



**AALBORG UNIVERSITY**  
DENMARK

**Aalborg Universitet**

## **IDA´s klimaplan 2050**

*Tekniske energisystemanalyser og samfundsøkonomisk konsekvensvurdering - Baggrundsrapport*

Mathiesen, Brian Vad; Lund, Henrik; Karlsson, Kenneth

*Publication date:*  
2009

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Mathiesen, B. V., Lund, H., & Karlsson, K. (2009). *IDA´s klimaplan 2050: Tekniske energisystemanalyser og samfundsøkonomisk konsekvensvurdering - Baggrundsrapport*. Ingeniørforeningen i Danmark, IDA.

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# IDA's Klimaplan **2050**

Tekniske energisystemanalyser og  
samfundsøkonomisk konsekvensvurdering



**BAGGRUNDSRAPPORT**



# IDA's Klimaplan 2050 Baggrundsrapport

Forfattere:

Brian Vad Mathiesen, Aalborg Universitet  
Henrik Lund, Aalborg Universitet  
Kenneth Karlsson, RISØ - DTU

Copyright ©2009 forfatterne

Omslag: Rune.Anders.Lars  
Tryk: IDA's Printcenter

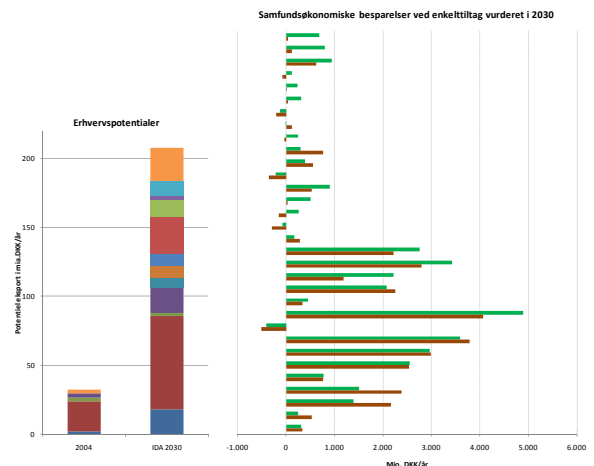
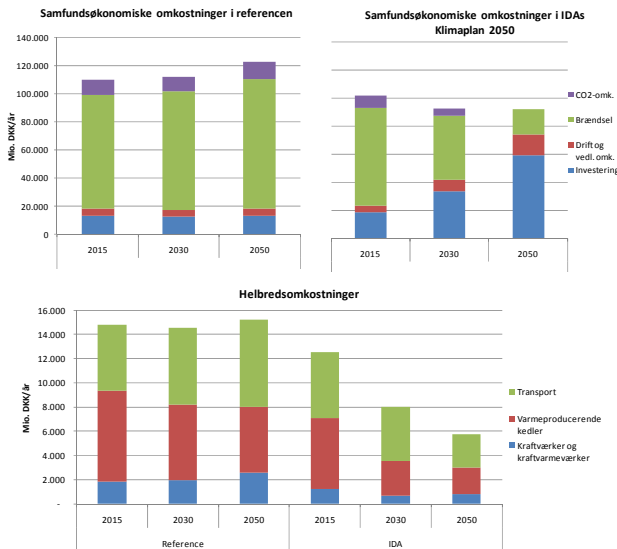
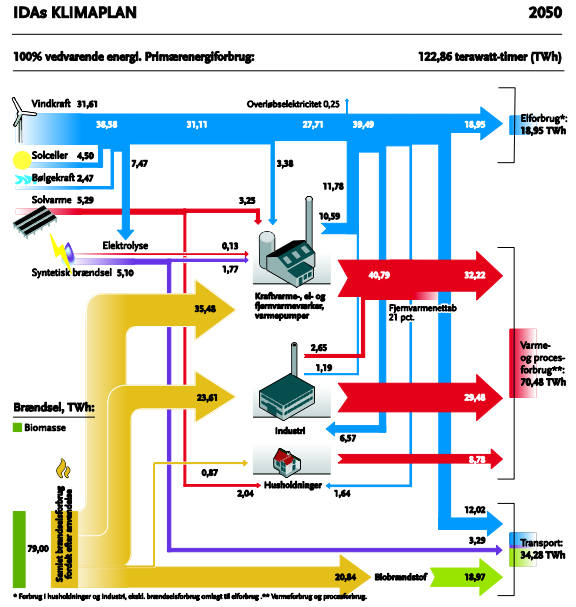
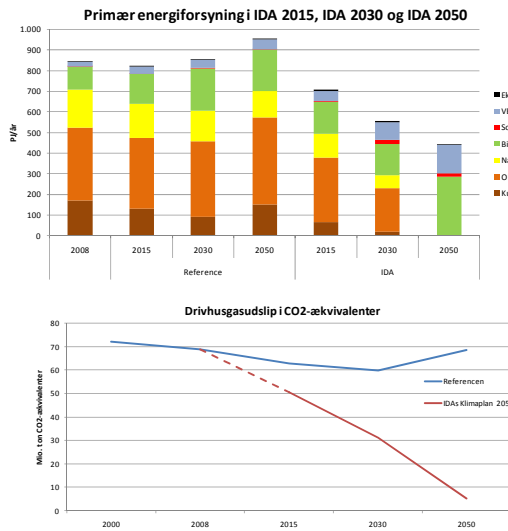
ISBN: EAN 978-87-87254-24-3

Udgivet af Ingeniørforeningen, IDA, August 2009  
Kalvebod Brygge 31-33  
1780 København V.  
Telefon 33 18 48 48  
Fax 33 18 48 99  
E-mail: ida@ida.dk

I baggrundsrapporten fremlægges de tekniske energisystemanalyser og samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger for IDA's Klimaplan 2050. Denne plan er det danske bidrag til det internationale projekt Future Climate. Rapporten er udarbejdet i perioden december 2008 til juli 2009. IDA's Klimaplan 2050 præsenteredes den 11. maj 2009 som et høringsudkast. Efter høringsperioden er der lavet justeringer. I denne baggrundsrapport præsenteres de endelige resultater af analyserne i IDA's Energiplan 2050, og der laves en samlet beskrivelse af forudsætningerne og analyserne i klimaplanen.

# Baggrundsrapport til IDA's Klimaplan 2050

Tekniske energisystemanalyser, brændselsforbrug, drivhusgasser, samfundsøkonomiske konsekvenser, erhvervspotentialer, beskæftigelseseffekter samt helbredsomkostninger



Brian Vad Mathiesen, Aalborg Universitet  
Henrik Lund, Aalborg Universitet og  
Kenneth Karlsson, Risø-DTU  
August 2009



**Indholdsfortegnelse**

<b>1</b>	<b>Forord</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Resume</b>	<b>11</b>
2.1	100 % vedvarende energi og kraftig reduktion af energiforbrug	11
2.2	Kraftig reduktion i udslippet af drivhusgasser	16
2.3	Bedre samfundsøkonomi med mere vedvarende energi	17
2.4	Helbredsomkostninger	20
2.5	Erhvervspotentialer	21
2.6	Beskæftigelseseffekter	22
<b>3</b>	<b>Introduktion</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>Baggrund</b>	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>Metode og forudsætninger</b>	<b>29</b>
5.1	Energisystemanalysemodellen og simuleringværktøjet EnergyPLAN	29
5.2	Forudsætninger for analysemetode for energisystemer	30
5.3	Forudsætninger for tekniske anlæg og nye teknologier	31
5.4	Forudsætninger for fremskrivning af forbrug fra 2030 til 2050	31
5.5	Forudsætninger for brændselspriser, elpriser og CO <sub>2</sub> -kvotepriser	32
5.6	Afgifter på brændsler til el- og varmeproduktion	34
5.7	Forudsætninger for opgørelse af de samfundsøkonomiske omkostninger for energisystemet	35
5.8	Forudsætninger for opgørelse af helbredsomkostninger ved udledninger fra energisystemer	38
5.9	Forudsætninger for erhvervspotentiale og beskæftigelseseffekter.	42
<b>6</b>	<b>Referenceenergisystemet</b>	<b>43</b>
6.1	De anvendte fremskrivninger af forbrug og produktion	43
6.2	Referenceenergisystemet for 2015 og 2030	45
6.3	Referencen for 2050	48
6.4	Tekniske forudsætninger	49
6.5	Primær energiforsyning i referenceenergisystemerne	50
<b>7</b>	<b>Delmål i IDA's Klimaplan 2050</b>	<b>51</b>
<b>8</b>	<b>Energisystemer og energiproduktion</b>	<b>53</b>
8.1	Vindkraft	53
8.2	Solceller	54
8.3	Bølgeenergi	54
8.4	Affaldskraftvarme	55
8.5	Geotermi	56
8.6	Brændselsceller	58
8.7	Olie og gas	60
<b>9</b>	<b>Energiforbrug i byggeri</b>	<b>61</b>
9.1	Reduktion af elforbruget i husholdninger	61
9.2	BOLIG+ standard i nybyggeri fra 2020	62
9.3	Opvarmning af eksisterende bygninger	63
9.4	Omkostninger til varmebesparelser	64
9.5	Varmebesparelser i fjernvarmeområder	64
9.6	Varmebesparelser uden for fjernvarmeområder	66
9.7	Omlægninger til fjernvarme	67
9.8	Varmepumper, solvarme og biomassekedler uden for fjernvarmeområder	69
9.9	Etablering af solvarme i fjernvarmeområder	71

<b>10</b>	<b>Industri og erhverv</b>	<b>73</b>
10.1	Reduktion af elforbruget i industri og erhverv	73
10.2	Fjernkøling	74
10.3	Brændselsbesparelser	75
10.4	Udvidelse af kraftvarmeproduktionen i industrien	76
10.5	Omlægning til biomasse- og elforbrug i industrien	76
<b>11</b>	<b>Transport og mobilitet</b>	<b>79</b>
11.1	Håndtering af transportbehovet for personbiler og varevogne	79
11.2	Mere effektiv vejtransport med elbiler mv.	80
11.3	Udbygning af jernbanen	83
11.4	Effektivisering af flytransporten og skibsfarten	85
11.5	Biobrændsler i transportsektoren	85
11.6	Transportscenarierne	88
<b>12</b>	<b>Landbrug og biomasse</b>	<b>89</b>
12.1	Biomassepotentialet til energi og materialer i Danmark	89
12.2	Anvendelse af biomasse	90
12.3	Biogas	91
<b>13</b>	<b>Energisystemerne i IDA's Klimaplan 2050</b>	<b>93</b>
13.1	Energisystemet i IDA 2015	93
13.2	Energisystemet i IDA 2030	95
13.3	Energisystemet i IDA 2050	97
13.4	Samlede resultater for brændselsforbrug og vedvarende energi	99
<b>14</b>	<b>Udslip af drivhusgasser i IDA's Klimaplan 2050</b>	<b>103</b>
14.1	Tiltag ud over ændringer i energisystemet	103
14.2	Resulterende udslip af drivhusgasser	104
14.3	Følsomhedsanalyser	105
<b>15</b>	<b>Samfundsøkonomisk vurdering af energisystemerne</b>	<b>107</b>
15.1	Overordnet samfundsøkonomisk vurdering af IDA 2015 og IDA 2030	107
15.2	Overordnet samfundsøkonomisk vurdering af et 100% vedvarende energisystem	111
15.3	Elhandelsanalyser	112
15.4	Følsomhedsanalyser	114
<b>16</b>	<b>Samfundsøkonomiske omkostninger og CO<sub>2</sub>-emissioner ved enkelttiltag</b>	<b>117</b>
16.1	Analyser af enkelttiltag	117
16.2	Vindmøller, bølgekraft og solceller	117
16.3	Forbedret affaldskraftvarme, geotermi og store solvarmeanlæg	118
16.4	Store varmepumper i fjernvarmeproduktionen	118
16.5	Fleksibelt elforbrug	119
16.6	Brændselsceller i kraftvarmeværker	119
16.7	Elbesparelser i husholdninger og nye huse i bolig plus-standard	119
16.8	Fjernvarme og varmebesparelser	122
16.9	Varmepumper og solvarme i individuelt opvarmede husstande	122
16.10	El- og brændselsbesparelser, biomasse og fjernkøling i industri	123
16.11	Mindre vækst i transportbehov og effektivisering af skibe	123
16.12	Omlægning til elbiler	123
16.13	Udbygning og elektrificering af jernbanen	124
16.14	Bio-ethanol	124



---

<b>17</b>	<b>Helbredsomkostninger</b>	<b>125</b>
17.1	Opgørelse af emissioner fra enkeltteknologier	125
17.2	Helbredsomkostninger for de enkelte dele af energisystemerne	126
17.3	Samlede helbredsomkostninger	127
17.4	Følsomhedsanalyser af de samlede omkostninger	131
<b>18</b>	<b>Erhvervspotentialer</b>	<b>133</b>
18.1	Opdeling i potentiale typer	133
18.2	Samlet vurdering af erhvervspotentialet	136
<b>19</b>	<b>Effekter på beskæftigelsen</b>	<b>137</b>
19.1	Opgørelse af omkostningstyper	137
19.2	Samlet beskæftigelseseffekt	138
<b>Appendiks I – Konvertering fra Energistyrelsens data og resultater af rekonstruktion i EnergyPLAN</b>		<b>140</b>
<b>Appendiks II – Omkostninger for teknologier i IDAs Klimaplan 2050</b>		<b>144</b>
<b>Appendiks III – Fremskrivning af økonomisk udvikling og energifterspørgsel til fra 2030 til 2050</b>		<b>146</b>
<b>Appendiks IV - Teknologibald for højtemperatur elektrolyseanlæg</b>		<b>154</b>
<b>Appendiks V - Eksterne omkostninger for emissioner fra energisystemet</b>		<b>159</b>
<b>Appendiks VI – Justeringer af IDA 2030 energisystemet og IDA 2050 energisystemet.</b>		<b>164</b>
<b>Appendiks VII – Samlet opgørelse af særlige omkostninger i IDA 2015, IDA 2030 og IDA 2050</b>		<b>165</b>
<b>Appendiks VIII – Opgørelse af omkostninger til enkelttiltag i IDA 2030</b>		<b>166</b>
<b>Referencer</b>		<b>169</b>



# 1 Forord

Det har været en stor udfordring at samle trådene i denne klimaplan og at stå for planens samlede analyser af energisystemer for Ingeniørforeningen Danmark, IDA. Ikke mindst fordi klimaplanen både ser på energisystemet på kort sigt i 2015, mellemlang sigt i 2030 og lang sigt i 2050. I denne plan er visionen et 100% vedvarende energisystem.

Det ville ikke være lykkedes at samle en helstøbt plan uden de aktive deltagere i IDA's fagtekniske selskaber og grupper, medarbejderne i IDA og tovholderne for de temaer, projektet har været opdelt i. Desuden har store dele af den danske energisektor ydet en uvurderlig støtte til arbejdet. Alle disse deltagere fortjener derfor en personlig tak. Under udarbejdelsen af baggrundrapporten har vi trukket særligt på en række specialister fra universiteter og virksomheder. Disse personer har bidraget direkte med diverse input, og vi skylder dem en særlig tak. Sammen med disse personer har det været muligt at tilvejebringe de mange data, der har været nødvendige for analyserne. Tak til:

Ph.d. studerende Niclas Scott Bentsen	Skov og Landskab, Københavns Universitet
Ingeniør Helge Bach Christiansen	IDA Energi
Markedschef Anders Dyrelund	Rambøll A/S
Professor Claus Felby	Den Kongelige Veterinære Landbohøjskole
Instituttleder Peter Frigaard	Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg
Director Systems Development John Bøgild Hansen	Topsoe Fuel Cell A/S
Ingeniør Mogens Weel Hansen	Weel & Sandvig A/S
Director Business Development Helge Holm-Larsen	Topsoe Fuel Cell A/S
Energirådgiver Jacob Ilsøe	Birch & Krogboe A/S
Teknisk Konsulent John Tang Jensen	Dansk Fjernvarme
Business Development Manager Lotte Jensen-Holm	Topsoe Fuel Cell A/S
Lektor Per Homann Jespersen	Roskilde Universitetscenter
Seniorforsker Kaj Jørgensen	Risø-DTU, Systemanalyse
Projektleder Betina Kamuk	Rambøll A/S
Professor Peter Karnøe	Copenhagen Business School
Adjunkt Alex Landex	DTU Transport
Ingeniør Jesper Magtengaard	DONG Energy
Teknisk ansvarlig Allan Mahler	DONG Energy
Professor Otto Anker Nielsen	DTU Transport
Ingeniør Jan Erik Nielsen	Dansk Solvarme
Seniorforsker Lars Henrik Nielsen	Risø-DTU, Systemanalyse
Direktør Per Nielsen	EMD A/S
Direktør Jan Runager	Arcon Solvarme
Professor Svend Svendsen	BYG-DTU
Lektor Henrik Tommerup	BYG-DTU
Ingeniør Per Alex Sørensen	PlanEnergi s/i
Direktør Göran Wilke	Elsparefonden
Miljøøkonom Kim Winther	DONG Energy

Endeligt skylder vi en tak til vores nærmeste kolleger, der har hjulpet med faglige input og korrektur: Frede Hvelplund, Poul A. Østergaard, Marie Münster, Morten Boje Blarke og Mette Reiche Sørensen, alle Aalborg Universitet.

**Brian Vad Mathiesen, Henrik Lund og Kenneth Karlsson**

**24. august 2009**

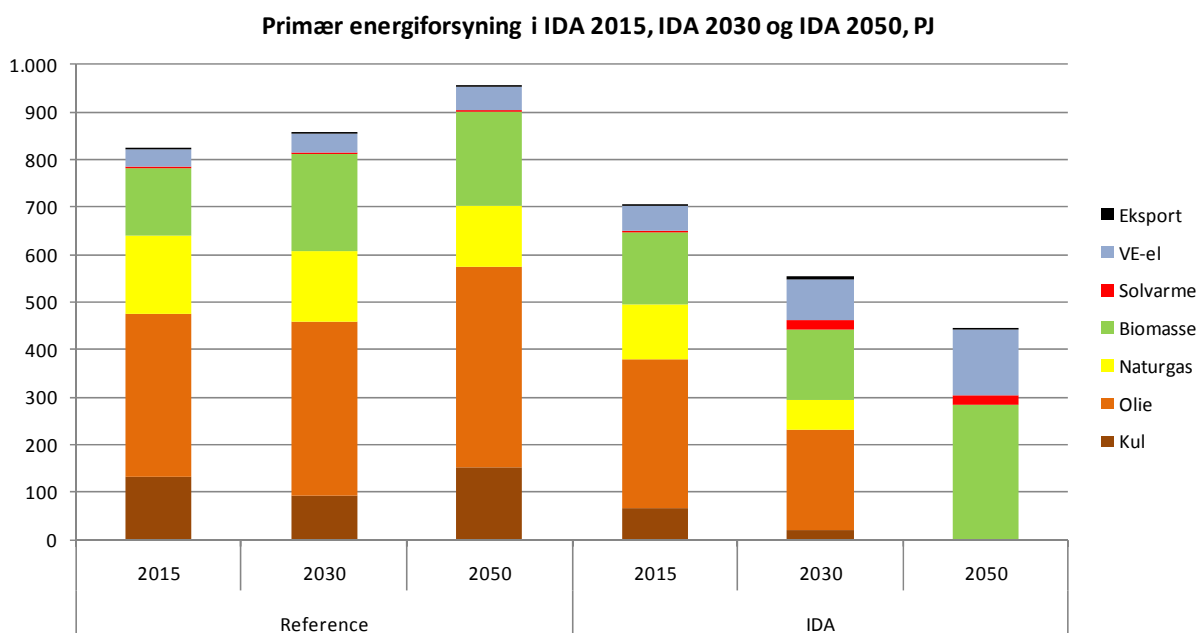


## 2 Resume

I dette kapitel præsenteres de centrale tekniske og økonomiske resultater af baggrundrapporten. Der gøres opmærksom på, at resultaterne er baseret på forudsætninger, følsomhedsanalyser mv., der beskrives i de efterfølgende kapitler.

### 2.1 100 % vedvarende energi og kraftig reduktion af energiforbrug

Den nuværende primære energiforsyning, dvs. brændselsforbrug og vedvarende energi til produktion af el og varme til private husholdninger samt til transport og industri, er på godt 800 PJ. Hvis der ikke indføres nye tiltag, forventes energiforbruget at falde marginalt frem til 2015, men derefter at stige gradvist frem til 2050 til ca. 950 PJ. I IDA's Klimaplan 2050 foreslås tiltag, der kan nedbringe den primære energiforsyning til 707 PJ i 2015, 556 PJ i 2030 og 442 PJ i 2050. Samtidig øges andelen af vedvarende energi fra vindmøller, solceller, solvarme, bølgekraft og biomasse. I referenceenergisystemerne stiger andelen fra ca. 16% i 2008 til 22% i 2015 og ca. 25-29% i 2030 og 2050. I Klimaplanen stiger andelen af vedvarende energi til 30% i 2015 og 47% i 2030. **I 2050 er det danske energisystem, inkl. transport, baseret på 100% vedvarende energi.** Den primære energiforsyning fremgår af Fig. 1. Energistrømmene i referenceenergisystemet for 2030, i IDA 2030 og i IDA 2050 er vist i Fig. 2 til Fig. 4.



**Fig. 1, Primær energiforsyning i IDA's Klimaplan 2050.**

Energisystemet i IDA 2015 er baseret på tiltag, der kan realiseres med nuværende teknologi. Nogle af tiltagene er dog forudsat implementeret over en periode fra 2010 til 2020, men regnet som fuldt implementeret i 2015. I IDA 2030 er store dele af transportsystemet ændret, fjernvarmesystemet er udvidet kraftigt, kraftværkernes effektivitet er forbedret, og der er indført flere eksisterende og nye vedvarende energiteknologier, samt gennemført yderligere besparelser. Generelt er store dele af de fossile brændsler erstattet med elforbrug. I særdeleshed i transporten, som består af flere elbiler og flere eldrevne tog.

**DANSK REFERENCE**

**2030**

**29% vedvarende energi. Primærenergiforbrug:**

**237,42 terawatt-timer (TWh)**

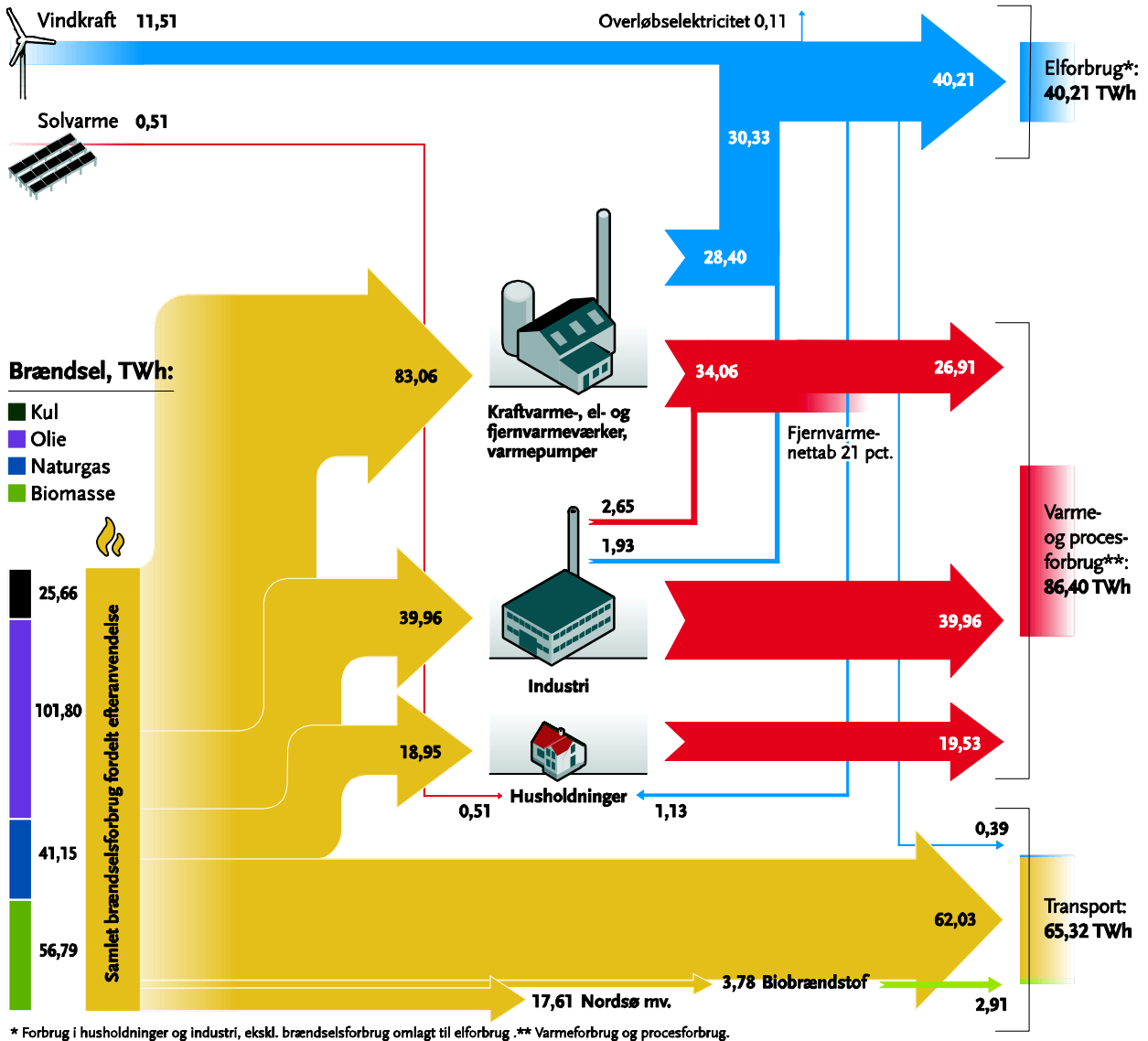


Fig. 2, Energistrømme i referenceenergisystemet i 2030.

IDAS KLIMAPLAN

2030

47% vedvarende energi. Primærenergiforbrug:

146,45 terawatt-timer (TWh)

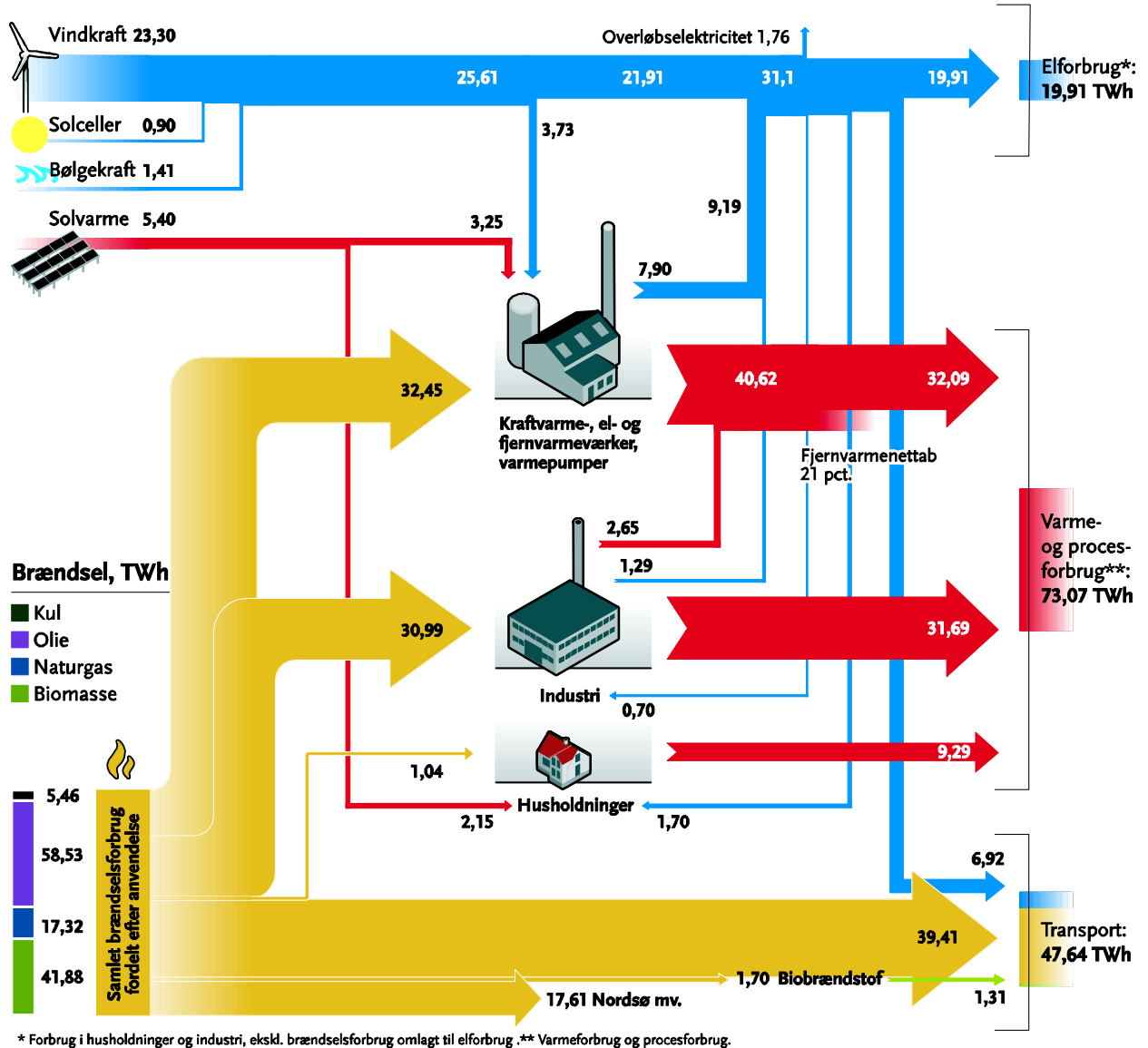


Fig. 3, Energistrømme i IDA 2030 i IDA's Klimaplan 2050.

**IDAS KLIMAPLAN**

**2050**

**100% vedvarende energi. Primærenergiforbrug:**

**122,86 terawatt-timer (TWh)**

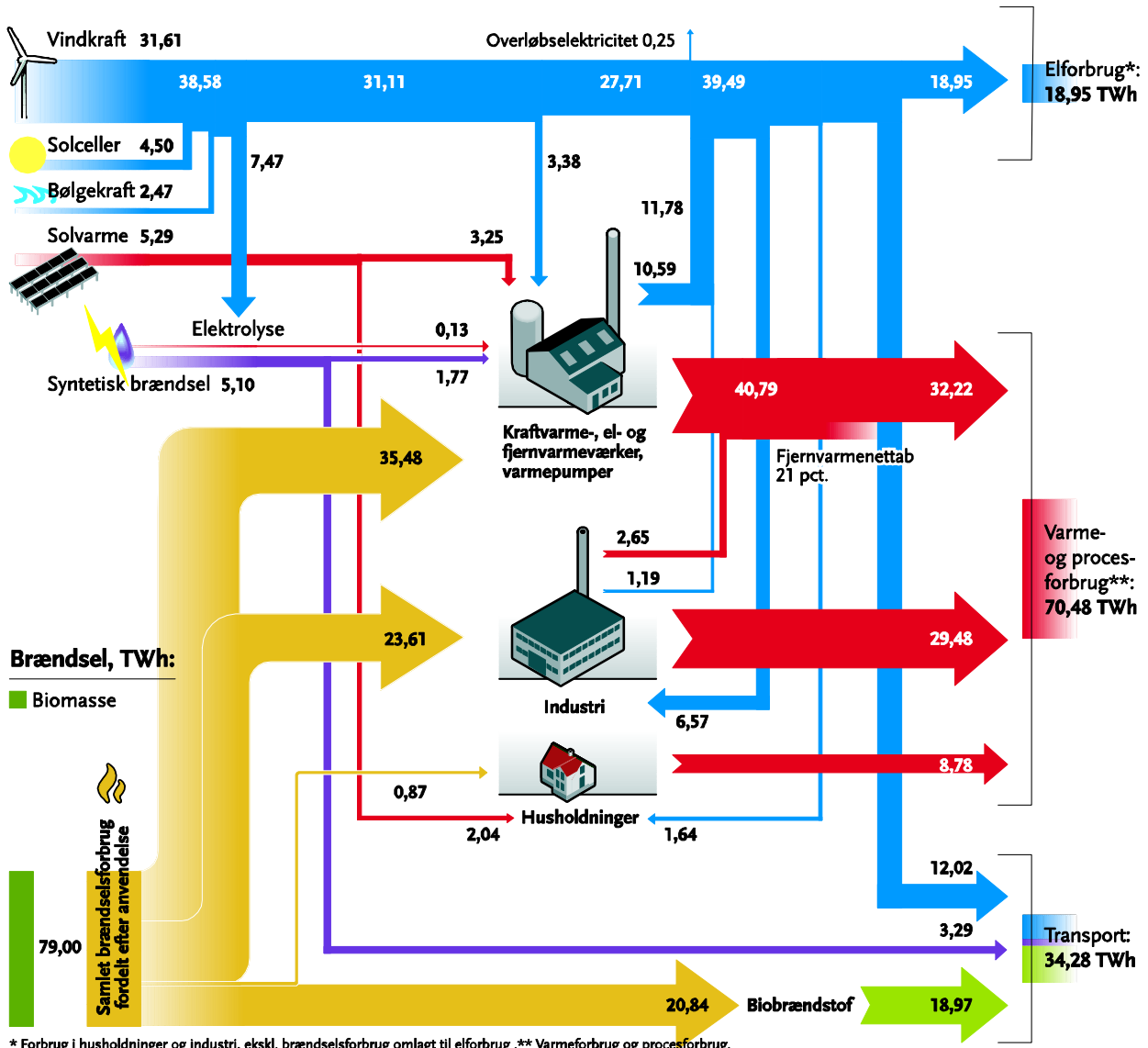


Fig. 4, Energistrømme i IDA 2050 i IDA's Klimaplan 2050.



I IDA's Klimaplan 2050 er der konstrueret et energisystem baseret på 100% vedvarende energi, med udgangspunkt i IDA 2015 og IDA 2030. Dels for at sikre, at disse energisystemer ikke stiller sig i vejen for dette mål, og dels pga. regeringens mål om, at Danmark skal være 100% uafhængigt af fossile brændsler og atomkraft, når olie- og naturgasressourcerne hører op. Resultatet er, at dette er muligt, men at balancen mellem store forbrug af biomasse og store mængder el til direkte anvendelse eller til produktion af syntetiske brændsler fortsat er en udfordring. Her gives et bud på, hvordan denne balance kan opnås.

Frem mod et 100% vedvarende energisystem laves yderligere besparelser og indføres mere vedvarende energi i IDA 2030. I både IDA 2015 og IDA 2030 er der tilstrækkelige nationale biomasseressourcer. Imidlertid udgør ressourcerne en udfordring i 2050 energisystemet, hvor der i Klimaplanen anvendes 284 PJ. Dette forbrug kan potentielt forsynes med nationale ressourcer, men omvendt vil dette ikke levne mange ressourcer til evt. materialeproduktion. Det er således en udfordring i fremtiden, om en større del af brændselsforbruget i industri og flytransport kan overgå til direkte eller indirekte eldrift, eller om der kan gennemføres yderligere besparelser.

I Klimaplanen er der således konstrueret et 100% vedvarende energisystem, der potentielt kan opretholdes på nationale biomasseressourcer. Det skal dog understreges, at det ikke er noget mål i Klimaplanen, at der ikke skal handles med biomasse. Men Klimaplanen giver mulighed for, at vi ikke bliver afhængige af import af biomasse, som vi er afhængige af import af olie og naturgas i referencen, når vi ikke har flere ressourcer tilbage i Nordsøen.

## 2.2 Kraftig reduktion i udslippet af drivhusgasser

Tiltagene i Klimaplanen medfører, at udslippet af drivhusgasser falder med ca. 90% i 2050 i forhold til 2000. Energisystemet udgør kun en del af udslippet af drivhusgasser. Denne del reduceres til 36 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2015, 21 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2030 og er fjernet helt i 2050. Herudover foreslås i Klimaplanen, at udslippet fra industrielle processer og landbrug reduceres, og der tages højde for ekstrabidraget fra fly, pga. udledninger i atmosfæren. **Alt i alt kan udledningerne i 2050 reduceres til 7,2% af udslippet i 2000.** Hvis bidraget fra flytransport medtages, er reduktionen på 10,2%.

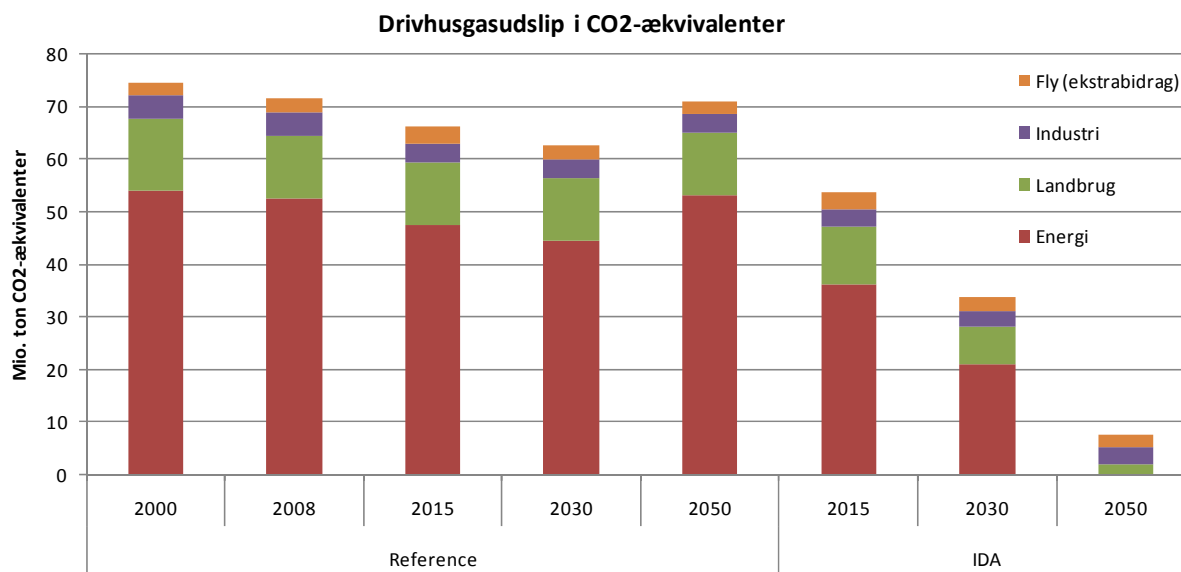


Fig. 5, Udslip af drivhusgasser i IDA's Klimaplan 2050

### 2.3 Bedre samfundsøkonomi med mere vedvarende energi

Klimaplanen tænkes gennemført over en periode frem til 2050 ved løbende at erstatte udtjente anlæg, når levetiden for disse udløber, og de alligevel skal udskiftes. Som udgangspunkt er omkostningerne opgjort som ekstraomkostninger ved at investere i bedre anlæg i forhold til referenceenergisystemet. Der er dog undtagelser herfor.

De samfundsøkonomiske omkostninger er opgjort som årlige omkostninger i henholdsvis 2015, 2030 og 2050. De årlige omkostninger i Klimaplanens energisystemer er sammenholdt med udgifterne i referencen i de pågældende år. Omkostningerne er fordelt på brændsel, drifts- og vedligeholdelsesudgifter, samt investeringsomkostninger. Ved afskrivninger på anlæg er der anvendt en samfundsøkonomisk realrente på 3%. De samfundsøkonomiske analyser er fortaget på baggrund af de seneste forudsætninger fra Energistyrelsen fra maj 2009 vedr. brændselspriser og CO<sub>2</sub>-handelspriser [1].

Der er anvendt tre brændselsprisniveauer, hvor det centrale niveau tager udgangspunkt i priserne fra Energistyrelsen, svarende til en oliepris på 122\$/tønne. De høje priser fra foråret/sommeren 2008 anvendes til et højt prisniveau på 132 \$/tønne [2]. Til det lave niveau anvendes de lave prisforudsætninger, som Energistyrelsen brugte i sin basisfremskrivning fra juli 2008 på 60\$/tønne [3]. Der er desuden regnet med en langsigtet CO<sub>2</sub>-handelspris på henholdsvis 229 DKK/ton og 458 DKK/ton. CO<sub>2</sub>-handelsprisen omfatter ikke alle samfundsøkonomiske omkostninger, som f.eks. oversvømmelser, men er alene en forventet handelspris. Indregnes denne typer effekter, vil det omkostningsmæssigt være en fordel for energisystemerne i Klimaplanen.

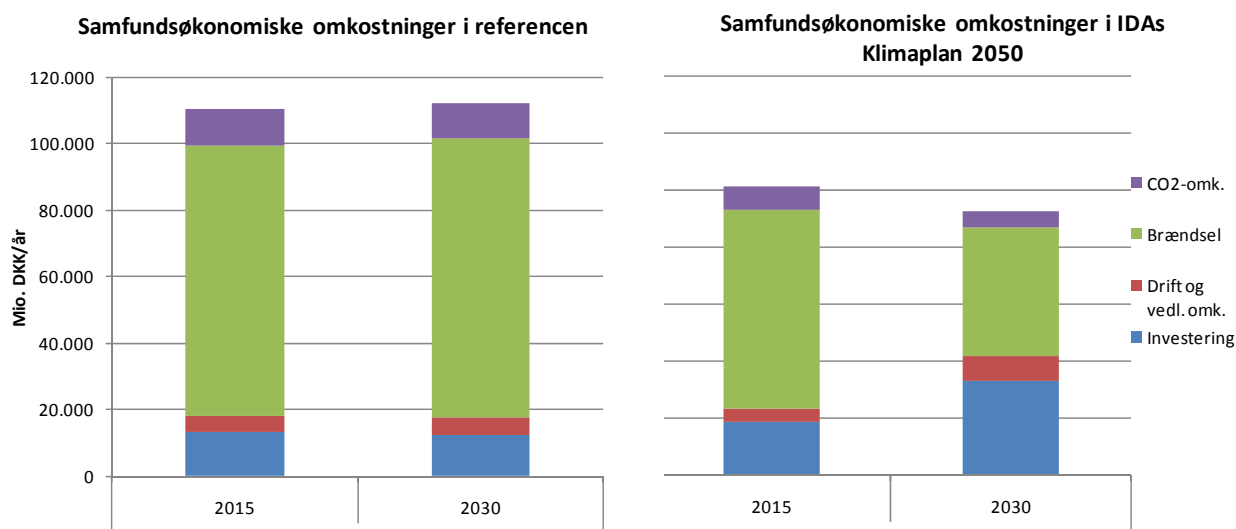
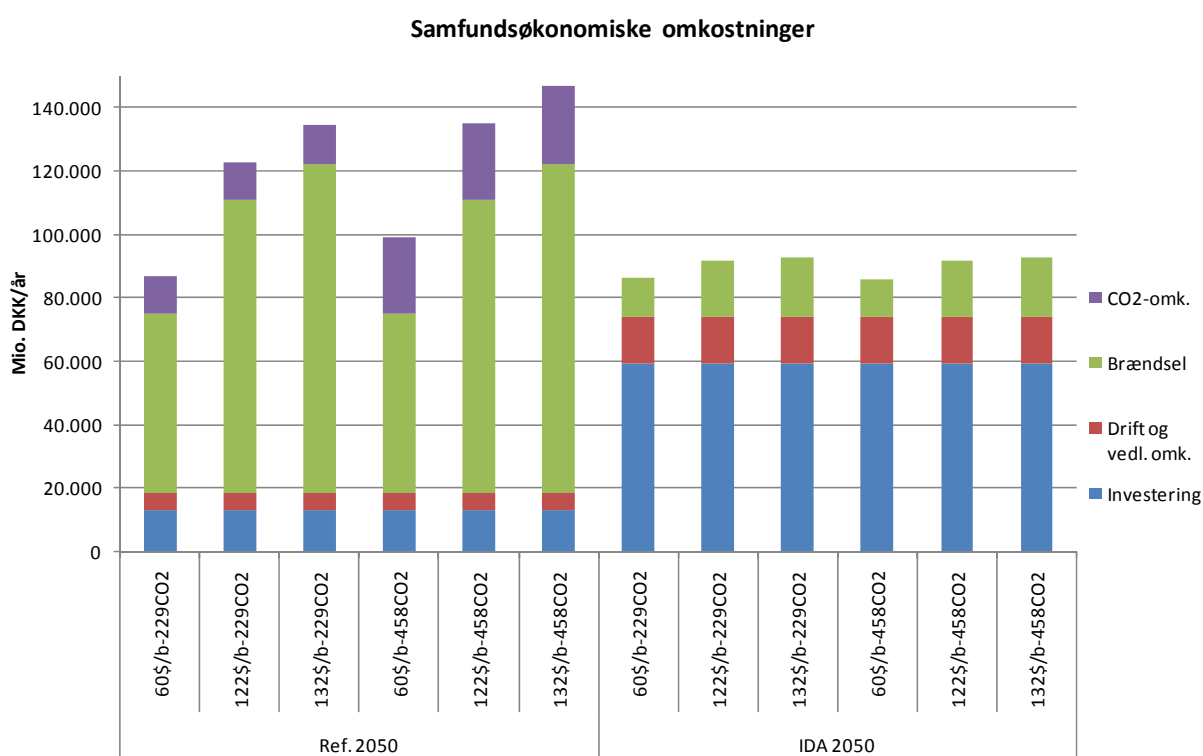


Fig. 6, Samfundsøkonomiske omkostninger i 2015 og 2030

Det generelle billede er, at Danmark med både IDA 2015 og IDA 2030 opnår en væsentligt bedre økonomi end i referencen. **I 2015 og 2030 er differencen med de centrale brændsels- og CO<sub>2</sub>-prisforudsætninger henholdsvis 9 og 20 mia. DKK/år**, som det fremgår af Fig. 6. I IDA 2015 er det dog væsentligt at nævne, at en del af tiltagene foretages i perioden 2010 til 2020. Herudover kommer andre gevinster ved sparede helbredsomkostninger, erhvervspotentialer og beskæftigelse mv.

Ud over disse besparelser opnår man en mere robust situation, idet de samlede omkostninger til energi er mindre følsomme over for udsving i oliepriser og CO<sub>2</sub>-omkostninger. Analyserne her peger på, at der kan opnås en gevinst selv med halvt så store brændselspriser, som Energistyrelsen anbefaler i øjeblikket. Det er værd at bemærke, at der årligt bruges mellem 50 og 95 mia. DKK i dag og frem mod 2030 til brændsler, afhængigt af brændselspriserne. I IDA's Klimaplan foreslås det, at disse udgifter nedbringes til mellem 29 og 51 mia. DKK/år i 2030, afhængigt af brændselspriserne.

Man opnår altså to gevinster. Dels er IDA 2015 og IDA 2030 billigere alternativer end referenceenergisystemerne, og dels repræsenterer de et system, som er væsentligt mindre følsomt over for udsving i oliepriserne. I fremtiden må man dog forvente, at verden fortsat oplever svingende priser og næppe hverken konstant høje eller konstant lave oliepriser.



**Fig. 7, Samfundsøkonomiske omkostninger i 2050 ved forskellige brændsels- og CO<sub>2</sub>-priser**

IDA 2050 er baseret på 100% vedvarende energi, og beregningerne af de samfundsøkonomiske omkostninger skal ses som et første forsøg og estimat herpå for et 100% vedvarende energisystem. Sådanne opgørelser er forbundet med væsentlige usikkerheder. I 2050 er en lang række tiltag, bl.a. el- og varmebesparelserne, kun ændret marginalt i forhold til tiltagene i IDA 2030. De væsentligste ændringer er, at andelen af vedvarende energi er hævet væsentlig i el-systemet, at effektiviteten på kraftværkerne er forbedret, at syntetiske brændsler fra elektrolyse har erstattet en del af biomassen, samt at transportsektoren i højere grad er omstillet til banebårne transportformer og elbiler. Det skal understreges, at resultaterne er afhængige af brændselsprisforudsætningerne, samt de væsentlige strukturelle samfundsmæssige omlægninger, der er foreslået i IDA 2050. Til gengæld er IDA 2050 robust

over for større ændringer i biomassepriserne, end analyseret her. Som et resultat kan der opnås potentielle besparelser på over 25 mia. DKK/år i det centrale brændselsprisscenario, jf. Fig. 7.

Der er ligeledes lavet analyser af konsekvenserne ved handel med el på Nord Pool. Ovennævnte opgørelse af de samfundsøkonomiske omkostninger er lavet i et lukket system uden el-handel med udlandet. Analyserne er foretaget med udgangspunkt elpriserne i et såkaldt normalt år og et år med svingende brændsels- og CO<sub>2</sub>-handelspriser. Nettoindtægten er en samlet beregning af import-/eksportindtægter inkl. flaskehalsindtægter og forskellige CO<sub>2</sub>- og brændselsomkostninger i forhold til en situation uden el-handel med de omkringliggende lande. I situationer med lave brændsels- og CO<sub>2</sub>-handelspriser tjenes der primært penge på eksport, mens der i tilfælde med høje brændselspriser primært tjenes penge på import. Derfor er der også forskel på indtjeningen på el-handel i de to systemer. Energisystemerne, som er foreslået i Klimaplanen, giver en højere indtjening, primært pga. mere effektive kraftværker kombineret med ledig kapacitet, når forbruget dækkes af vindmøller mv. Dette vil dog medføre stor CO<sub>2</sub>-udledning i Danmark og et stort forbrug af brændsel i form af kul eller biomasse.

Alt i alt er der dog tale om en difference, som er af mindre betydning i sammenligning med forskellen på de samlede omkostninger, som løber op i flere mia. DKK/år, til IDA 2015 og IDA 2030s fordel. I både referencen for 2015 og 2030, samt i IDA 2015 og IDA2030 giver en forøgelse af transmissionskapaciteten til udlandet fra 2.500 MW til 5.000 MW kun anledning til marginale ekstraintægter, hvilke slet ikke står mål med de omkostninger, der er forbundet med denne kapacitetsudbygning. Konklusionerne af elhandelsanalyserne af 2050-energisystemerne er i tråd med ovenstående. Det skal understreges, at resultaterne for elhandelsanalyserne for IDA 2050 udelukkende er et skøn og er baseret på Energistyrelsens forventede elpris i 2030 og ikke 2050.

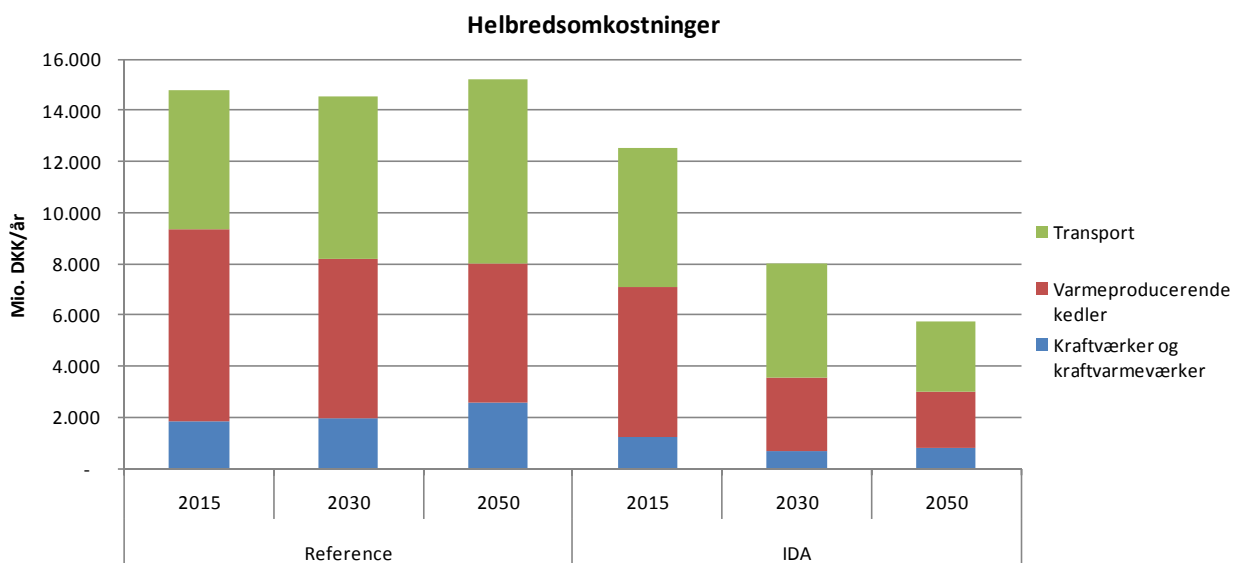
Det skal også understreges, at analyserne af det lukkede energisystem uden handel ikke er udtryk for, at der ikke skal handles med el i fremtiden. Det lukkede system er alene anvendt med henblik på at præsentere en Klimaplan, hvor energisystemerne ikke er tvunget til at eksportere eller lukke vindmøller mv. ned i visse situationer. Dette er energisystemerne i Klimaplanen i stand til at undgå.

Eventuelle ændringer i systemernes evne til el-handel er ikke afgørende for sammenligningen. Den store forskel mellem referenceenergisystemerne og Klimaplanen er karakteriseret ved, at Klimaplanen indeholder store anlægsomkostninger, mens referencen har store brændselsomkostninger. Derfor er sammenligningen især følsom over for dels ændringer i brændselspriserne og dels ændringer i rente og investeringsbehov. Der er gennemført analyser af de tre ovennævnte brændselsniveauer og de to CO<sub>2</sub>-handelspriseniveauer, hvilket ikke ændrer på det generelle billede af, at Klimaplanen har lavere omkostninger end referencen. Ved en forøgelse af investeringsniveauerne på 50% ændres resultaterne heller ikke, om end de opnåede gevinster bliver mindre. Det samme er tilfældet, hvis realrenten er på 6%. Det skal dog pointeres, at dette gælder den samlede pakke. Med ændret rente eller investeringsomfang vil flere af enkelttiltagene få en negativ samfundsøkonomi.

## 2.4 Helbredsomkostninger

Helbredsomkostningerne er opgjort på baggrund af seks forskellige emissioner: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, partikler (PM<sub>2,5</sub>), kviksølv og bly. I IDA's Klimaplan 2050 er der især reduktioner i udledningerne af NO<sub>x</sub>, CO, og små partikler. Der opnås dog også reduktioner i emissionerne af SO<sub>2</sub>, kviksølv og bly. Reduktionerne hænger primært sammen med anvendelsen af meget mindre kul til kraftværkerne, mindre diesel og benzin i transportsektoren, et reduceret behov for olie i industrien, og et reduceret behov for træ/brænde i individuelle husstande. Til gengæld stiger emissionerne lidt igen pga. anvendelsen af mere halm, træ, biogas mv.

På baggrund af de senest publicerede tal for helbredsomkostninger forbundet med emissioner fra de forskellige typer af teknologier og brændsler samt placeringen af punktkilder, kan de samlede omkostninger beregnes. Disse omkostninger er fundet på baggrund af antal tabte arbejdsdage, hospitalsindlæggelser, helbredsskader, dødsfald mv., som relaterer direkte til emissionerne. De samlede helbredsomkostninger for referenceenergisystemerne for 2015, 2030 og 2050 er 14 til 15 mia. DKK/år. De samlede helbredsomkostninger opgjort her stemmer godt overens med andre studier. I Fig. 8 er helbredsomkostningerne opgjort fordelt på sektorer. Det er vigtigt at understrege, at helbredsomkostningerne opgjort her kun giver en indikation af omfanget omkostningerne pga. helbredseffekter, idet mere præcise opgørelser kræver, at der køres luftforeningsmodeller kører i scenarioåret med de nye forudsætninger for energisystemet. Ligeledes skal det understreges, at øvrige omkostninger, eksempelvis skader på miljøet, ikke er indregnet.



**Fig. 8, Samlede helbredsomkostninger fra energisystemerne fordelt på sektorer.**

I IDA 2015 og IDA 2030 er disse omkostninger reduceret til henholdsvis ca. 13 og ca. 8 mia. DKK. **Der kan altså opnås besparelser i helbredsomkostningerne på ca. 2 mia. DKK i 2015 og ca. 7 mia. DKK i 2030** hvis tiltagene i Klimaplanen implementeres. Heraf er ca. 0,9 mia. DKK/år sparede udgifter i Danmark i IDA 2015 og ca. 2,3 mia. DKK/år sparede udgifter i Danmark i IDA 2030. Resten er besparelser i nabolande. Helbredsomkostningerne, som er medtaget her, er udelukkende baseret på de seks typer af emissioner, og inddrager ikke omkostninger forbundet med skader på natur og dyreliv, og ej heller

omkostninger fra udvinding af brændsler og materialer i udlandet, f.eks. fra en kulmine i Sydafrika. Der er således tale om en konservativ vurdering. Hvis der medtages samfundsøkonomiske miljø- og sundhedsmkostninger pga. CO<sub>2</sub>-udslip ud over de seks emissionstyper analyseret her, viser en konservativ vurdering, at ovenstående besparelser er ca. dobbelt så store. Helbredsomkostningerne er også beregnet for 2050, og her er der fundet mulige besparelser på 9,5 mia. DKK/år, hvoraf ca. 2,4 mia. DKK/år er udgifter i Danmark.

## 2.5 Erhvervspotentialer

En systematisk implementering af de teknologier, der indgår i IDA's Klimaplan 2050, vil medføre væsentlige muligheder for at øge eksporten. Med udgangspunkt i den nuværende og historiske eksport af energiteknologier er disse erhvervspotentialer vurderet for IDA's Klimaplan 2050. Det skønnes, at IDA's Klimaplan 2050 kan skabe et potentiale for eksport af energiteknologier, der stiger fra ca. 64 mia. DKK i 2008 til **ca. 200 mia. DKK/år** frem mod 2030. Det skal understreges, at denne type af kvantificering er forbundet med væsentlige usikkerheder og skal betragtes som et skøn. Imidlertid giver overslaget en god oversigt over de teknologier, hvor Klimaplanen potentielt kan medvirke til at skabe en udvikling. Det skal også understreges, at denne potentielle stigning kommer oveni den gevinst, der er påvist ved den ændrede drift og struktur i selve energisystemet beskrevet ovenfor. Resultaterne fremgår af Fig. 9.

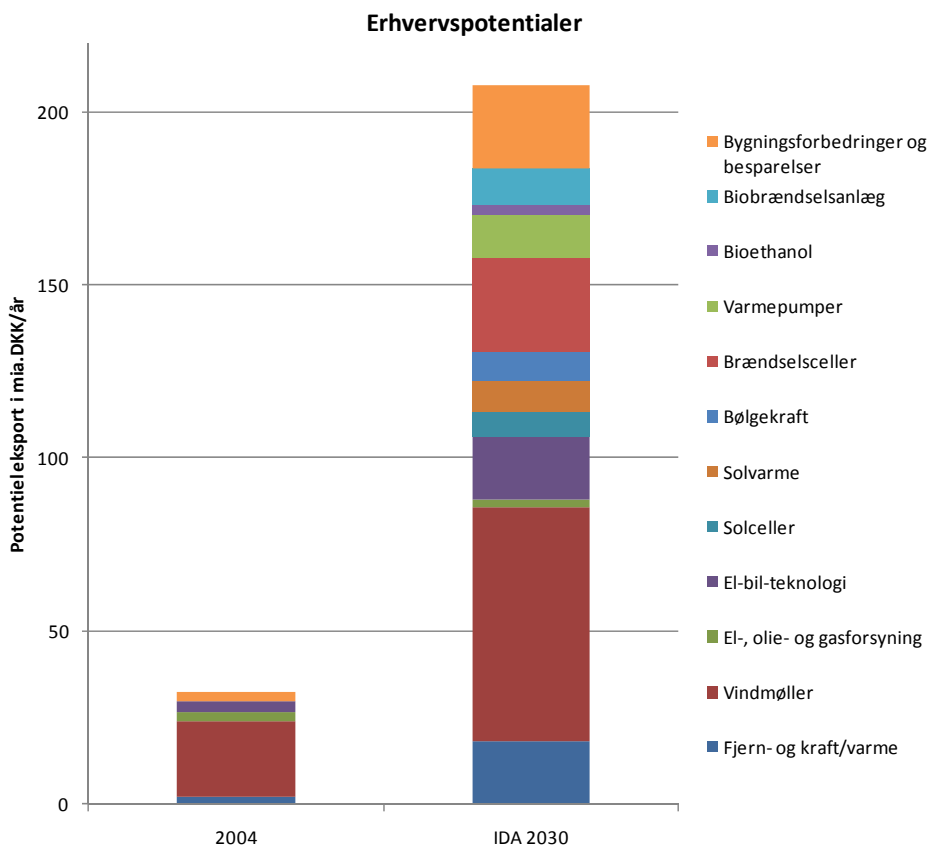


Fig. 9, Erhvervspotentialer pr. år ved implementering af IDA's Klimaplan 2050

## 2.6 *Beskæftigelseeffekter*

Opgørelsen af beskæftigelseeffekten tager udgangspunkt i opdelingen i årlige omkostninger for IDA's Klimaplan 2050 sammenlignet med referencens. Forskellen i omkostninger kan opdeles på investeringer og på drift. En gennemførelse af IDA Klimaplan 2050 vil medføre en omlægning af omkostninger fra køb af fossile brændsler til køb af anlægsinvesteringer, uden at det danske samfund herved pålægges ekstra omkostninger til energi. Alt andet lige vil dette medføre en højere dansk beskæftigelse, samtidigt med at betalingsbalancen forbedres. Denne effekt øges yderligere, hvis planen implementeres på en måde, så de ovennævnte erhvervspotentialer i form af øget eksport realiseres.

I Klimaplanen sænkes udgifterne til brændsler, men øges til drift og vedligehold. Desuden investeres i alt omkring 950 mia. DKK ekstra i Klimaplanen end i referencen, fordelt på perioden frem til 2050. For hver omkostningstype er der vurderet en importandel med udgangspunkt i erfaringer fra tidligere indsamlinger af valuta- og beskæftigelsesoplysninger for investering i energianlæg. Ift. de tidligere data er der foretaget en generel opjustering af importandelen, idet denne erfaringsmæssigt er stigende.

For den andel, der er tilbage efter fradrag af importandelen, er det forudsat, at der skabes to jobs for hver 1. mio. DKK. Dette inkluderer afledte jobs i finans- og servicesektoren. Igen er der tale om justerede tal ift. de tidligere indsamlede data. Men her er tallene nedjusteret for at tage hensyn til den generelle prisudvikling. Det bør i sagens natur understreges, at der er tale om et estimat. Med ovennævnte metode og forudsætninger er ekstrabeskæftigelsen i Danmark ved gennemførelse af IDA's Klimaplan 2050 sammenlignet med referencen vurderet til i **ca. 30-40.000 jobs**. Der tabes jobs i håndtering af fossile brændsler, mens der skabes jobs ved investeringer i energiteknologi. På langt sigt, i takt med at investeringerne i selve omlægningen til et 100% vedvarende energi-system er gennemført, vil ekstrabeskæftigelsen være ca. 15.000 jobs i forhold til referencen for 2050. I praksis vil dette sandsynligvis sprede sig over en årrække.

Det er i den forbindelse vigtigt af to grunde at placere den store beskæftigelsesindsats så tidligt som muligt i perioden. Den ene grund er, at arbejdsstyrken som andel af den samlede befolkning er faldende i hele perioden frem til omkring 2040, og at der derfor er størst arbejdskapacitet til at foretage en ændring af energisystemet i begyndelsen af perioden. Den anden grund er, at de danske Nordsø-ressourcer rinder ud i perioden, og at det derfor så tidligt som muligt i perioden er vigtigt at udvikle en energiforsyning, der er baseret på vedvarende energi, og en stigning i energiteknologiekporten, som kan erstatte den olie- og naturgaseksport, der formindskes og helt falder bort i løbet af 10-20 år.

Ovennævnte effekter på beskæftigelsen inkluderer ikke jobskabelsen som følge af øget eksport af energiteknologier. Disse fordele kommer oveni. Med en forudsætning om en importandel på 50% vil en årlig eksport på 200 mia.kr. generere i størrelsesordenen op til 200.000 jobs, alt afhængigt af hvor stor eksporten ville have været uden Klimaplanen, og afhængigt af i hvilket omfang, der er ledige, samt hvorvidt disse vil kunne beskæftiges i andre eksporterhverv. I den forbindelse henledes opmærksomheden på, at der frigøres en del dansk arbejdskraft i takt med, at olie- og gasudvindingen i Nordsøen afvikles.