

Det Nationale Klimatopmøde i Klimatorium  
Onsdag den 19. august 2020 kl. 08.00-17.00 Kend din fremtid 2050

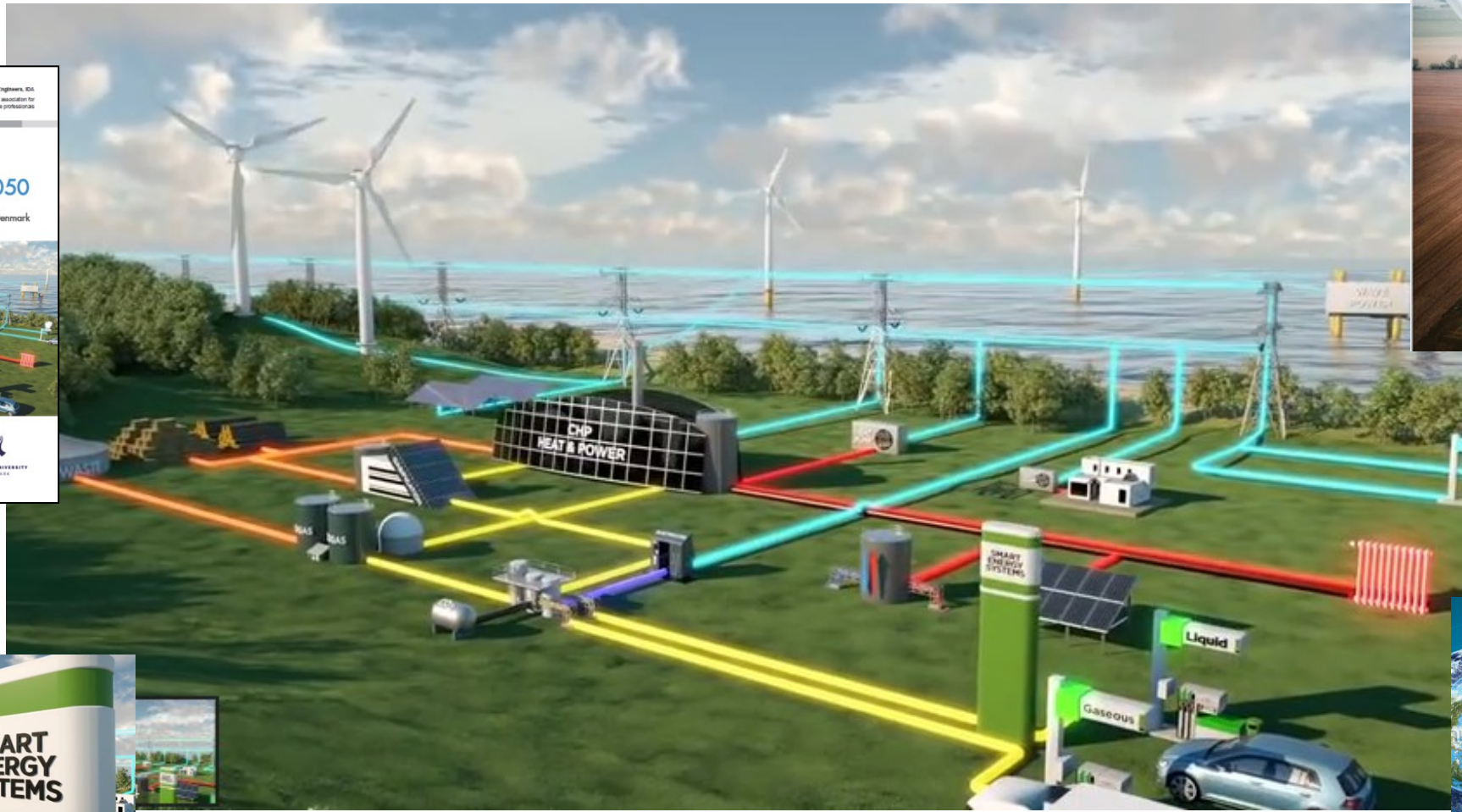
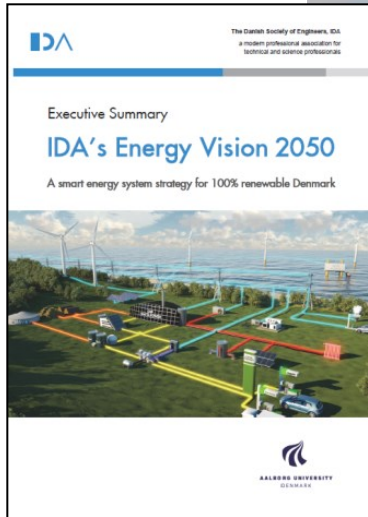


Klimapartnerskaberne og IDAs Klimasvar:  
Hvordan opnår vi 70% inden 2030?

Professor Henrik Lund  
Aalborg Universitet



# Holistisk tilgang til det smarte energi system



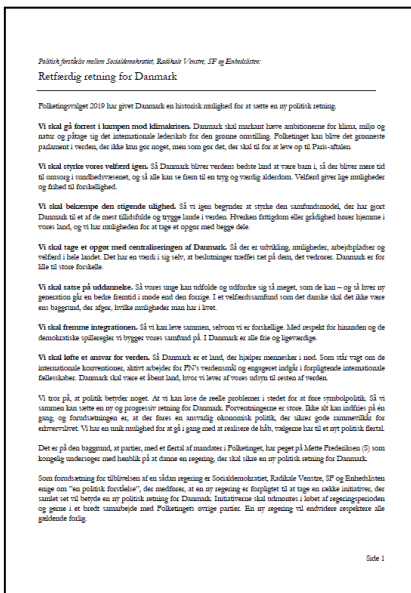
2019 Regeringens forståelsespapir:

# 70% reduktion i drivhusgasserne i 2030



**Klimalov skal følges af klimahandlingsplan, som indeholder otte punkter:**

1. Energieffektiviseringer i bl.a. offentlige bygninger.
2. National strategi for bæredygtigt byggeri.
3. Strategi for elektrificeringer i transportsektoren, industri og samfundet generelt.
4. Flere midler til grøn forskning og demonstrationsprogrammer.
5. Undersøgelse af muligheden for, at Danmark og Nordsølande kan lave fælles strategi for udnyttelse af havvindpotentiale.
6. Undersøgelse af mulighed for at Danmark senest i 2030 bygger energi-ø med minimum 10 GW tilkoblet.
7. Understøtte skovrejsning.
8. Klimatilpasning med bl.a. bedre koordinering af kystsikring.

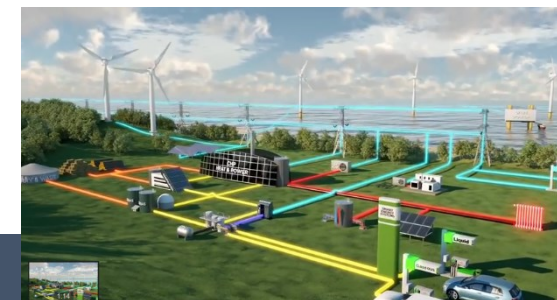
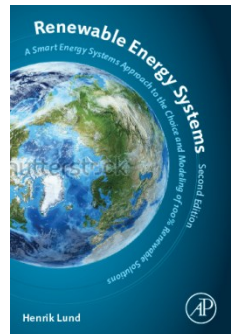
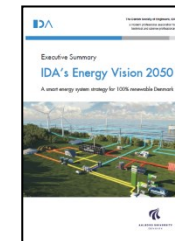


# IDA's Klimasvar: ser frem mod 2045

**Danmark bør opfylde målsætningen om 70 pct. CO2-reduktion i 2030 på en måde, så den passer godt ind i at opnå 100 pct. vedvarende energi og CO2-neutralitet i 2045.**

Det betyder:

- at vi frem til 2030 bør vælge de teknologier, som er hensigtsmæssige for at kunne tage de næste skridt i årene efter 2030.
- at vi frem til 2030 bør have fokus på at udvikle de nye teknologier, som vi får brug for i næste omgang, også selvom de ikke nødvendigvis gør den store forskel i 2030.

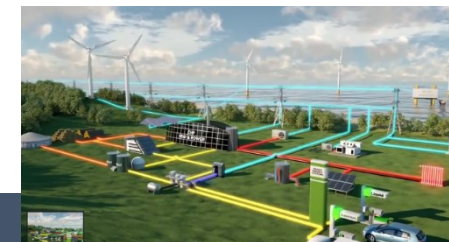
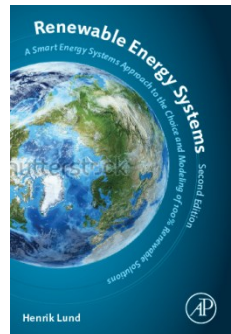
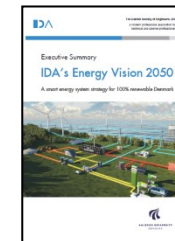


# IDA's Klimasvar: - en del af Europa

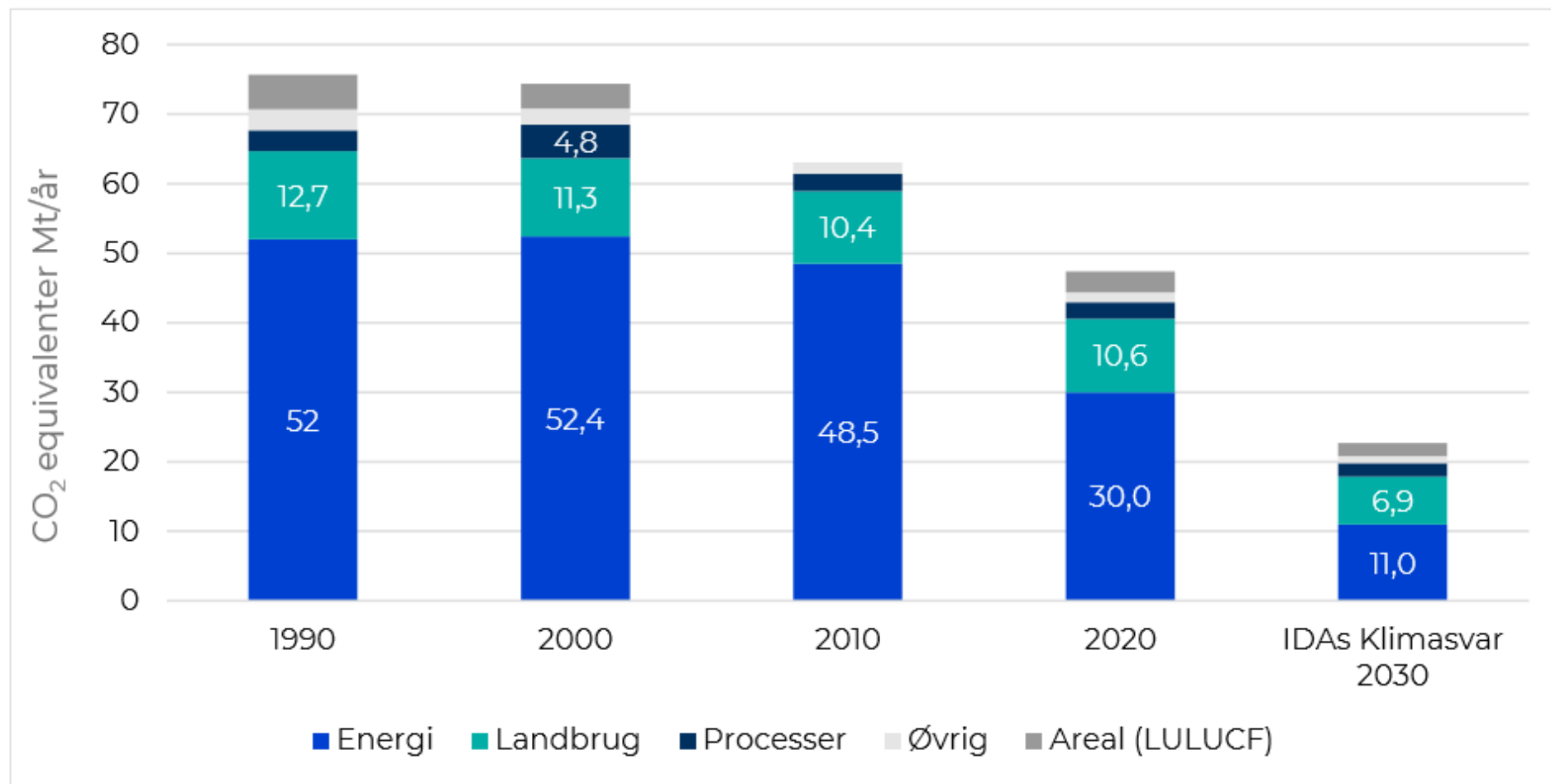
Danmark bør opfylde målsætningerne om vedvarende energi og CO2-reduktion på en måde, så det passer ind i, at resten af Europa og i sidste ende, at resten af verden kan gøre det samme.

Det betyder:

- at vi skal forholde os til Danmarks andel af bl.a. den **internationale fly- og skibstransport** og bidrage til at nedbringe klimagasser fra disse transportformer, også selvom de ikke er med i FN-måden at opgøre vores forpligtigelser på.
- at vi skal holde os inden for Danmarks andel af **verdens bæredygtige biomasse** ressourcer.
- at vi skal bidrage med vores andel af både fleksibilitetsydelse og reservekapacitet på **el-nettet i en europæisk sammenhæng**.



**Figur 1. Dansk CO<sub>2</sub>-emission iflg. FN-opgørelsesmetoden**



Kilde: Energistatistik 2018.

Note: Tallene er justeret for LULUCF og tilpasset 75,7 i 1990. \*Øvrig omfatter "andre emissioner" og "indirekte emissioner". 2020 er delvist baseret på historiske tal for 2017 samt fremskrivning til 2020. IDAs Klimasvar omfatter energi og transport - den blå



# Oversigt over IDAs Klimasvar

IDA 70 pct. 2030 - Oversigt	Varme	Industri	Transport	Elektricitet
<p><b>Energieffektivitet</b></p> <p>(opfyldelse af EU's energieffektiviseringsdirektiv)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Besparelser i alle bygninger (12 pct. i 2030 og 30 pct. i 2045)</li> <li>- Gradvis omlægning til 4G fjernvarme (halvt i 2030, helt i 2045)</li> <li>- Anvendelse af bygningsreglementets renoveringsklasser som mål for renovering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Besparelser og effektiviseringer (24 PJ inkl. effektiviseringer i el, varmepumper, fjernvarme og fjernkøling)</li> <li>- Besparelser i datacentre (5 pct. af el)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Afdæmpning af vækst i personbil km ift. vækst i basisfremskrivningen (1,6 pct./år i stedet for 2 pct./år), men stadig flere køretøjer end i dag.</li> <li>- Omlægning af personkm fra biltransport (2 pct.) og fly (10 pct.) til tog og kollektiv trafik nationalt</li> <li>- Omlægning af personkm fra biltransport (2 pct.) til cykler</li> <li>- Afdæmpe væksten i brændselsforbrug med 10 pct. i national og internationale fly</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 pct. besparelser i det "klassiske elforbrug" i 2030 (20 pct. i 2045)</li> </ul>
<p><b>Sektorintegration</b></p> <p>(lager, konvertering og elektrificering)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Olie- og gasfyr afvikles inden 2030 og erstattes med fjernvarme og individuelle varmepumper</li> <li>- Fjernvarme udvides til 63 pct. af varmebehovet, primært på bekostning af naturgasområder</li> <li>- Individuelle varmepumper, primært udenfor eksisterende naturgasområder</li> <li>- Overskudsvarme fra industri og datacentre</li> <li>- Overskudsvarme fra elektrolyse anlæg</li> <li>- Fjernvarme til biogasanlæg og industri</li> <li>- Store varmelagre, særligt i større fjernvarmenet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Omlægning til fjernvarme (2 TWh)</li> <li>- Fjernkøling med kølelagre (0,8 TWh)</li> <li>- Varmepumper for resterende rumvarmebehov (3,5 PJ)</li> <li>- El erstatter fossil (17 PJ inkl. varmepumper)</li> <li>- 300 MW offshore vind erstatter 3,5 TWh Naturgas på boreplatformene</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Benzin og diesel til biler reduceres fra nu 102 PJ til 59 PJ svarende til at antallet reduceres fra 2,6 til 1,5 -2 millioner biler (afhængigt af hvor meget de kører).</li> <li>- 1,3 mio. el-biler eller plug-in-hybridbiler i 2030.</li> <li>- 35 pct. af busser og 30 pct. af varevogne på batteridrift eller plug-in-hybrid.</li> <li>- 20 pct. af brændselsforbruget i motorcykler og i forsvaret på el i 2030.</li> <li>- 5 pct. lastbiler på batteridrift eller plug-in-hybrid</li> <li>- 5 pct. af lastbiler direkte el i 2030 (e-roads)</li> <li>- 20 pct. elektrofuels (DME/metanol) til lastbiler og varevogne (9,8 PJ) i 2030</li> <li>- 10 pct. elektrofuels (ammoniak) til skibe i 2030 (0,6 PJ).</li> <li>- 2 pct. eletrofuels (jetfuel) til nationale fly (0,3 PJ).</li> <li>- 1.200 MW elektrolyse</li> <li>- CO<sub>2</sub>-capture til elektrofuels fra en kombination af punktkilder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indregulering af vind, sol og bølgekraft med varmepumper og elektrolyseanlæg fra de andre sektorer</li> <li>- Nedlæggelse af kulkraftværker</li> <li>- Fokus på nedregulering af eksisterende biomasseværker når der er overskud af elproduktion fra vind-, sol- og bølgekraft</li> <li>- Bevarelse af decentrale gasfyrede kraftvarmeværker samt opførelse af nye gasfyrede kraftvarmeværker for at sikre effekt</li> </ul>



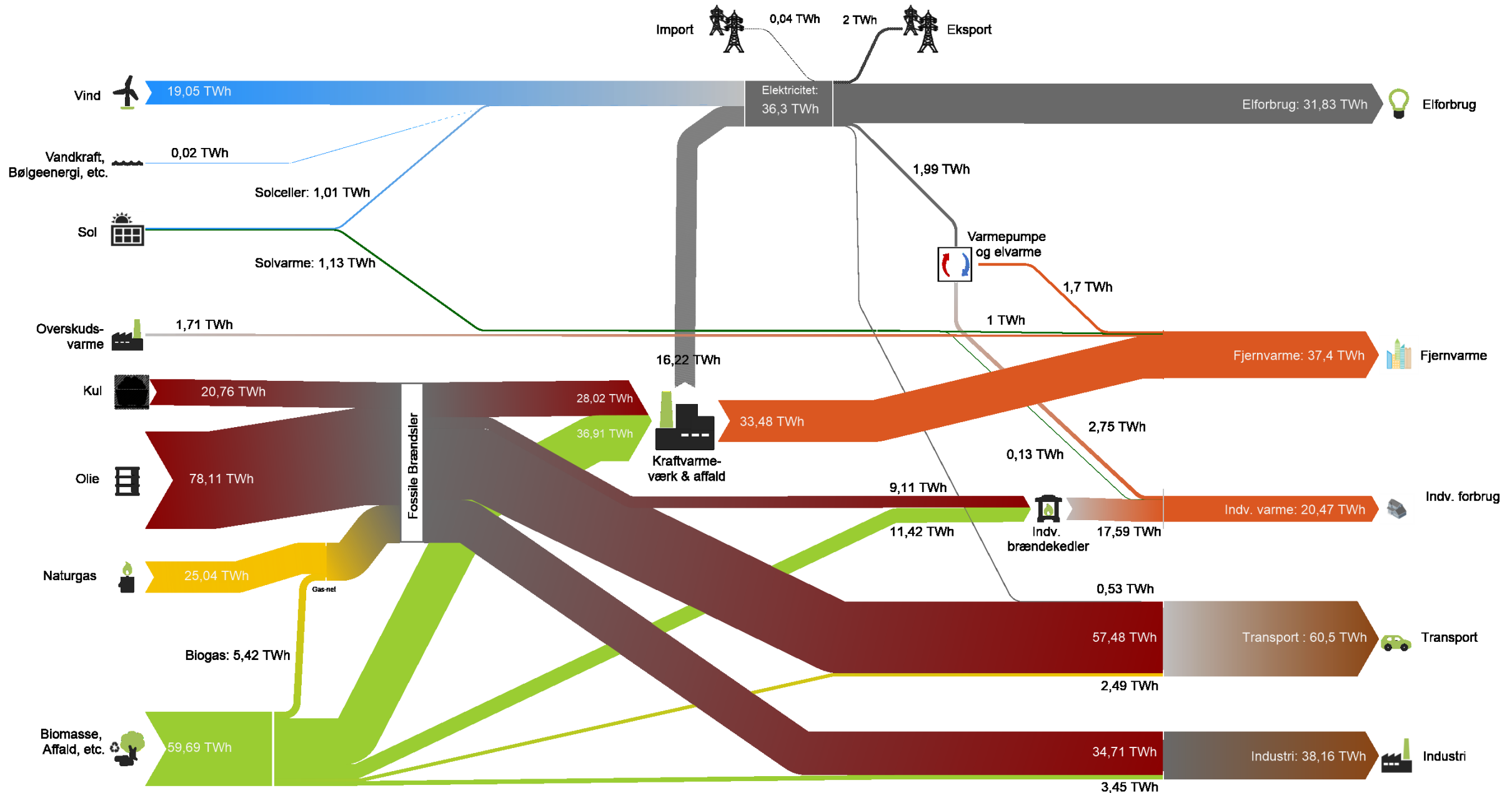


# Oversigt over IDAs Klimasvar

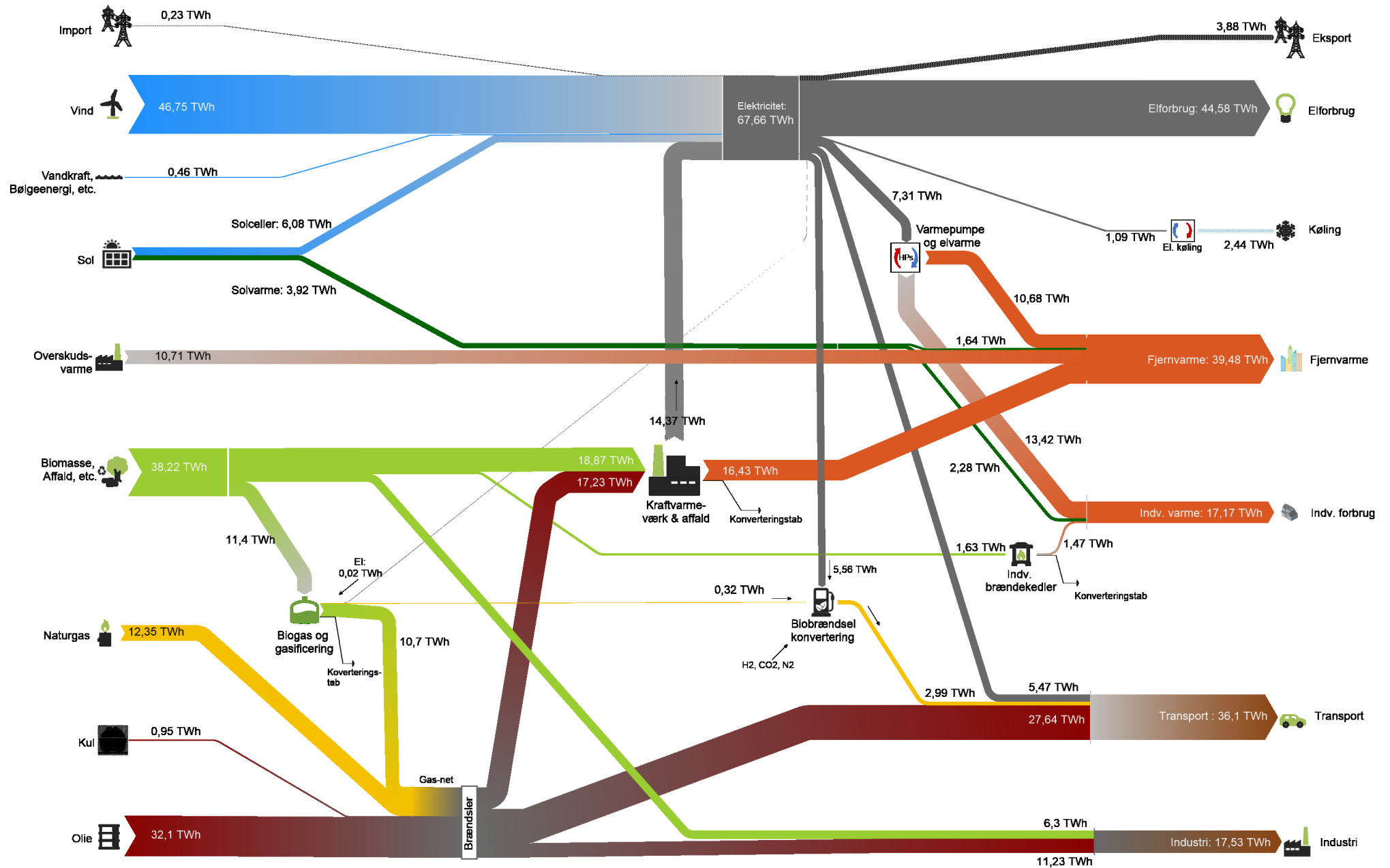
IDA 70 pct. 2030 - Oversigt	Varme	Industri	Transport	Elektricitet
<p><b>Biomasse</b> (holdes på et bæredygtigt niveau)</p> <p>Affald reduceres til fordel for genbrug/genanvendelse</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Træ, affald og biogas i kraft/varmeverker</li> <li>- Træflis og halm i fjernvarmekedler</li> <li>- Træpiller til et mindre antal individuelle fyr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 23 PJ Biomasse erstatter fossile brændsler</li> <li>- 8 PJ Biogas erstatter fossilt fossile brændsler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 200 MW forgasning af træflis (syngas og CO<sub>2</sub> til elektrofuels)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biogasproduktionen forøges til 35 PJ i 2030</li> <li>- Træflis og halm i kraftvarmeverker og fjernvarme</li> </ul>
<p><b>Vedvarende energi</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 800 MW vindmøller til individuelle varmepumper</li> <li>- 8-9 PJ solvarme til individuelle boliger til supplement af varmepumper</li> <li>- 500 MW / 13-14 PJ geotermi til fjernvarme</li> <li>- 500-600 MW vindmøller til store varmepumper i fjernvarmen</li> <li>- 6-7 PJ solvarme til fjernvarme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 300 MW vindmøller til boreplatforme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2.700 MW Vindmøller til el køretøjer, CO<sub>2</sub>-capture og elektrolyse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 130 MW bølgekraft</li> <li>- 5.000 MW solceller på store tage (nu 1000 MW)</li> <li>- Mindst 4.800 MW onshore vindkraft onshore (nu 4.200 MW)</li> <li>- 6.630 MW vindkraft offshore (nu 2.000 MW)</li> </ul>
<p><b>Teknologiske udfordringer</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Store sæson varmelagre, særligt i fjernvarmeforsyningen</li> <li>- Geotermi</li> <li>- Overgang til 4G fjernvarme systemer</li> <li>- Overskudsvarme fra datacentre og elektrolyseanlæg til fjernvarme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Integration af datacentre i fjernvarmesystemet</li> <li>- Produktionsomlægninger i industrien til el, biomasse og biogas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Storskala intelligent opladning af el-køretøjer</li> <li>- E-roads til lastbiler med delvis batteridrift</li> <li>- Fra simpel årlig roadpricing til avanceret GPS baseret roadpricing</li> <li>- Elektrolyseanlæg med fleksibel drift (fuldlasttid på cirka 50 pct.), herunder mere effektiv elektrolyse (SOEC)</li> <li>- Integrerede fleksible elektrofuelsproduktioner med, store brintlagre, Carbon Capture anlæg, CO<sub>2</sub>-lagre og kemisk syntese (DME, Metanol, Ammoniak), herunder opskalering</li> <li>- Storskala forgasning af biomasse, pyrolyse og HTL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fleksibel drift af eksisterende biomasse kraftvarmeverker</li> <li>- Bølgekraft (vindmøller som alternativ)</li> <li>- Intelligent integration af vind og sol i el-nettet (herunder placering af nye anlæg og undgå unødigt udbygning af el-nettet)</li> <li>- Anvendelse af halm til biogas</li> </ul>



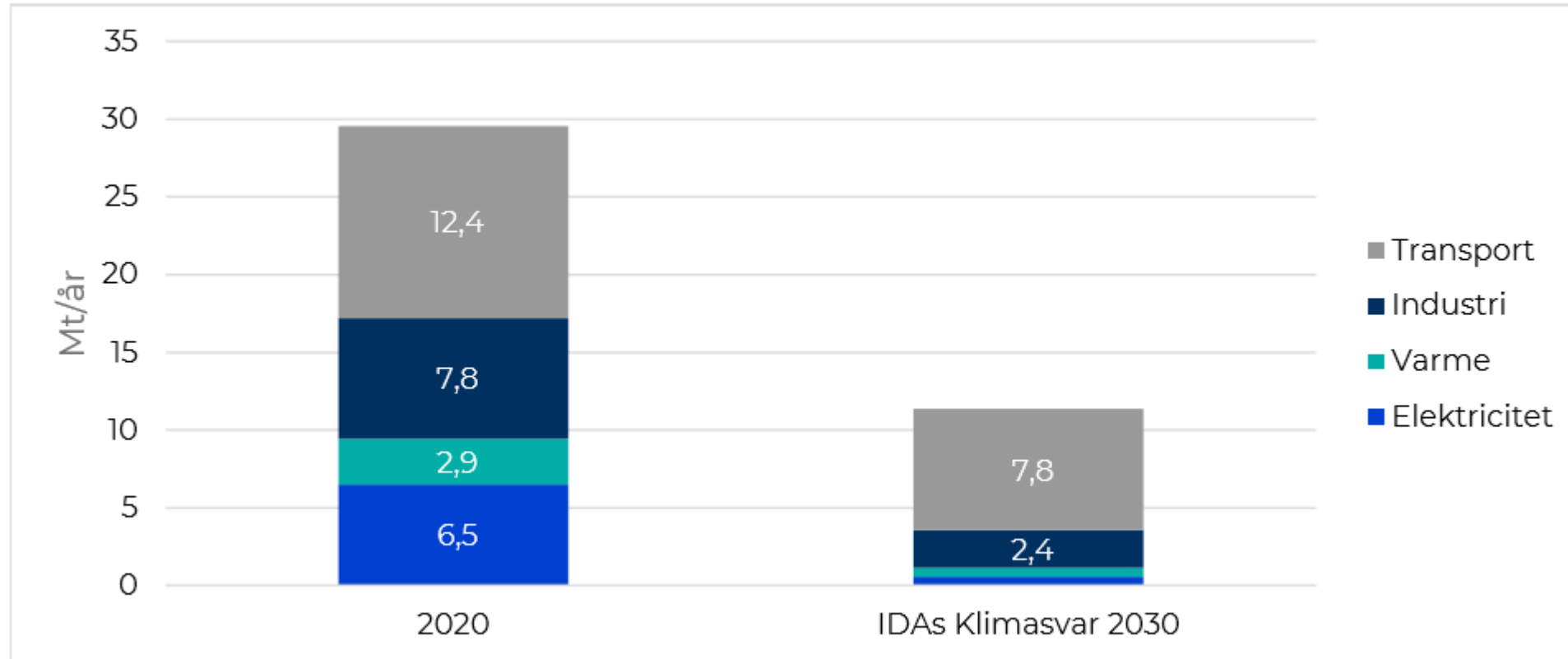
# 2020



# 2030



**Figur 2. Fordeling af CO<sub>2</sub>-emissionen på sektorer. CO<sub>2</sub>-emission. FN-opgørelsesmetoden**

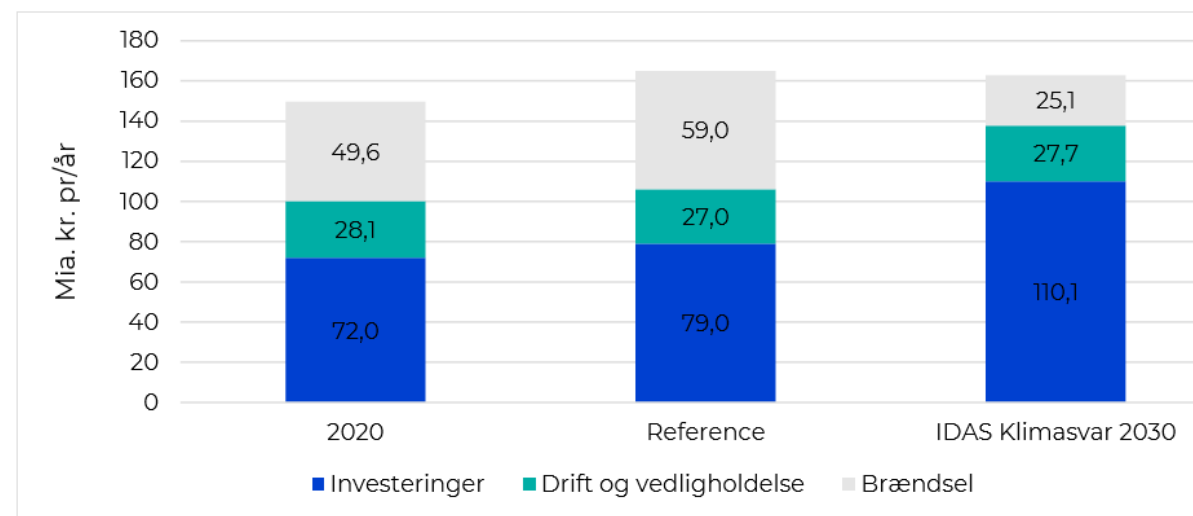


**Tabel 1. De største investeringer i perioden 2020 til 2030**

	Investeringsbehov	Årlige afskrivning og rente i 2030
	Milliarder DKK	Millioner DKK/år
Bygningsrenovering	124	5360
Offshore og onshore vindmøller	78	4173
El-køretøjer (ekstraomkostning inkl. e-roads)	73	6896
Individuelle varmepumper	70	5114
Industri (besparelser og elektrificering)	36	2570
Fjernvarmeudvidelse og 4G fjernvarme	30	1467
Solceller	21	937
Biogasanlæg	18	1223
Nye gasfyrede værker	16	897
Store varmepumper	9	499
Elektrolyse og brintlager	8	501
Geotermi	8	440
Bølgekraft	5	303
Forgasning, hydrogenring og elektrofuels	5	316
Ladestandere, infrastruktur og ITS	4	2252
Intelligent fleksibelt elbehov	3	235
Solvarme, Overskudsvarme og varmelagre	3	176
Fjernkøling	2	89
Gasnet	2	89
<b>Sum</b>	<b>515</b>	<b>33.536</b>



**Figur 3. Ændringen i Danmarks omkostninger til energi fra 2020 til 2030.**



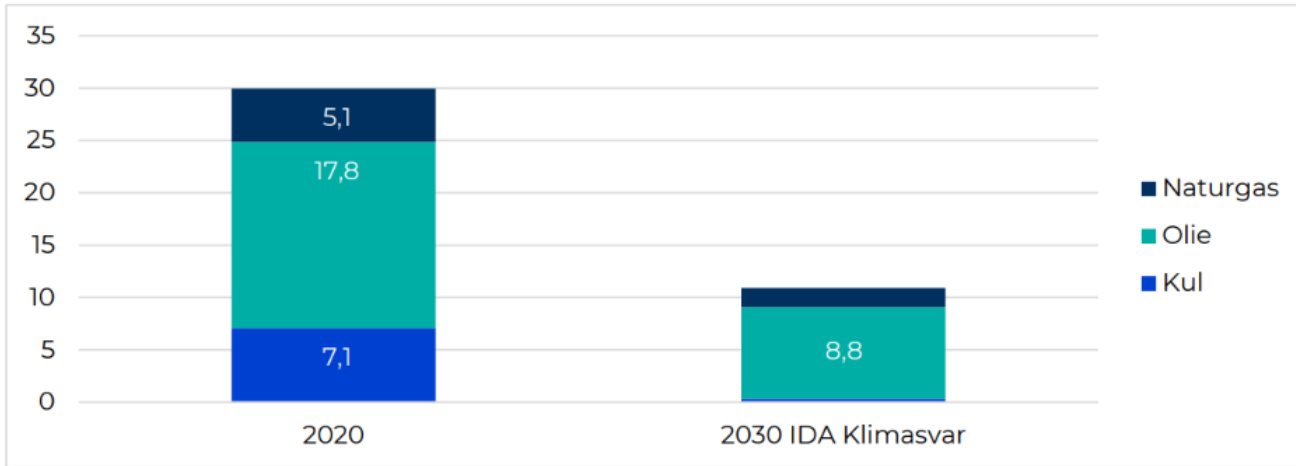
# Virkemidler:

3 eksempler ud af ca. 40 forslag:

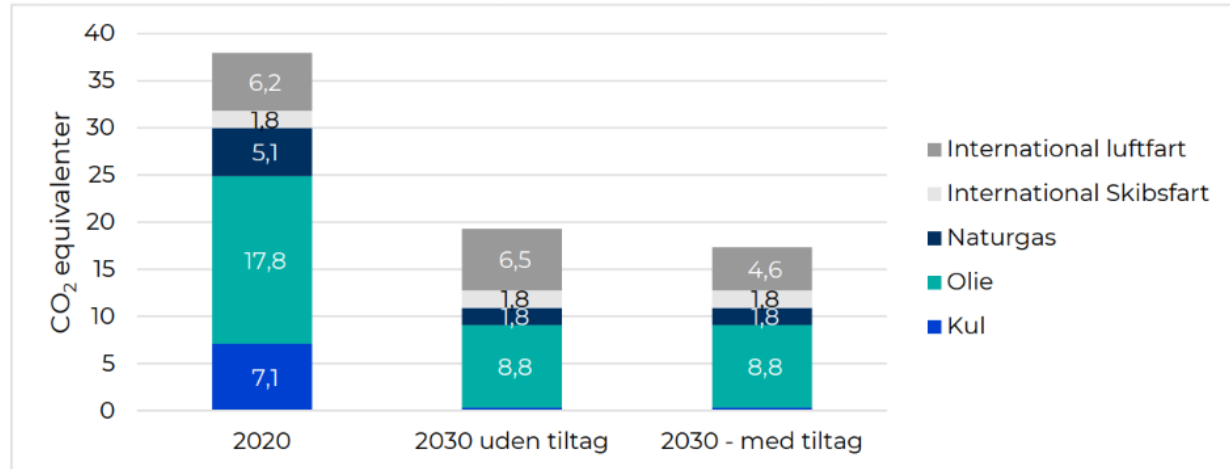
- Grøn ejendomsskat (tre krav til boligen: varmebehov, temperatur og afkøling samt opvarmningsform)
- Krav om særskilt måler for afgiftsrabat til el-biler, varmepumper og elektrolyseanlæg (Ingen skatterabat til det ”klassiske” elforbrug)
- Folkeligt medejerskab af vindmølleudbygningen (til havs) – evt. koblet på afgift-rabatterne til elforbrug.



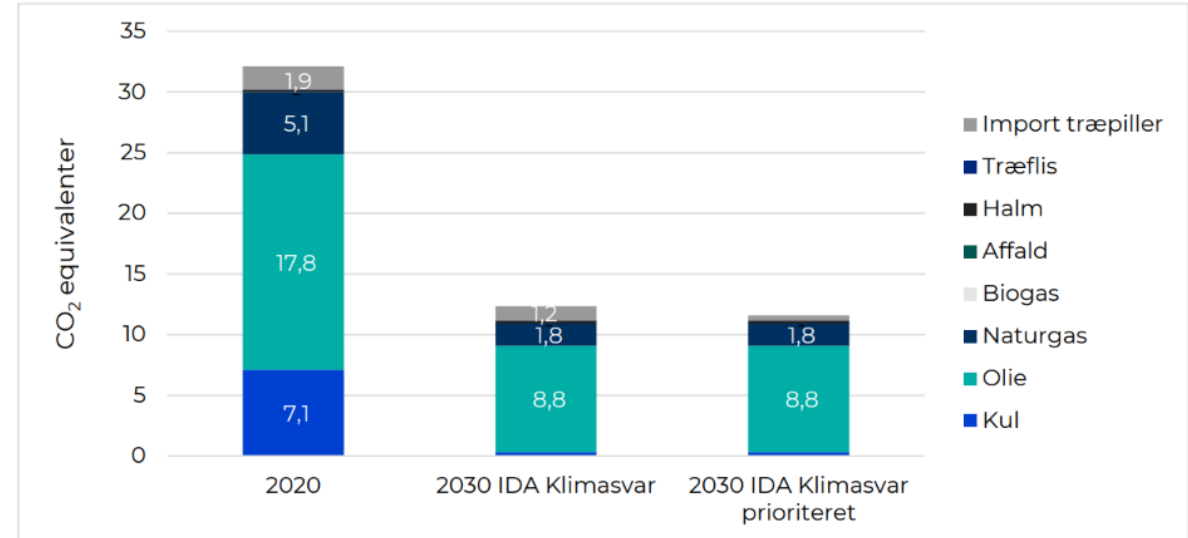
**Figur 6. CO<sub>2</sub>-emissioner fordelt på brændsler opgjort efter FN-opgørelsesmetoden.**



**Figur 8. Emissioner fra brændsler og international skibs- og luftfart, dansk andel**



**Figur 7. Emissioner fordelt på brændsler "Cradle-to-gate" i en 100 år tids horisont**



# Sektorintegration

IDAs Klimasvar opnår synergi og fleksibilitet fra sektorintegration:

Integration og lagring af vedvarende energi:

- Store varmelagre på i alt 112 GWh.
- Udnyttelse af de eksisterende naturgaslagre og etablering af brintlagre på i alt 40 GWh.
- Overkapacitet på elektrolyseanlæg svarende til en 50 pct. udnyttelse.
- Udnyttelse af sæsonafhængig overkapacitet på varmepumper samt elkedler for 700 MW.
- Udnyttelse af batterier (14 GWh) i el-køretøjer vha. intelligent opladning.
- Flexibelt elforbrug (primært indenfor døgn) på ca. 2,5 TWh





# Biomasse

**Tabel 11. Udfordringer ved biomasseforbrug i Danmark og globalt**

	Biomasseforbrug pr. person
I dag i DK (166 PJ)	29 GJ/capita
Seneste forskning for EU (8500 PJ) (Hamelin <i>et al.</i> , 2019)	17 GJ/capita
EU 2050 scenarier (A Clean Planet for all)	14 - 21 GJ/capita
IDA 100 pct. VE i 2050 (200 PJ – Dansk andel)	32 GJ/capita
Energistyrelsens scenarier fra 2014	35 – 45 GJ/capita

IDAs Klimasvar nedbringer biomasseforbruget ca. 29 til ca. 26 GJ/capita.

## IDAs Klimasvar fokuserer på:

- at Danmark nedbringer sin afhængighed af biomasse,
- omlægger til primært indenlandske biomasse ressourcer med prioritet til biomasse med lave CO<sub>2</sub>-emissioner, samt
- forbereder Danmark på at begrænse os til Danmarks andel af mængden af et globalt bæredygtigt biomasseforbrug.



# Vedvarende energi

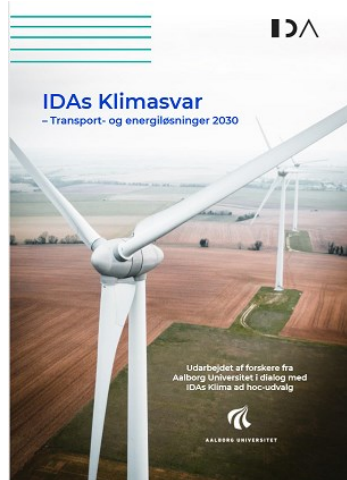
IDAs Klimasvar omfatter følgende vedvarende energi ressourcer:

- Solvarme i fjernvarmen svarende til 6-7 PJ.
- Solvarme i individuelle boliger til svarende til 8-9 PJ.
- 500 MW geotermi med en fjernvarme produktion på 13-14 PJ.
- Solceller på store tage udbygges fra nu ca. 1.000 MW til 5.000 MW i 2030.
- Vindkraft onshore udbygges fra ca. 4.200 MW til mindst 4.800 i 2030.
- Vindkraft offshore udbygges fra ca. 2.000 MW til 6.630 i 2030.
- Bølgekraft (132 MW) (dog med vind som alternativ).



Teknologiske udfordringer:

# Velkendte teknologier

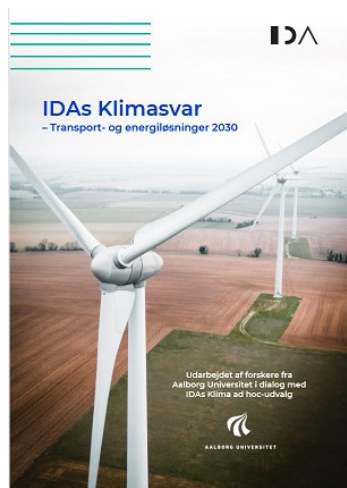


## Velkendte teknologier som er bærende for at opfylde 70 pct. målsætningen

- Opfyldelse af bygningsreglement for nye og eksisterende bygninger
- Energirenovering af eksisterende bygninger
- Udnyttelse af overskudsvarme fra industri
- Udbygning med fjernkøling med kølelagre samt anvendelse af grundvandskøling
- Udvidelse af fjernvarme-områder
- Erstatning af olie- og naturgasfyr med fjernvarme og individuelle varmepumper
- Onshore og offshore vindmøller
- Solceller primært opsat på store tage i industrien omkring store byer eller på parkeringspladser mv.
- Bevarelse af decentrale gasfyrede kraftvarmeværker samt opførelse af nye gasfyrede kraftvarmeværker
- Udbygning med biogas til industri og kraft- og kraftvarmeværker
- Biomasse; træ, affald, biogas mv. til kraftvarme og kraftværker og træflis, halm til fjernvarmekedler
- Solvarme til fjernvarme og individuel opvarmning
- Udbygning af den kollektive transport, cykelinfrastruktur, anvendelse af byplanlægning
- Udbredelse af elbiler og plug-in-hybridbiler, varebiler og busser på batteridrift eller plug-in hybrid, delvis elektrificering af tung transport (lastbiler, færges, strømkabler ved havne, elektrificering af motorcykler og små køretøjer samt specialkøretøjer
- Intelligent integration af vind og sol i elnettet, herunder placering i det eksisterende elnet tæt på store eksisterende forbrugscentre og nye store forbrug, med henblik på at undgå unødigt udbygning af elnettet

Teknologiske udfordringer:

# Nye delvist Velkendte teknologier

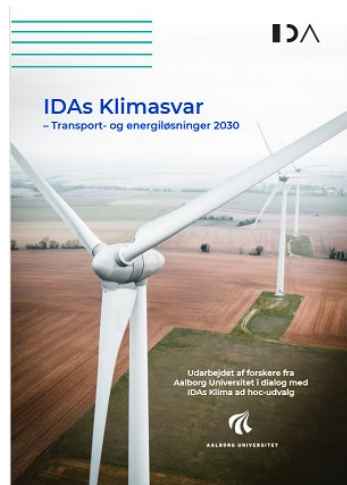


## **Delvist velkendte, delvist nye teknologier, som vi skal udvikle og som også får betydning i 2030**

- Store varmepumper i fjernvarmen i samspil med industriel overskudsvarme, fjernkøling og omgivelsesvarme fra bl.a. drænvand og spildevand mv.
- Store sæsonvarmelagre, særligt i fjernvarmeforsyningen
- Geotermi
- Omlægning til 4. generations lavtemperatur fjernvarme
- Udnyttelse af overskudsvarme fra datacentre og elektrolyseanlæg til fjernvarme
- Intensiv energieffektivisering i industrien
- Erstatning af kul og olie med el og biomasse i industrien
- Elektrolyseanlæg med fleksibel drift i forhold til el fra vedvarende energikilder og elnet-belastning (fuldlasttid på cirka 50 pct.)
- Store brintlagre som anvendes fleksibelt i samspil med elektrolyseanlæg og elektrofuelsproduktion
- Integreerede elektrofuelsproduktioner med Carbon Capture anlæg, CO<sub>2</sub>-lagre og kemisk syntese (DME, Metanol, Ammoniak)
- Flexibel drift af eksisterende biomassefyrede kraftvarmeverker
- Roadpricing systemer med GPS, kontrolfunktioner og opkrævning
- Storskala intelligent opladning af elkøretøjer

Teknologiske udfordringer:

# Nye teknologier, der skal udvikles på



## **Nye teknologier vi skal udvikle på nu, fordi vi skal bruge dem efter 2030**

- E-roads til lastbiler med delvis batteridrift
- Mere effektive elektrolyseanlæg (SOEC)
- Videreudvikling af stor-skala elektrolyseanlæg og integrerede løsninger til elektrofuelsproduktion, herunder carbon capture og kemisk syntese
- Storskala elektrolyse og elektrofuels inkl. Carbon Capture (vigtigt teknologi for både CCU og CCS)
- Storskala termisk forgasning af biomasse, pyrolyse og HTL samt evt. andre teknologier der kan konvertere biomasse til gas eller flydende brændsler
- Storskala forsøg med halm i biogasanlæg
- Kraftig opskallering af elektrofuelsproduktion til fly
- Bølgekraft (dog med vindmøller som alternativ)

Det Nationale Klimatopmøde i Klimatorium  
Onsdag den 19. august 2020 kl. 08.00-17.00 Kend din fremtid 2050



Klimapartnerskaberne og IDAs Klimasvar:  
Hvordan opnår vi 70% inden 2030?

Professor Henrik Lund  
Aalborg Universitet