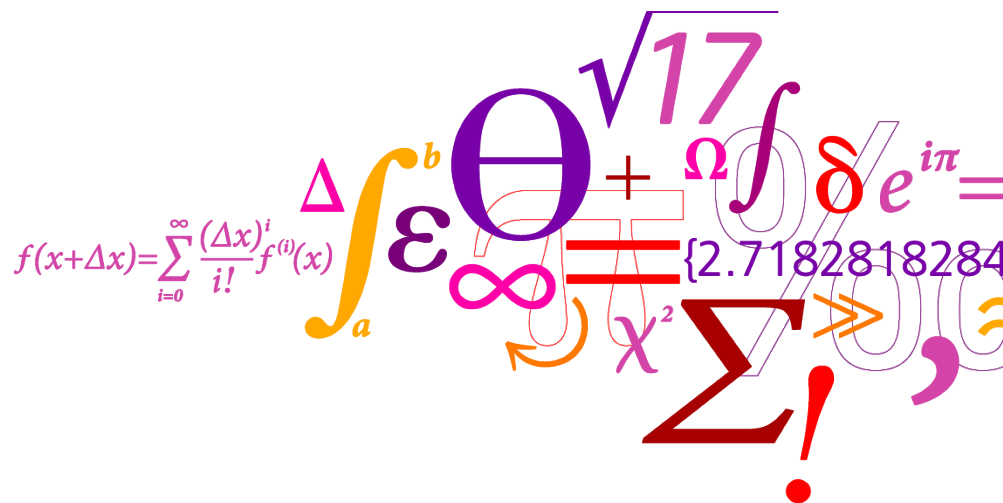


Det fremtidige danske energisystem

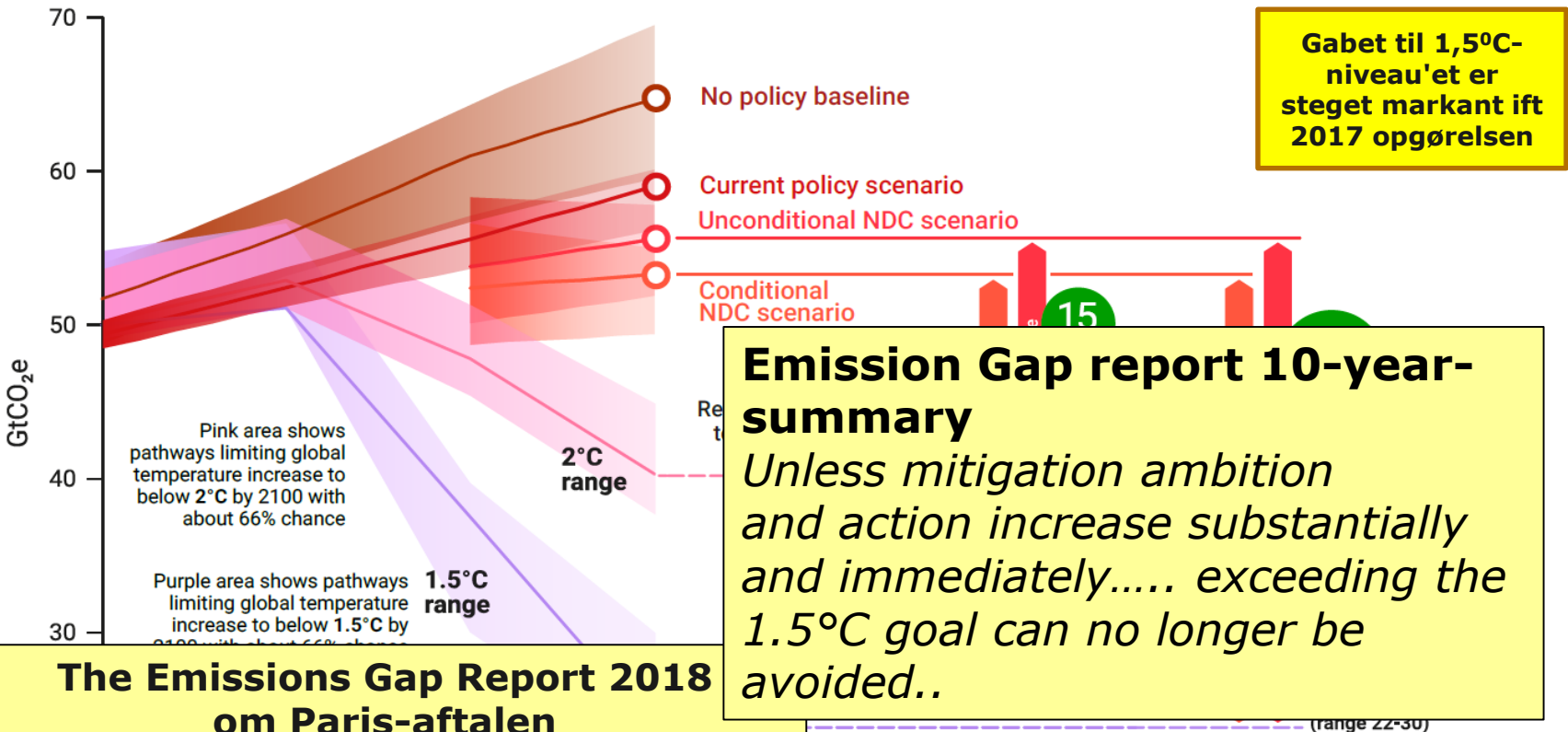
- Udfordringer og muligheder

Professor Poul Erik Morthorst
Sustainability Division



Parisaftalen sætter rammen for klimapolitikken

Emissionsgab



- Der vil være et signifikant emissionsgab i 2030
- Forpligtelserne dækker under 1/3 af de nødvendige reduktioner for at opfylde 1,5 °C målet

IPCC Rapport sidste vinter

- Temperaturen er steget $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ det sidste århundrede
- Pt stiger temperaturen med $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ per årti
- **Vi når $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ niveau'et 12-15 år**

$1,5^{\circ}\text{C}$ niveau'et

- 45% CO₂ reduktion i 2030 sammenlignet med 2010
- 60% i 2050

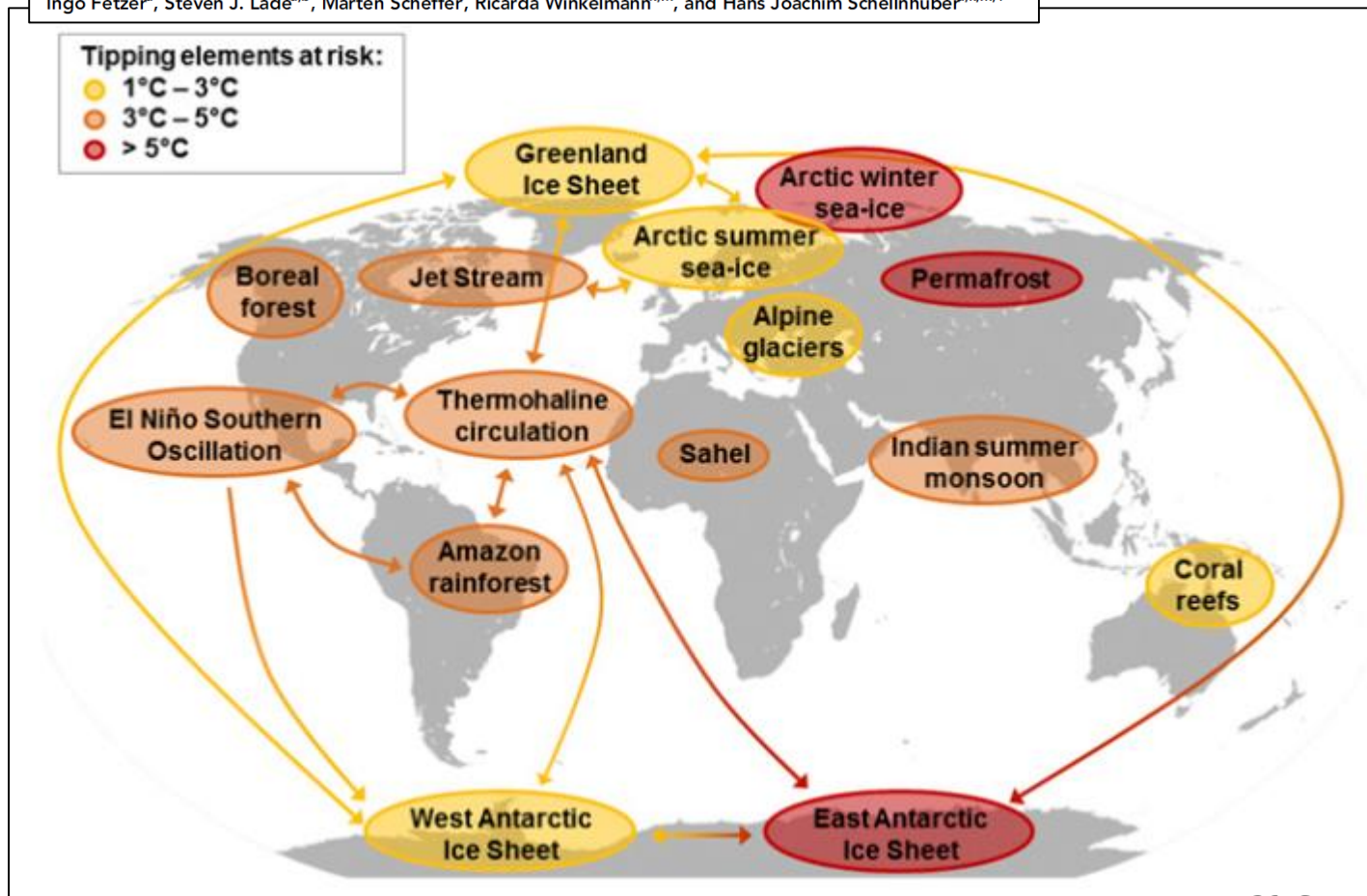
2°C niveau'et

- 20% CO₂ reduktion i 2030 sammenlignet med 2010
- Nul CO₂-emissioner i 2070

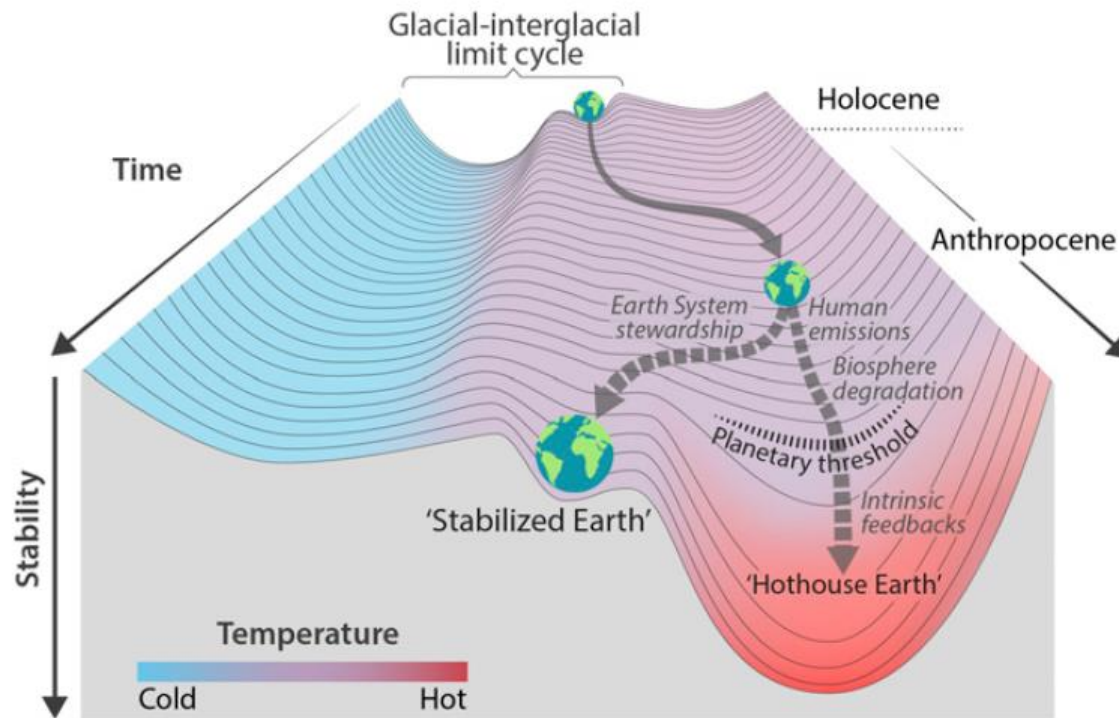
Tipping points

Trajectories of the Earth System in the Anthropocene

Will Steffen^{a,b,1}, Johan Rockström^a, Katherine Richardson^f, Timothy M. Lenton^d, Carl Folke^{a,e}, Diana Liverman^f, Colin P. Summerhayes^g, Anthony D. Barnosky^h, Sarah E. Cornell^h, Michel Crucifix^{i,j}, Jonathan F. Donges^{a,k}, Ingo Fetzer^a, Steven J. Lade^{a,b}, Marten Scheffer^l, Ricarda Winkelmann^{k,m}, and Hans Joachim Schellnhuber^{a,k,m,1}

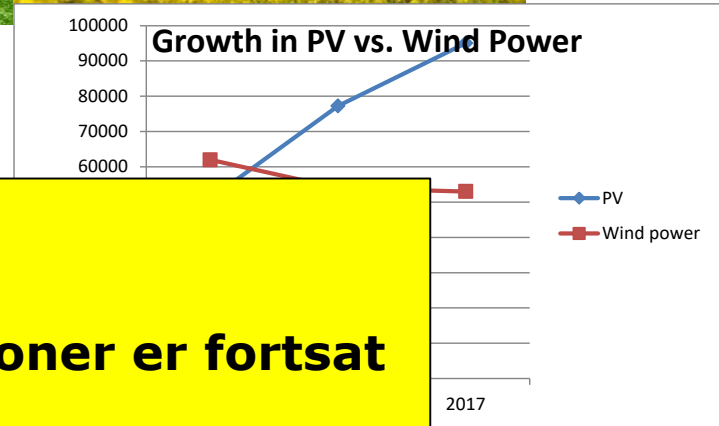
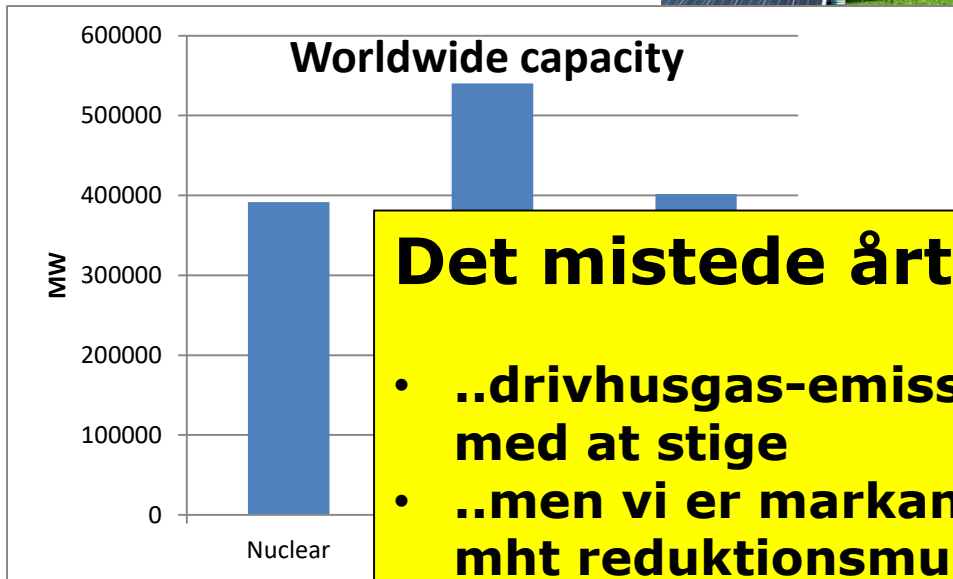


Tipping points: Nødvendigt med reduktion på den korte bane



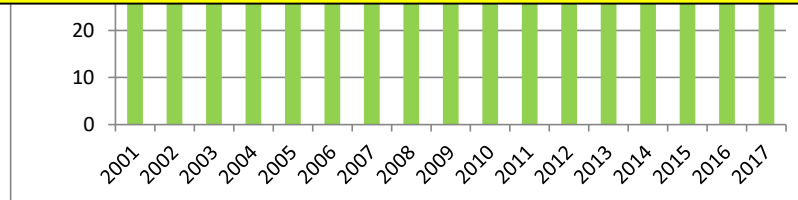
Figur fra Steffen, Rockström, Richardson m.fl. (2018): *Trajectories of the Earth System in the Anthropocene*

Photovoltaics and Wind power

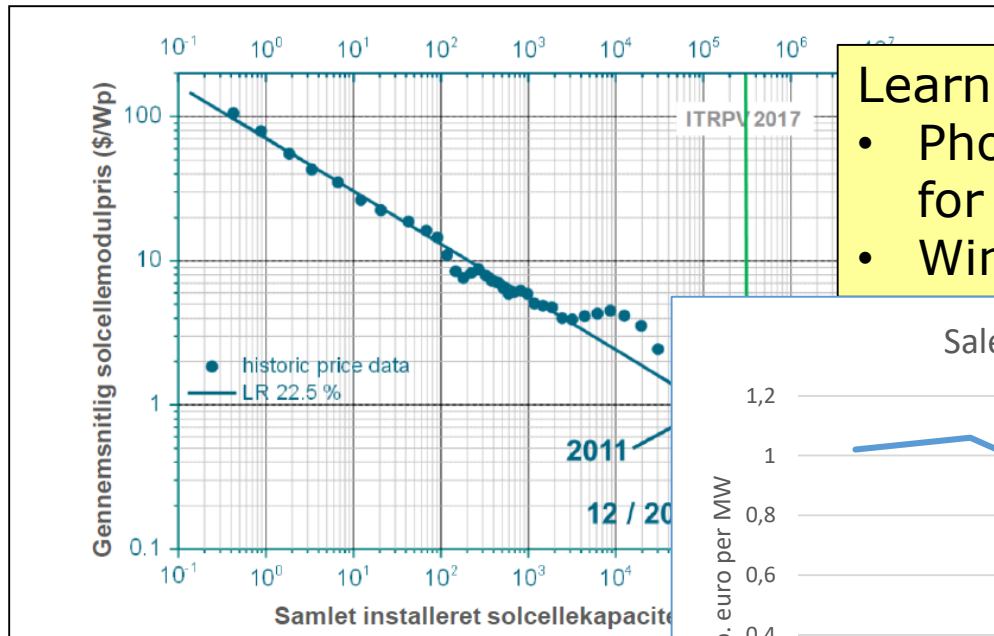


Det mistede årti

- ..drivhusgas-emissioner er fortsat med at stige
- ..men vi er markant bedre stillet mht reduktionsmuligheder

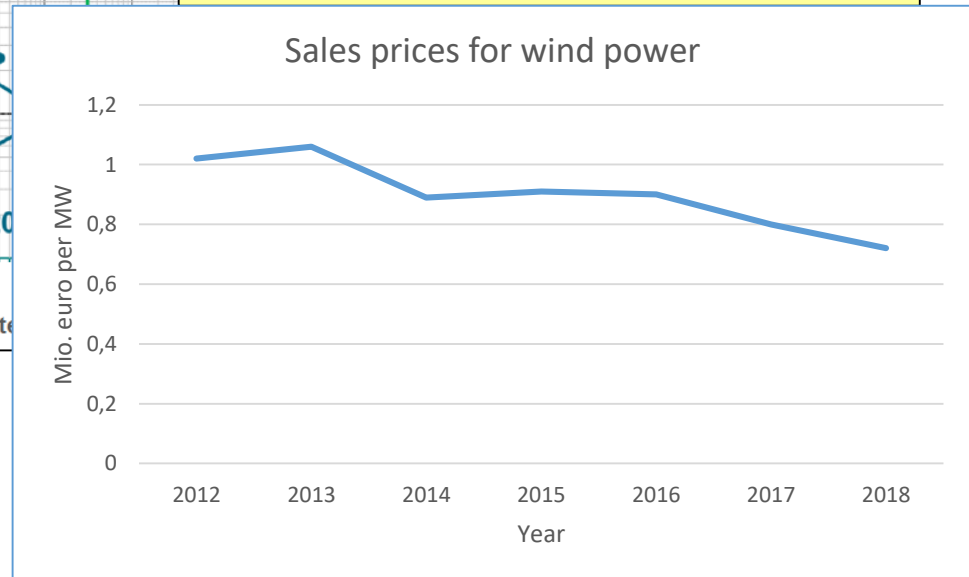


High learning rate for photovoltaics and wind power



Learning rate:

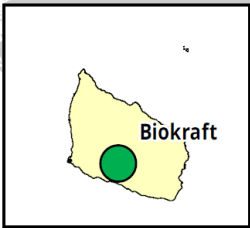
- Photovoltaics: above 20% for many years
- Wind power: Approx. 11%



Kilde: Dansk Energi

Kilde: Euroinvestor

Biogasanlæg i Danmark



Anlægstype

● Renseanlæg

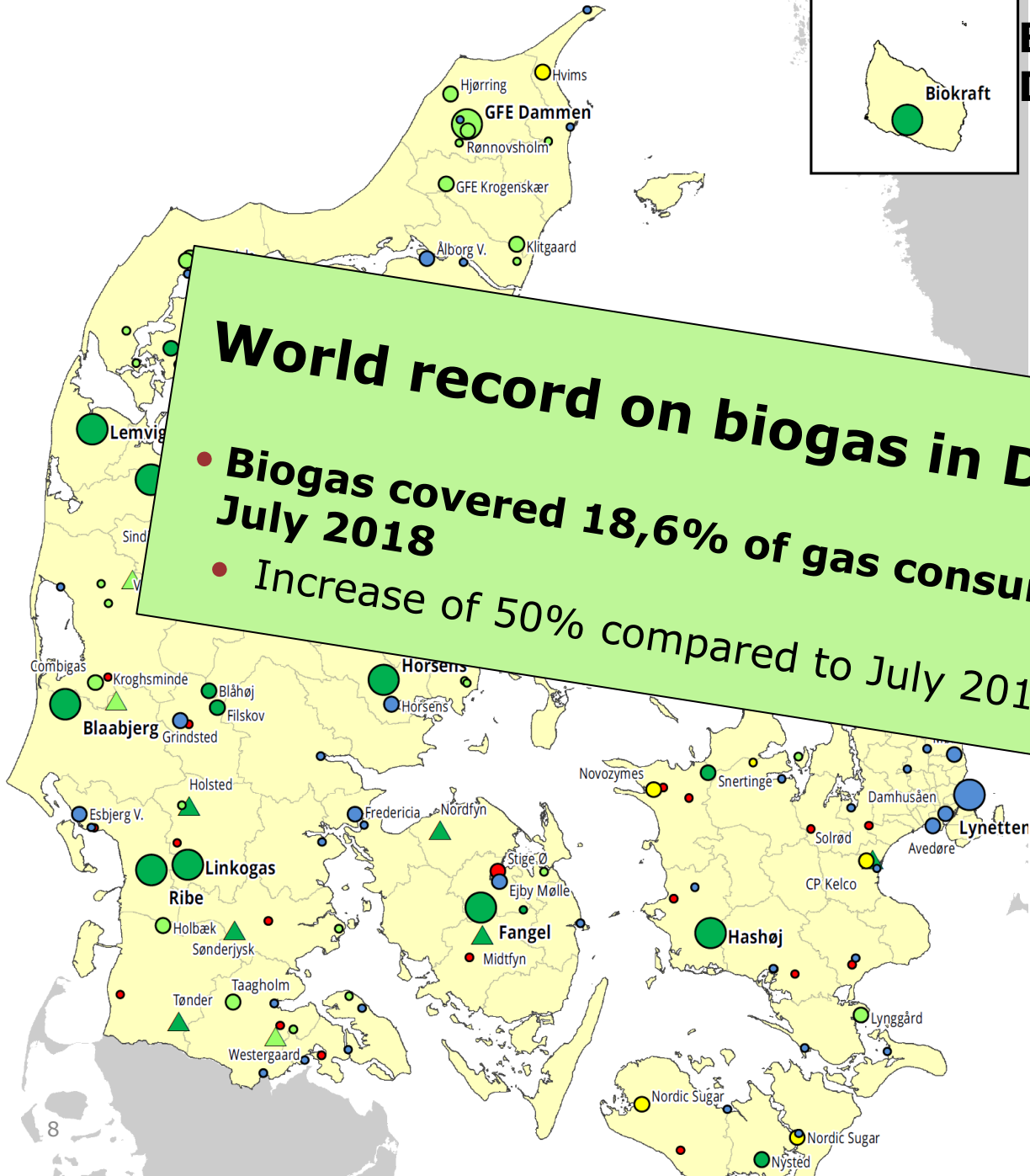
● Industri

● Losseplads

● Fællesanlæg

World record on biogas in Denmark

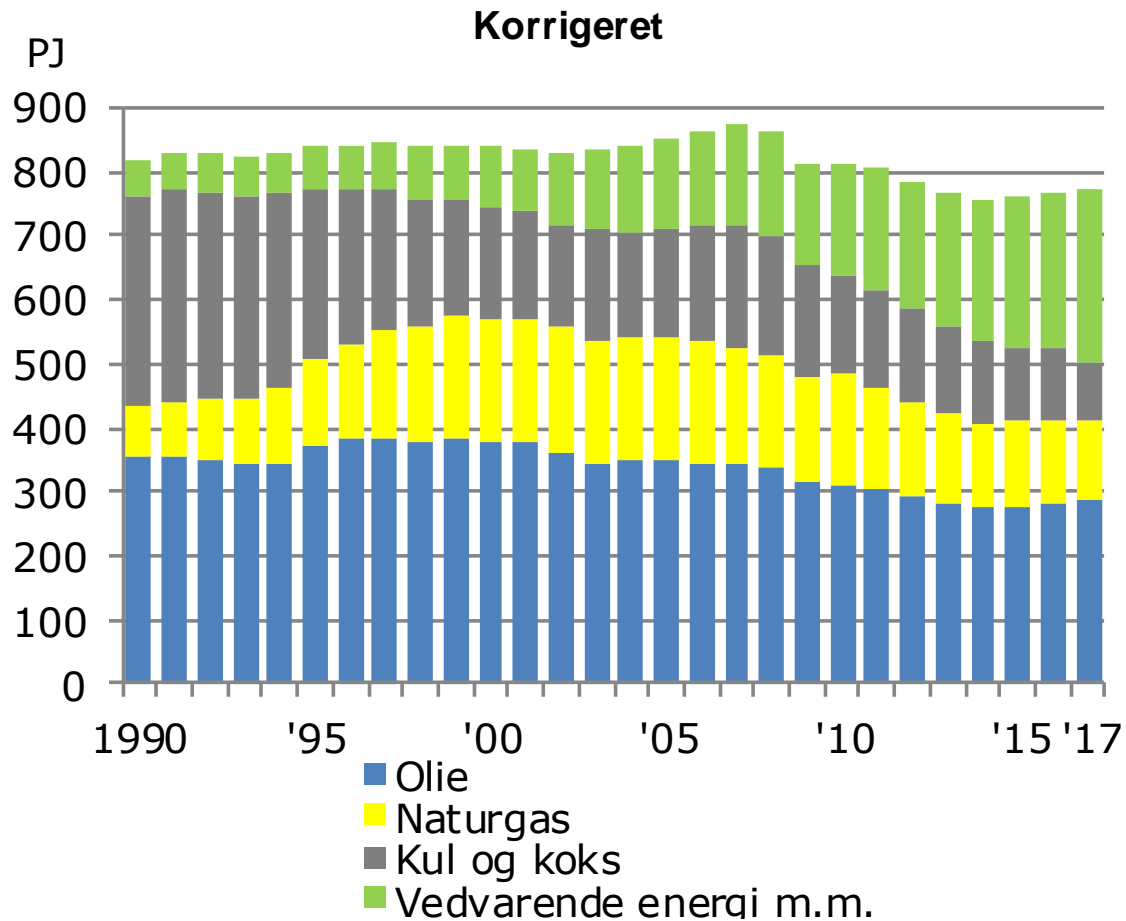
- Biogas covered 18,6% of gas consumption in July 2018
- Increase of 50% compared to July 2017



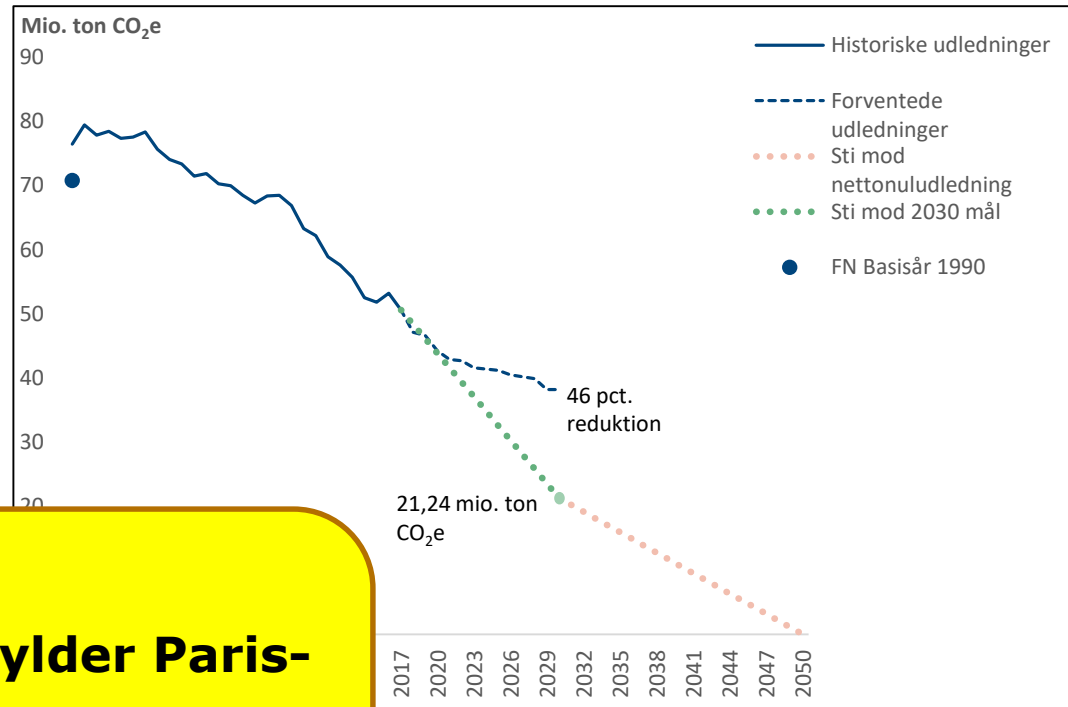
○ 101 - 400

△ Under opførsel

Vi har gjort det ret godt i Danmark



Signifikante drivhusgas-reduktioner



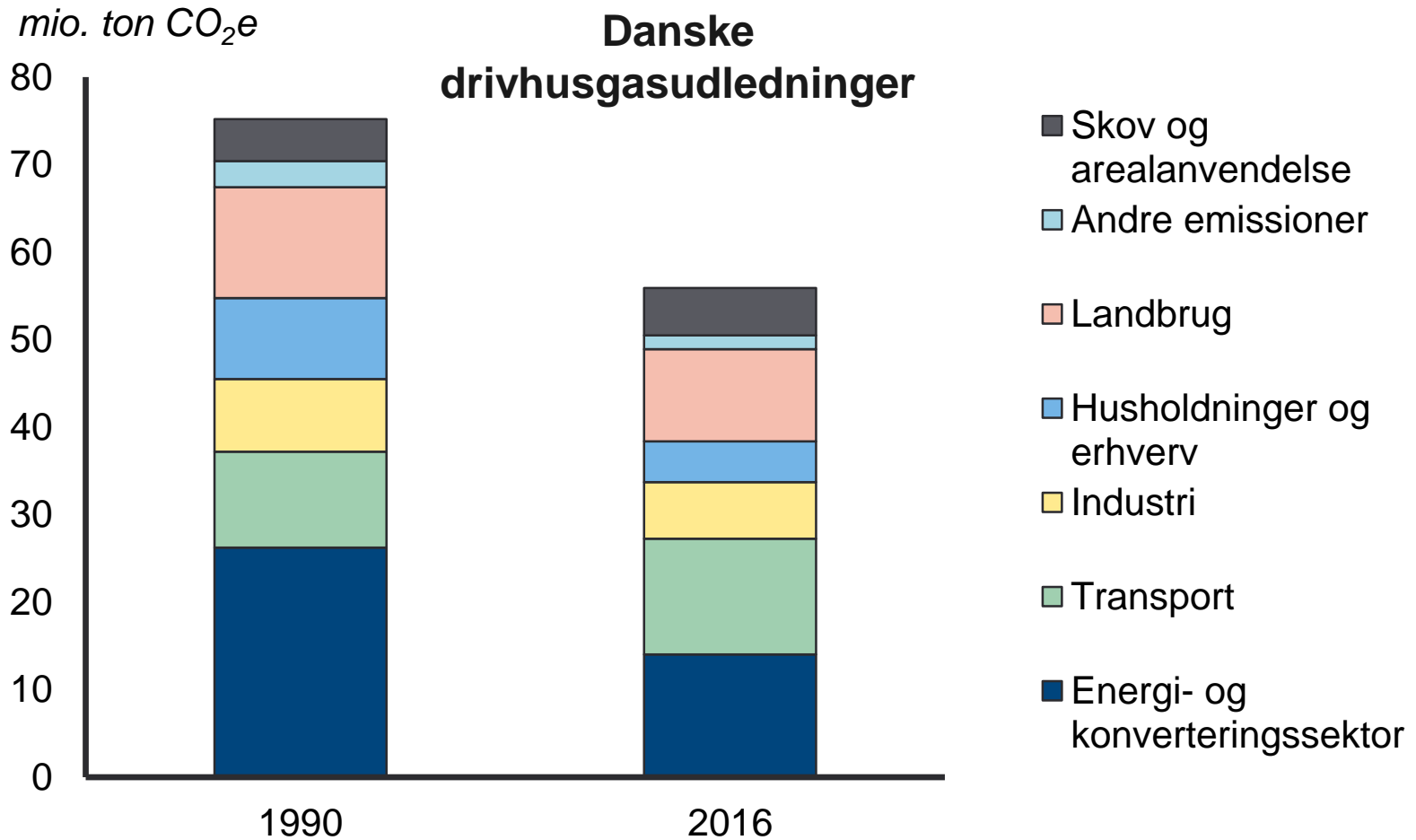
70% målet opfylder Paris-aftalen

- Danmark tager en "fair share"
- EU's indmelding opfylder pt ikke Paris-aftalen

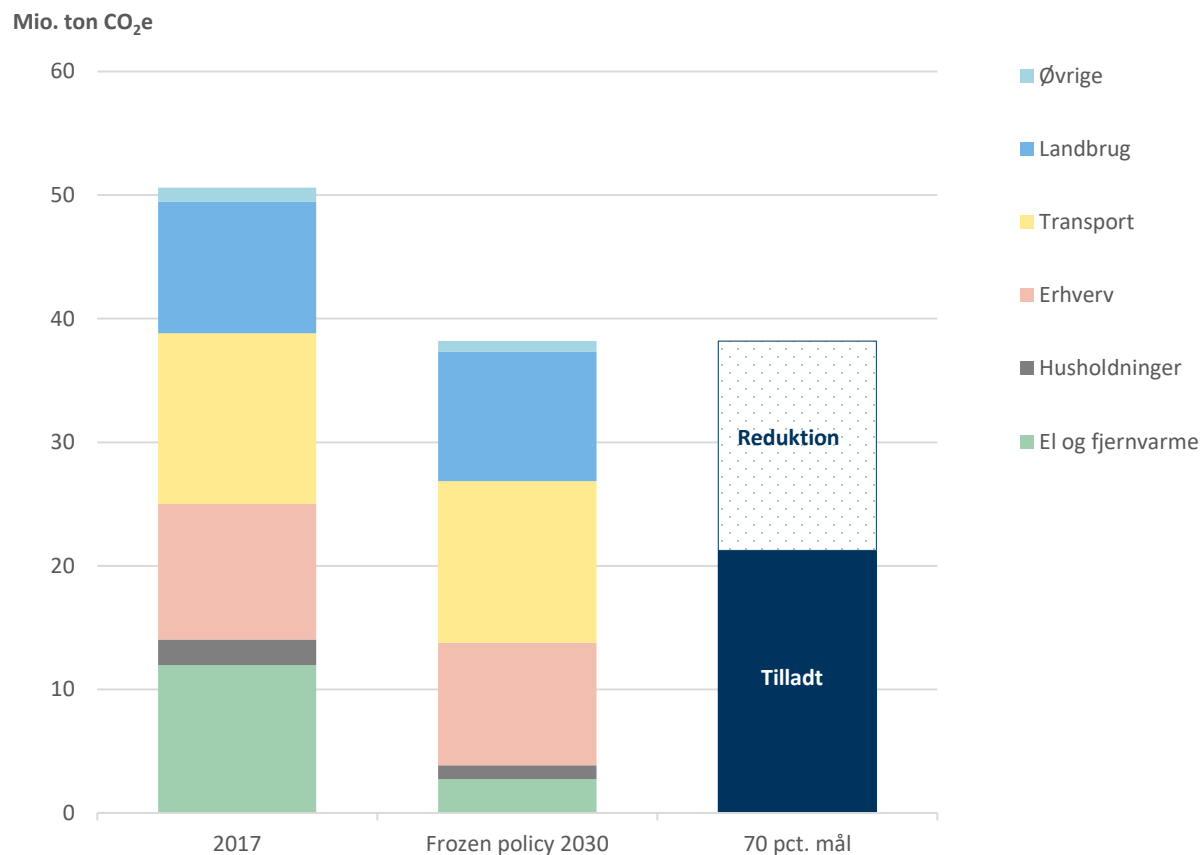
2019

orrigeriet, mens referencen i 1990 er sat til FN's basisår, der er noget lavere end det
 i negativ.

Hvor langt er vi kommet, og hvad mangler vi?



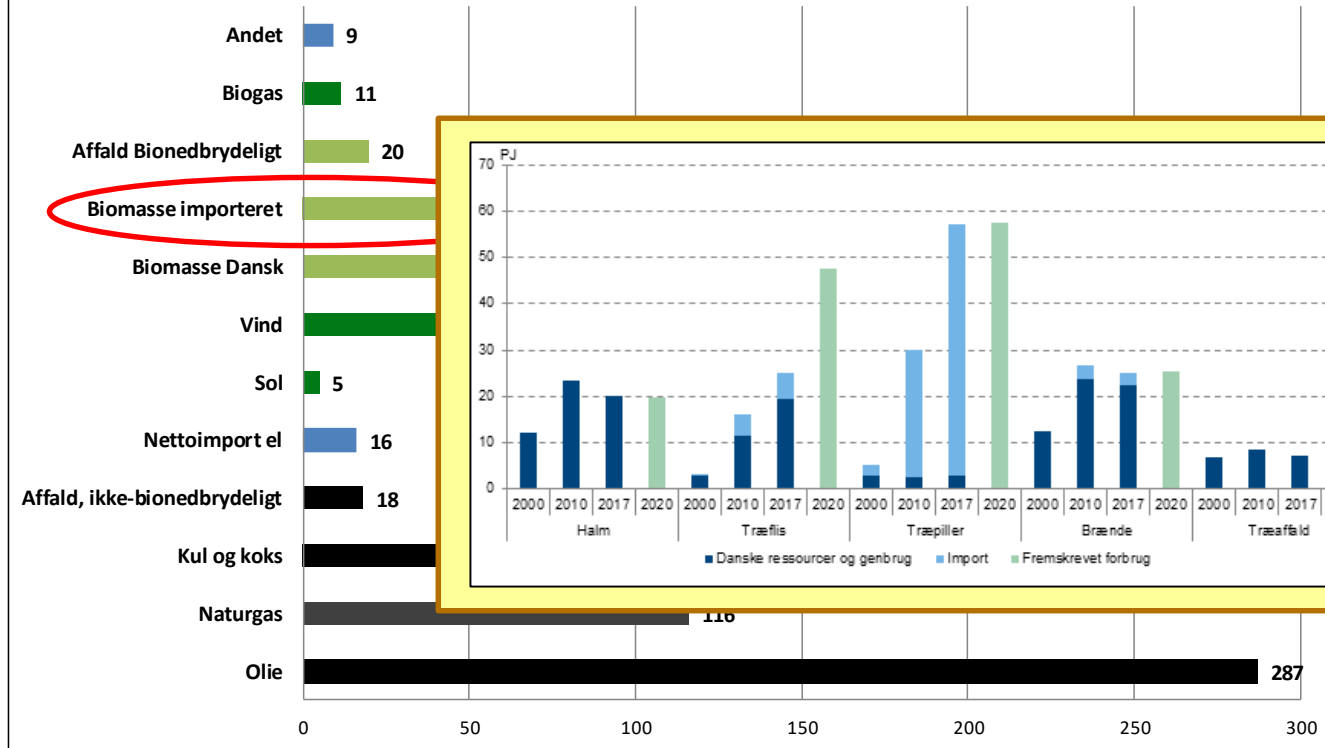
Drivhusgasudledninger 2030 – hvad viser Basisfremskrivning19?



Kilde: Energistyrelsen, Basisfremskrivning 2019

Anm.: Den historiske udledning er klimakorrigeret, mens referencen i 1990 er sat til FN's basisår, der er noget lavere end det korrigerede tal. Derfor starter reduktionen i negativ.

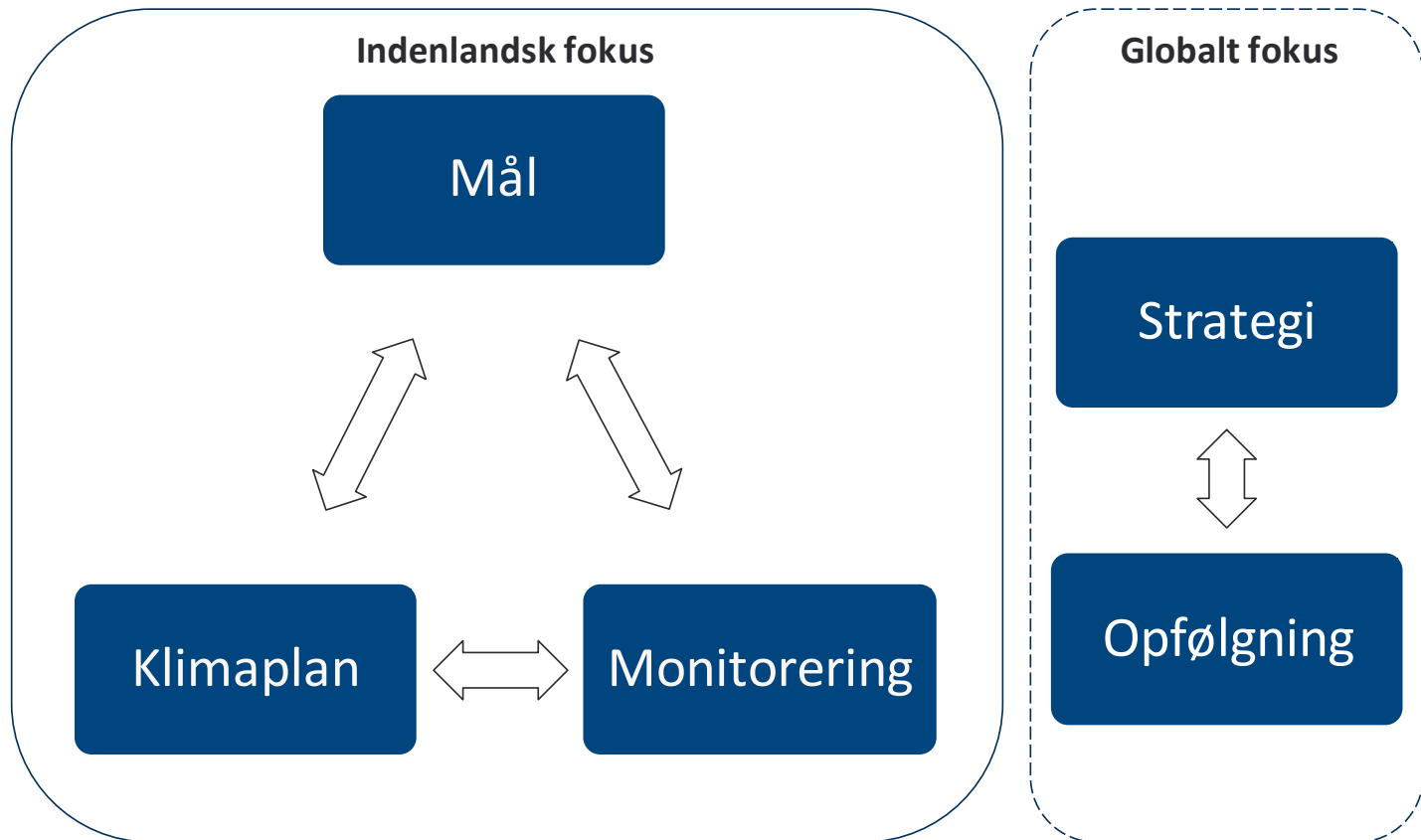
Faktisk energiforbrug på 744 PJ fordelt på brændsler - 2017



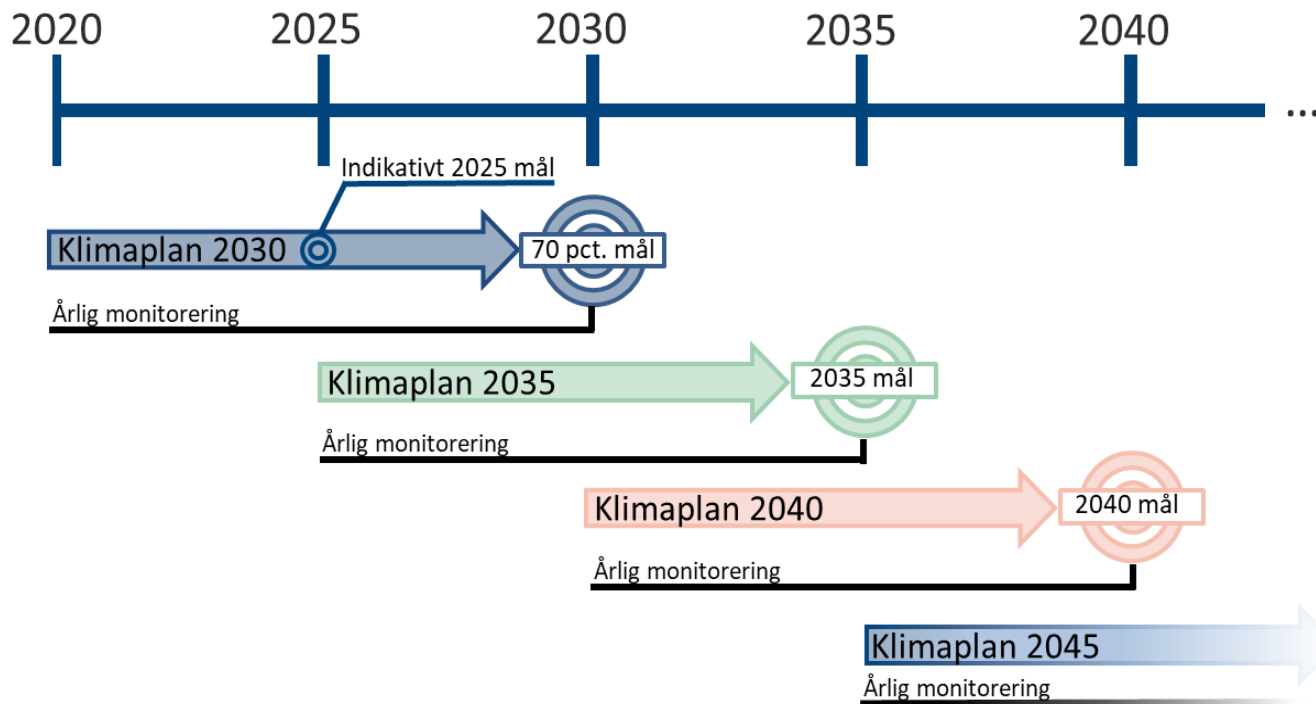
Hvad skal en ny klimalov kunne?

- Reelle og tilstrækkelige drivhusgasreduktioner
- Troværdighed
- Omkostningseffektivitet

Klimarådets forslag til en ny klimalov



Mål, klimaplaner og monitorering



Klimarådets forslag til en ny klimalov

Mål

- 2030- og 2050-mål bør stå i loven
- Regeringen skal fremlægge et nyt 10-årigt klimamål hvert 5. år
- Målene bør opfyldes via reelle drivhusgasreduktioner i Danmark, og bør derfor ikke opfyldes via eksempelvis kvotereduktioner
- Kun klimabæredygtig biomasse bør tælle som CO₂-neutralt i målopfyldelsen

Klimarådets forslag til en ny klimalov

Klimaplan

- 10-årige klimaplaner hvert 5. år
- Sektorstrategier sikrer fremskridt i alle sektorer
- Vigtigt at arbejde på tværs af sektorer
- Inddragelse er væsentligt

Klimarådets forslag til en ny klimalov

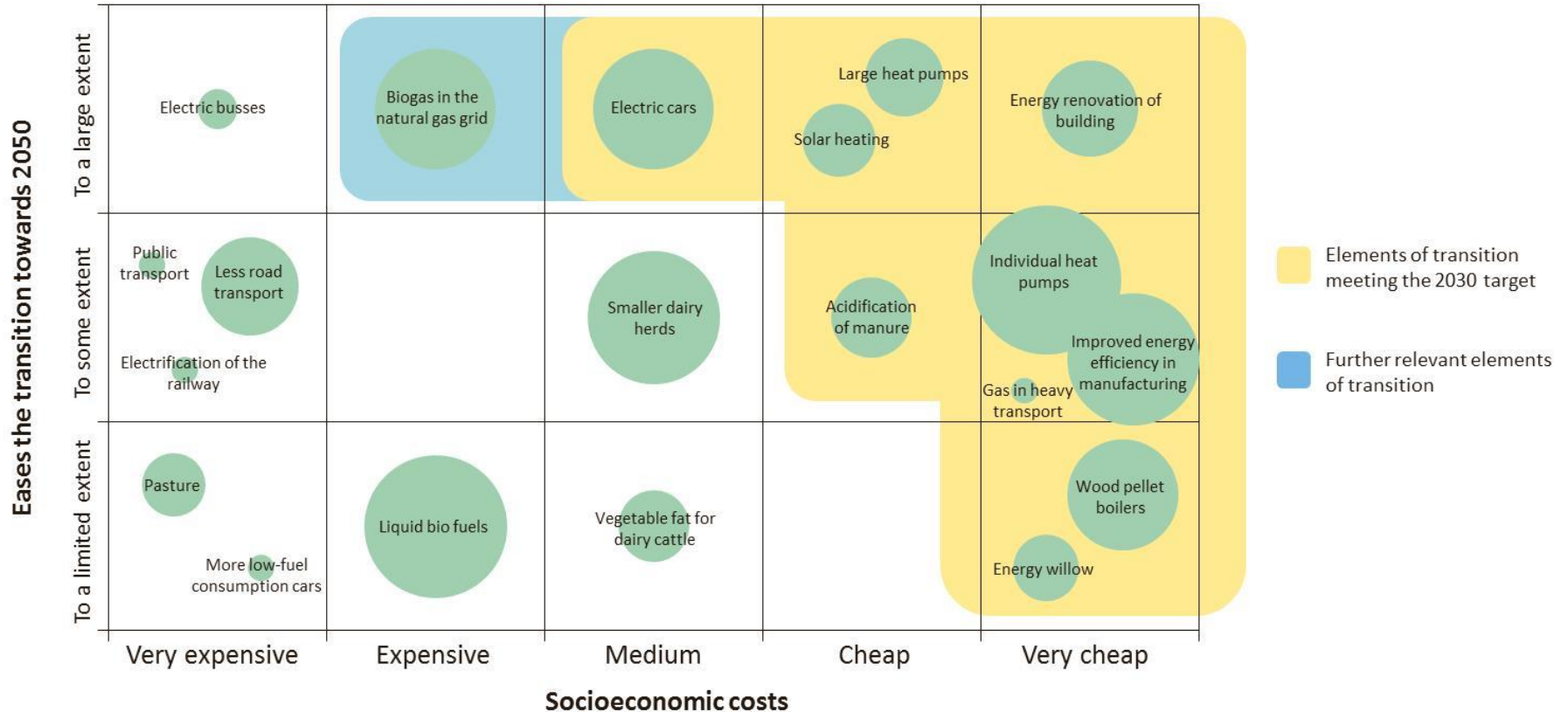
Monitorering

- Monitoreringen skal være fremadskuende
- Regeringen forpligtes til at opdatere klimaplan, hvis planen ikke er tilstrækkelig
- Fremskrivningsprocessen bør valideres af en uafhængig instans

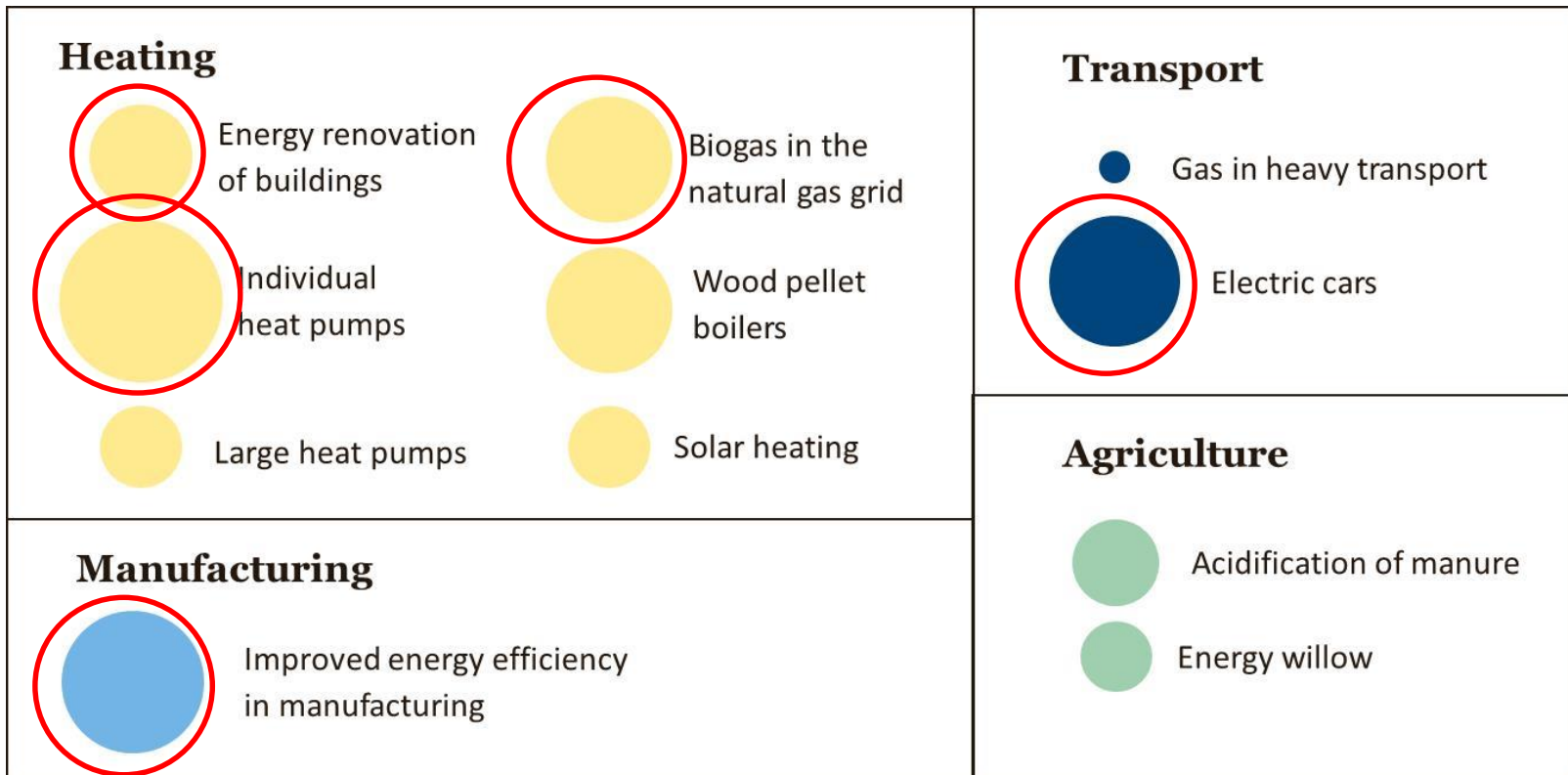
The Energy Agreement in Denmark - Highlights

- **Renewables to cover 55% of energy consumption by 2030**
 - Offshore wind in World class - Three new offshore wind farms (800 MW) before 2030
 - Technology neutral tenders for photovoltaics, land and near shore wind, wave and hydro power
 - Development of biogas and other green gases for methanation, transport and industrial processes
- **New gas strategy to be developed**
 - How can we best utilize our gas-infrastructure
- **Development of a smart and flexible energy system**
- **Regulatory changes**
 - Lower tax on electricity - especially electricity for heating purposes (promote heat pumps)
 - Investigation of Dynamic tariffs
 - Regulatory free zones
- **Disappointing: Almost nothing on increased energy efficiency!**

We have investigated 20 so-called elements of transition



The Council recommends 11 elements of transition



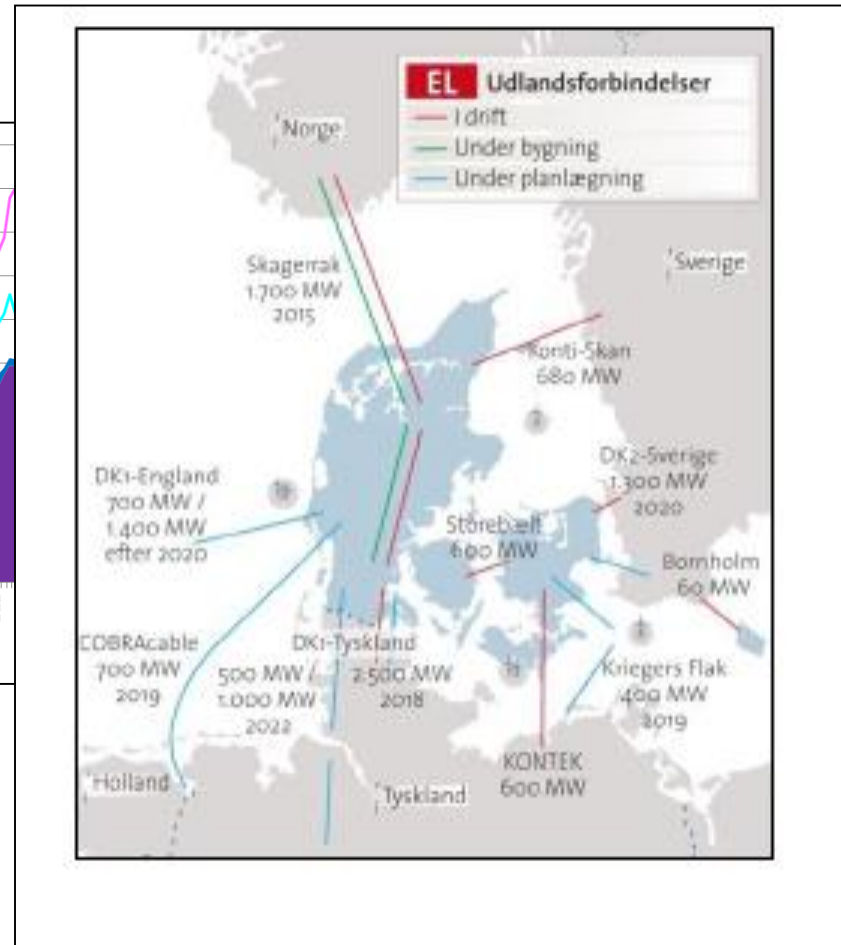
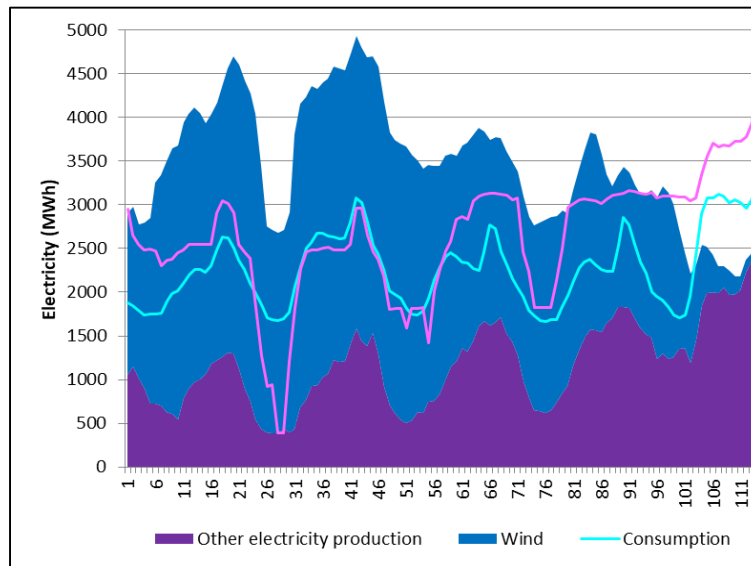
Hvordan ser Danmarks energisystem ud i 2050?

- **Hovedhjørnesten**
 - Vindkraft - store mængder offshore møller
 - Solceller
- **"Rest-systemet"**
 - Få det samlede energisystem til at "hænge sammen"
 - Sikre at vi altid har el og varme
 - Hjælpe med at forsyne os med transportbrændsel
- Elementer kan være: Biogas, Biomasse, Power-to-X, Smart Energy, Lagring.....

Vind+Sol = Variabilitetsudfordring

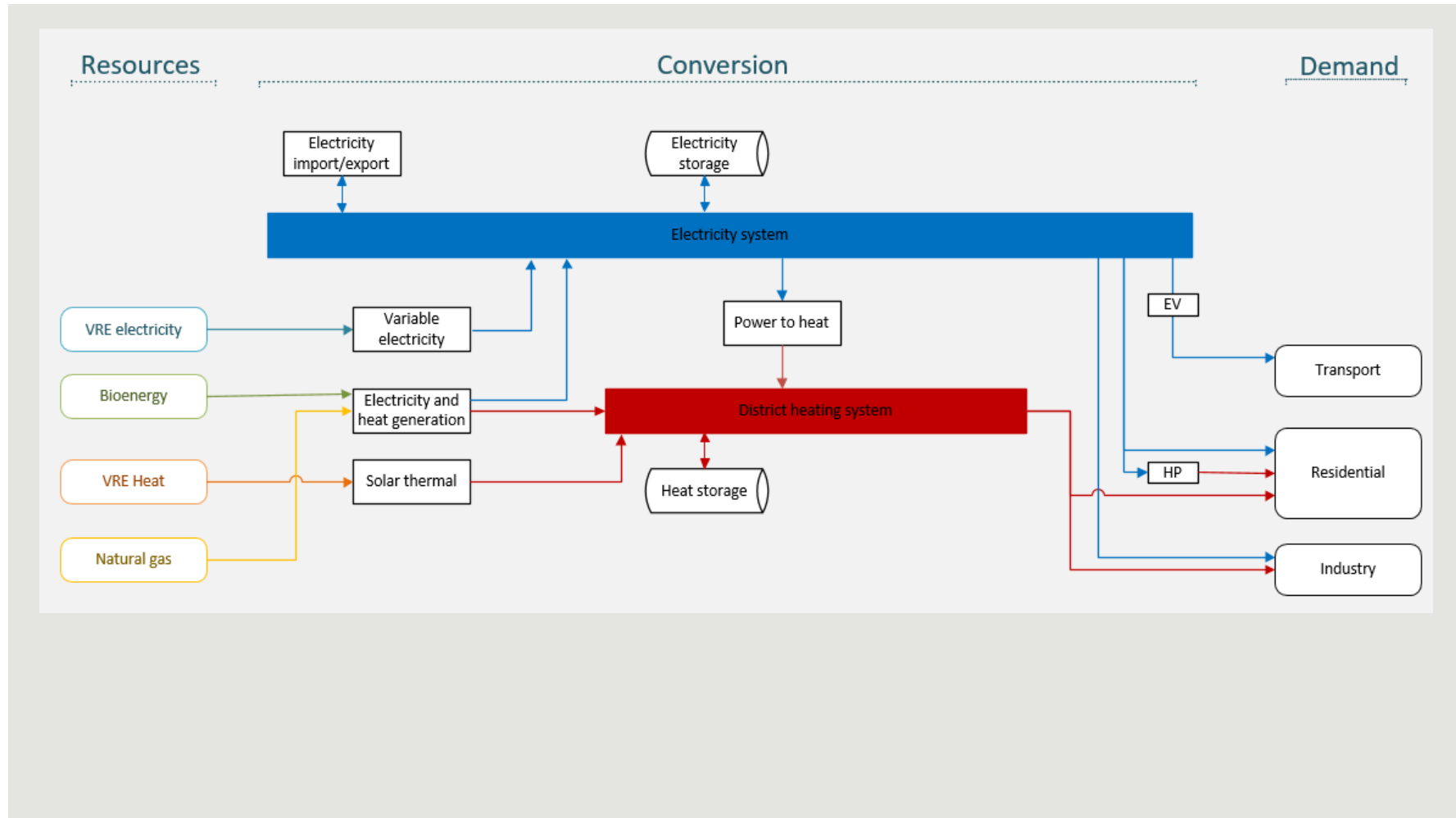
- Hvordan håndterer vi det?

- Transmissionsforbindelser

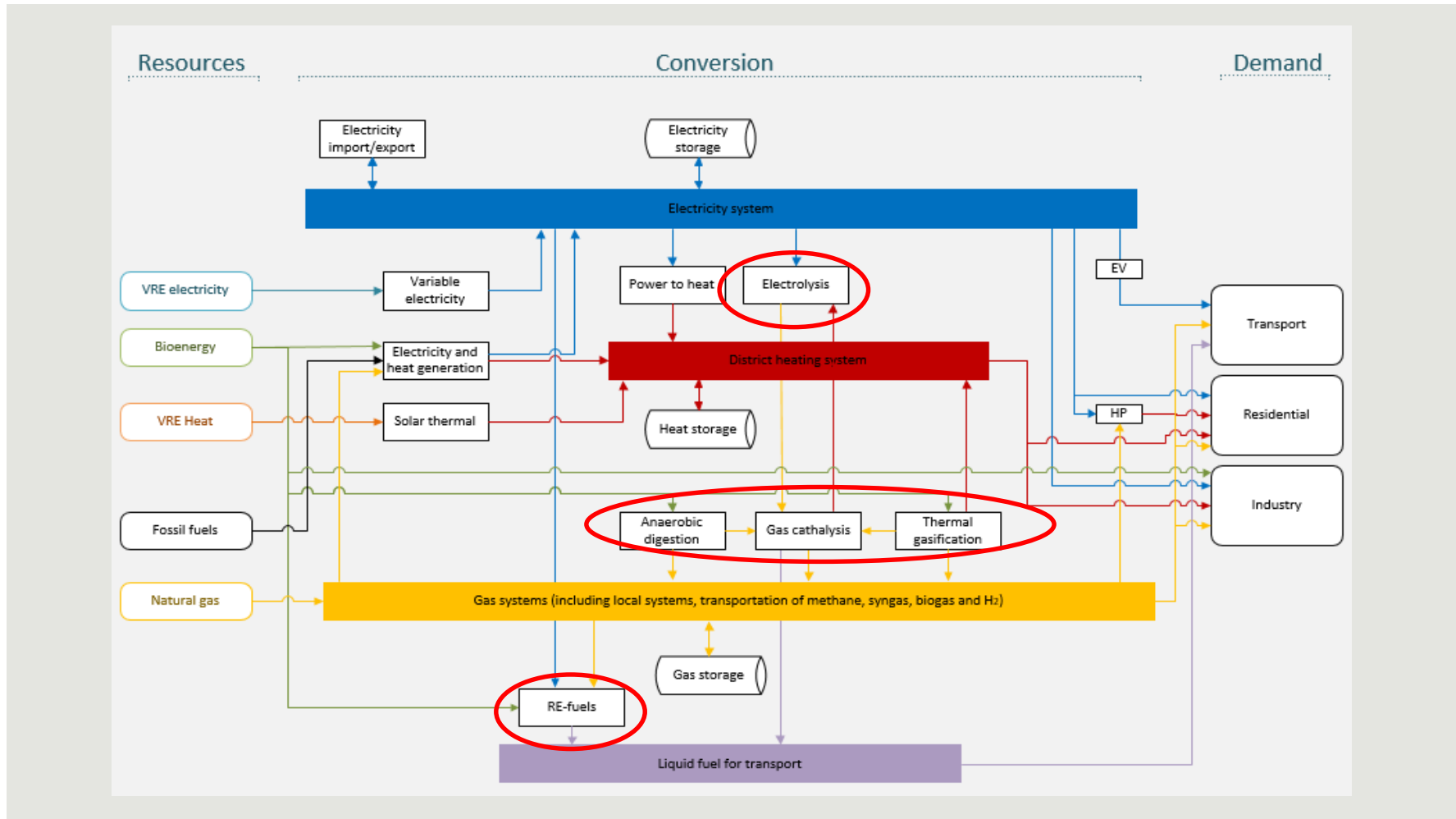


el

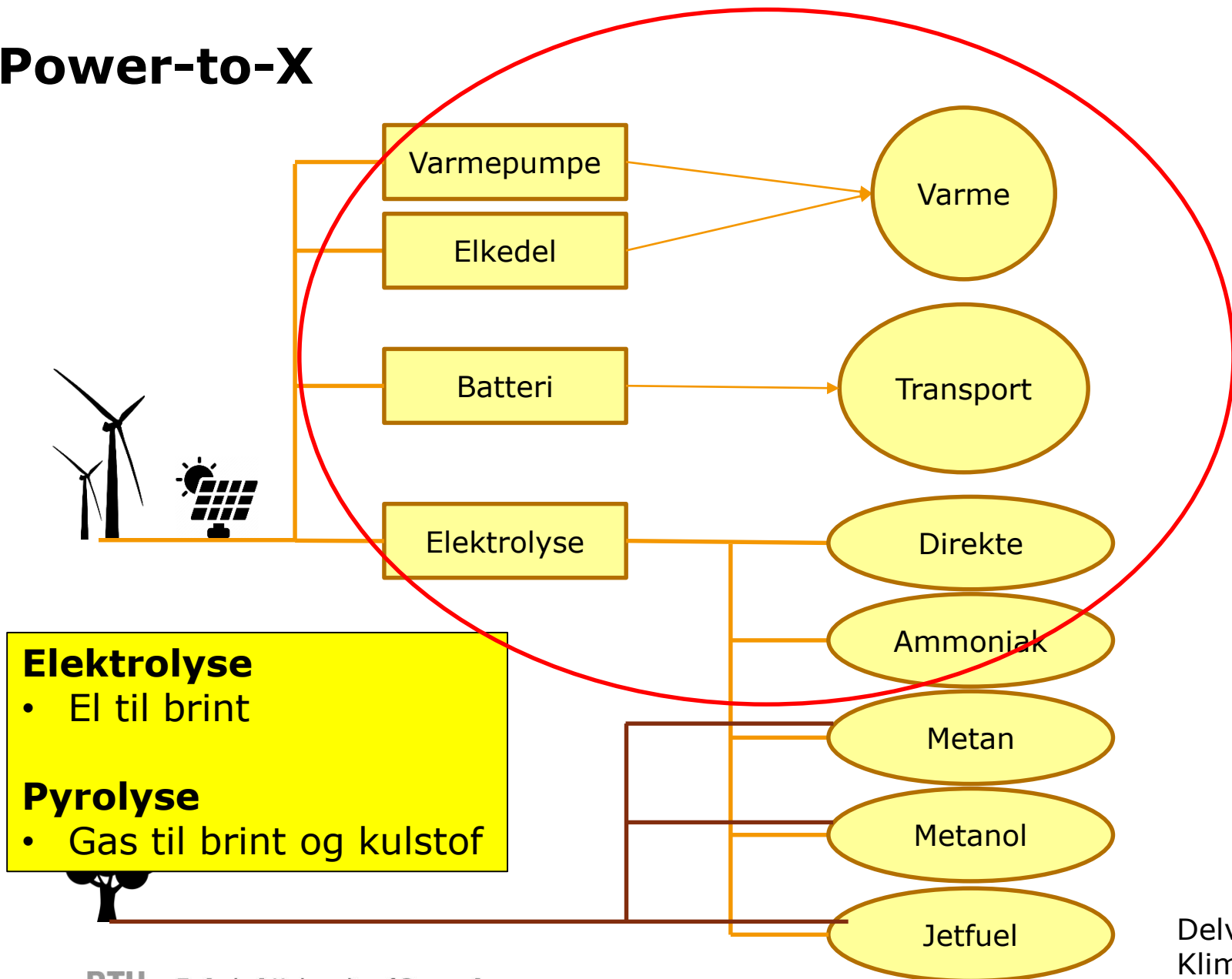
Energy systems



Integrated energy systems



Power-to-X



Elektrolyse

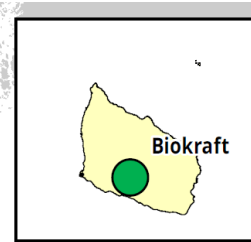
- El til brint

Pyrolyse

- Gas til brint og kulstof

Delvist fra Klimaraadet

Biogasanlæg i Danmark



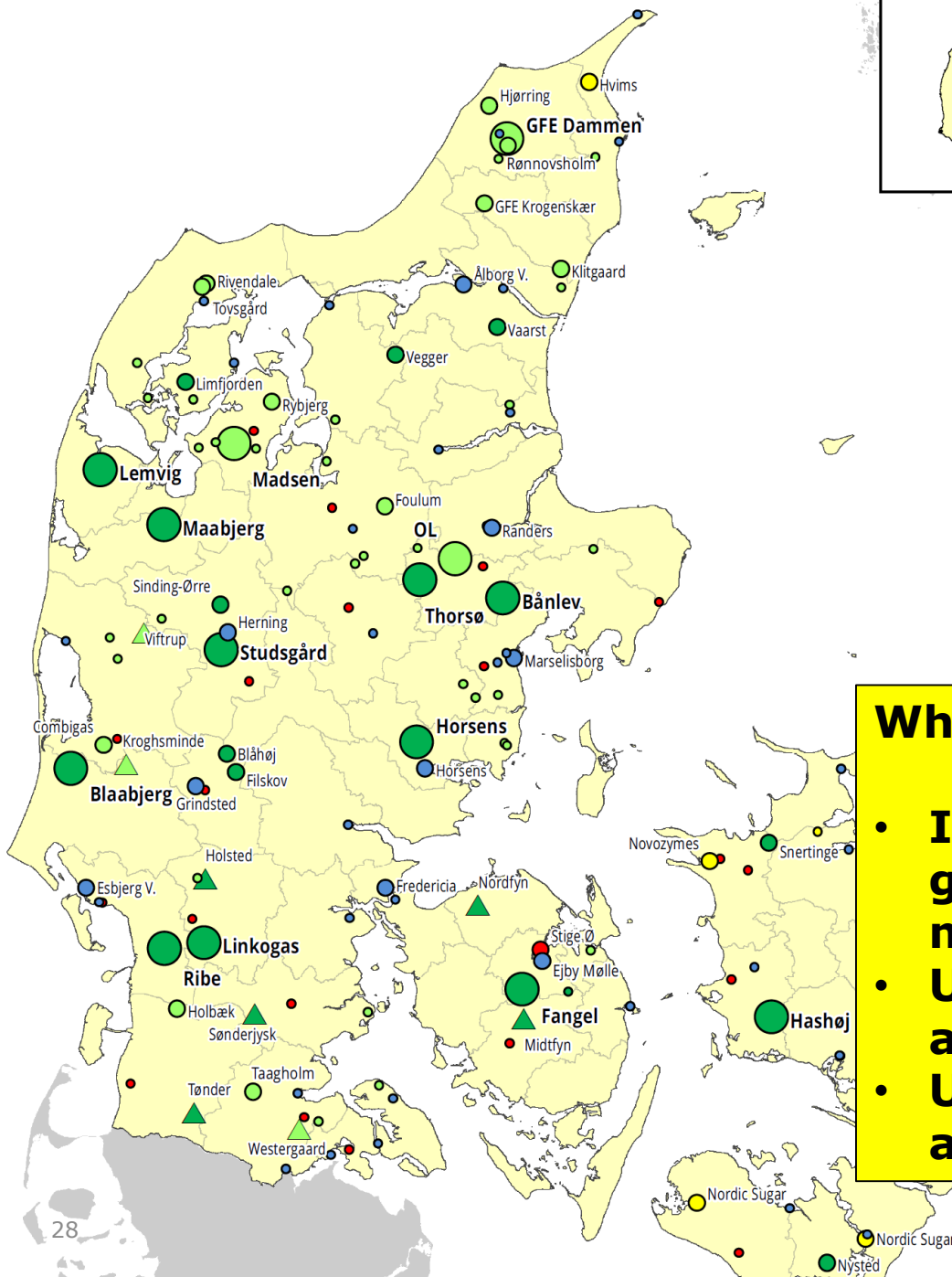
Anlægstype

- Renseanlæg
- Industri
- Losseplads
- Fællesanlæg
- Gårdbiogasanlæg

Anlægsproduktion

What we can do with biogas:

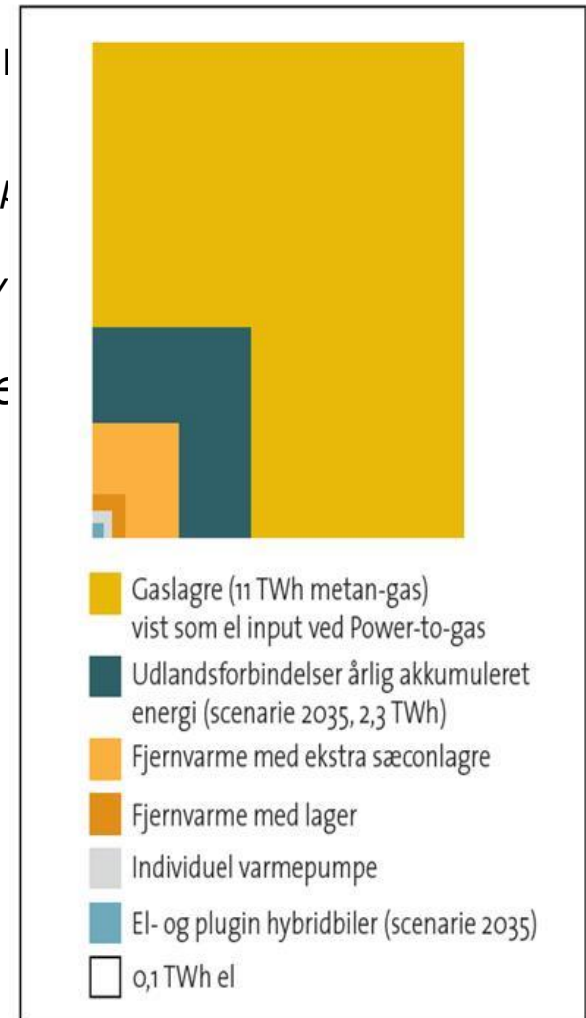
- Inject it into the natural gas grid (upgraded or metanised)
- Use it for combined heat and power
- Use it in heavy transport and industry



Variabilitetsudfordringen

- **Hvordan håndterer vi det?**

- Transmissionforbindelser
- Fleksibilitet i energisystemet - Smart Energy
 - Fleksibel efterspørgsel
 - Elbiler, Husholdninger, Varmepumper - *drevet af kapacitet distribution*
 - Industri, Service...- *drevet af digitalisering, effektivitet*
- Sektorkobling - *drevet af energimarkedet på el*
 - El til fjernvarme
 - Power-to-X
- Lagre
 - Batterier
 - Varmtvandslagre
 - Gaslagre
 - Brintlagre



Opsummering - hvad med regulering?

- **Smart Energy**

- **Fleksibel efterspørgsel - elbiler, varmepumper mv..**

- Kapacitetsoptimering i el-distributionsnettet

- *Fordel for DSO'erne - variable tariffer/afgifter*

- Potentiale i industri og service

- *Fordel for virksomhederne - variable/lave elpriser*

- **Sektorkobling**

- Varmepumper i fjernvarme - *variable/lave elpriser og lav/variabel afgift på el til varme*

- **Elektrolyse**

- **Power-to-X:**

- Produktion af transportbrændsel, herunder jet-fuel...

- Produktion af brint til andre formål: industri, kunstgødning...

- *Regulering for brint er ikke eksisterende*

- **Lagring**

- Specielt sæson-lagring, men måske også kortere tidsperioder.

- *Afklaring af regulering*

Thank you for your attention

Professor Poul Erik Morthorst
Systems Analyses Division
DTU Management Engineering
e-mail: pemo@dtu.dk