

# Landbrugets rolle i den cirkulære økonomi

Henrik Wenzel  
[www.sdu.dk/lifecycle](http://www.sdu.dk/lifecycle)

Økologikongres 2021, Vingstedcenteret, 26. November 2021



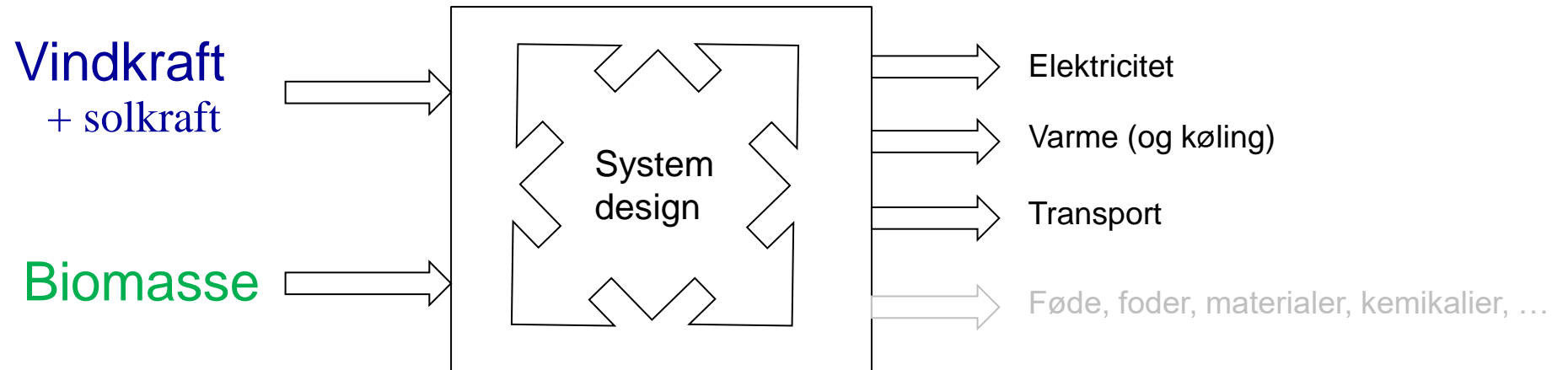
# Danmarks langsigtede mål

At være uafhængige af fossile brændsler i 2050



+ diverse nationale og internationale klimamål

# Hvordan designer vi fremtidens grønne energisystem?



# Regneeksempel: Forstå proportionerne af bioenergi for Danmark

- hvor stort areal skulle vi bruge, hvis vi skulle drive al dansk transport på rapsolie?

## Data

- ❑ Rapsolie udbytte: 1.6 tons rapsolie/ha
- ❑ Bio-diesel udbytte: 90% af olien konverteret til bio-diesel med brændværdi 40 GJ/ton
- ❑ Danmarks transport brændstof: 200 PJ/år
- ❑ Danmarks landbrugsareal = 26.000 km<sup>2</sup> = 2.6 Mha

## Svar

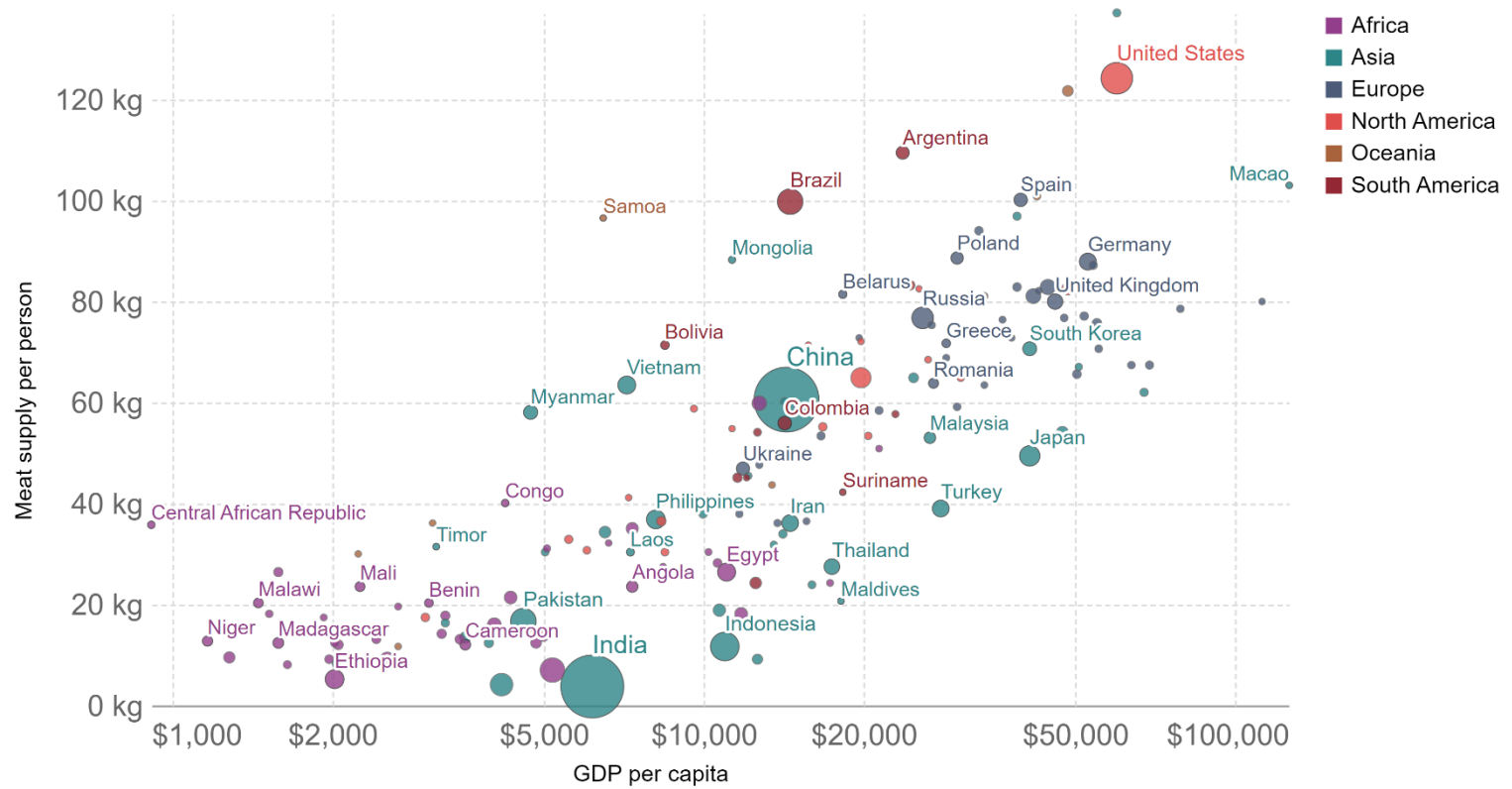
- ❑ Ca. 130 % af Danmarks landbrugsareal
- ❑ Men raps kan kun dyrkes hvert 5-6 år, dvs. vi skulle kunne disponere over ca. 800 % af Danmarks landbrugsareal for at levere nok brændstof til transportsektoren



# Forstå proportioner

## Meat consumption vs. GDP per capita, 2017

Average meat consumption per capita, measured in kilograms per year versus gross domestic product (GDP) per capita measured in constant international-\$. International-\$ corrects for price differences across countries. Figures do not include fish or seafood.



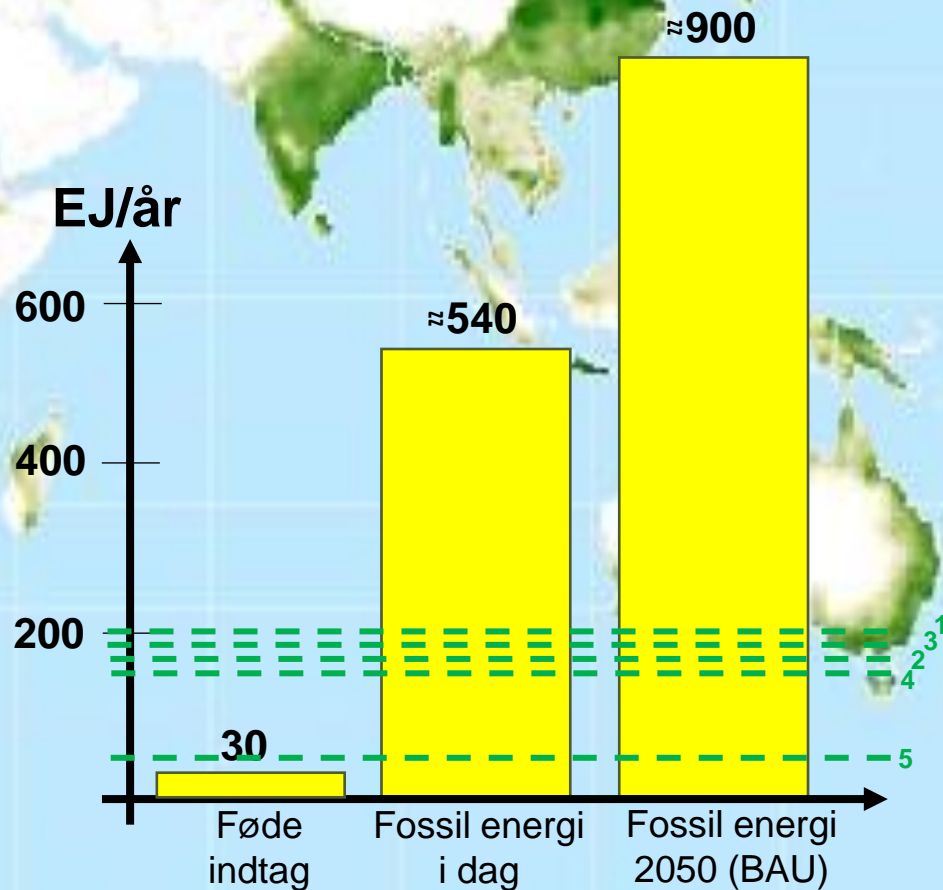
Source: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Data compiled from multiple sources by World Bank  
OurWorldInData.org/meat-production • CC BY

- Globalt landareal: ca. 13 Gha
  - Globalt landbrugsareal: ca. 5 Gha
    - hvoraf 1,5 Gha dyrket areal, heraf 60 % foderproduktion og 40 % fødeproduktion
    - og 3,5 Gha afgræsset areal
- => Over 80 % af verdens landbrugsareal går til at producere dyr

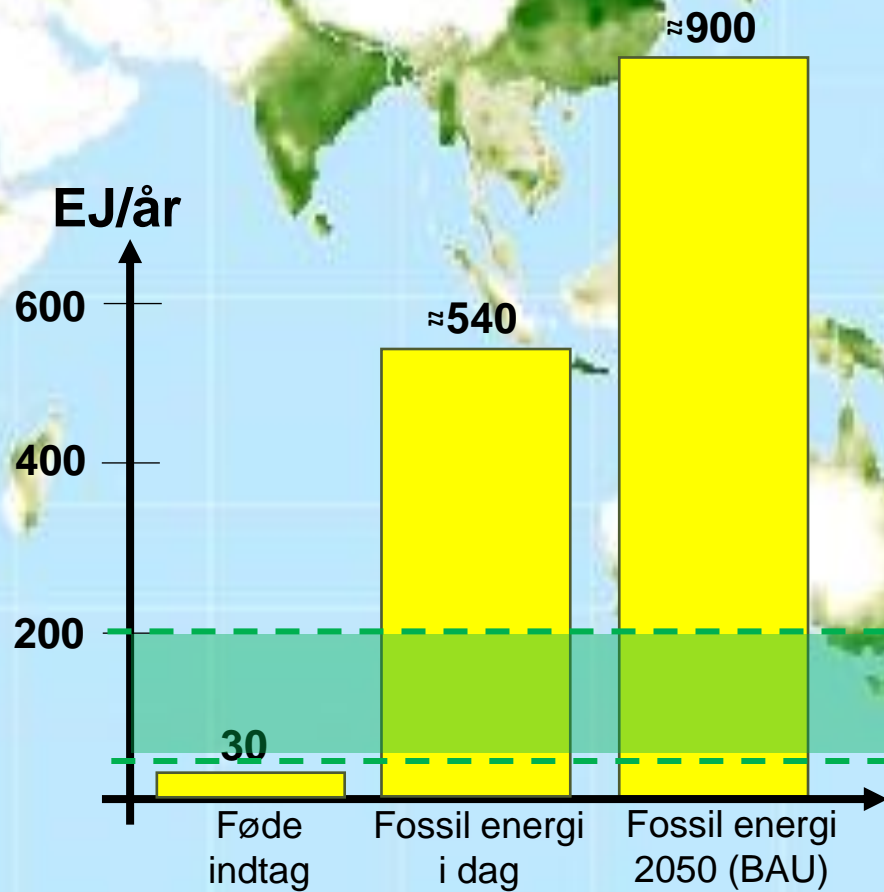
# Forstå proportionerne for biomasse globalt

## Globalt biomasse potentiale 2050

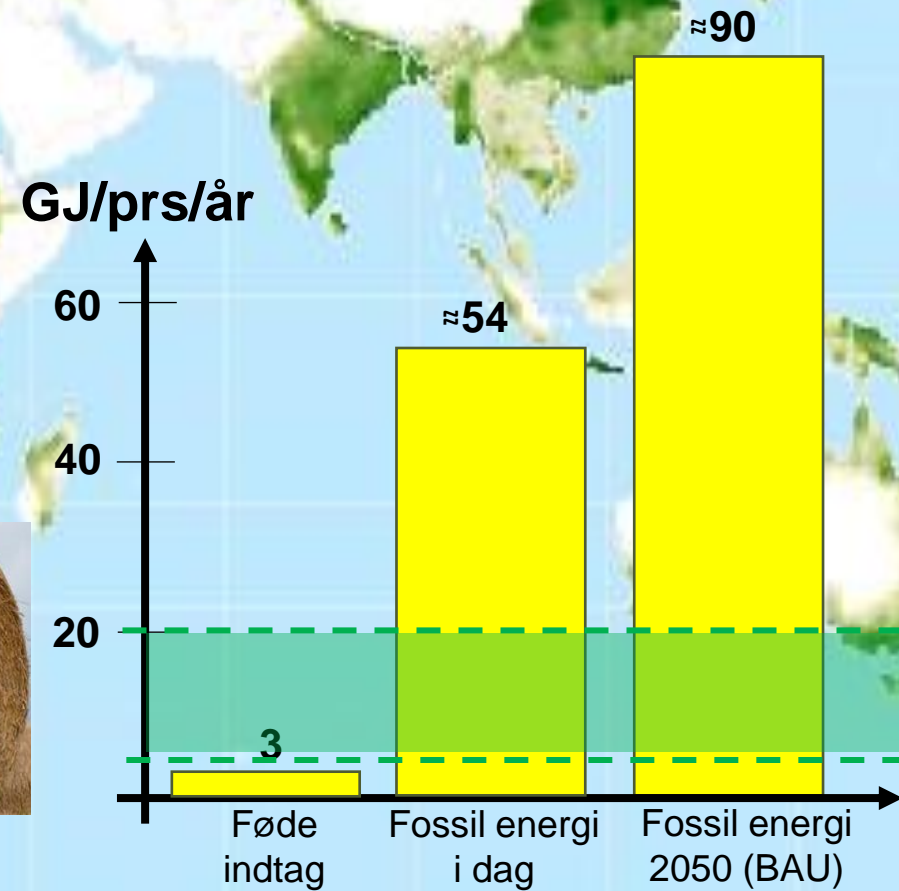
1. Chum et al. (2011): 100-300 EJ/år
2. Lauri et al. (2014): 165 EJ/år
3. Wenzel et al. (2014): 180 EJ/år
4. IEA (2017): 145 EJ/år
5. ETC (2021): 40-60 EJ/år



# Forstå proportionerne for biomasse globalt



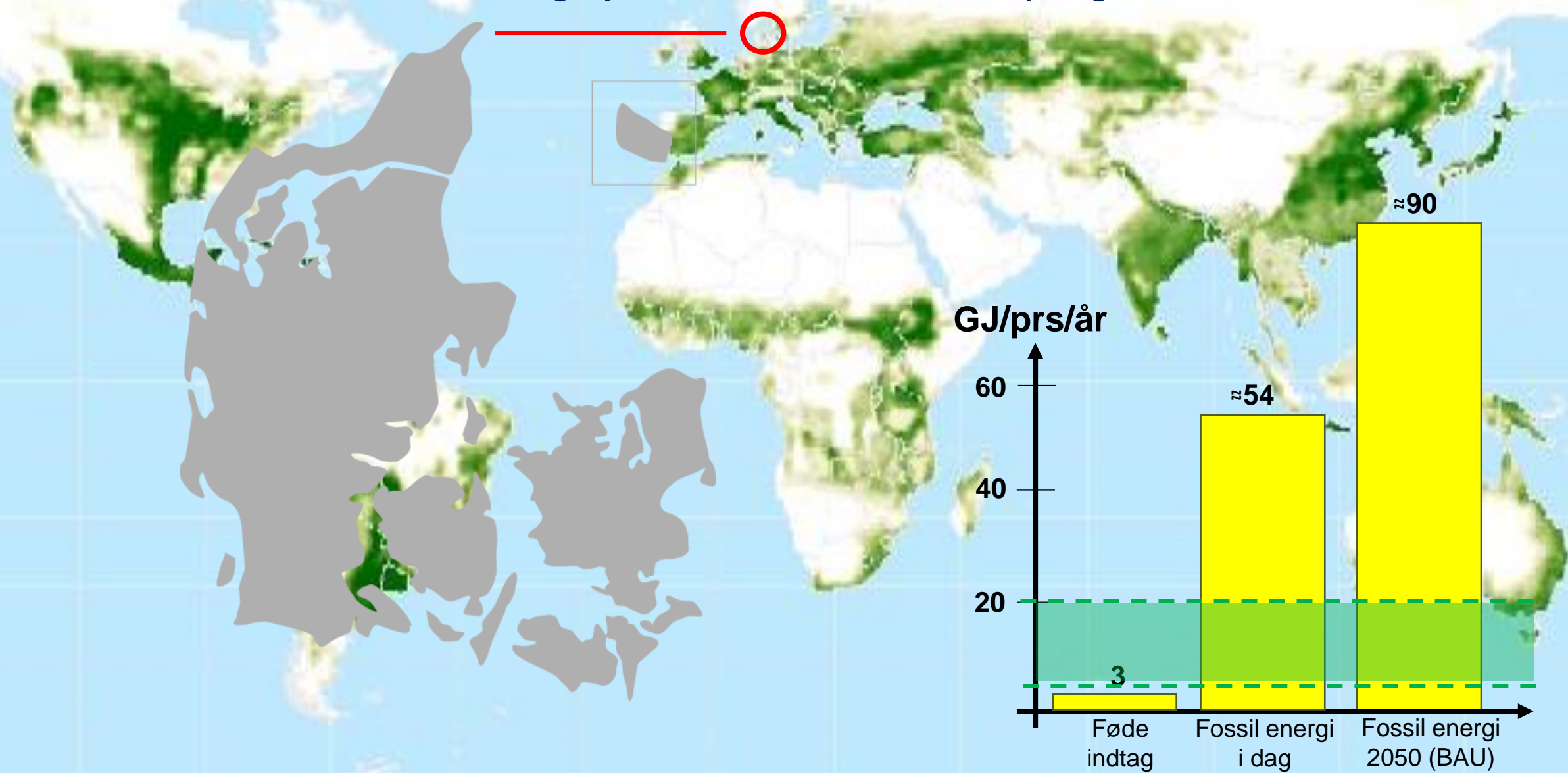
# Forstå proportionerne for biomasse globalt





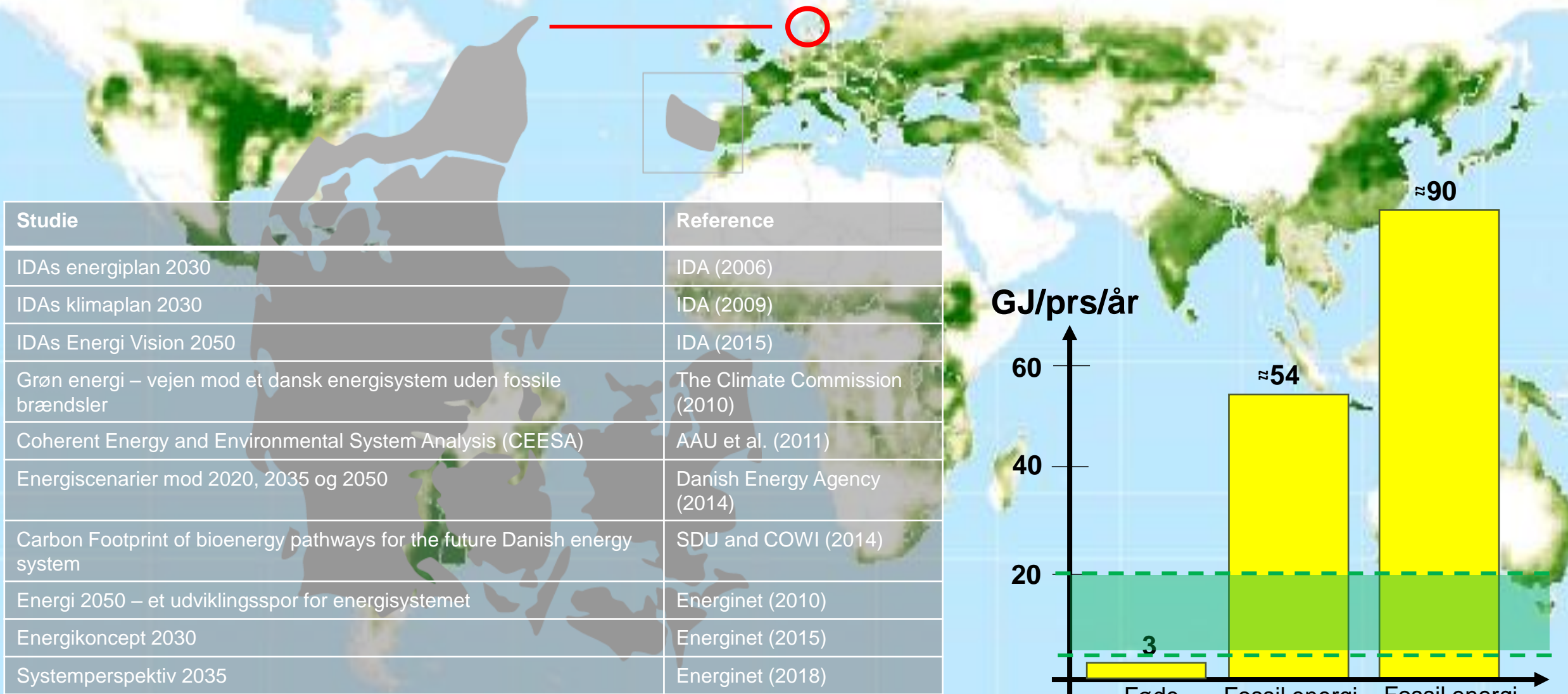
# Forstå proportionerne for biomasse globalt

- set i forhold til det danske energisystems samlede efterspørgsel



# Forstå proportionerne for biomasse globalt

- set i forhold til det danske energisystems samlede efterspørgsel



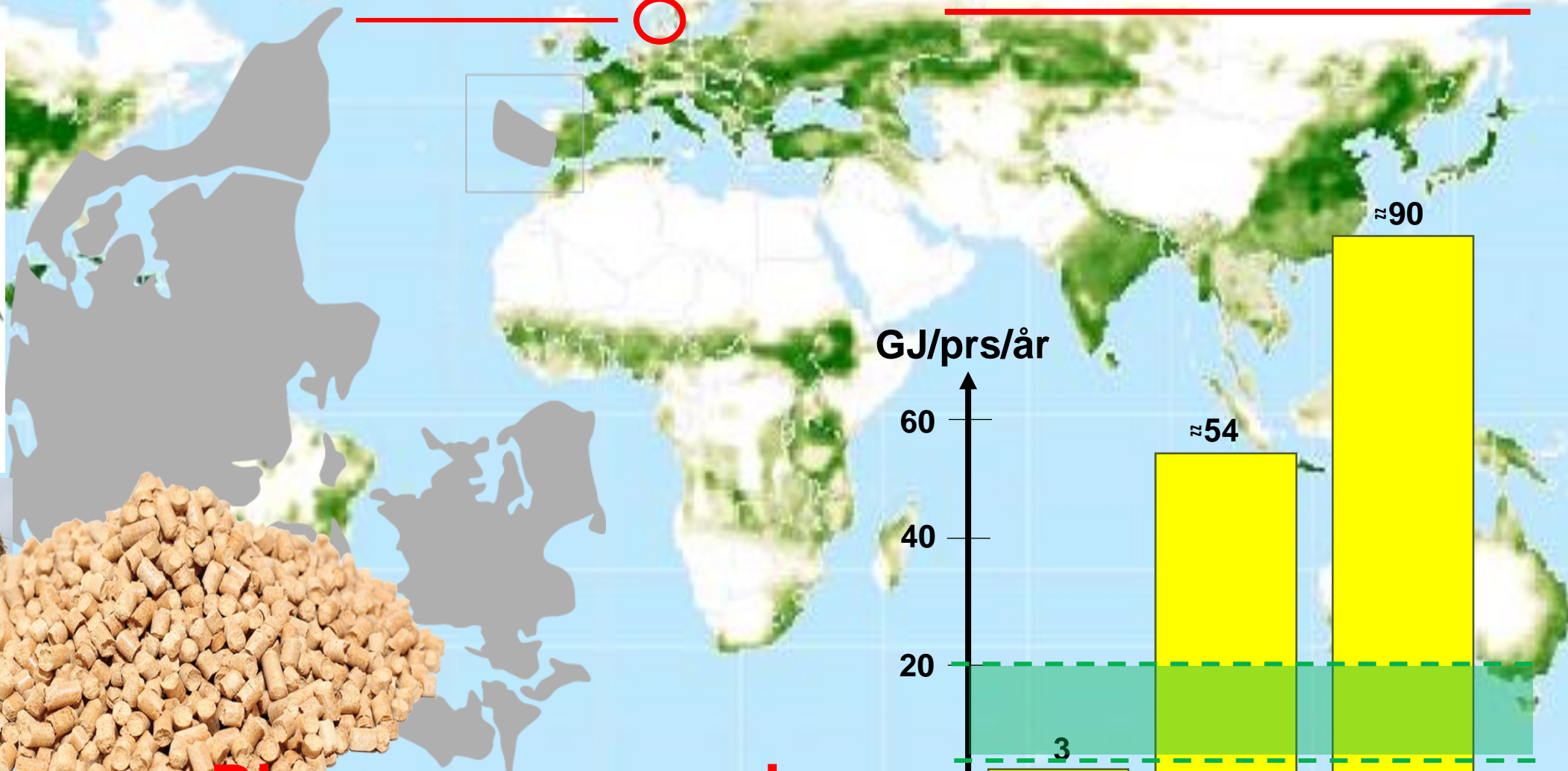
# Forstå proportionerne for biomasse

- set i forhold til det danske energisystems samlede efterspørgsel

**130 GJ/prs/y – bio-energy scenario**



**Bio-energy scenario**



GJ/prs/år

60

40

20

3

≈ 54

≈ 90

Føde  
indtag

Fossil energi  
i dag

Fossil energi  
2050 (BAU)

# Forstå proportionerne for biomasse

- set i forhold til det danske energisystems samlede efterspørgsel

130 GJ/prs/y – bio-energy scenario



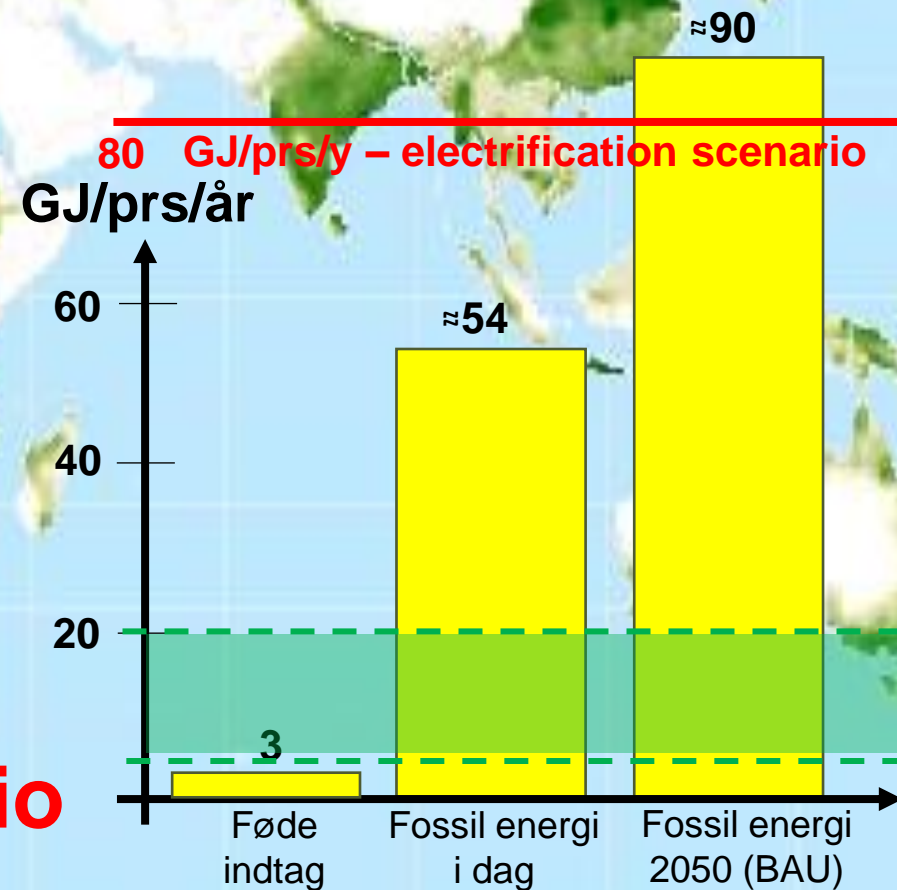
Varme-  
pumper



Elbiler



Electrification scenario



# Forstå proportionerne for biomasse

- set i forhold til det danske energisystems samlede efterspørgsel

130 GJ/prs/yr – bio-energy scenario



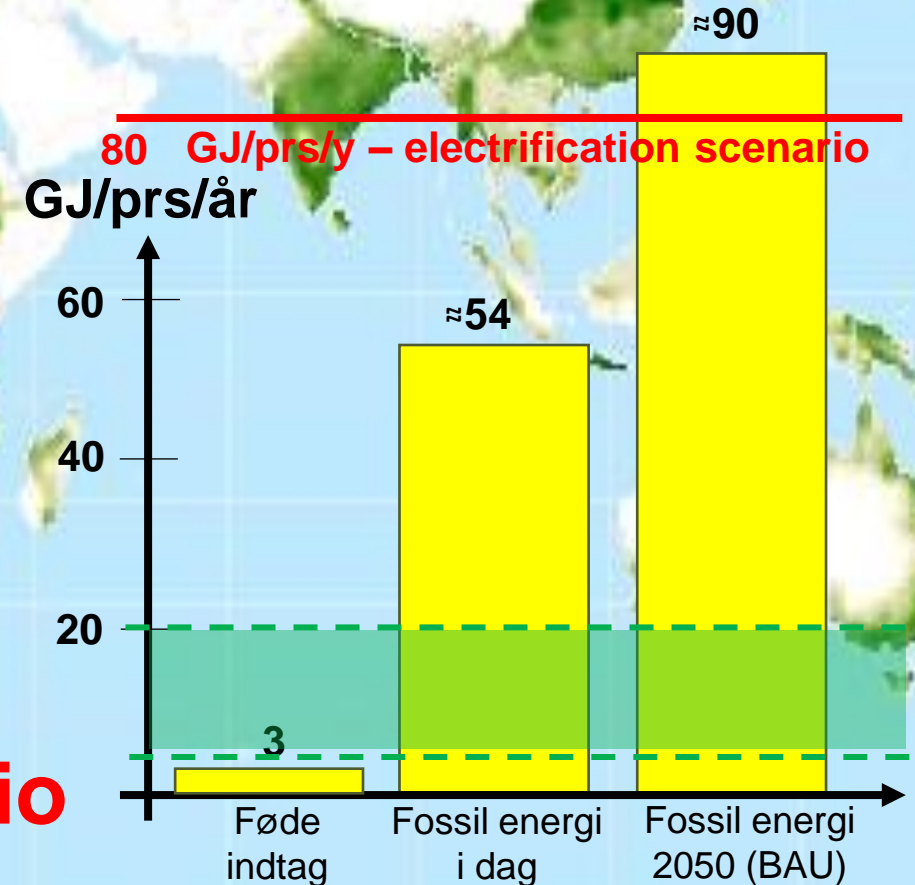
Varme-  
pumper



Elbiler



Electrification scenario



# Forstå proportionerne for biomasse

- set i forhold til det danske energisystems samlede efterspørgsel

130 GJ/prs/y – bio-energy scenario



Varme-  
pumper

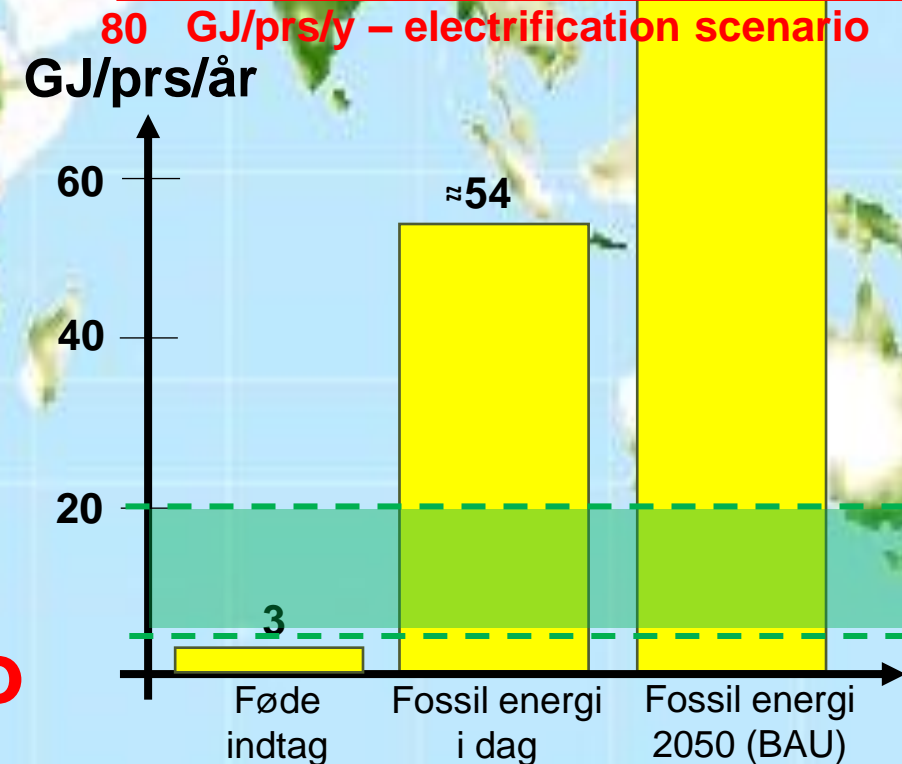


Elbiler



+ H<sub>2</sub>

Bio-electro-fuel scenario



# Forstå proportionerne for biomasse

- set i forhold til det danske energisystems samlede efterspørgsel

130 GJ/prs/y – bio-energy scenario



Varme-  
pumper

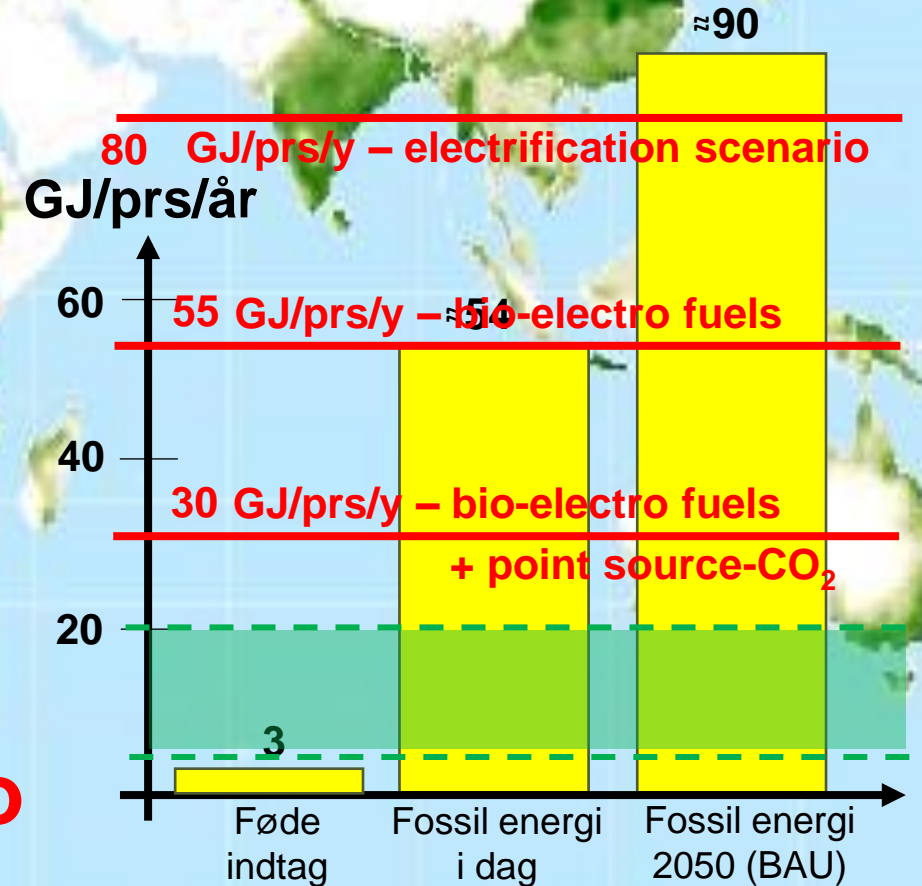


Elbiler



+ H<sub>2</sub>

Bio-electro-fuel scenario



# Forstå proportionerne for biomasse

- set i forhold til det danske energisystems samlede efterspørgsel

130 GJ/prs/y – bio-energy scenario



Varme-  
pumper

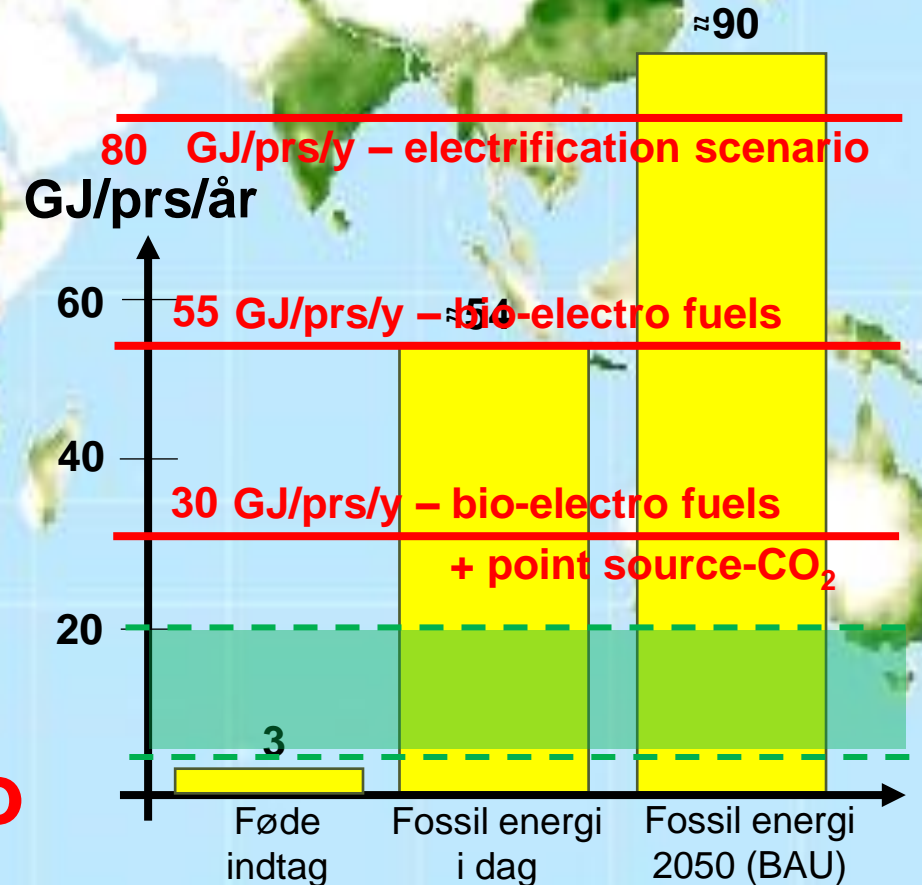


Elbiler



$\text{CO}_2 + \text{H}_2$

Bio-electro-fuel scenario





# Forstå proportionerne for biomasse

- set i forhold til det danske energisystems samlede efterspørgsel

130 GJ/prs/y – bio-energy scenario



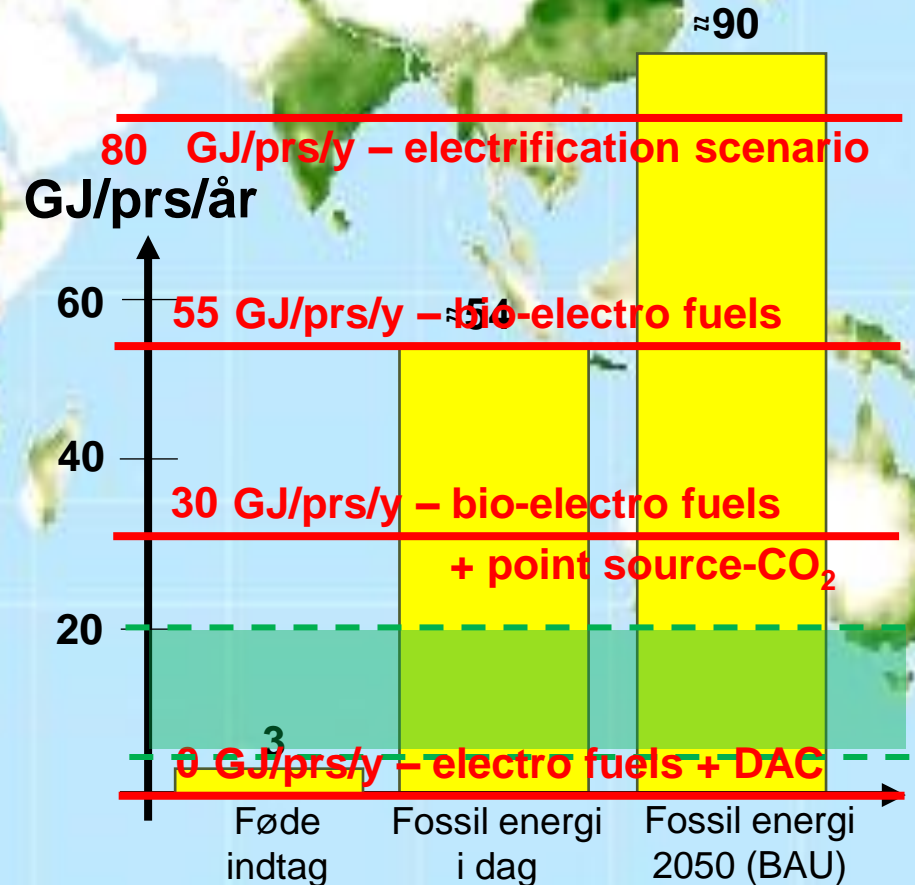
Varme-  
pumper



Elbiler



Electro-fuel scenario



# Forstå proportionerne for biomasse

- set i forhold til det danske energisystems samlede efterspørgsel

130 GJ/prs/y – bio-energy scenario



Varme-  
pumper

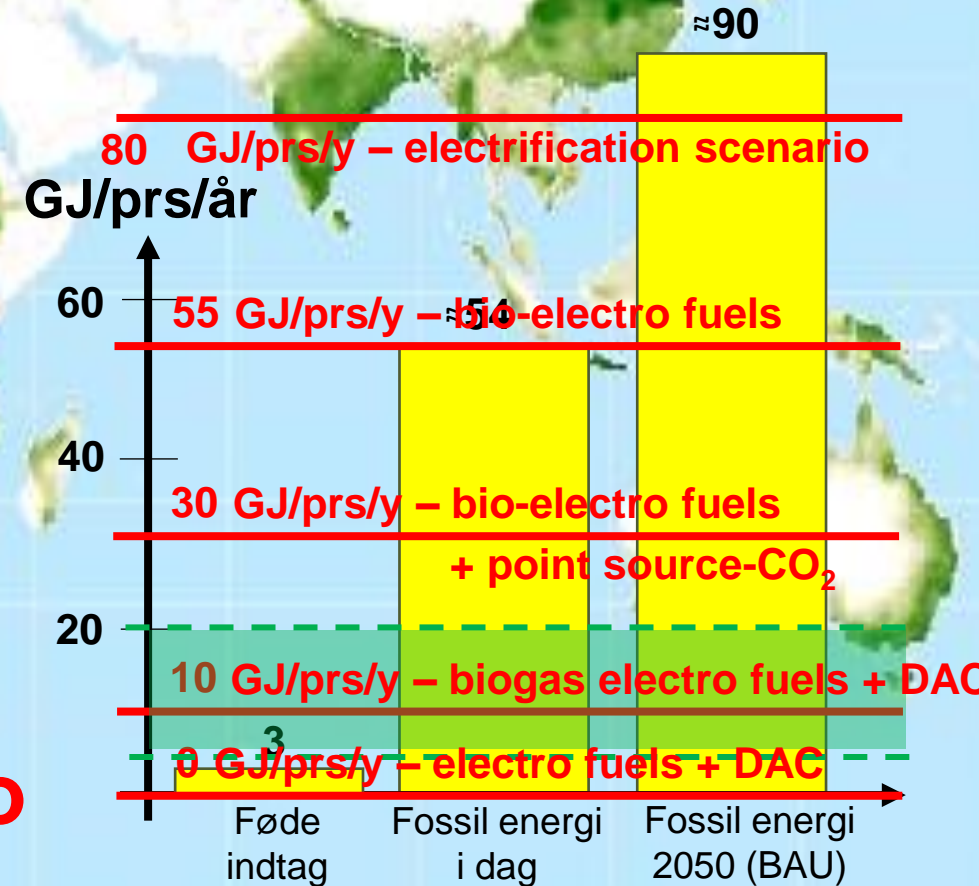


Elbiler

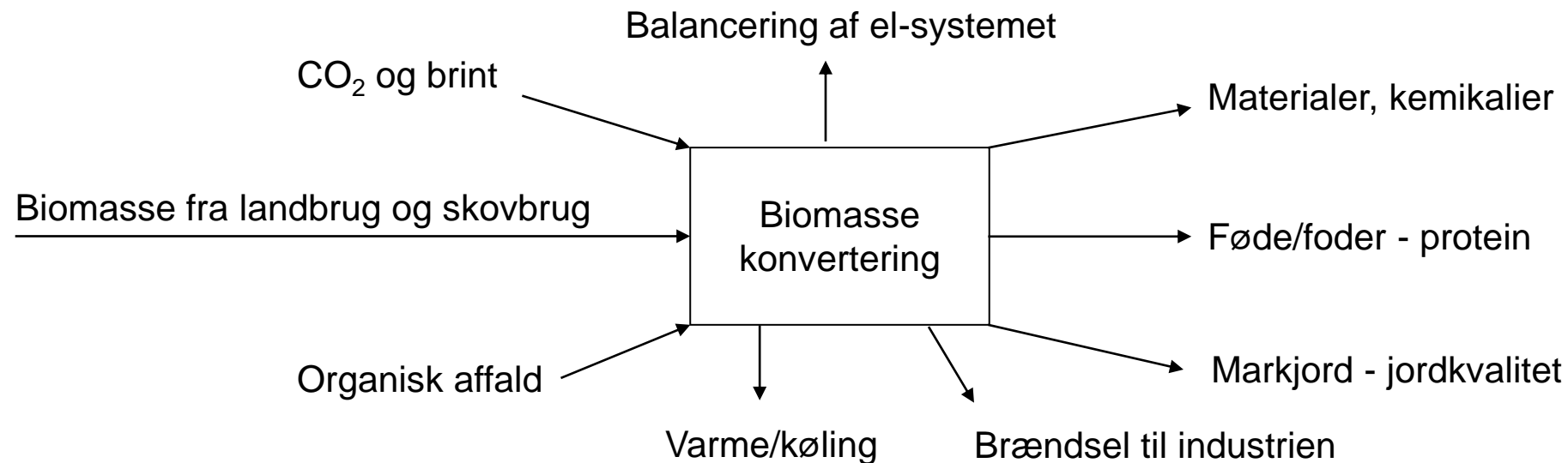


$\text{CO}_2 + \text{H}_2$

Biogas electro-fuel scenario



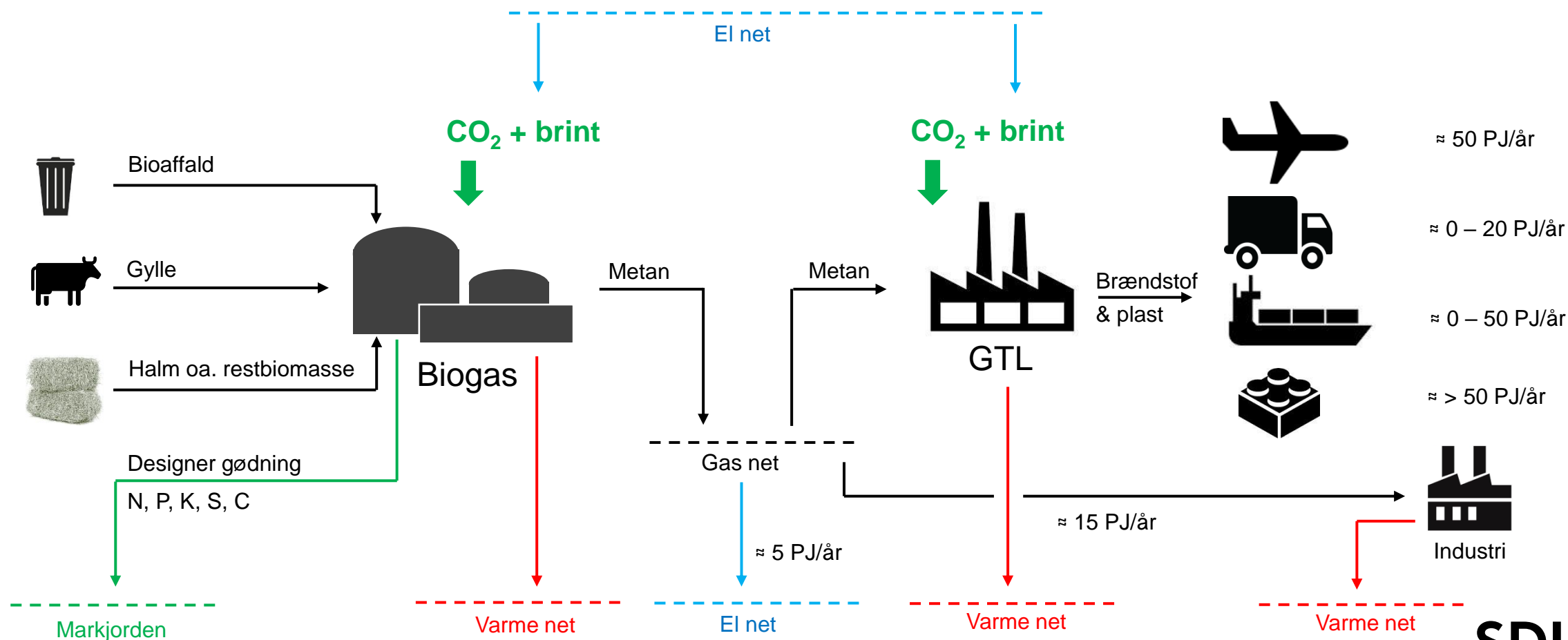
# Landbrugets og biomassens rolle som system integrator



- ❑ Tilgængeligheden af kulstof er begrænsende og biomassen er afgørende
- ❑ Håndtering og konvertering af biomasse er en hjørnesten i systemet

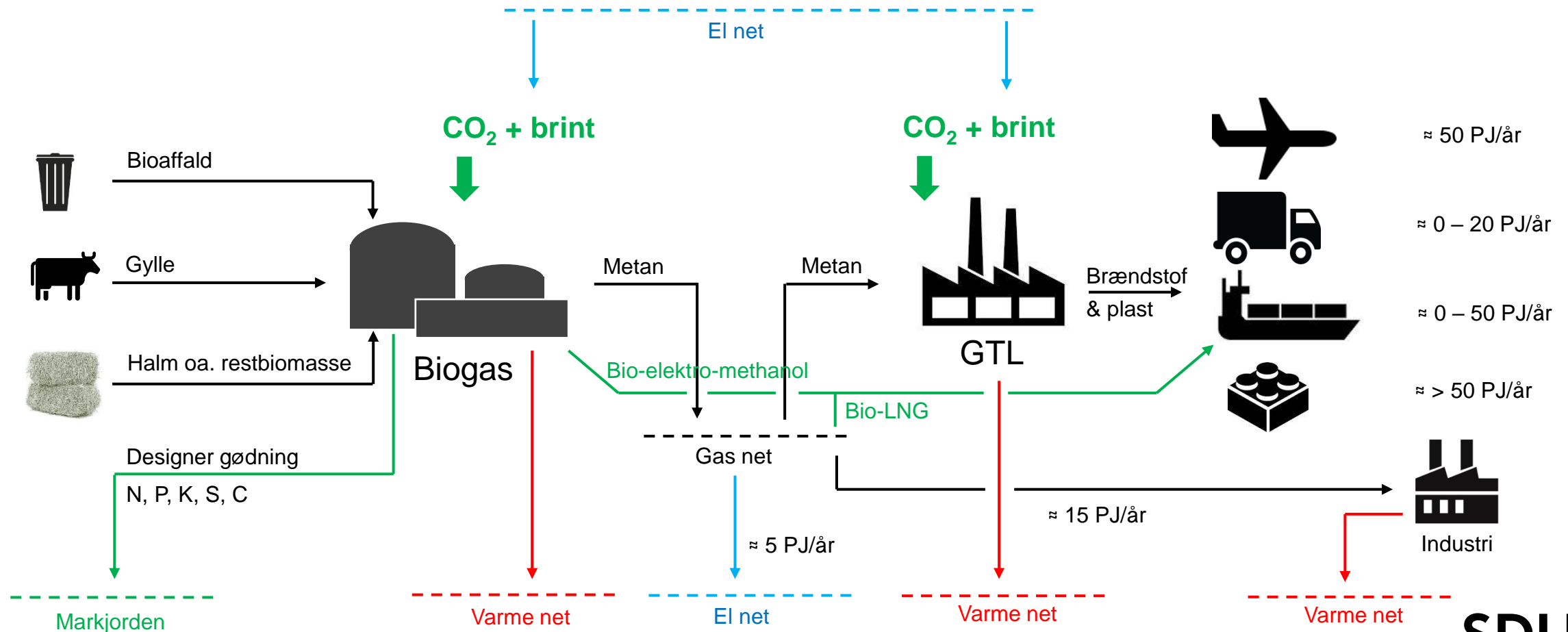
# Ressourcegrundlag og helhedsoptimering

- via sektorkobling af landbrug, industri, affald, varme, el, transport og plast



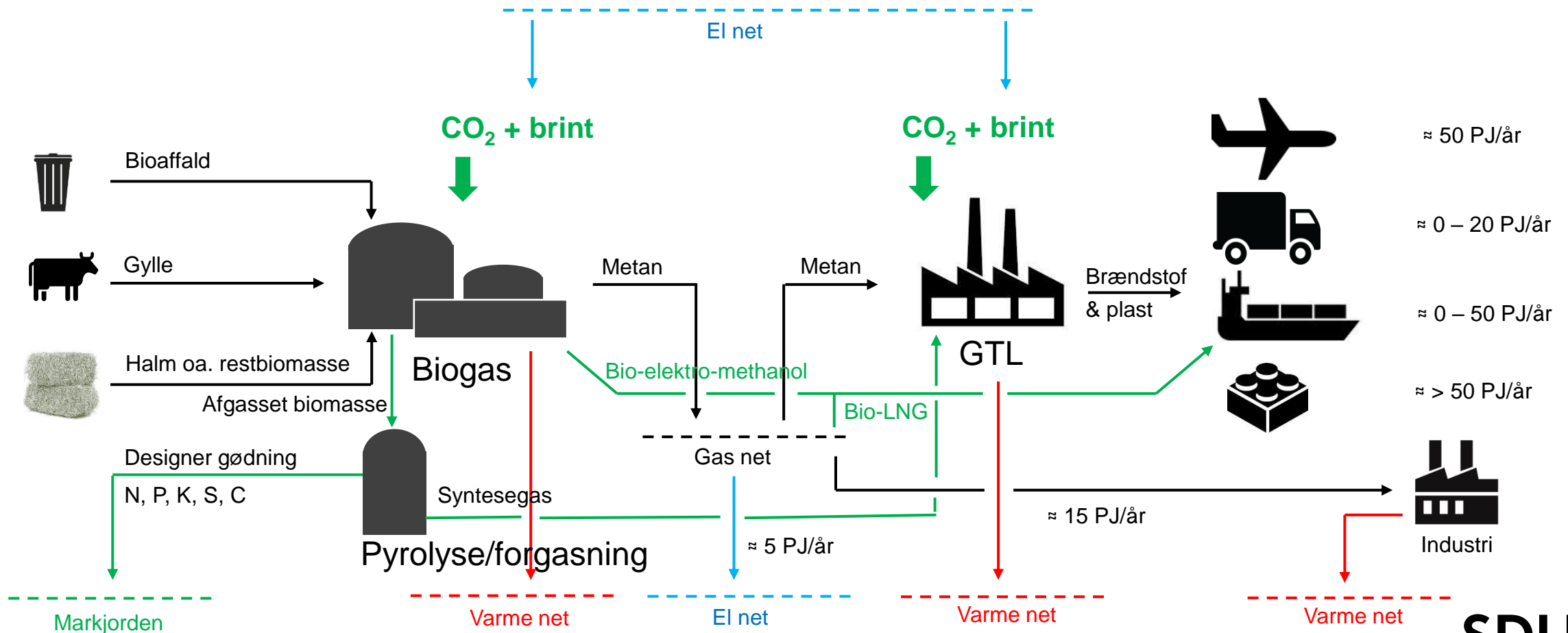
# Ressourcegrundlag og helhedsoptimering

- via sektorkobling af landbrug, industri, affald, varme, el, transport og plast



# Ressourcegrundlag og helhedsoptimering

- via sektorkobling af landbrug, industri, affald, varme, el, transport og plast

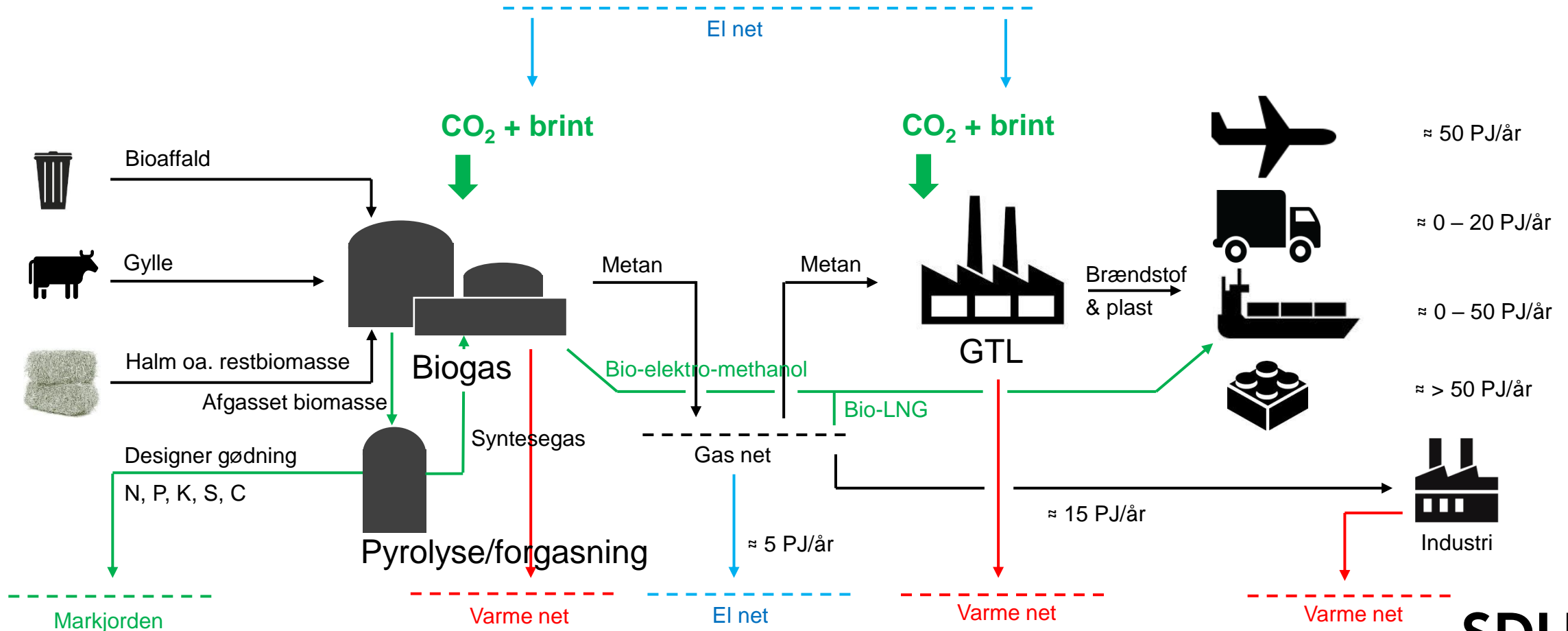


# Ressourcegrundlag og helhedsoptimering

- via sektorkobling af landbrug, industri, affald, varme, el, transport og plast

## Biogas-pyrolyse/forgasning symbiose:

1. Biogas 'vasker' halmen inden pyrolyse/forgasning
2. Biogas 'vasker' syntesegassen og omdanner den til metan inden videre katalyse til brændstof/plast
3. Pyrolyse/forgasning gør rest-C endnu mere svært nedbrydelig og øger C i mark
4. Pyrolyse/forgasning trækker mere C ud til brændstof/plast
5. Halm til biogas og pyrolyse/forgasning på afgasset halm fra biogas giver større mængder grønne kulbrinter og større CO<sub>2</sub> reduktion end direkte pyrolyse/forgasning af halm



# Spørgsmål til overvejelse

- Hvordan ser det økologiske landbrugs afhængighed af dyregødning ud i en verden med 10 milliarder mennesker, der som gennemsnit har et 5 gange større BNP/person end i dag?
- Hvis økologisk landbrug blev modificeret til at tillade grøn ammoniak, hvordan vil bæredygtigheden og herunder klimabelastningen af dette se ud sammenlignet med nuværende økologisk landbrug?





**Thank you for your attention**