på forkant, hvis vi skal nå klimamålene og samtidig sikre virksomhedernes konkurrenceevne.

- Analyse af data og brug af sensorer er allerede i dag med til at energieffektivisere vores samfund. Men **digitaliseringen** kan bringe os meget længere. Digitale løsninger kan effektivisere og reducere energiforbruget på tværs af sektorer og gøre den grønne omstilling billigere. Som en sidegevinst kan det skabe store markedsmuligheder for danske virksomheder, hvis vi går foran. Frem mod 2040 ventes stigningen i den globale efterspørgsel efter energieffektive løsninger at være otte gange større end det nuværende globale marked for vindenergi.
- **Elektrificering af samfundet** er grundlaget for en grøn omstilling. Vi skal sikre direkte elektrificering, hvor det er muligt (f.eks. transport og bygninger) og indirekte elektrificering via Power-to-X, hvor vores nuværende infrastruktur og teknologi kræver en længere omstilling. Danmark er et land med en stærk tradition for forskning i grønne teknologier. Det skal vi turde udnytte til at vise vejen og skabe smarte byer og nye løsninger.
- Vi skal sikre, at **al den energi, vi bruger, er grøn og cirkulær**. Vi skal udnytte den vedvarende energi over alt. Vi skal undgå spild, og vi skal skabe værdi ud af vores affald – for eksempel ved at bruge bioaffald fra landbrug, industri og husholdninger til at producere grøn biogas, som kan bruges i det eksisterende gasnetværk.

Teknologierne, som skal sikre den grønne omstilling, findes allerede, og flere er på vej. Udviklingen indenfor computerkraft, robotter og kunstig intelligens gør, at nye løsninger, materialer, teknologier og digitale værktøjer kan udvikles hurtigere end nogensinde før.

De nye teknologier vil ændre energimarkedets dynamik, og vi skal være parate til at håndtere den nye virkelighed. Vi skal tilpasse vores forretningsmodeller og løfte vores kompetencer til at passe ind i fremtidens samfund.

Det kræver, at vi formår at skabe partnerskaber, som kan udvikle, teste og implementere nye løsninger. Ikke mindst i forhold til data, der skal øge gennemsigtigheden og muliggøre innovative og intelligente løsninger på tværs af sektorer.

Hvis vi gør det nu, og vi gør det rigtigt, kan vi udvikle nye forretningsmodeller og arbejdsmetoder, der ikke bare understøtter omstillingen til et grønt energisystem, men også øger virksomhedernes konkurrenceevne og skaber eksportmuligheder.

Danmark har allerede en unik position på det globale energimarked og en tradition for at skabe innovative og kreative løsninger på tværs af sektorer. Rapporten opstiller seks anbefalinger for det kommende årti for at fastholde og udbygge denne position:

Tre anbefalinger til system og samfund

- Udvikle dansk strategi for sektorkobling
- Skabe regulatorisk rum for innovation og udvikling
- Arbejde aktivt med data

Tre anbefalinger til danske virksomheder

- Accelerere innovation omkring klima og energi
- Løfte kompetencer og mindset omkring digitale teknologier og data
- Skabe samarbejde gennem partnerskaber

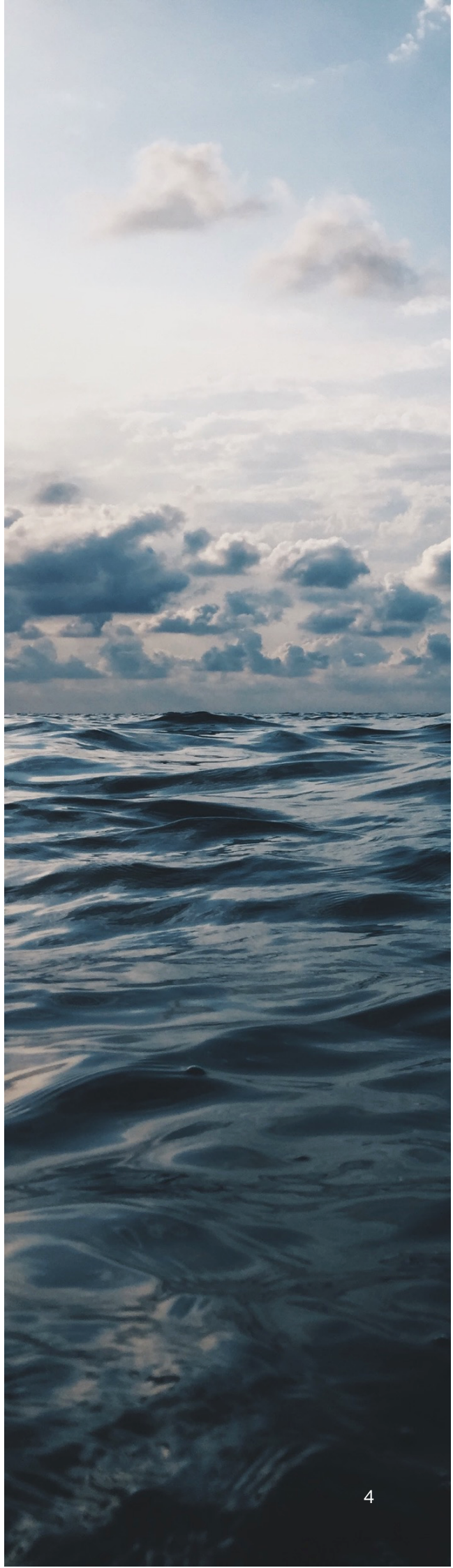
Forord

Danmark og resten af verden står overfor en bunden opgave om at bremse klimaforandringerne. I Danmark er centrale aktører som regeringen og Dansk Industri gået foran for at sikre et samarbejde omkring løsninger på tværs af industrier, sektorer og det politiske system.

Et særdeles vigtigt og tværgående tema i dette arbejde er energiområdet, hvor vi står overfor en række nye spændende muligheder. Udviklingen indenfor energi er dels drevet af en stigende erkendelse af behovet for at begrænse vores klimapåvirkning, dels udviklingen inden for produktion, lagring, styring og forbrug af energi. Men den er også drevet af en bevidst bruger og borger, der i stigende grad involverer sig i energisystemet og er med til at forme systemets udvikling.

I kernen af denne udvikling er den såkaldte sektorkobling, hvor de forskellige aktører (gamle som nye) i energisystemet kobles tættere sammen for at skabe fleksibilitet og omkostningseffektivitet. Gennem smarte og kreative løsninger på tværs af sektorer skal vi sikre energieffektive system, hvor vi undgår spild, og at den energi, vi bruger, er bæredygtigt produceret.

For at klimaudfordringerne skal løses, er det vigtigt, at alle aktører – ikke bare de klassiske energiproducenter – forstår de muligheder, der ligger i denne udvikling. Der er brug for nye og innovative løsninger samt et nyt og tværgående mindset. Der skal skabes de bedste forudsætninger for, at virksomheder og brugere kan skabe nye løsninger, der ikke bare gavner økonomien og klimapåvirkningen i Danmark, men også giver grundlag for at eksportere gode danske løsninger til resten af verden. Det er, når vi fremmer energi i samarbejde, at forandring kan ske.



Formålet med denne rapport er at give et overblik og en perspektivering af fremtidens muligheder indenfor et sektorkoblet energisystem.

Det gøres ved **indledningsvis** at skabe et fælles udgangspunkt omkring energiens historieskrivning og med en definition af sektorkobling.

Herefter sættes der **fokus på fremtiden med udgangspunkt i et 2030-perspektiv**. I denne del beskrives de tre vigtigste globale trends, der vil forme fremtiden for sektorkobling; Intelligens og transparens med digitale værktøjer; elektrificeringen af samfundet samt adgang til grøn og cirkulær energi. For hver af disse trends gives dels en afklaring af, hvor vi står i dag, dels et perspektiv på, hvad der vil ske frem mod 2030. Endelig vil der for hvert af områderne opstilles såkaldte "signaler". Disse er små nyheder og eksempler fra i dag, som illustrerer, hvor fremtiden bevæger sig hen. Afsnittet afsluttes med en opsummering af, hvad udviklingen indenfor de tre trends samlet vil betyde for energisystemet.

Dernæst sættes de globale trends i **perspektiv i forhold til en række konkrete danske cases**. Der gives en beskrivelse af fire interessante cases indenfor sektorkobling, og der gives et perspektiv på, hvordan de vil kunne udfolde sig og skabe værdi med den forventede udvikling.

Endelig gives en række **anbefalinger til det danske system og samfund og til danske virksomheder** i forhold til at skabe rammerne for en produktiv og værdiskabende udvikling af sektorkobling – til gavn for konkurrencekraften og klimaet.

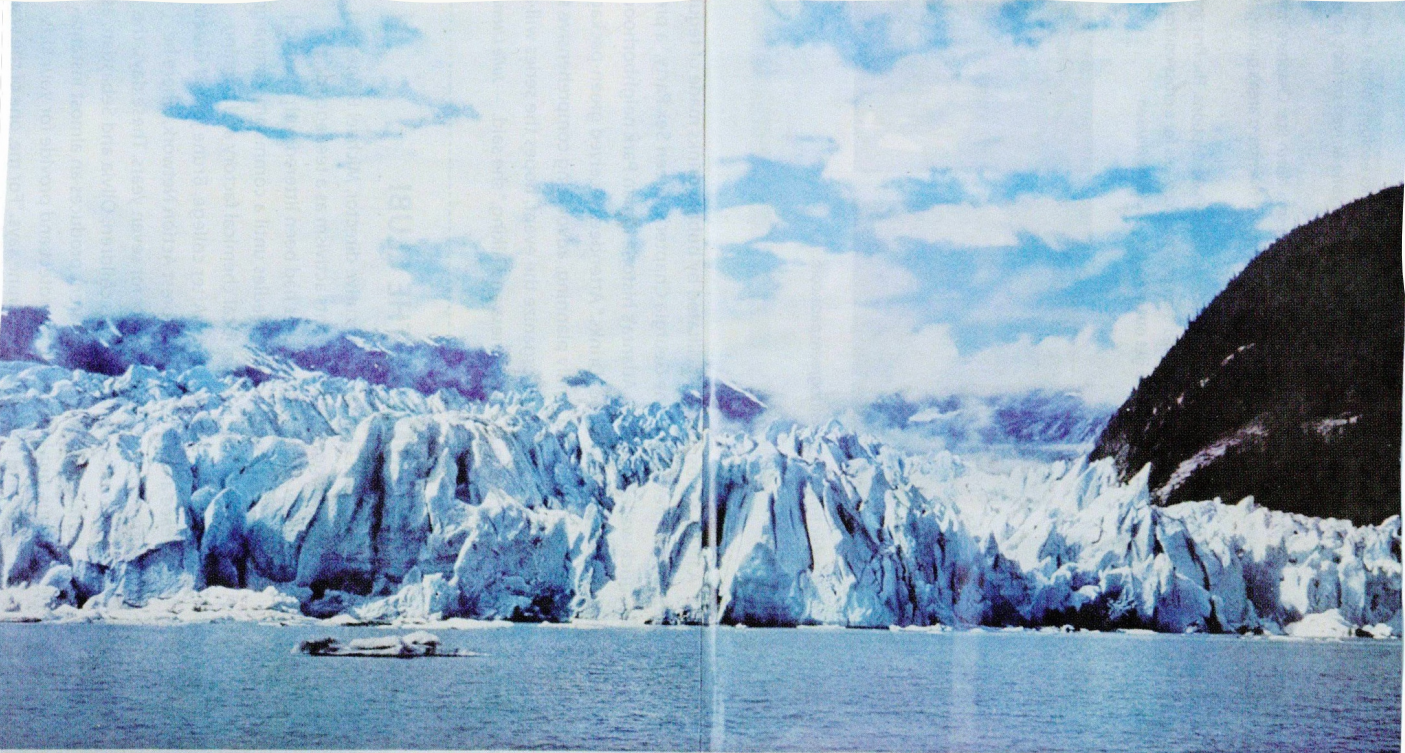
Indhold

1.	Et tilbageblik samt introduktion til sektorkobling	s. 7
2.	Sektorkobling: Et kig mod 2030	s. 12
I.	Intelligens og transparens med digitale værktøjer - fra forsyningsdrevet "push" til intelligent balance	s. 13
II.	Elektrificeringen af samfundet - fra forbrænding til grønne koblinger	s. 18
III.	Adgang til grøn og cirkulær energi - fra knaphed til overflod	s. 24
	Hvad vil det betyde? En sektorkoblet fremtid, frem mod 2030	s. 30
3.	Fire danske cases	s. 32
I.	EnergyLab, Nordhavn	s. 34
II.	Danfoss Heat Recovery Unit	s. 36
III.	Sektorkobling i Maglebylille	s. 38
IV.	Biogas på Lolland og Falster	s. 40
4.	Anbefalinger for fremtiden	s. 42

1. ET TILBAGEBLIK OG INTRODUKTION TIL SEKTORKOBLING

Et ekko fra fortiden

Annonce i Life Magazine, 2. februar 1962



EACH DAY HUMBLE SUPPLIES ENOUGH ENERGY TO MELT 7 MILLION TONS OF GLACIER!

This giant glacier has remained unmelted for centuries. Yet, the petroleum energy Humble supplies—if converted into heat—could melt it at the rate of 80 tons each second! To meet the nation's growing needs for energy, Humble has applied science to nature's resources to become America's Leading Energy Company. Working wonders with oil through research, Humble provides energy in many forms—to help heat our homes, power our transportation, and to furnish industry with a great variety of versatile chemicals. Stop at a Humble station for famous Esso Extra gasoline, and see why the "Happy Motoring" Sign is the World's First Choice!

HUMBLE
OIL & REFINING COMPANY
America's Leading Energy Company



Advertisement in Life magazine February 2, 1962, 10 years before Humble changed its name to Exxon.

Vi må ikke glemme omfanget og hastigheden af det paradigmeskift, der sker på klima- og energiområdet. Det, ExxonMobile (tidligere Humble) pralede med i en reklame i Life Magazine i 1962, er nu virkelighed. Gletsjere trækker sig tilbage i en hidtil uset hastighed med 335 milliarder tons is og sne smeltende globalt om året. Siden ExxonMobile-reklamen har verden mistet ca. 9,6 billioner tons is og sne.

Et tilbageblik

Udviklingen indenfor energi

~1750-1850

Dampmaskinen bliver udviklet. Den kan omsætte en del af den termiske energi i vanddamp til mekanisk arbejde, hvilket muliggør den første industrielle revolution.

~1950

Petroleum bliver det mest brugte brændstof i USA. Omkring samme tid bliver det første **atomkraftværk**, der producerer elektricitet, bygget i Idaho

~1980

Industrielle **vind- og solkraftværker** dukker op (ikke mindst i Danmark) på samme tid som verdenshistoriens værste **atomulykke** finder sted i Tjernobyl

~1990

Olie, kul og naturgas er stadig de primære energikilder. Atomkraftværker kører i et stabilt tempo, og vedvarende energi får øget opmærksomhed, selvom den samlede anvendelse stadig ligger under 1%

2019

Verdensbanken ruller finansiering af nye kulværker tilbage, fordi de ved lov skal prioritere billigst tilgængelig energi – og vedvarende energi er nu billigere. Danske **vindmøller og solpaneler** slår rekord og producerede den 17. september 133% mere strøm, end danskerne selv kunne benytte

2030

I 2030 skal energisystemet være **effektivt og cirkulært**, ved brug af grønne teknologier og intelligently sammenkoblede sektorer, for på den måde at optimere vores energiforbrug på en omkostningseffektiv måde, og dermed nå **mindst 70% reduktion** af drivhusgasudledning

Vi mennesker har altid været afhængige af energi. I mange år var det i form af energi fra solen, muskelkraft og energi fra dyr til at høste jorden, sikre mad og overlevelse. Med tiden har vi gjort os i stand til at forarbejde og opbevare energi. Med industrialiseringen har vi søgt skalerbare, centrale og langt hen ad vejen homogene energisystemer og fundet svaret i fossile brændstoffer. Vores eksponentielle forbrug har givet nye muligheder for at fremstille og distribuere varer over hele kloden og ført os til det moderne, globaliserede samfund, vi kender i dag. Et forbrug, der imidlertid også har resulteret i en eksponentiel stigning i emissioner af drivhusgasser i vores atmosfære, herunder primært emissionerne af kuldioxid og metan, der opvarmer jordens overflade og atmosfære.

Temperaturstigningen på jorden er nået et kritisk vippepunkt, hvorfor 174 lande og EU i henhold til Parisaftalen i 2016 har forpligtet sig til et bredt mål om at begrænse den globale temperaturstigning til under 2 grader, ideelt 1,5 grader. Den danske regering er på forkant. I november 2019 etableredes 13 klimapartnerskaber, som skal komme med konkrete bud på, hvordan vi frem mod 2030 kan reducere drivhusgasser med mindst 70% og komme et stort trin tættere på en fossilfri fremtid.

I dag er presset på et smartere, bæredygtigt og transparent energisystem stort. Finanssektoren og institutionelle investorer fjerner sig i stigende grad fra fossilindustrien på linje med eksempelvis EU's "Taxonomy on Sustainable Activities" eller Den Europæiske Investeringsbanks investeringsforbud i olie og gas, som træder i kraft 2021. Samtidig går kommercielle energi-forbrugere sammen i transitionen som i initiativet RE100, hvor 211 virksomheder, mange af dem Fortune500 virksomheder såsom Sony, Google, IKEA, Unilever og Carlsberg, forpligter sig til et energiforbrug, der minimum er 60% vedvarende i 2030, 90% i 2040 og 100% i 2050. Størst pres af alle kommer fra bunden, og en ny generation af værdier fra en bruger, der blander sig i energisystemet. I dag udgør såkaldte millennials¹ 20% af jordens befolkning, og i 2030 tales det om "The Great Transfer of Wealth", hvor denne generation ikke kun har arvet et stort klimaunderskud, men også fem gange den kapital de har til rådighed i dag – kapital med grønnere værdier.

Allerede før klimakrisen ramte den offentlige bevidsthed, begyndte nogle af jordens smarteste at opfinde alternative måder at producere energi på. Nogle af disse løsninger er meget effektive, men indebærer større risici, såsom traditionel atomkraft. Nogle er både effektive og vedvarende, såsom vind-, sol- og vandkraft samt forskellige generationer af biobrændstof. Og endelig føles nogle stadig som fiktive drømmescenarier, såsom kernefusion, selvom forskningen nærmer sig succes.

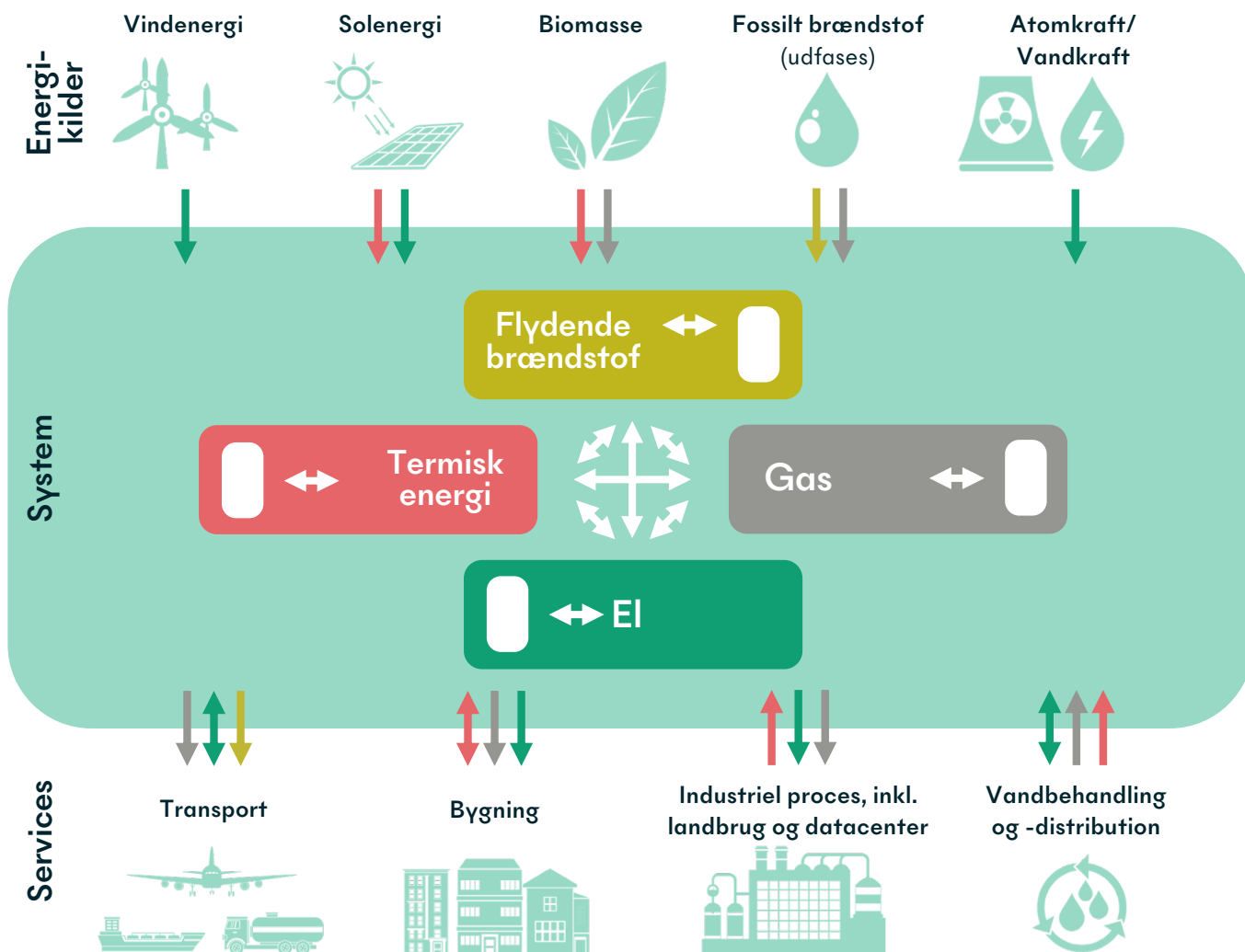
En ting er sikkert, fremtidens energisystem bliver radikalt anderledes end tidligere, og et radikalt mindset er krævet for at tage godt imod det.

¹Her defineret som personer, der er født mellem 1982 og 1996

Introduktion

Sektorkobling som begreb

Muliggørelse af koblinger på tværs af energisystemet



Kilde: DTU (2020): Smarte Energisystemer er vejen frem. Sektorudviklingsrapport om Smarte Energisystemer. (Rapporten udkommer i april 2020).

For at opfylde målet om en 70% reduktion i 2030, mangler vi at reducere udledningen med 29,4 millioner tons ift. den udledning af CO₂ der var i 2017 (DTU, 2020). Med de allerede besluttede tiltag når vi en del, men under fravær af nye tiltag mangler vi stadig 17 millioner tons CO₂-ækvivalenter (Energistyrelsens Basisfremskrivning, 2019). Der skal altså mere til for at nå de satte mål, og her er en hurtig omstilling til et fremtidigt grønt og bæredygtigt energisystem nødvendig. Nøglen for at lykkes med det er gennem øget energieffektivitet og undgå spild samt sikre, at den energi, vi bruger, produceres bæredygtigt. Dette kan vi opnå gennem **sektorkobling** - intelligent integration og kobling mellem energiforsyning, -lagring, -konvertering og -forbrug, som sikrer et effektivt ressourceforbrug og skaber synergier større end isolerede tiltag indenfor de enkelte områder.

Sektorkobling som koncept blev først udviklet i Tyskland, men har nu fået stor spredning, særligt i Europa. Begrebet er i denne rapport defineret ud fra et bredt, systemisk perspektiv som **markedsintegrationen af energiforsyningsiden og**

forbrugersiden gennem nye teknologier og løsninger.

I praksis kan det forstås som en tættere kobling mellem alle traditionelle såvel som nye aktører på energimarkedet for at give energisystemet **en større fleksibilitet for at muliggøre dekarbonisering på en omkostningseffektiv måde**. Eksempler på dette er spildvarme fra industrianlæg, som bruges til opvarmning af lejligheder eller overskud af en virksomheds solenergi, som kan bruges til at udvikle brint eller elektrofuels for de industrier, som er svære at elektrificere.

Sektorkobling er således en udvikling, som vil fremme energieffektiviseringer og sikre transition til et bæredygtigt energisystem. Det drives af en række underliggende udviklinger, hvoraf følgende tre vil foldes ud i det næste kapitel:

- Intelligens og transparens med digitale værktøj
- Elektrificeringen af samfundet
- Adgang til grøn og cirkulær energi

*"Sektorkobling og Smarte Energisystemer er **helt centrale i fremtiden for energi- og klimaforbedringer**, og de kan facilitere et potentiale for danske CO₂-reduktioner på cirka **22 millioner tons**. Vores analyser viser, at modenheden med hensyn til at realisere potentialerne er varierende, og det vil tage op til 25 år at kunne høste det fulde potentiale. Det kræver derfor hårdt arbejde, og at vi går i gang **nu og her**"*

Professor Poul Erik Morthorst, DTU Management

FAKTA: Sektorkobling og Smarte Energisystemer på DTU

- DTU har analyseret potentialet for seks områder indenfor Sektorkobling og Smarte Energisystemer: Elbilsintegration - elbiler og elnettet; sektorkobling mellem el og fjernvarme; bygningsmasse; elektrificering og integration af industrielle processer; sektorkobling mellem el og gas samt vanddistribution og -behandling.
- De seks områder har en implementeringstid på mellem 0-10 og 0-25 år, og det totale potentiale estimeres til **22 millioner tons CO₂**.
- Til sammenligning mangler vi at reducere udledningen med **29,4 millioner tons** ift. den udledning af CO₂ der var i 2017, hvis vi skal nå målet om en 70% reduktion i 2030.

Kilde: DTU (2020): Smarte Energisystemer er vejen frem. Sektorudviklingsrapport om Smarte Energisystemer. (Rapporten udkommer i april 2020).

2. ET KIG MOD 2030

- I. **Intelligens og transparens med digitale værktøjer**
 - fra forsyningsdrevet "push" til intelligent balance
- II. **Elektrificeringen af samfundet**
 - fra forbrænding til grønne koblinger
- III. **Adgang til grøn og cirkulær energi**
 - fra knaphed til overflod



INTELLIGENS OG TRANSPARENS MED DIGITALE VÆRKTØJER

- fra forsyningsdrevet "push" til
intelligent balance

Hvorfor det er vigtigt...

Den digitale udvikling revolutionerer verden, og den er kun lige startet. På tværs af vores samfund giver digitale teknologier mulighed for et helt nyt niveau af intelligens. En intelligens, som ikke længere bare er afhængig af menneskets kognitive kompetencer, men også af beregningskraft, forbundenhed og algoritmer.

Det digitale vil fungere som den intelligente lim, der gør, at vi kan koble alt sammen. Det hjælper os at forudse vejret for at bruge vind, når vinden blæser og solen skinner. Det kan forudse vores energibehov og tilpasse forsyningen til de områder eller tidspunkter, hvor energien behøves allermest. Det vil muliggøre en transition fra en tradition af forsyningsdrevne produktionssystemer til intelligent balancerede systemer med mulighed for overordnet optimering samt indbygget robusthed.

Med data på alt vil alt også blive synligt. Og dermed gøre det uundgåeligt at se bort fra det indvirke, som vi mennesker har på planeten. Den nye, radikale transparens vil accelerere transitionen mod et grønt energisystem, både gennem ny bevidsthed hos konsumenter men også gennem at muliggøre videnskabsbaserede mål, som kan bruges for top-down styring og regulering.

...og hvad er perspektivet

Hvad hvis vi i Danmark i 2030 har fuldt realtidskoblede, transparente og intelligente energisystemer? Hvordan handler vi med energi? Hvilke markedsmekanismer vil styre et sådant marked? Hvordan holder vi et sådant system sikkert fra trussel? Hvilke kompetencer bliver kritiske for succes?

Hvor står vi i dag?

En digitalisering med indvirkning på alt



En informationsrevolution, som bare er startet

Den digitale revolution har givet uforudsete muligheder for samfundet. Med faldende pris på sensorer er antallet af tilsluttede fysiske enheder eksploderet over de sidste par år, og der er i dag flere end 17 milliarder enheder forbundet til internettet (IoT Analytics, 2019). Den eksplosive vækst forventes at fortsætte med ankomsten af 5G. Næste generations netværk har højere kapacitet, højere hastighed og lavere reaktionstid, vil muliggøre et realtidsflow af information samt sløre grænsen mellem det fysiske og det digitale.

Vi skaber allerede i dag enorme mængder af data. Det sidste årti har der været et stort fokus på "big data" og udvikling indenfor dataanalyse ved brug af kunstig intelligens og maskinlæring. Vi skaber med disse værktøjer et helt nyt niveau af intelligens, som ikke bare er afhængig af menneskets kognitive kompetencer, men også af beregningskraft, forbundenhed og algoritmer.

Fremtidens digitale energisystem

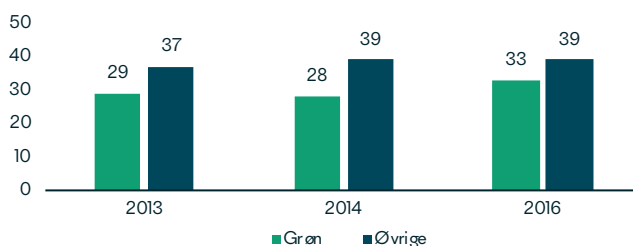
Digitalisering af de fysiske flow er allerede i gang indenfor energisystemet, hvilket sikrer forudsætninger for styring og optimering af det fremtidige energisystem på en hensigtsmæssig måde. Smarte målere, smarte assets og smart grids er modeord indenfor energisektoren, som fremover vil udforskes og fyldes med endnu mere faktisk værdi.

Danmarks digitale modenhed er høj, men grønne energivirksomheder er mere umodne

Danmark har i lang tid været en digital frontløber. Danmark er nummer 1 i Europa i forbundenhed og bredbåndsinfrastruktur. Den danske digitale modenhed er således høj, men der er stadig store potentialer at hente fra digitale teknologier - både eksisterende og dem, der først nu er ved at være modne. Ifølge rapporten "Danmark som frontløber i den grønne omstilling" (2019) vurderes det, at den grønne energisektor vil blive mere digital, men grønne virksomheder halter generelt bagefter i forhold til det øvrige danske erhvervsliv. Der findes således en manglende udnyttelse af mulighederne i digitalisering og data indenfor den grønne, danske energiindustri.

Virksomheder med høj digitaliseringsgrad

Andel af virksomheder med høj digitaliseringsgrad



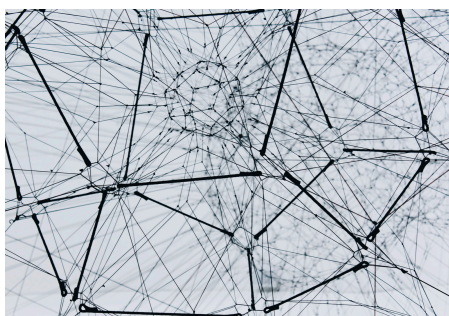
Kilde: "Danmark som frontløber i den grønne omstilling" (2019), Det Grønne Vækstteam. Baseret på data fra Erhvervsministeriet/Danmarks Statistik.

Anm.: Data for 2015 mangler. Virksomheder er defineret som grønne virksomheder, hvis mere end 25% af deres omsætning relaterer sig til salg af grønne varer.

Hvad vil ske frem mod 2030?

Digitaliseringen forandrer energimarkedet

Den digitale udvikling, med tovejskommunikative smarte enheder, sensorer, kunstig intelligens og digitale platforme, vil frem mod 2030 skabe helt nye muligheder for at integrere både sektorer og teknologier, og på den måde høste store potentialer i systemet. Med data og information på alt vil vi få en ny, radikal transparens, som vil kunne tilpasses vores adfærd og vores reguleringer for at fremme en bæredygtig udvikling. Det vil også åbne op for nye aktører på markedet, og der vil blive et kapløb omkring at tage den koordinerende platformsrolle.



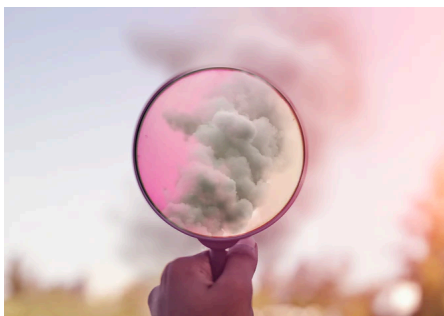
"Internet af Alt" vil koble alt sammen, hele tiden

Faldende priser på hardware og udbredelsen af næste generations netværk såsom 5G og 6G vil frem mod 2030 bidrage til et 'Internet af Alt' - et altsammenkoblende informationsnetværk med næsten totalt fravær af latenstid.

Dette vil indebære uforudsete muligheder. Smarte målere hos slutforbrugere, smarte assets hos energi-aktører og millioner andre enheder ude i verden, vil give al nødvendige realtidsdata og forudsigelser på vej, forbrugsmønstre, forsyningsflows, bygninger og andet, som kombineret med kunstig intelligens og maskinlæring muliggør hyperoptimering, automatisering og styring. Gennem dette potentiale for koordinering og kobling af forskellige fysiske flows, vil vi skabe forudsætninger for det mest klima- og omkostningseffektive totale energiforbrug i systemet.

Et meget brugbart værktøj i denne udvikling vil være såkaldte 'digitale tvillinger'. Disse præcise digitale repræsentationer af vores energisystemer baseres på realtidsdata og muliggør både systemmonitorering, risikofrie digitale eksperimenter og simuleringer forudsat, at data er tilgængelige på tværs.

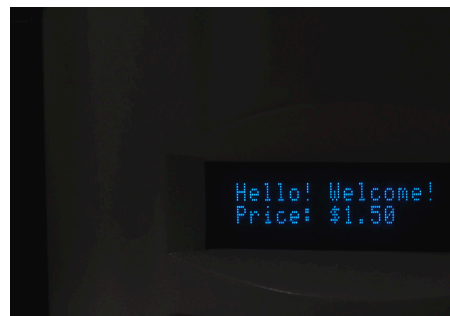
Ingen udvikling uden udfordringer. Selvom vi bliver mere effektive i vores netværk og dataprocessorer, vil alt, som kommunikerer, afkræve energi, hvilket i sig selv vil føre til et øget energibehov. En ekstrem sammenkobling gør os også sårbare overfor ydre trusler. Designprincipper for robusthed og sikkerhed er kritiske allerede fra en planlægningsfase. Cybersikkerhed vil være et endnu mere kritisk ekspertiseområde for energisektoren i 2030.



Radikal transparens vil fremme vidensbaseret adfærd og regulering

Enorme mængder af realtidsdata fra sensorer og satellitter vil skabe forudsætninger for et helt nyt niveau af transparens. Dette vil give samfundet, virksomheder og borgere mulighed for at træffe bedre beslutninger baseret på faktisk viden. Fra et forbrugerperspektiv vil det skabe betydelige adfærdsmændringer i, hvordan vi køber produkter og tjenester. Der er en stor indkøbskraft for kunder, der ønsker bæredygtighed. Virksomheder, med ambitioner om at blive klimaneutrale eller klimapositive frem mod 2030, vil presse markedet over det næste årti. Virksomheder som IKEA vælger allerede i dag land- og skibstransport baseret på laveste emissioner, og Microsoft og Google bygger datacenter, hvor der findes adgang til grøn energi. Her bør offentlige institutioner være på forkant med klimavenlige indkøb og udbud. Ifølge Kommunernes Landsforening køber kommunerne samlet set varer og tjenesteydelser for knap 100 milliarder årligt (2019), hvorfor effekten frem mod 2030 vil være betydelig.

Effekten vil mod 2030 fremmes af videnskabsbaserede reguleringer. Når der findes data om den ansvarlige for typerne af udslip eller indvirkninger på planeten, vil passende foranstaltninger kunne indføres baseret på videnskab. Første skridt vil være foranstaltninger fokuseret på drivhusgasser som CO₂, metan og NO_x. Frem mod 2030 forventes bæredygtighedsbegrebet at modnes og udvides til at inkludere andre parametre, såsom biodiversitet. Effekten af den type af tariffer vil kunne forandre markedsbilledet. F.eks. estimerer forskerne i IPCC-rapporten at tariffen for CO₂ burde være mellem \$135 og \$5.500 per ton.



Digitale markedspladser vil åbne op for nye spillere på markedet

Barriererne for at komme ind på energimarkedet bliver lavere, når teknologier for energiforsyning bliver små og modulære, som beskrevet i den sidste trend i dette kapitel. Når markeder digitaliseres, skabes muligheder for nye spillere.

Dette vil kræve, at nogen tager ansvaret for at reducere kompleksiteten. Køberne vil oftest ikke have en holdning til, hvem der har produceret energien, hvis bare energien møder kundens individuelle krav - f.eks. at bæredygtigt produktion er tilgængelig på alle platforme og til en god pris. De enkelte producenter vil omvendt ønske let adgang til afsætning. På begge sider vil der være brug for nogen til at facilitere denne transaktion.

I denne udvikling vil der frem mod 2030 blive et kapløb for at tage rollen som platformsejer. Helt nye aktører vil prøve at skabe digitale og automatiserede handelsplatforme (f.eks. peer-to-peer-platforme), hvor tilliden i systemet bygges ind med hjælp af f.eks. blockchain.

Traditionelle spillere vil bruge deres etablerede position som tillidsskabere og prøve at indtage en ny rolle som digital mellemaktør.

Den eller dem, der vinder, vil kunne bygge nye forretningsmodeller på baggrund af adgang til slutkunder, producenter og data.

Tema-nedslag

Digitale muligheder for energieffektivisering

Energieffektivisering - en grøn udvikling med markedspotentiale

Den billigste og grønneste energi er den energi, som går til spilde i dag! Derfor er energieffektivisering blevet et helt eget fag indenfor bæredygtige energisystemer.

I Danmark er potentialet stort. Ifølge DI's 2030-plan er energieffektiviseringspotentialet i det endelige energiforbrug indenfor produktionserhverv, handel og service og husholdninger på op mod 33% frem mod 2030 og op mod 45% frem mod 2050.

Potentialet fra et globalt perspektiv er lige så interessant. Det Internationale Energi Agentur (IEA) peger på, at man globalt set kan dække 44% af klimaforpligtelsen via energieffektivisering. Det vil medføre, at den globale efterspørgsel efter energieffektive løsninger vil stige med hele 5.000 milliarder d.kr. frem mod 2040 grundet Paris-aftalen.

Digitale teknologier vil være en enorm drivkraft til at realisere dette potentiale. At bygge intelligens ind i bygninger, infrastruktur og maskiner vil give forudsætningerne for realtidsoptimering og automatisering. Her vil den hastige udvikling indenfor maskinlæring og kunstig intelligens løbende skabe nye muligheder og være nøglen til endnu uåbnede potentialer.

Teknologivirksomhederne bruger deres egne kompetencer

I dag kan gode eksempler på, hvordan man lykkes med dette, findes hos dem, der selv besidder de digitale kompetencer. Teknologivirksomheder såsom Google, Amazon og Microsoft investerer mange penge og deres egne innovationskræfter i at udvikle energieffektive løsninger i f.eks. deres serverhaller.

Et eksempel er Googles kunstig intelligens-virksomhed DeepMind, der har brugt kunstig intelligens og maskinlæring til at udvikle en løsning, som har reduceret energibruget indenfor køling i Googles datacenter med 30% under de første par måneder. Systemet er selv-lærende, så effekten forventes blive større over tid. Når Microsoft sidste år annoncerede nye datacentre i Sverige, forklarede de, at det ville være det mest energieffektive nogensinde, takket vare det fysiske design af selve centret, brugen af avanceret Internet

of Things-teknologi, kunstig intelligens samt blockchain-løsninger for at optimere brugen og genbrugen af hardware. For yderligere at udvikle energieffektive og bæredygtige løsninger bruger Microsoft en intern CO₂-skat som medfinansiering af nye tiltag, og denne tilskynder afdelingerne til at være energieffektive.

Udviklingen af energieffektive løsninger kræver nye kompetencer på tværs af sektorer som energi, byg, industri og datavidenskab. Men med det betydelige markedspotentiale for energieffektiviseringsløsninger, både lokalt i Danmark og internationalt, vil belønningen være stor.

Energieffektiviseringer gennem digitalt muliggjort sektorkobling

De digitale værktøjer vil ikke blot kunne udvikle energieffektive løsninger, men også energieffektiviseringer baseret på digitalt muliggjort sektorkobling. Kamstrup har bl.a. identificeret, at man på kort sigt ville kunne bruge digitale løsninger til at reducere både fremløbs- og returtemperatur, og derved understøtte energieffektiviseringer på op 340 millioner d.kr. samlet. Lavere fremløbstemperatur vil nemlig muliggøre brug af flere tilgængelige overskudvarmekilder – enten via direkte integrering eller via varmepumper. Lavere temperaturer giver samtidig mindre distributionstab.

Fra et 2030-perspektiv ser Kamstrup, at fuld digitalisering af fjernvarmen vil kunne muliggøre anvendelse af overskudsstrøm i fjernvarme, og herved sikre udnyttelse af potentialet for 100% CO₂-neutral fjernvarme. Dette vil dog kræve lovrammer, der skaber mulighed for transport og handel med energi mellem forsyningsarter.

5.000.000.000.000

danske kroner forventes den globale efterspørgsel efter energieffektive løsninger at stige med frem mod 2040. Det er otte gange mere end det samlede globale marked for vindmølleenergi i 2018.

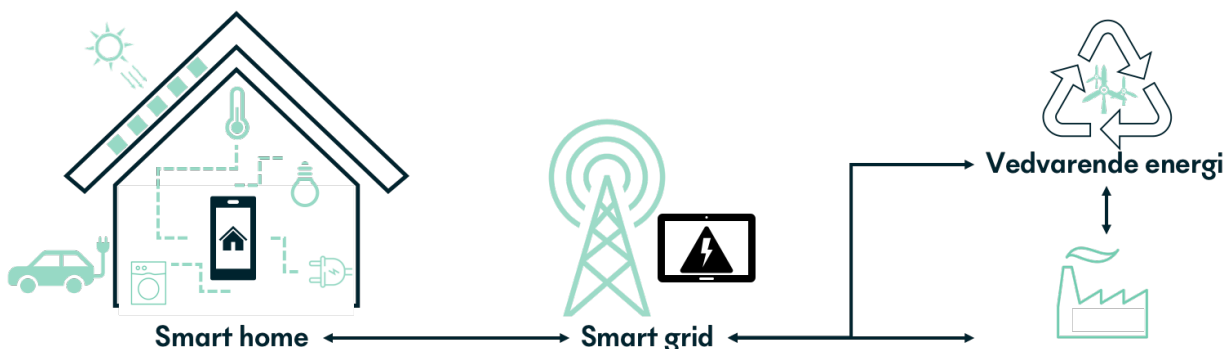
Digitaliseringens potentialer for energieffektivisering

Illustration baseret på "Energy Efficiency 2019", Det Internationale Energi Agentur (2019)

Digitalisering forbinder og koordinerer enheder og udstyr, hvilket fører til større energieffektivitet

Bygninger der er digitalt forbundet kommunikerer med el-nettet og muliggør nye kilder til fleksibel belastning

Flere vedvarende energikilder kan bruges, når de er tilgængelige, hvilket gør systemet mere effektivt og stabilt



På tværs giver digitale værktøjer såsom kunstig intelligens os mulighed for at analysere og identificere, hvordan vi bedst kan designe systemer til større energieffektivitet

Signaler fra fremtiden Netværk, smarte løsninger og nye platforme



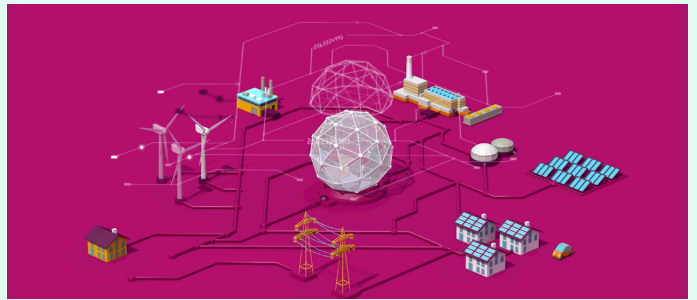
Lande som Storbritannien, Finland og Kina har allerede **6G-forskningsprogrammer**. Kina forventer at markedsføre 6G-tjenester kommercielt inden 2030. 6G kan efter sigende tilbyde hastigheder mere end 10 gange hurtigere end 5G og bringe "revolutionerende ændringer" til kablede og trådløse netværksstrukturer. USA, Rusland og EU har også påbegyndt konceptuel design og forskning til systemerne.



For at sikre et smart, transparent og fleksibelt energisystem vil **smarte målere**, indenfor f.eks. varme/køling, gas og el, spille en vigtig rolle. I Danmark har 2 millioner elforbrugere nu mulighed for såkaldt flexafregning, der registreres time for time. Således kan man som forbruger spare penge ved at flytte sit elforbrug til tider på døgnet med mindre efterspørgsel eller til dage, hvor vinden blæser. Danske elhandlere tilbyder og udvikler nye typer af smarte elabonnementer, der er tilpasset flexafregning. Planen er, at alle danske elmålere skal være smarte inden udgangen af 2020.

NEOGRID
TECHNOLOGIES

Danske Neogrid Technologies tilbyder et **intelligent energistyringssystem**, der løbende lærer en bygning at kende og gradvist tilpasser varmetilførslen baseret på sourced viden om udetemperatur samt aktuelle og historiske vejrforhold. Hvis vejret skifter, vil systemet på forhånd tage højde herfor og tilpasse opvarmningen af boligen. På den måde kan systemet reducere energiforbrug og sikre komfort året rundt ved at levere netop den energimængde til bygningen, som der er behov for. Intelligent energistyring vurderes at spare typisk 10-15%, og for nogle bygninger vurderes besparelsen at kunne være betydeligt større.



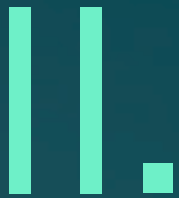
ELVIS er det **finske elnetværks digitale tvilling**. Modellen er knyttet til data om aktivering i elnetværket samt realtidsbaseret og historisk data. Ifølge Finlands nationale elnetværksoperatør Fingrid sikrer ELVIS både omkostningseffektivitet og en høj pålidelighed af nettet. "Modellen er op til 100 gange mere detaljeret end de gamle, hvilket betyder, at beslutninger er meget mere faktabaserede end før - vi behøver ikke længere at stole på mavefornemmelse" kommenterer virksomheden.



Nonprofit-virksomheden WattTime vil bruge **satellitbilleder og kunstig intelligens til præcist at spore luftforurening** (inklusive CO₂-emissioner) fra alle verdens kraftværker i realtid - og offentliggøre disse data. WattTime understøttes af Google.org, den filantropiske del af Google.



WePower - en litauisk-baseret platform for handel med grøn energi, **både drives og finansieres af blockchain**. Handelsplatformen forbinder energikøbere med producenter af grøn energi for at kontrahere grøn elektricitet til konkurrencedygtige priser og med fuld gennemsigtighed gennem digitalt aktiverede strømkøbsaftaler. Virksomheden rejste 32 millioner euro i februar 2018 - den største blockchain-baserede fundraising gennem et såkaldt initialt møntudbud (ICO) i energisektoren hidtil.



SAMFUNDETS ELEKTRIFICERING

- fra forbrænding til grønne koblinger

Hvorfor det er vigtigt...

I transitionen til et grønt energisystem vil elektrificeringen være afgørende for skiftet væk fra fossil forbrænding. Det er en transition, der er nødvendig for klimaet men også fordelagtig for energieffektiviteten. For eksempel estimerer norske Statnett, at Norge årligt vil kunne reducere 25 millioner tons CO₂-ækvivalenter gennem elektrificering. Dette på trods af, at Norge allerede har et af de mest elektrificerede energisystemer i verden. Den estimerede reduktion svarer til knap halvdelen af Norges samlede udslip på 52 millioner tons CO₂-ækvivalenter i 2018 (SSB, 2019). Dette vil kunne erstatte mere end dobbelt (cirka 95 TWh) af fossilt energiforbrug samtidig med, at energieffektiviteten øges betydeligt - en stigning af elektricitet på 40 TWh (Statnett, 2019).

...og hvad er perspektivet

Hvad hvis vi i Danmark i 2030 har sammenkoblede, smarte og energieffektive elektrificerede byer, hvor bygninger, køretøjer og maskiner køres, varmes og køles ved brug af grøn elektricitet? Hvad hvis alle elektrificerede ting også fungerer som opbevaring af grøn energi og som naturlige robustbyggende mekanismer for at håndtere den variation og fleksibilitet, som vores fremtidige energiforbrug har brug for?

Hvor står vi i dag?

En elektrificering i stærk fremdrift



Ambitiøse mål kræver højt tempo

Klimaambitionerne fokuserer bl.a. på, at vi skal gå fra fossil forbrænding til grøn elektrificering. Potentialet er stort, men udviklingstempoet skal også være højt for, at vi skal nå de opsatte mål. Ifølge beregninger fra den europæiske sammenslutning af elforsyningsselskaber skal der være 60% elektrificering i 2050 for, at EU skal kunne nå det tidligere mål om at reducere emissioner med 95% i 2050 (i dag er målet 100%). I dag er elektrificeringen fra et slutforbrugerperspektiv på 22% i Europa (Eurelectric, 2019).

Teknisk parathed undervejs

Den globale, tekniske udvikling har god fremgang, og vi kender allerede teknologierne for elektrificering indenfor en lang række områder. Fuldt elektrificerede biler, færger, varmepumper og køleanlæg findes allerede på markedet. Elektrificerede fly, skibe og varmepumper til industriprocesser er under udvikling. En forudsætning for at gøre disse teknologier mere brugbare er fremtidig adgang til billige opbevaringsteknologier og til betydelig infrastrukturudvikling.

Elektrificeringen som del af smart energisystem

At have flere elektrificerede ting bidrager naturligvis til

en højere belastning på elnettet. Men med de rigtige værktøjer og den rigtige infrastruktur vil elektrificeringen understøtte et smart og effektivt energisystem. Batterier i f.eks. biler og bygninger ville kunne fungere til balancering af efterspørgsel og udbud af energi samt bidrage med fleksibilitet og robusthed. Det bidrager til, at vi alle gennem vores fysiske ejendomme og ejendele bliver en del af energisystemet.

Et Danmark uden koordineret ambition

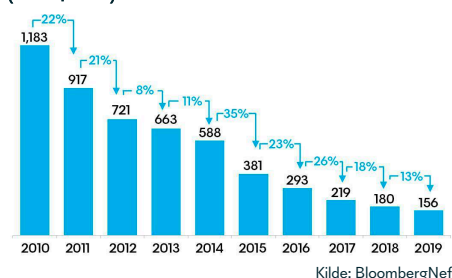
I Danmark har fokus indtil videre været på specifikke områder, såsom elektrificering af jernbanen. Men der skal betydelig elektrificering ind i alle sektorer - og sammenkobling på tværs af sektorerne - for at sikre en grøn og elektrificeret fremtid for Danmark.

Hvad vil ske frem mod 2030?

Elektrificeringen som det største energiskift i det nye paradigme

Den næste grønne omstillingsbølge vil være elektrisk og muliggøres af såvel eksponentiel teknologisk udvikling såvel som politisk viljekraft og kollektive bevægelser. Vi vil se stærk udvikling indenfor opbevaring og konverteringsteknologier. Vi vil se mikrosamfund, bydele, byer, kommuner eller lande gå sammen for at innovere og udvikle løsninger på systemniveau. Disse løsninger vil kunne vise resten af verden, hvordan den elektriske omstillingsbølge er attraktiv for samfundet; både for klimaet, borgerne, virksomhederne og arbejdsmarkedet.

Volume-vægtet gennemsnitlig pris for Li-Ion-batterier (2019 \$/kWh)



Effektiv energiopbevaring vil muliggøre elektrificeringens udbredelse

En forudsætning for en succesfuld direkte elektrificering er effektiv energilagring. Den grønne energi skal kunne lagres og være nemt tilgængelig, når den skal bruges som elektricitet. På dette område går udviklingen allerede stærkt og forventes, at fortsætte over de næste år. I de seneste år har litium-ion-batterier været den dominerende løsning - og prisen har været eksponentielt faldende. Mellem 2010 og 2019 har prisen på litium-ion-batterier haft et forbløffende samlet fald på 87%, ifølge en rapport fra Bloomberg New Energy Finance (BNEF) fra 2019, og i samme rapport forudses en yderligere halvering indtil 2030.

Indtil videre har metalbaserede batteriers udfordring været en stor afhængighed af udvinding af sjældne jordarter eller metaller, hvis udvinding er en trussel for klimaet og naturen. Men teknologien er under konstant udvikling. Innovationer inden for materialevidenskaber, såsom grafenmaterialer, faststofceller og nye katodematerialer, vil være drivende i at forbedre batteriernes genbrug og effektivitet samt i at reducere omkostninger og gøre udviklingen af selve batterierne mere bæredygtig. Endvidere er kampen for at udvikle nye måder at opbevare energi på - i væsker eller molekyler - lovende for fremtidens energilagringssystem, og dermed også for elektrificeringen.



Smarte byer og entreprenurielle nationer vil drive udviklingen fremad

Med den fortsatte stærke urbanisering bliver byerne styrkede magtbaser og drivkræfter i samfundet. Et eksempel er C40-netværket, hvor borgmestre fra 94 store, indflydelsesrige byer er gået sammen om store klimaindsatser, der leder mod en sundere og mere bæredygtig fremtid - herunder elektrificering.

Danmark er allerede på forkant når vi taler smarte by-initiativer, eksempelvis indenfor "smart grids", hvor vi er førende i Europa. København, Aarhus, Aalborg, Vejle og Sønderborg er alle på smarte byer med progressive planer.

Selvom drivekraften indenfor byerne er stor, er der nogle gange vigtigt at tænke større. Særligt for et lille land som Danmark er det ikke nok at kunne fremvise en by for at tiltrække opmærksomhed på det globale marked. Her er Norge, med sin elektrificeringsagenda, særligt indenfor elbiler, helt i front. 80% af alle nye biler, som sælges i Oslo, er elektriske eller hybrid og infrastrukturen med ladestationer til elektriske køretøjer er veludbygget - en udvikling støttet af reguleringer og incitamenter, men med henblik på et kommercielt drevet marked på lang sigt. Ole Henrik Hannisdahl, som er administrerende direktør i ladestations-virksomheden Grønn Kontakt (96% ejet af den statsejede energivirksomhed Statskraft) kommenterer det med, at "den norske elbil-politik er i praksis et regeringsstøttet norsk eksperiment for at vise, at det er muligt at opnå et grønt skifte i transportsektoren".



Nye mikrosystemer gennem lokale grids

En anden udvikling, der vil have indvirkning på elektrificeringen, er udviklingen af lokale grids. Globalt har man, af forskellige grunde, valgt at skabe isolerede mikrosystemer for elektricitet, og dermed koble sig helt eller delvis fra det eksisterende energinetværk.

Udviklingen er muliggjort af decentraliseret adgang til grøn energi og grønne opbevaringsmetoder, og dukker op i forskellige dele af verden.

I den vestlige del af verden er det en græsrodsbevægelse, der ønsker at opnå cirkularitet i et overskueligt system. I Japan har hele byer skabt deres egne systemer. Her er det drevet af en mistillid til energiforsyningssektoren, efter ulykken i Fukushima.

Kenya har lokale grids, som et kerneelement i sin nye elektrificeringsstrategi. Her analyseres, hvilke veje til elektrificering af hjem, virksomheder og offentlige faciliteter, og særligt i fjernliggende dele af landet, der er mest omkostningseffektive. Lokale grid-løsninger er i den sammenhæng ofte den bedste løsning, grundet manglende infrastruktur.

Indenfor forretningsverden er interessen for selvforsyning stort, og måske vil vi frem mod 2030 se virksomheder bygge lokale grids og mikrosystemer for at sikre grøn og pålidelig energiforsyning.

Tema-nedslag

Indirekte elektrificering via Power-to-X

Indirekte elektrificering gennem Power-to-X

Indenfor nogle af de mest drivhusgasudledende sektorer, såsom luftfart og skibsfart, forventes elektrificering at tage længere tid. Der findes dog mulighed for indirekte elektrificering ved at benytte grøn energi som katalysator for en række konverteringsteknologier, som samles under navnet Power-to-X (PtX). Begrebet er en kollektiv beskrivelse af alle de teknologier, der kan konvertere energi fra grøn elektricitet til en anden energiform ("X") - enten opbevaret energi gennem flydende, termisk eller batteribaseret lagring, eller konverteret til direkte brugbar energi, som brint eller elektrofuels, f.eks. gennem elektrolyse som konverteringsmetode.

Formålet er at sikre et effektivt forbrug, når der er overskud af vedvarende energi, og på den måde optimere systemet i forhold til energieffektivitet. I dele af verden er potentialet allerede stort. I Tyskland produceres over 40.000 MW i offshore, sol- og vindkraft, men hvert år går omkring 5.500 MW af dette potentiale tabt, fordi elnetterne ikke kan absorbere det hele.

Potentialet for PtX og carbon capturing

Ved brug af PtX ville man kunne vække liv i den spildressource, som i dag er den største "årsag" til, at vi er i den situation vi er i - nemlig CO₂. Kombinationen af carbon capturing og PtX vil kunne muliggøre udviklingen af CO₂-negative brændstoffer eller andre materialer - det vil sige brændstoffer og materialer, som bruger mere CO₂ end det udleder.

Der er mange forskere og virksomheder, både etablerede og start-ups, som i dag prøver at udvikle teknologien, og gøre den kommercielt gangbar. Et eksempel er Siemens og Amager Ressourcecenter, som kigger på en løsning, hvor CO₂'en fjernes fra røgen fra forbrændingsanlægget Amager Bakke. Ambitionen er at bruge CO₂ fra røgen til at fremstille brint ud af grøn strøm. På den måde ville man kunne koble affald, varme, CO₂, brint og grøn strøm sammen i et cirkulært flow. Et andet er PtX-projektet Kopernikus i Tyskland, som i november 2019 producerede de første liter af CO₂-neutrale brændstoffer, som nogensinde er skabt ved hjælp af luftfanget CO₂ og grøn elektricitet. Endelig er der virksomheden Opus 12, som beskrives mere uddybende længere fremme i rapporten, der producerer nogle af de basale molekyler, som fungerer som byggeklodser i vores produktionssystemer, ved brug af grøn Power-to-X og fanget CO₂.

Ifølge Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) skal vi fjerne 10 milliarder tons af CO₂ fra atmosfæren hvert år i dette århundrede, for at holde den globale opvarmning under 1,5 °C og bidrage til at forhindre de værste konsekvenser af klimakatastrofen. CO₂-negative brændstoffer og materialer kan hjælpe på vej, men vi skal også have mere radikale løsninger for at fange og opbevare CO₂ hvis dette mål skal nås.

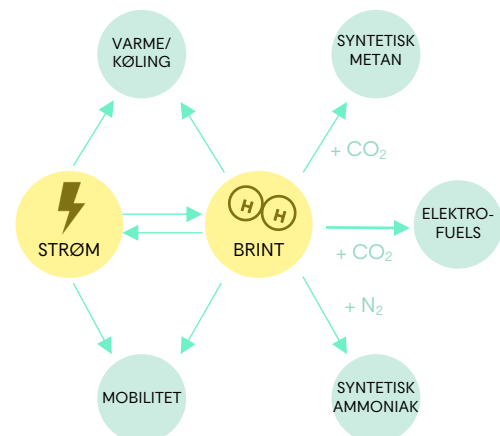
Danmark har et godt udgangspunkt for PtX

Danmark står, af to primære grunde, i en meget stærk position til at tage en førerrolle i udviklingen af PtX-løsninger og forretningsmodeller. Dels er der god eksisterende adgang, men også god yderligere kapacitet, for vedvarende og billig grøn energiproduktion, som beskrevet i næste kapitel. Som en lille nation har vi også god forståelse og kultur for samarbejde, samt en velfærdsmodel, som gennem kommunale og statslige strukturer fremmer og faciliterer samarbejde og innovation på tværs for, og på den måde fremmer samfundet generelt. Ved at udnytte denne position på en intelligent måde, vil Danmark kunne udvikle produkter og løsninger, som både gavner klimaet og kan skabe konkurrencefordele på det globale marked.

PtX har et stort potentiale i at sikre, at vi kan bruge, konvertere eller opbevare grøn energi på en fleksibel og bæredygtig måde. Vi skal dog huske, at PtX ofte er enormt energikrævende, og uden grøn energi kan vi ikke tale om bæredygtige løsninger. På den samme måde kan vi ikke tale om fremstilling af bæredygtigt metan eller elektrofuels uden adgang til bæredygtigt produceret CO₂.

Konceptuel illustration af PtX

Illustrativ - ikke udtømmende



I verdens første integrerede Power-to-Liquid (PtL) testfacilitet i Tyskland lykkedes det i 2019, for første gang, at syntetisere brændstoffer fra luftfanget kuldioxid. På grund af sin modulære karakter kan processen installeres decentraliseret, f.eks. på steder, hvor der findes store mængder sol-, vind- eller vandkraft.

Foto: Patrick Langer, Karlsruhe Institute of Technology

Perspektiv fra en iværksætter

Potentialet i Power-to-X og carbon capturing

Interview med Nicholas Flanders, grundlægger af Opus 12

Ekstraktion af CO₂ for at genbruge det i kemikalier, materialer og brændstoffer er en af de mest lovende løsninger til at reducere behovet for fossile brændstoffer og genindføre CO₂ i et cirkulært flow. Dette er, hvad Opus 12 arbejder på. De kalder deres teknologi "industriel fotosyntese". Ved at tage de samme input som en plante, nemlig CO₂, vand og vedvarende energi, kan de omdanne det til ilt og brugbare CO₂-baserede produkter. Virksomheden fokuserer på at lave byggestenene til dagligdags materialer, kemikalier og brændstoffer, der normalt ville være lavet af fossile brændstoffer. Du ville ikke være i stand til at fortælle, at dine sko, din plast eller dit brændstof var CO₂-neutralt eller negativt, men selve kulstoffet i produktet vil være bæredygtigt produceret.

Interessen for Opus 12 og deres udvikling er skyhøj. Nicholas ser, at det drives af virksomheder, som ønsker at imødekomme markedskrav fra slutforbrugere.

"Det er bestemt forbrugerdrevet. Folk kan stemme med deres tegnebog. Virksomheder ser efterspørgsel fra deres kunder og kontakter derefter sine leverandører for at spørge, om de vil samarbejde med os. Efterspørgslen drives opstrøms."

Når han beskriver Opus 12 og deres teknologi er parallellerne til naturlige processer og planetens tilgang til at gøre ting tydelige.

"Naturen forstod cirkularitet for længe siden. Vi prøver bare at indhente det. Men i dag smides CO₂ ud, fordi det er et lavenergiprodukt. For at skabe værdi ud af CO₂ har vi brug for grøn energi. Med brug af løsninger som Power-to-X kan vi skabe grønne produkter ved brug af grøn elektricitet."

For dette påpeger han imidlertid, at adgang til grøn energi er altafgørende.

"Jeg tror, vi vil bevæge os hen imod en verden, hvor rene elektroner er en af de vigtigste valutaer. Derfor er konkurrencedygtig ren energi en af de vigtigste udviklinger i verden i dag, som mange bygger deres forretning omkring. Det er således meget spændende at se omkostningerne for vedvarende energi falde så hurtigt, meget hurtigere end vi havde forventet. Da vi startede Opus 12 for et par år siden, var offshore-vind f.eks. en meget dyr og usandsynlig ting, og nu, bare et par år senere, ser vi attraktive el-købsaftaler for offshore-vind. Jeg tror ikke, at vi mennesker er særligt dygtige til at forestille os eksponentiel udvikling. Vi bliver altid overrasket."

Her ser han, at Danmark har et stærkt udgangspunkt og en vigtig rolle at spille i konvertering af grøn energi til klimavenlige produkter.

"Danmark har et aktiv i adgangen til billig energi og ren energi, der er opbygget i lang tid. Jeg tror, at Danmark vil være et knudepunkt, der tiltrækker eksisterende eller fremtidige elektricitetssultne teknologier, der vil placere faciliteter eller forskning og udvikling i regionen. Det er en unik strategisk position, hvor Danmark fortsat vil være verdensledende."

Ved at kombinere adgangen til grøn energi med den

strategiske ekspertise og vigtigheden af skibsfart kunne Danmark være dem, der udvikler fremtidens raffinaderi. Dette raffinaderi har ikke nogen olierørledning, der går ind i den. Alt, hvad du behøver for at fremstille de kulstofneutrale brændstoffer, tages fra luften. Her kunne Danmark påtage sig rollen som eksportør af rene produkter - vindenergi, der er forankret i skibsbrændstof eller jetbrændstof f.eks."

Han påpeger også, at finansiering af både grundforskning og opskalering af banebrydende innovationer er et succeskriterium.

"Årsagen til, at vi findes, er baseret på en lang række videnskabelig forskning. Vores teknologi bygger på en gammel idé udviklet i Japan under den anden energikrise for fire årtier siden. Denne blev glemt, da oliepriserne faldt, men nu, når interessen findes igen, har der været så mange fremskridt inden for grundforskning, såsom nanoteknologi og polymerkemi, som vi kan bygge videre på. Derfor er offentlig finansiering i grundforskning ekstremt vigtig."

I USA er der en hel del finansiering til grundforskning og til overgangen fra grundlæggende forskning til tidlige kommercielle applikationer. Når vi begynder at skalere, har vi et Small Business Innovation Research-program, hvor alle føderale agenturer som NASA eller Department of Energy afsætter 3,2% af deres forskning og udviklingsbudget til finansiering af små eller nystartede virksomheder, der udvikler gennembrudsteknologier. Så inden for materialevidenskab og energi er det ikke risikokapitalisterne, der påtager sig de tidlige risici, det er faktisk regeringen."

"Naturen forstod cirkularitet for længe siden. Vi prøver bare at indhente det."

Nicholas Flanders, Opus 12



Foto: Hans Haugstad

Signaler fra fremtiden Elektrificeringens udbredelse



At udstyre et standard enfamiliehus' varmebehov med en **elektrificeret varmepumpe** i stedet for en oliebrænder, kan der spares op til 40% årligt i primært energiforbrug. Ifølge EU's 2050-strategi fra 2019 kan elektrificerede varmepumper bidrage til en 80% grøn energiforsyning af varme og køling i bygninger og industri inden 2050. Nøglen til succes hedder endnu en gang sektorkobling gennem integrerede og smarte infrastrukturer.



Kina ønsker, at en **fjerdedel af alt salg af biler skal være elektriske i 2025** - en femdobling i forhold til 2019. Desuden er målet, at 30% af al bilsalg skal være "Intelligente, tilsluttede køretøjer" - eller biler med et vist niveau af automatisering, ifølge et udkast til en fremtidsplan udgivet af Kinas ministerie for industri- og informationsteknologi. Det er en retningsændring i forhold til deres sidste roadmap på temaet fra 2017, hvor de sagde, at 20% af alt salg af køretøjer i 2025 skulle være elektriske, brændselscelle- eller plug-in hybrider.



Forskere ved Hong Kong University har opfundet og patenteret en lille, bøjelig, stabilbar og billig måde at **konvertere lavvarme til elektricitet**. De kalder teknologien "Direct Thermal Charging Cell". Ifølge forskerne er det den mest effektive løsning for konvertering af lavvarme til energi til dags dato. Varme med lav temperatur findes i overflod i for eksempel industrielle processer.



Lige inden jul 2019 kom IBM med en tidlig, mystisk og mulig julegave. Da afslørede de nemlig **en ny type batteri, som er fri for tungmetaller**. Der er ikke sluppet meget ud, men der er tale om et batteri, der kombinerer tre nye og forskellige (patentbeskyttede) materialer, som er ekstraheret fra havvand - en meget mindre invasiv udvindingsteknik end minedrift. IBM lover også relativt lave omkostninger, høj strøm- og energidensitet, og en opladningstid på 5 minutter for at nå 80%.



visblue
energy in the flow

Danske VisBlue har udviklet et såkaldt **redox flow-batteri, som lagrer strøm i en væske**, hovedsageligt bestående af vand. Som et resultat af batteriets flydende form kan det hverken brænde eller eksplodere, hvilket gør det sikkert at placere i tæt befolkede og bebyggede områder. Batteriet kan operere i et stort temperaturspænd, hvilket giver fleksibilitet i forhold til installationer verden over. Desuden er batteriets levetid minimum 20 år - væsentlig længere end andre batterityper, og 99% af batteriernes affald kan genbruges.



Med hjælp af mængder af smarte løsninger har en svensk ingeniør bygget en **500 m2 selvforsynende off-grid villa** ved brug af solceller, elektrolyse og brændselsceller. Via solceller, elektrolyse og brændselsceller producerer huset endda strøm til, at det også kan holde hjemmets to el-biler kørende på daglig basis.



ADGANG TIL GRØN OG CIRKULÆR ENERGI - fra knaphed til overflod

Hvorfor er det vigtigt?

Vi begyndte at drømme om at opsamle fri energi fra solen i 50'erne, da det første solcellepanel blev opfundet af Bell Labs. På det tidspunkt var incitamentet til at flytte væk fra vores centraliserede infrastruktur bygget omkring central udvinding af fossile brændstoffer lavt. Statstilskud har spillet en stor rolle i udviklingen af ren og grøn energi. Og endelig er vi her. For at forsyne verdens energibehov i et år har vi kun brug for 1 time af den mængde sollys, der dagligt rammer jordens overflade. Men det er kun sol. Det vi i dag ser, er en overflod af alternativer - innoveret fra en bred palet af innovatører med nye færdigheder ikke tidligere set. Biologer og kemikere, der ved at vende energiprocesserne om, kan genskabe naturens egne evner til at skabe energi. Digitale iværksættere, der definerer de nye forretningsmodeller og værdiskabende netværk i en fremtid, hvor marginalomkostningen for energi bliver tilnærmelsesvis 0.

...og hvad er perspektivet

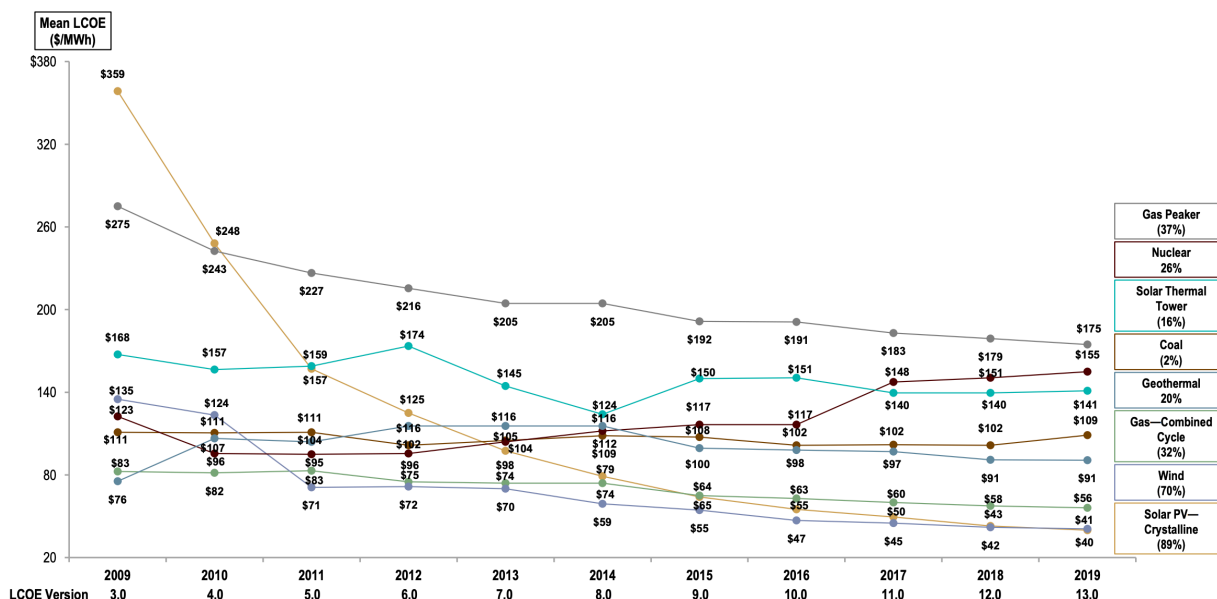
Med decentralisering og mangfoldighed i vores energimiks kommer nye udfordringer. Kan vi i 2030 have et energisystem, der producerer en overflod af forskellige typer af grøn energi? Hvad hvis vi også kunne skabe et cirkulært system, der sikrer, at vores ressourcer bliver effektivt genbrugt fra et energiperspektiv. Og sikrer, at det, vi ser som skrald i dag, bliver til værdi? Hvad vil så ske med det system, vi kender i dag? Hvordan kommer vores efterspørgsel efter energi til at ændre sig, hvis energi blive grøn og næsten gratis? Hvilke nye behov vil opstå?

Hvor står vi i dag?

Grøn energi er blevet konkurrencedygtigt

Historisk udvikling: Omkostninger til forskellige energiformer

Kilde: Lazard's *Levelized Cost of Energy Analysis* (LCOE) #13 (2019)



Nye vindere på markedet

Takket være eksponentielle prisreduktioner grundet teknologisk udvikling og muliggjort af innovation og statsstøtte, ser vi i dag nye vindere på energimarkedet. *Levelized Cost of Energy* (LCOE) er en model udviklet af den amerikanske virksomhed Lazard, der angiver, hvor meget det koster i kroner og ører at producere energi fra en given energiteknologi, når alle omkostninger er medregnet¹. De globale institutioner, som ser på LCOE, såsom Bloomberg, International Renewable Energy Agency (IRENA), European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) og Verdensbanken, nåede i 2018 for første gang frem til den konklusion, at nogle af de vedvarende energikilder for elektricitet nu er billigere end fossil energi. Ifølge analysen er det flere steder i verden i dag billigere at bygge nye sol- og vindanlæg end at forsætte med eksisterende kulfabrikker. Udviklingen indenfor solenergi har været mest imponerende. Ifølge Lazard overhalede sol i 2019 vind som den billigste energikilde.

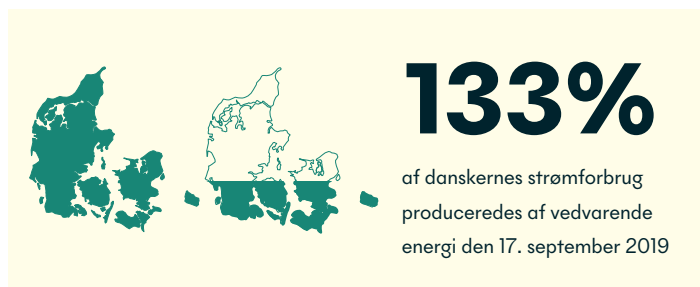
Danmark står stærkt - men der er rum for udvikling

Den danske industri står allerede stærkt i forhold til grøn forsyning. Særligt når det kommer til vind, hvor Danmark tidligere var et foregangsland, som turde satse på teknologien. Søndagen den 17. september 2019 satte de danske vindmøller rekord og producerede over hele døgnet 30% mere strøm, end danskerne samlet kunne udnytte, ifølge en rapport fra Energinet (2019). Lægges produktionen fra solcellerne oveni, så kom andelen af vedvarende el op på 133% af forbruget set over hele døgnet. Dette på trods af, at flere vindmøller stod stille på dagen, da de af markedsmæssige og regulatoriske grunde blev koblet ud, blandt andet fordi elprisen var negativ under dele af døgnet. Over

hele året findes mulighed for udvikling. Produktionen af vedvarende energi svarede kun til 32,9% (246,3 PJ) af den samlede primære energiproduktion i 2018 (Energistyrelsen). Men potentialet ligger lige for. Ifølge Energistyrelsens screening er der f.eks. plads til minimum 12,4 GW kapacitetsudbygning - bare på havet.

Stadig stort potentiale for global vækst

På globalt plan udgør moderne² vedvarende energikilder kun 11% af det samlede endelige energiforbrug i 2018. En andel som skal øges markant - også set i kontekst af en global befolkningstilvækst - hvis vi skal nå at komme under 1,5-gradersmålet. Ifølge FN's Sustainable Development Goal (SDG) #7 Clean Energy er der endvidere 800 millioner mennesker i verden uden adgang til elektricitet (FN, 2019). Særligt i områder med stort potentiale for vedvarende energi, såsom sub-Sahara, findes en stor mulighed for at springe direkte til elektrificering baseret på vedvarende energi.



¹ LCOE beregner produktionsomkostningerne for en enhed af elektricitet, målt over enhedens (f.eks. en vindmøllepark) levetid, hvor udviklingsomkostninger, kapitalinvesteringer, finansielle omkostninger og levetidsomkostninger er medtaget med højde for inflationen
² Eksklusiv den traditionelle brug af biomasse i overensstemmelse med FN's definition for SDG 7 "Clean Energy for All"

Hvad vil ske frem mod 2030?

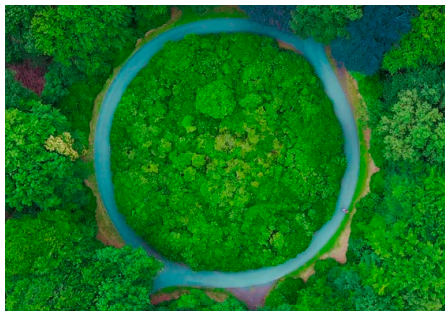
Allestedsnærværende og cirkulær energiforsyning

Den fremtidige grønne energiforsyning vil være divers og allestedsnærværende. Den understøttes af nærmest uendelige ressourcer (sol, vind og vand) eller cirkulært genbrugte ressourcer. Det er ikke en enkelt løsning, der vil løse fremtidens behov, men en palet af innovationer og nye teknologier. Digitale værktøjer og robotter indenfor forskning vil understøtte udviklingshastigheden gennem nye muligheder for meget hurtig eksperimentering og simulering.



Energiforsyningen spredt sig ud og bliver allestedsnærværende

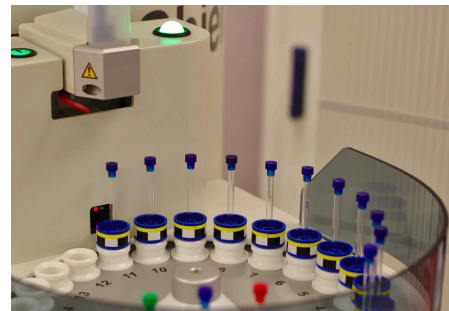
Dagens vedvarende energiforsyning har brug for mere fysisk plads. Frem mod 2030 vil teknologierne derfor udvikles for at muliggøre installation på nye pladser - til havs, på tage eller i vinduer. Mens dele af denne udvikling stadig understøtter centraliserede installationer af forsyningsteknologien i store vindparker eller solfelter, er en underliggende udvikling at gøre teknologier modulære og nemt installerbare for alle indbyggere. Udviklingen er tydeligst indenfor solenergi. Her går udviklingen stærkt mod at gøre panelerne små, modulære og endda gennemsigtige, så at de kan bygges ind i tage, vinduer eller direkte i skærme. Frem mod 2030 vil vi opleve, at den grønne energiforsyning blive allestedsnærværende.



Cirkularitet i energiforsyningen - fra skrald til værdi

Ifølge FN blev der i 2017 udvundet omkring 90 milliarder tons naturressourcer til at understøtte den globale økonomi - mere end 12 tons for hver person på planeten. Baseret på aktuelle tendenser fra FN forventes dette tal at være mere end dobbelt så stort i 2050 (UN Environment, 2017). Så behovet for løsninger, der understøtter større cirkularitet, er stort. Heldigvis er der indenfor energisektoren en stigende tendens mod genbrug, hvor skraldprodukter bliver lavet om til værdifuld energi.

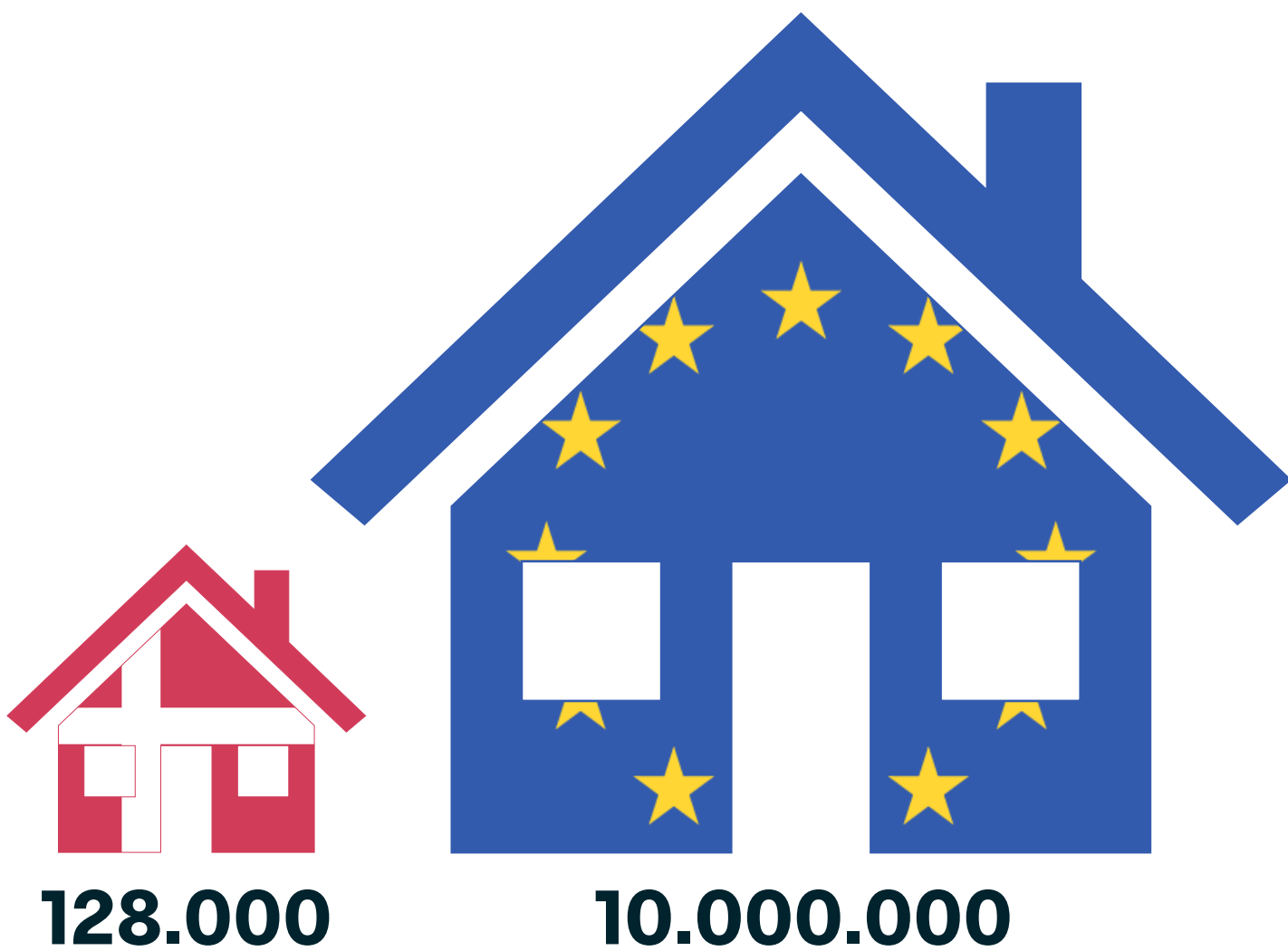
Tanken er i sig selv ikke ny. Siden midten af 70'erne har vi genbrugt spildprodukter til f.eks. at skabe varme og energi. Men frem mod 2030 vil fokuset på cirkularitet blive endnu større. Kreative løsninger på tværs af sektorer vil udvikles for at sikre et effektivt ressourceforbrug og undgå spild. Her findes stort potentiale indenfor biogas, hvor bioaffald fra f.eks. landbrug, industri og husholdninger bliver genbrugt og transformeret til biogas. Dette kan bruges til at direkte erstatte naturgas i eksisterende infrastruktur. Et andet eksempel er spildvarme, hvad der svarer til 128.000 enfamiliehusenes fjernvarmebehov i dag går spildt i form af overskudsvarme, ifølge beregninger fra DI (2018). Indenfor EU estimeres det tilsvarende tal at være 10 millioner husstande (Bianchi et al. 2019).



Materialevidenskab + kunstig intelligens + computers + robotter vil accelerere forsyningsudvikling

Et voksende område i den teknologiske udvikling er det kreative kryds mellem materialevidenskab og computer- og robotteknologi. Det vil være afgørende for den teknologiske udvikling, særligt indenfor grøn energiforsyning og -lagring. Her spiller den digitale udvikling en vigtig rolle allerede i innovationsfasen. Dette bl.a. i forhold til at kunne eksperimentere, simulere og teste ved at bruge f.eks. selvlærende algoritmer med potentiale til at forkorte testcyklussen radikalt. Forskere vurderer, at på den samme tid, som man med traditionelle metoder laver et enkelt eksperiment i dag, vil man med digitale teknologier kunne lave 100.

Potentialet for effektivt at udvikle og bruge materialeforbedringer af eksisterende teknologier eller radikalt nye materialer bør derfor hele tiden tænkes ind, når man taler om fremtidens energiforsyning og energisystem.



Enfamilieshuses fjernvarmebehov bliver i dag spildt i form af
overskudsvarme fra industri i Danmark og EU

Perspektiv fra en forsker

Fremtidens distribuerede energiforsyning

Interview med Kasper Moth-Paulsen, forsker ved Chalmers Tekniske Universitet, Göteborg.

Når solen er gået ned, skyerne er fremme eller vinteren er over os, kan solen i fremtiden alligevel holde os varme på bæredygtig vis. Det er i hvert fald, hvad Kasper Moth-Paulsen og hans team arbejder på. Et særligt molekyle kan nemlig opbevare solenergi i op til 18 år uden nævneværdigt spild. Ved brug af en katalysator kan energien frigives, når der er brug for den.

En underliggende drivkraft for Kasper og hans team er at udvikle teknologier, som muliggør distribueret og bæredygtig energiforsyning. Interessen for deres produkt kommer særligt fra de virksomheder, der kan inkorporere teknologien direkte i deres produkter.

"I vores forskning forsøger vi at lave energi, som kommer fra solen, produceret uden nogle emissioner og som kan levere energi, når der er brug for det. Den er ikke afhængig af naturressourcer, som er begrænsede til særlige områder i verden, eller som gør det nødvendigt at afbrænde noget."

Hvis du integrerer de her materialer, så vil du kunne bygge huse med selvregulerende indeklima, eller biler som regulerer temperaturen automatisk – alt sammen på en bæredygtig måde. Her er det de producerende virksomheder eller bygvirksomheder, som er interesserede i en teknologi, som kan løse et problem. De er interesseret i, hvordan man f.eks. skaber et behageligt indeklima på en bæredygtig måde og ikke nødvendigvis, hvor energien kommer fra."

Når Kasper Moth-Paulsen kigger fremad, ser han en fremtid med radikal innovation og helt nye energiløsninger. Fra et dansk perspektiv gælder det derfor om at være "first mover".

"Man møder rigtigt mange mennesker, som tror, at alt skal klares med eksisterende teknologier, såsom biobrændsler og vindkraft. Men muligheden for at opfinde noget nyt eller at se på systemet på en ny måde eksisterer også. Dette kræver dog, at man tør investere i innovation og teknologi."

Det var blandt andet det, man gjorde med vindmøller i Danmark. Der var nærmest ingen, som troede, at vindkraft nogensinde skulle blive en betydelig del af energimarkedet. Men man satsede på teknologien, og det gav Danmark en stærk global position – derfor skal Danmark fortsat turde gå forrest."

Han mener, at innovationshastigheden for udviklingen af nye løsninger vil accelerere drastisk over de næste par år, med hjælp fra digitale teknologier og robotter.

"På grund af teknologiuudviklingen findes der nye muligheder, som kan vende op og ned på forskningen. Historisk set har det været meget dyrt at lave nye materialer, fordi det kræver forskere, som skal lave dyre eksperimenter. I dag tager det 8-10 måneder at lave et eksperiment. Med automatisering vil vi kunne lave 100 eksperimenter på den samme tid. Vi står ovenfor en revolution, hvor det hele bliver automatiseret og computerstyret. Derfor bliver store gennembrud meget hyppigere i fremtiden."

"Vi har ikke råd til at vente i 20 år på at få resultater. Med nye teknologier kan vi komme til konklusioner meget tidligere. Derfor bør vi heller ikke fokusere for smalt og investere i store enkelte satsninger, som kræver milliarder, men i stedet kigge på investeringer i forskellige typer af innovationer."

Til sidst understreger han, at det er markedet, som vil sikre transitionen.

"Som forskere skal vi vise, at det virker, og derefter skal løsningerne ud på markedet. Vi skal fra start tænke på, hvordan løsningerne kan skaleres. Derudover skal teknologierne være billigere end dem, der er på markedet i dag – for så bliver transitionen ikke engang et valg."

"Hvis vi kan ændre adgangen til grøn energi ved at gøre det billigere, end det vi har i dag, så vil det ændre verdensbilledet."

"I dag tager det 8-10 måneder at lave et eksperiment. Med automatisering vil vi kunne lave 100 eksperimenter på den samme tid."

Kasper Moth-Paulsen,
Chalmers Tekniske Universitet



Foto: Oscar Mattsson | Chalmers University of Technology

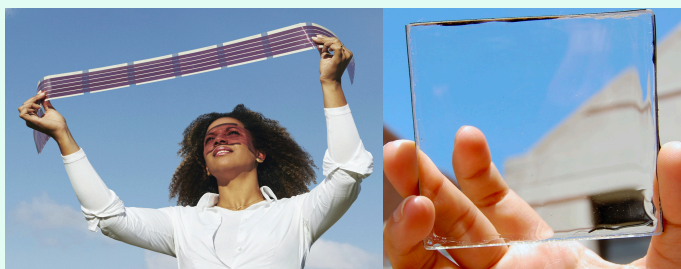
Signaler fra fremtiden Allestedsnærværende energiforsyning



Efterhånden som det disponible land fyldes op, må vi finde på andre løsninger for vores vedvarende energikilder. Vindkraft og solparker søger derfor nu mod vand, hvor vi ser hurtige omkostningsfald for løsninger som **offshore-vind og flydende solpaneler**. De største flydende solfarme er bygget på en gammel kulmine i Kina, og de tidligere minearbejdere er omskoleet til solcellepanelmontører og vedligeholdelsespersonale - med højere løn. Og de er ikke længere udsat for de skadelige forhold i kulminerne.

Endvidere har nybygget offshore-vind oplevet det hurtigste omkostningsfald for alle vedvarende energikilde, ifølge Bloomberg New Energy Finance. Det Internationale Energi Agentur estimerer det globale potential i offshore vind til mere end 420 000 TWh - mere end 17 gange den globale elektricitetsefterspørgsel i dag. Endvidere tror de at markedet vil nå \$1 billion inden 2040. I en rapport, bestilt af Verdensbanken og den danske regering, vurderes det globale potentiale for flydende solpaneler at være 400 GW. Til sammenligning svarer den totale installerede vindkraftskapacitet i 2018 til cirka 600 GW.

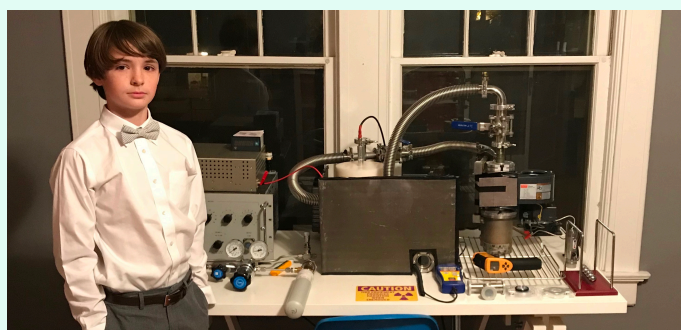
Her i Danmark foreslås i stedet at **skabe kunstig jord**. Den danske regering har afsat 65 millioner d.kr. til præliminære studier for **kunstige energi-øer** i Nordsøen med kapacitet på op til 30 GW - 20 gange mere end, hvad de 340 danske havvindmøller i Nordsøen leverer i dag.



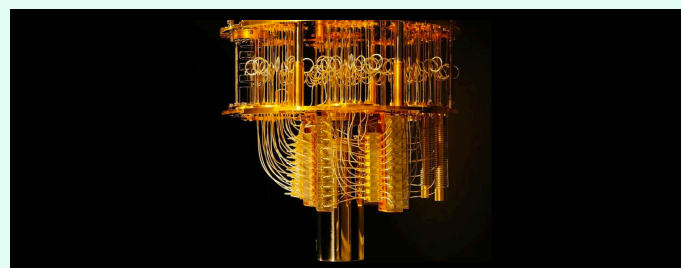
Snart vil din mobilskærm blive mobiloplader eller dit vindue vil give strøm til dit hjem. F.eks. er forskere ved Australiens nationale forskningsorganisation CSIRO i gang med piloter på **printbare solceller**, som kan printes på helt almindelige printere ved brug af en særlig type af solcelleblæk. Ubiquitous Energy, en spin-out fra forskerne på MIT, har udviklet **gennemsigtigt solenergi-glas**. I efteråret 2019 åbnede den kommercielle produktion af deres gennemsigtige solenergivinduer. Virksomheden hævder "praktisk effektivitet over 10%, mens der opretholdes op til 90% synlig gennemsigtighed". Virksomheden har for nylig fået patent på at integrere gennemsigtig solenergiteknologi i displays.



Forskere ved Stanford har udviklet et nyt system, der kan udnytte energi i mørke - og dermed lukke et hul for solcellepaneler ved at muliggøre **høstning af energi fra nattehimmelen**. Systemet, der kaldes "anti-solcellepanel", er i øjeblikket kun testet i en lille prototype, det blev betragtet som en succes - med umådeligt potentiale.



Kernekraftens fremtid vil være spændende for den grønne energiforsyning. Virksomheder, som danske Seaborg Technologies, prøver at forny fissionskraften, og vil i det arbejde bruge kerneaffald fra gamle reaktorer. Andre holder drømmen om **fusionsenergi** i live. DTU indviede sin forsøgsreaktor i 2019. Ved JET, den nuværende centrale forskningsfacilitet for det europæiske fusionsprogram, vil forsøgene fortsætte de næste par år, inden den overleveres til ITER, en global forskningsfacilitet i Frankrig, som vil være verdens største fusionsreaktor. Her planlægger EU, Schweiz, Japan, Kina, Rusland, Indien, Sydkorea og USA i fællesskab større fusionseksperimenter i fuld skala fra 2025 og fremefter. Det behøver dog ikke være så store eksperimenter. I 2018 byggede en 12-årig en fungerende fusionsreaktor ved hjælp af ting, som han fandt på eBay. Fusionsreaktoren kræver stadig mere energi, end den producerer, men gennem hans resultater blev han den yngste der lykkedes.



En af de mest lovende anvendelser af kvantecomputere er **ekstrem simulering af opførsel af materialer** ned til molekylært niveau. For eksempel bruger autofabrikanter, som Volkswagen og Daimler, kvantecomputere til at simulere kemiske sammensætninger. Selvom kvantecomputere er en præmatur teknologi, bliver fremtidens kvantegennembrud vigtige for at udvikle nye energiteknologier.

Hvad vil det betyde?

En sektorkoblet fremtid, frem mod 2030

Teknologierne findes allerede - og flere er på vej

- Det findes en lang række teknologier til at reducere udslip af drivhusgasser på markedet i dag. Der er energiteknologier for grøn energiproduktion, opbevaring, konvertering og digitale løsninger for energieffektivisering, optimering og styring. For nogle af dem er business casen uden subventioneringer eller reguleringer allerede i dag positiv i forhold til fossile brændstoffer. Frem mod 2030 vil fremtidige, men i dag ukendte, gennembrudsteknologier muliggøres af forskning, som accelereres af digitale teknologier, automatisering og kunstig intelligens.
- Et fokusområde, der løber parallelt med denne udvikling mod sammenkobling og dataudveksling, er løsninger til at beskytte systemerne. Områder som cybersikkerhed og robust systemdesign bliver derfor værdiskabende kompetencer frem mod 2030.

Teknologiudviklingen vil ændre energimarkedets dynamik

- Teknologiudviklingen vil frem mod 2030 markant forandre dynamikken på energimarkedet. Muligheden for distribueret energiproduktion i lille skala, nye teknologier for konvertering, samt digitale platforme vil åbne op for helt nye aktører og ny værdiskabelse. Det vil gælde indenfor for mange områder, f.eks. skibsfart, landbrug og transport. Det gør, at vi går fra endimensionelle værdikæder til værdiskabende sektorkoblede netværk. Udviklingen går mod, at vi som forbrugere endda vil blive en del af systemet som så kaldte "prosumers", som både forbruger, producerer og sælger energi.
- Markedet vil være karakteriseret af et nyt niveau af transparens. Alle vil kunne se alt, og det vil skabe en endnu større efterspørgsel efter grønne løsninger og mere regulering - i første omgang for drivhusgasser og på sigt hvem ved - måske også biodiversitet. Dette vil - i kombination med genbrugstendenser og nye konverteringsmetoder som Power-to-X - muliggøre et meget mere cirkulært system, hvor vi bruger incitamenter for at undgå ressourcespild.





Nøglen findes i at fremme energi i samarbejde

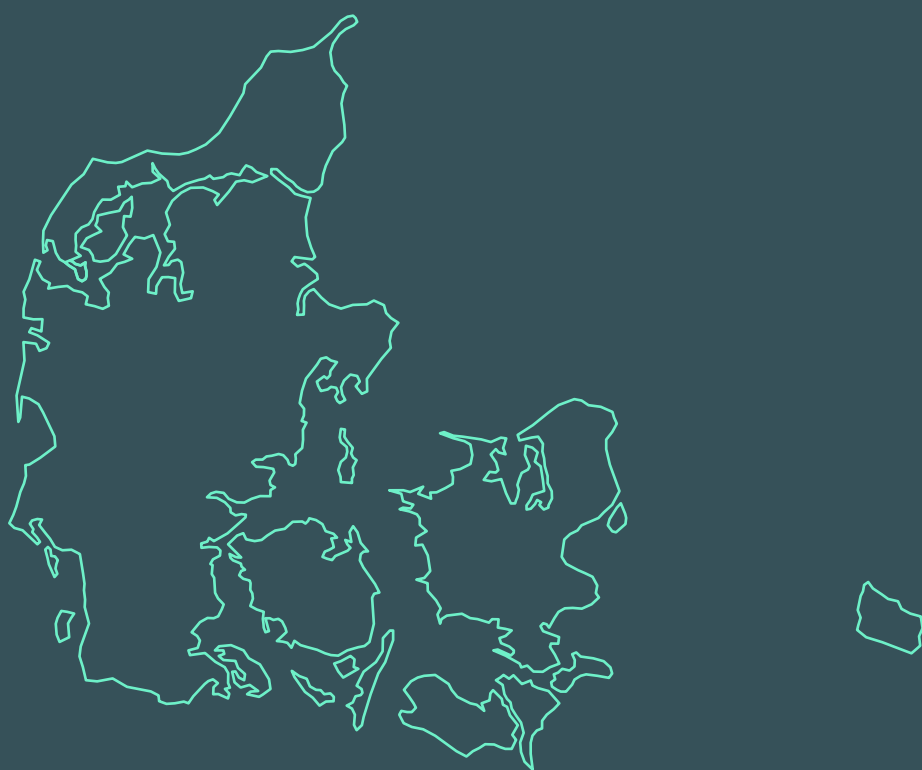
- En meget stor del af Danmarks behov for reduktion af drivhusgasser kan findes i sektorkobling, hvis vi vel og mærke handler nu. Det kræver både langsigtet og kortsigtet samarbejde på samme gang.
- På sigt vil samfundet blive meget mere elektrificeret, som er energieffektivt, hvor den vedvarende elektricitetsproduktion fuldt ud kan bruges.
- Men vi kan ikke vente på en altomfattende, direkte elektrificering for at realisere det potentiale, der er. Vores infrastruktur vil ikke blive skiftet ud over en nat. Vi skal i stedet finde kreative og intelligente løsninger på tværs af sektorer og mellem de aktører og teknologier, der er i den nuværende infrastruktur.
- Det stiller krav til virksomheder om øget samarbejde og øget innovation. Det stiller krav til det politiske system om at skabe de rette rammer og incitamenter samt at identificere og støtte de tværgående synergier i de forskellige business cases. Herunder stiller det krav på at både samfund og virksomheder samarbejder omkring den information - den data - de har.

Danmark har en unik position på det globale marked

- De tre trends beskrevet i rapporten – intelligens og transparens med digitale værktøjer, elektrificering af samfundet og adgang til grøn og cirkulær energi – er oplagte trædesten for Danmark til at være frontløbere i en global grøn omstilling.
- Innovative danske virksomheder bygger på en kultur og en historik om at gå forrest – også på klimaområdet. Dette proaktive momentum skaber erfaringer og kompetencer, som bliver efterspurgt på et globalt marked.
- Potentialet er stort. Som beskrevet i rapporten, forventes alene stigningen i efterspørgsel efter energieffektive løsninger frem mod 2040 at være otte gange større end det samlede nuværende globale marked for vindenergi.
- Danmark og danske virksomheder har en unik mulighed for at skabe innovationsmiljøer og tiltrække globale talenter til denne udvikling, som vi f.eks. har set det med robotklyngen i Odense og med tidligere vindmølle-eventyret.
- Dansk kreativitet og evne til at arbejde sammen på tværs giver optimisme, men forudsætter fortsat satsning på innovation, iværksættermindset, åbenhed og risikovillighed.

3. FIRE DANSKE CASES

- I. EnergyLab, Nordhavn
- II. Danfoss Heat Recovery Unit
- III. Sektorkobling i Maglebylille
- IV. Biogasanlæg på Lolland og Falster



Energi-infrastruktur, der transformerer bydele

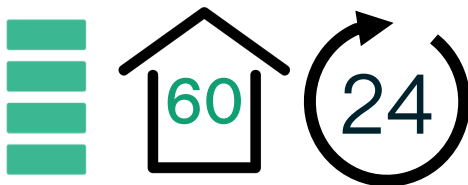
EnergyLab, Nordhavn

Det gamle havneområde, Nordhavn, udvikles i disse år fra industrihavn til ny bydel med infrastruktur, boliger og arbejdspladser. Denne transformation skaber en enestående mulighed for at opdatere samspillet mellem arkitekturen, bygningerne, infrastrukturen, beboernes behov og de krav, der stilles til fremtidens fleksible energisystem.

Byudviklings-projektet EnergyLab Nordhavn kan betragtes som et levende storbylaboratorium, hvor virksomheder, organisationer, myndigheder og uddannelsesinstitutioner er gået sammen med det formål at skabe grundlaget for fremtidens energisystem.

De konkrete løsninger er mange. For eksempel bruges en ny form for batterier til lagring af strøm, hvilket gør brugen af det eksisterende net mere effektivt. Boligerne er udstyret med smarte sensorer. Disse måler komforten og tilpasser automatisk varmeniveauet, hvilket muliggør optimal produktion af fjernvarme. Installerede varmepumper minimerer ressourcespild gennem at bruge overskudsvarme fra indkøbscentre.

Udover de enkelte løsninger udforskes også samspillet mellem energikilderne på tværs. På den måde skabes bedre forståelse for potentialet i at mindske belastningen af systemet i specifikke perioder og dermed skabe omkostningseffektivitet.



I EnergyLab Nordhavn kan fuldt opladte batterier forsyne cirka 60 husstande i døgnet

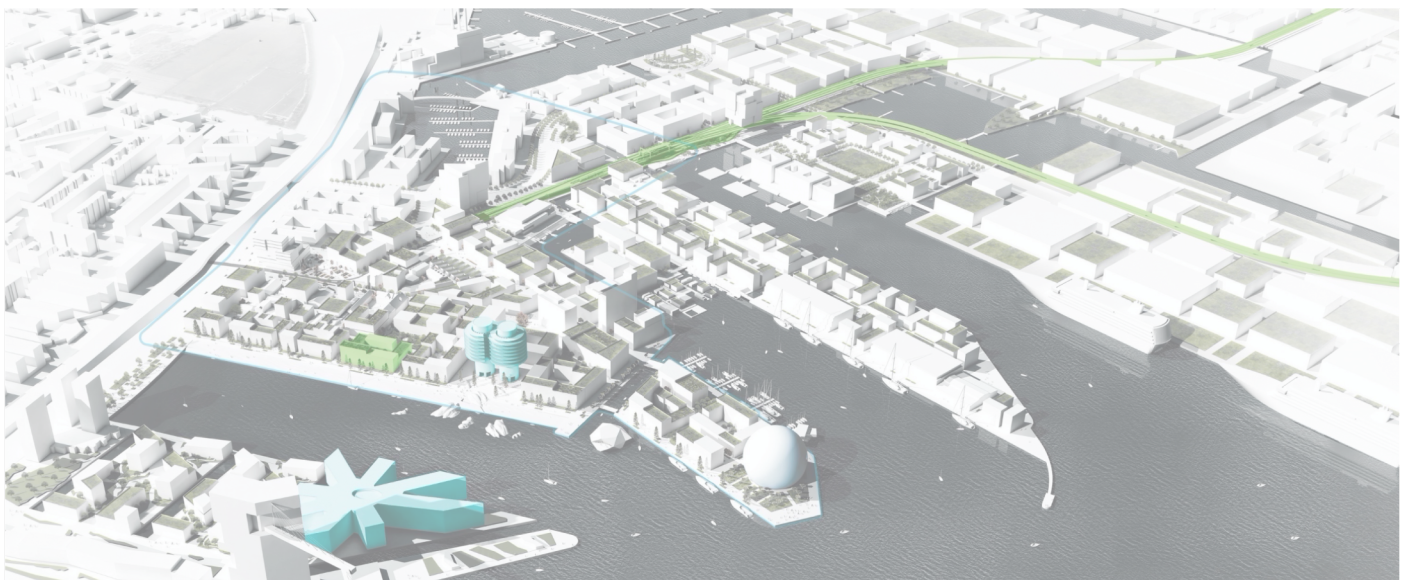
Fra et helhedsperspektiv sikres også et maksimalt brug af vedvarende energi. Endvidere undersøger projektet borgernes adfærd i forhold til teknologivalg og komfort.

EnergyLab Nordhavn er et godt eksempel på den nytænkning, der skal til indenfor infrastruktur og samspillet mellem urbane funktioner, såsom el, fjernvarme, fjernkøling, vand og spildevand. Det giver et unikt indblik i, hvordan fremtidens energisystem skal udformes med fokus på lagring og udnyttelse af energi i forhold til produktionen, herunder med formål at maksimalt udnytte vedvarende energi. Her identificeres og implementeres nye, bæredygtige løsninger, hvorfra de kan kopieres og implementeres overalt i verden. Ved at udvikle en række innovative produkter indenfor energiteknologi, er EnergyLab Nordhavn med til at indfri det kæmpe vækstpotentiale, der er på området.

"Hele ideen bag sektorkobling er at ændre vores fokus og forståelse for den grønne omstillingen i vores samfund til ikke kun at kigge på produktion af vedvarende energi men at skabe en kobling mellem produktion og forbrug. Denne opgave er kompleks og kræver, at alle typer produktion, forbrug og lagring samtænkes. Dette gøres blandt andet ved at teste og afprøve, som vi jo netop gør i EnergyLab Nordhavn"

Claus Madsen,

Administrerende direktør, ABB Power Grids Denmark A/S



Perspektiver og potentialer fra et 2030-perspektiv

EnergyLab Nordhavn giver en unik mulighed til at afprøve og sammentænke el, varme, energieffektive løsninger og elektrisk transport i et intelligent, fleksibelt og optimeret energisystem. EnergyLab Nordhavn er i sig selv et ambitiøst projekt, der kan sikre Danmark og danske virksomheder en unik viden om nye sammenhænge og nye muligheder og ikke mindst – hvordan det virker i praksis.

Hvis der skeles til de beskrevne tendenser frem mod 2030, kan der tænkes i en række yderligere perspektiver for projektet:



Skabe en åben, digital tvilling

Med fremtidens muligheder indenfor digital udvikling vil levende labs som EnergyLab kunne bygge såkaldte "digitale tvillinger". En realtidsbaseret digital tvilling vil kunne give store indsigter omkring effektiviseringer og styring fra et operationelt perspektiv. Det skaber mulighed for digitale eksperimenter og simulering med hjælp fra computerkraft og algoritmer, som eksponentielt bliver bedre, og datasæt, som vil være af en helt anden kvalitet, end vi har i dag. For at maksimere innovationskraften i data bør disse tilgængeliggøres for alle, så forskere, iværksættere, produktudviklere og andre innovatører kan bidrage til den samlede udvikling.



Gå fra ambitioner om neutral til regenerativ

Levende lab indebærer en unik mulighed for at tænke rigtigt fra start. En mulighed kan være at sikre, at bæredygtighedsambitionen ikke handler om at være "net zero", men i stedet have som mål også at kunne give tilbage. Vi vil kunne strække vores formåen ved at bruge disse labs til at finde løsninger på, hvordan vi kan blive klimapositive. Klimapositive og regenerative løsninger forventes at blive det næste paradigme indenfor bæredygtighed. De aktører, der er tidligt ude med at finde disse løsninger, vil frem mod 2030 kunne være rådgivere på området samt agere som en buffer for andre initiativer, som har brug for længere tid i deres transition mod bæredygtighed.



Eksperimentering på nationalt niveau

For at være konkurrencedygtige på et globalt marked vil Danmark have brug for at demonstrere løsninger i stor skala. Her findes der frem mod 2030 rum til strategisk at tænke på Danmark som et "entrepreneurialt" land med et iværksætter-mindset og strategisk koordinerede eksperimenter. Disse eksperimenter skal inkludere løsninger, vi kender i dag såvel som de løsninger, vi endnu ikke kender. Det vil på sigt skabe konkurrencefordele i et globalt marked, hvor efterspørgslen af grønne energiteknologier forventes at øges.

Nye indtægtskilder ved genbrug af overskudsvarme

Danfoss Heat Recovery Unit

Køleanlæg sikrer hver dag den rette temperatur i kølemotrer og frydere i de danske supermarkeder, således at forbrugere kan få deres dagligvareprodukter. Men anlæggene genererer store mængder varme i nedkølningsprocessen, hvilket hidtil har været en spildt ressource.

Danfoss har udviklet en løsning, der formår at genbruge den overskydende varme til blandt andet opvarmning af selve supermarkedet, dets kontorer og private boliger. Løsningen er Danfoss' Heat Recovery Unit, der er en specialdesignet varmegenvindingsenhed, som bliver koblet på køleanlægget, hvorved overskudsvarmen fra køleinstallationer genanvendes. Dermed dækker supermarkedet sit eget fjernvarmeforbrug til rumopvarmning og opvarmning af varmt brugsvand til rengøring. Derudover kan overskudsvarmen også sælges til fjernvarmeværker, hvilket skaber en ny indtægtskilde for de supermarkeder, der investerer i teknologien. Løsningen er allerede implementeret og i brug i 55 supermarkeder i Danmark.

Et eksempel er SuperBrugsen i Kerteminde, som i 2018 formåede at spare næsten 60% på fjernvarmeregningen. Potentialet er stor, og der findes mere end 2.700 butikker i Danmark og omkring halvdelen af dem er koblet på fjernvarmenettet. Anlægget genbruger 95% af den overskydende varme og reducerer CO₂-udledningen. Tilbagebetalingstiden ligger på mellem et til fire år.

Et andet eksempel er SuperBrugsen i Høruphav på øen Als, der har skabt en ny indtægtskilde ved at blive fjernvarmeleverandør. Beboere, der bor i nærheden af SuperBrugsen, får deres fjernvarme leveret fra den genvundne overskudsvarme fra kølesystemet. For SuperBrugsen i Høruphav har investeringen konkret betydet en årlig besparelse på gas svarende til 200.000 d.kr., en reduktion i CO₂-udledning på 34%, samt en ny indtægtskilde som fjernvarmeleverandør.

I princippet kan alle supermarkeder, som er placeret i nærheden af en fjernvarmeleverandør, levere varme fra kølesystemet til de nærliggende beboere. De største omkostninger forbundet med investeringen er udgravning til fjernvarmerør og køb af pumpe. Løsningen betyder en stor potentiel miljøbesparelse for supermarkeder, men også en potentiel økonomisk gevinst.

"Vi skal tænke innovativt og i nye teknologier for at imødegå klimaudfordringerne. Her er et fantastisk eksempel på, hvordan supermarkeder kan skære ned på energiforbruget ved hjælp af intelligent energi. Med den nye varmegenvindingsunit fra Danfoss får supermarkederne en varmegenvindingsløsning, der på alle måder er en god forretning, både for miljøet og økonomien. Løsningen er designet til at genvinde maksimal mængde spildvarme fra køleinstallationer, hvilket betyder en konstant akkumulering af gratis-energi (dag/nat). Supermarkedet bliver dermed "selvforsynende", idet behovet for at købe energi forsvinder eller bliver minimalt."

Lars Tveen
Direktør, Danfoss Heating

Løsningen er igennem flere projekter blevet til i samarbejde med Aalborg Universitet, DTU, Teknologisk Institut, danske supermarkeds kæder og Danske Fjernvarmeselskaber.



Perspektiver og potentialer fra et 2030-perspektiv

Dette er et rigtig godt eksempel på, hvordan en teknologisk løsning med henblik på cirkularitet skaber sektorkobling. En aktør på energisystemsmarkedet skaber en markeds-mæssig integration af forsyning og forbrug og adresserer potentialet i, at vi i dag, ifølge DI, spilder varme svarende til 128.000 husstande. Indenfor EU estimeres det tilsvarende tal at være 10 millioner husstande.

Hvis der skeles til de beskrevne tendenser frem mod 2030, kan der tænkes i en række yderligere perspektiver for projektet:



Markeds-mæssige muligheder for ekspansion

På grund af Danmarks styrkeposition indenfor grøn elektricitetsforsyning, forventes flere datacentre og energitunge industrier at kigge mod Danmark, hvilket kan øge potentialet for en løsning som denne. Endvidere er overskudsvarme fra anlæg og processer et globalt fænomen, men interessen for dette biprodukt er i dag lavt. I EU estimeres størrelsen af tabet svare til 10 millioner husstand. Her findes gode muligheder for at tage en markedsposition, særligt i lande med fjernvarmenetværk. Fjernvarmemarkedet forventes indenfor EU at vokse fra den nuværende andel på 11-12% op til 50% i 2050.



Varmegenvindingsenheder i hvert hjem

Overskudsvarme findes ikke bare i store industrikøleskabe, men også i private hjemms køleskabe, tørretumblere og klimaanlæg. Gennem udvikling af små varmegenvindingsenheder kunne løsningen ekspandere til at blive en del af alle hjem. Fremtidens løsninger kan så enten være indbygget i de enkelte teknologier eller være selvstændige enheder.



Teknologisk mulighed for fremtidig Varme-to-X

I dag bruges spildvarmen som ressource i den samme form af energi. Selvom det stadig er på eksperimentstadiet, udvikles i dag konverteringsteknologier, som vil kunne muliggøre transformering af selv små mængder varme til anden type af energi, f.eks. elektricitet. Hvis disse bliver skalerbare og omkostningseffektive, ville vi kunne tale om en ny form af konverterings-teknologier - en Varme-to-X - som kan bruges til at koble sektorerne tættere sammen.



Rådgiverrolle ved udvikling af nye bygninger og anlæg

Selvom vores processer bliver mere effektive, vil overskudsvarme også på sigt være svært at undgå. Derfor er det klogt at tænke dette ind fra start i alt fra byggeprojekter til udvikling af industrianlæg. Her vil spillerne fra denne type case kunne tage en rådgivende rolle på basis af opbygget data, viden og erfaring.

Lokalproduceret vedvarende energi

Sektorkobling i Maglebylille

København Lufthavns ambitiøse klimastrategi har som mål for 2030, at driften af lufthavnen skal være emissionsfri. For at nå det, skal lufthavnen være i stand til at bruge lokalproduceret vedvarende energi (solcellestrøm) til både almindeligt elforbrug, til opvarmning via en varmepumpe samt til opladning af elbiler.

Lagring af energi er et vigtigt element i strategien for også at kunne bruge grøn strøm om natten og når solen ikke skinner.

Lufthavnen har grebet muligheden og er i gang med at afprøve et nyt samspil og nye kombinationer af forskellige energikilder i Maglebylille. Her skal undersøges, hvordan man laver et 'smart grid' i praksis og teste om det er skalerbart, før det udrulles i hele lufthavnen.

Der er allerede blevet foretaget mange ændringer, der kræver kreative hybridløsninger, da de fleste af bygningerne og installationerne i Magleby er af ældre dato og dermed ikke gearet til at modtage f.eks. varme fra en moderne varmepumpe.

Udover at forsætte installationen af hybridløsninger, solceller og ladestationer, vil lufthavnen også udvikle et demoprojekt, som skal kombinere brugen af energi i sekundavand fra en nærliggende afværgeboring til at forsyne yderligere varmepumper.

Lagringskapacitet f.eks. i form af batterier er et vigtigt element for at kunne sikre grøn strøm døgnet rundt. Lufthavnen ønsker at stå til rådighed for det omkringliggende elnet, og på den måde være med til at sikre stabil forsyningssikkerhed.

Lufthavnen har ambitioner om udbredelse af den samlede løsning til andre lufthavne og andre større infrastrukturejere

således, at flere kan blive inspireret til at lave et roadmap for den grønne omstilling.

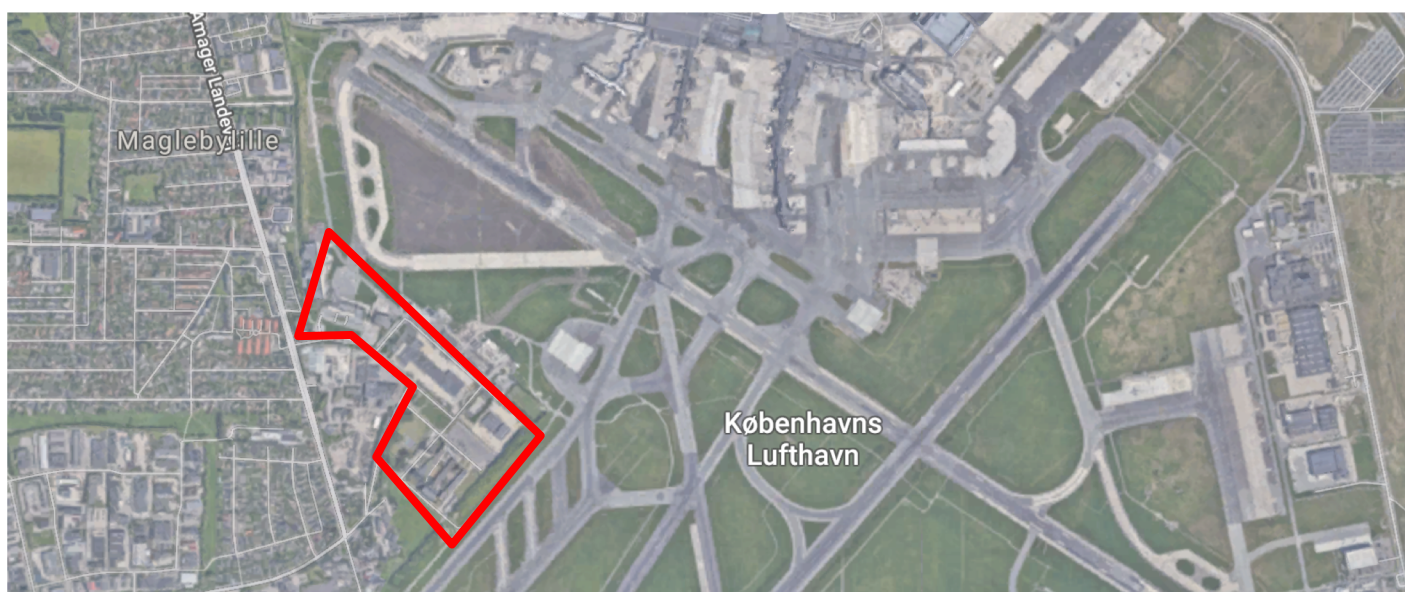
Udover at benytte lokalproduceret vedvarende energi undersøges muligheden for tilføjelse af bio-brændstoffer (f.eks. elektrofuels) til brug i lufthavns store køretøjer, hvor der på nuværende tidspunkt ikke er et bæredygtigt alternativ.

Energieffektiviseringen og digitalising er sammen med vedvarende energi en af grundforudsætningerne for at komme i mål med lufthavns klimamål i 2030.

"I 2030 skal bl.a. driften af Københavns Lufthavn være emissionsfri. Med projektet i Magleby ser vi, hvor langt vi kan komme med innovative løsninger i vores eksisterende infrastruktur. Projektet afprøver løsninger i en mindre skala, som vi i fremtiden kan skalere op. Det favner de lokale forhold samtidig med, at det bidrager positivt til klimaet og ikke mindst forretningen, da energien altid vil blive brugt bedst muligt."

Niels Hunderup,
Energy Director Head of Technical Strategy & Energy,
Copenhagen Airports A/S

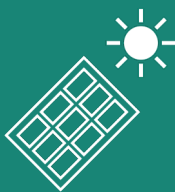
¹ Sekundavand er en fællesbetegnelse for vand, der er af en anden kvalitet end drikkevand – det kan altså være både vand af lavere eller højere kvalitet



Perspektiver og potentialer fra et 2030-perspektiv

København Lufthavns arbejde i Maglebylille er et spændende eksempel på, hvordan digitale teknologier, nye løsninger for grøn energi og opbevaring samt for infrastruktur kreativt kan kombineres for at skabe værdi i et første skridt for egen forretning, men samtidig med et langsigtet mål om at udvikle en ny forretningsmodel som eksportør eller global konsulent for fremtidige bæredygtige energiløsninger.

Hvis der skeles til de beskrevne tendenser frem mod 2030 kan der tænkes i en række yderligere perspektiver for projektet:



Skabe allestedsnærværende adgang til energi

Modulære, allestedsnærværende teknologier for på en energieffektiv måde at fange og opbevare energi, såsom gennemsigtig og printbare solpaneler eller andre nye materialer og molekyler, er under hurtig udvikling. Her er mulighed for at udbrede teknologibruget i Maglebylille såvel som i Københavns Lufthavn til at inkludere alle bygninger og fysiske områder. Med de store overflader, som findes i lufthavnen, er der ikke brug for at vente på at teknologierne er perfekte, men kan være 'gode nok' for at skabe værdi. Ved overskud kan denne elektricitet eller varme opbevares, bruges som input til PtX-løsninger eller sælges til andre.



Bruge CO₂ som ressource

Fra et luftfartsperspektiv er udslippet af drivhusgasser fra fly den allerstørste udfordring. At fange dette CO₂ og bruge det til at udvikle nye brændstoffer ved hjælp af Power-to-Liquids og grøn elektricitet vil derfor være en stor mulighed for lufthavne. De CO₂-emissioner, som fly udsender omkring lufthavne, ved start, landing og taxa, forventes kun at være ca. 10% af en hel flyvning, men hvis man som lufthavn tidligt positionerer sig til at tage ansvar for 50% af flyets emissioner - eller endda 100% - kan man tage en værdiskabende rolle som den, der skaber værdi af skrald.



Rådgivning for kommerciel selvforsyning

Med Maglebylille ønsker Københavns Lufthavn i højere grad selv at producere grøn strøm og på sigt sørge for at lufthavnen udelukkende forsynes af vedvarende energikilder. Denne ambition forventer at blive delt af flere og flere frem mod 2030, særligt dem som ikke vil vente på en generel grøn transformation af energisystemet. Allerede nu planlægger Københavns Lufthavn at være rådgiver for andre lufthavne og infrastruktursejere, men med den tekniske udvikling forventes også mindre spillere såsom industrianlæg eller mindre virksomheder, at kunne blive helt eller delvis selvforsynende. Her findes et enormt potentiale for både konsulenttydelser og markedsføringsmuligheder for kommerciel selvforsyning, både globalt og lokalt.

Grøn og CO₂-neutral biogas

Biogasanlæg på Lolland og Falster

På Lolland og Falster findes i dag stadig store virksomheder, som anvender olie til deres procesenergi. Det kan virksomhederne ikke forsat få miljøgodkendelse til, hvorfor de enten skal finde en alternativ energikilde eller flytte fabrikken udenlands, hvilket ville betyde varigt tab af danske arbejdspladser. Dette i et geografisk område, hvor det vurderes vanskeligt at erstatte tabte arbejdspladser. Det er derfor både erhvervs- og indenrigspolitisk hensigtsmæssigt at finde en lokal løsning. Gennem tværfagligt samarbejde er den identificerede løsning biogas.

Da naturgasnettet aldrig er blevet udbygget på Lolland og Falster, findes der ikke noget eksisterende gasnet i dag. Derfor er det behov for at investere i et netværk under forudsætning af, at der er grøn gas i rørene.

De forskellige aktører er her gået sammen. Under forudsætning af, at Energinet/Evida sikrer udrulning af et gasnet, har Nature Energy udbudt muligheden for at opføre to lokalt placeret biogasanlæg. Biogassen er CO₂-neutral og vil produceres af lokalt fremskaffet bioaffald fra landbrug og industri. Anlægsinvesteringer for to anlæg estimeres til at være på 5-600 millioner d.kr. og anlæggene ville kunne stå klar indenfor 1,5 år.

Den lokalt producerede grønne gas skal ikke kun komme enkelte kunder til gode. Derfor kommer gasselskabet SEAS-NVE ind i billedet for at drøfte gasaftag med en række større og mindre virksomheder i lokalområdet – og muligvis også private, som i dag anvender olie, i det omfang ledningen vil komme lige forbi deres bolig.

Udefra et sektorkoblingsperspektiv bliver casen endnu mere spændende, når man ser de mange vindmøller, der allerede er etablerede eller under opførelse i Østersøen. Produktionen fra disse vindmøller overstiger det mulige forbrug i det lokale el-

distributionsnet, hvorfor strømmen skal ilandføres, og derefter føres væk fra Lolland-Falster. Transmission er forbundet med betydelige investeringer i el-netforstærkning, men med et biogasanlæg og gasnet vil det være muligt i stedet at bruge Power-to-Gas i form af metanisering af vindmøllestrømmen for at skabe syntetiske gasser. Dette vil betyde en yderligere øgning af grøn gas i det nye netværk og en reduktion af olieforbruget på Lolland-Falster.

"Det nytænkende i det her projekt er, at vi får koblet så at sige alle sektorer sammen: Landbruget, borgerne og virksomhederne, solceller og vindmøller – og så kan der i øvrigt også leveres energi til de eksisterende, lokale fjernvarmenet. Landbruget, borgerne og virksomhederne vil alle være både leverandører og aftagere – de vil aflevere deres organiske affaldsprodukter lige fra gylle over kartoffelskræller fra køkkenvasken til roetoppe fra sukkerfabrikkerne – og så vil de modtage gødningmateriale tilbage til landbrugene og energi til virksomhederne og borgerne.

Samtidig er der allerede mange vindmøller i området, og flere mølleparker i Østersøen er på vej. Med denne strøm kan der laves yderligere gas ved en metaniseringsproces, hvor man anvender CO₂ fra biogasanlæggene sammen med brint, og dermed kan man sige, at vindmøllestrømmen eller strømmen fra solcellerne bliver puttet i gasnettet. Gasnettet fungerer samtidig som verdens største energilager. Så når sol og vind kommer i gasnettet, kan vi gemme det til den vindstille aften, hvor vi også gerne vil kunne tænde lyset. På den måde bliver den grønne energi anvendt så effektivt som overhovedet muligt.

At koble landbrug, virksomheder, biogasanlæg og vindmøller sammen på den her måde bliver unikt og et område, hvor Danmark kan få endnu en grøn førerposition i verden."

Ole Hvelplund,
CEO, Nature Energy



Perspektiver og potentialer fra et 2030-perspektiv

Biogasprojektet på Lolland og Falster er et rigtig godt eksempel på, hvilke problemer man kan løse, hvis man tænker og taler sammen. Det er et godt eksempel på energi i samarbejde, hvor der er tænkt på den lange strategiske bane fra starten. Underliggende er arbejdet baseret en cirkulær tanke, hvor værdifuld biogas bliver skabt af affald, som normalt ville ses som skrald - en tanke som understøtter et effektivt brug af planetens ressourcer.

Hvis der skeles til de beskrevne tendenser frem mod 2030, kan der tænkes i en række yderligere perspektiver for projektet:



Tage rollen som fremtidens grønne raffinaderi og kemihub

Lollands og Falsters adgang til grøn energi vil kunne give områderne en strategisk position som fremtidens grønne raffinaderihub baseret på Power-to-X-teknologier. Her vil forskellige typer af e-brændstoffer og bæredygtigt producerede kemikalier kunne udvikles ved brug af affaldsressourcer (inklusive bæredygtigt produceret CO₂ fra bioaffald) og grøn strøm. Biogasanlægget vil dermed kunne blive det første skridt i en længere, strategisk udvikling.



Fremtidssikre infrastrukturen med digitale midler

At bygge nyt gasnet indebærer, at man har mulighed at tænke rigtigt fra start. Her skal smarte energiteknologier tænkes ind "up-front". Ved at bygge et "smart gasgrid" vil man sikre energieffektiviseringer og fleksibilitet gennem adgang til information helt fra start. For at høste det fulde potentiale, skal adgangen til information kobles med digitalt intelligente systemer, hvor potentialet fra kunstig intelligens kommer i spil.



Skabe globalt demonstrationseksempel og eksportmulighed for sektorkoblede løsninger

At koble landbrug, virksomheder, vindmøller og biogasanlæg sammen på den her måde er unikt. Men adgangen til organisk affald, sol og vind findes på mange steder i verden. Her kan Lolland og Falster fungere som et globalt demonstrationseksempel på, hvordan man kan sætte energien i samarbejde. Endvidere findes et stort potentiale i global eksport af de udviklede koncept, tekniske løsninger og kompetencer fra arbejdet på Lolland og Falster.

4. ANBEFALINGER FOR FREMTIDEN

Anbefalinger

System og samfund

Sektorkobling repræsenterer en unik og helt nødvendig brik i Danmarks CO₂ reduktion. Vi kan ikke nå i mål ved isolerede løsninger, vi skal sikre synergi og sammenhæng. Vi kan ikke vente på, at vi har et fuldt elektrificeret samfund. Vi bliver nødt til at skabe sammenhænge allerede nu – også selvom det stiller krav til regulering, innovationsvilje og investeringer. Det er sin sag at skabe sammenhæng i et meget sektoropdelt system med en infrastruktur og med teknologier, der ofte er mere end hundrede år gamle. Men med en potentiel besparelse på mere end 20 millioner tons CO₂ og med store muligheder for at øge danske virksomheders internationale konkurrencekraft, så skal sektorkobling højere op på den politiske agenda.

Rapporten har beskrevet tre grundelementer, som alle vil drive et øget samarbejde og sektorkobling indenfor energi – intelligent styring og transparens, samfundets elektrificering samt adgang til grøn energi. Disse tre trends og drivkræfter bør være grundstenene i en dansk velfærdsfortælling om grøn omstilling. Der vurderes at ligge et stort potentiale for Danmark i at bruge vores kompetencer og stærke internationale brand til at skabe de nødvendige rammer og den nødvendige innovation til at blive foregangsland på dette område. Som beskrevet i rapporten, forventes alene stigningen i efterspørgsel efter energieffektive løsninger frem mod 2040 at være otte gange større end det samlede nuværende globale marked for vindenergi. På et europæisk plan er man allerede i gang. I forbindelse med EU's 'New Green Deal' skal EU-Kommissionen i midten af 2020 præsentere en strategi, som skal styrke smart integration af energisystemer. Danmark skal sikre en strategisk tilgang, der går hånd i hånd med EU.

Den vigtigste opgave for det politiske system er at tage sektorkobling til sig som et selvstændigt og centralt mål, og derigennem 1) at skabe en tydelig dansk strategi for sektorkobling; 2) sikre de rigtige incitamenter og en regulering, der tillader innovation og udvikling samt 3) at hjælpe til at skabe den nødvendige deling af viden og data som grundlag for innovation og partnerskaber.

Tre anbefalinger til system og samfund

Dansk strategi for sektorkobling

For at sikre et helhedsperspektiv og sikre at Danmark griber potentialerne indenfor sektorkobling, skal der udvikles en tydelig dansk strategi for sektorkobling. Den danske strategi skal udarbejdes så den understøtter den europæiske strategi for intelligent sektorintegration. Strategien skal sikre følgende:

- Den skal skabe koordinering, monitorering og sammenhæng på tværs.
- Den skal fremme innovation på tværs af sektorer. Herunder skal der muliggøres demonstration af innovation i stor skala, potentielt nationalt.
- Den skal skabe forståelse på tværs af danske sektorer for fremtiden for sektorkobling og de værdiskabende roller som de danske virksomheder, herunder SMV'er og start-ups, vil kunne tage.
- Den skal understøtte danske eksportmuligheder samt sikre, at Danmark markedsføres som attraktivt for udenlandske aktører - både virksomheder og talenter.

Regulatorisk rum for innovation og udvikling

Danmark skal sørge for at sikre de rigtige incitamenter og en regulering, der tillader innovation og udvikling. For at sikre en langsigtet udforskning af, hvordan regulering bør tilpasses, kan der f.eks. etableres regulatoriske frizoner for storskala-eksperimenter.

Arbejde aktivt med data

Danmark skal fra et samfundsperspektiv sikre adgang til viden, erfaringer og data. Derfor skal der iværksættes konkrete initiativer for at gøre disse data nemt tilgængelige for borgere og virksomheder for på den måde at fremme udvikling af nye løsninger og forretningsmuligheder på baggrund af data. Hensyn skal tages til sikkerhed og databeskyttelsesregulering.

Virksomheder

For danske virksomheder ligger der et stort potentiale i sektorkobling. Energieffektivitet og bæredygtighed som konkurrencekraft kan næsten ikke undervurderes. Vi har på ganske kort tid oplevet et betydeligt paradigmeskift i kunders efterspørgsel efter transparens og klimavenlighed. Meget tyder på, at den udvikling kun kommer til at accelerere i de kommende årtier. Vi kommer til at opleve en udvikling, hvor klimaneutralitet bliver reduceret til en hygiejnefaktor, og klimapositivitet bliver næste konkurrenceparameter. Vi kommer til at opleve en udvikling mod radikal transparens, hvor kunder og samarbejdspartnere forventer at vide alt i realtid. Men vi kommer også til at opleve en betydelig betalingsvillighed for bæredygtighed og ikke mindst for at skabe sammenhæng i et energisystem, der bliver mere komplekst og med mange flere aktører. Der kommer til at ske betydelig brancheglidning, og nye aktører vil tilbyde nye løsninger og nye markedspladser for energi og ikke mindst sammenhæng samt intelligent styring af energi.

Det stiller krav til de danske virksomheder – og ikke kun de traditionelle energivirksomheder. Hvis vi skal tage en fremtrædende plads i den udvikling og værdiskabelse, der kommer til at ske, så stiller det krav til både mindset, strategi, kompetencer og partnerskaber for virksomhederne. Her bør virksomhederne på tværs af sektorer revurdere, hvordan man skaber bæredygtig værdi i fremtidens energisystem.

Herunder anbefales dermed følgende for danske virksomheder: 1) bruge klima og energi som en kreativ udfordring for at accelerere innovation; 2) løfte kompetencer og mindset omkring digital og data samt 3) skabe samarbejde gennem partnerskaber.

Tre anbefalinger til danske virksomheder

Accelerere innovation omkring klima og energi

Danske virksomheder skal være på forkant. Derfor skal virksomheder bruge klima og energi som en kreativ udfordring for at accelerere innovation. Endvidere skal digitale løsninger i langt større udstrækning bruges som et værktøj for at løse denne kreative udfordring. Krydset mellem energi og digital innovation vil være et globalt attraktivt område for både eksisterende og nye forretninger. Indenfor virksomheder kan udfordringsrummet gøres tydeligt ved brug af f.eks. interne incitamentsstrukturer, såsom interne CO₂-tariffer eller krav om internalisering af klimaomkostninger i business case-estimer.

Løfte kompetencer og mindset omkring digitale teknologier og data

Adgang til de rette kompetencer er afgørende for at sikre grønne virksomheders vækst. Ved at være tydelige omkring deres styrkepositioner inden for bæredygtighed og grøn omstilling, kan virksomhederne positionere sig over for de dygtigste talenter i både ind- og udland. En helt central del af udviklingen, skaleringen og forretningsmulighederne i den grønne omstilling handler om data og digitale løsninger. De grønne danske virksomheder halter desværre generelt efter i forhold til det øvrige danske erhvervsliv. Der anbefales derfor, at virksomheder udvikler konkrete initiativer for at løfte disse kompetencer. Endvidere skal data og digitale muligheder tænkes ind fra starten i alle nye løsninger.

Skabe samarbejde gennem partnerskaber

Fremtidens energisystem er et system med energi i samarbejde. Omstillingen vil kræve løsninger på tværs af sektorer med udgangspunkt i det digitale og mulighederne i sammentænkning og integration. Danske virksomheder skal arbejde strategisk og modigt med partnerskaber. I den grønne omstilling er det lige så vigtigt, hvem du kan mobilisere og arbejde sammen med, som hvad du selv kan.

DareDisrupt (2020)

Alle kilder brugt i denne rapport, samt yderligere inspirerende læsning, findes på daredisrupt.com/sektorkobling.