



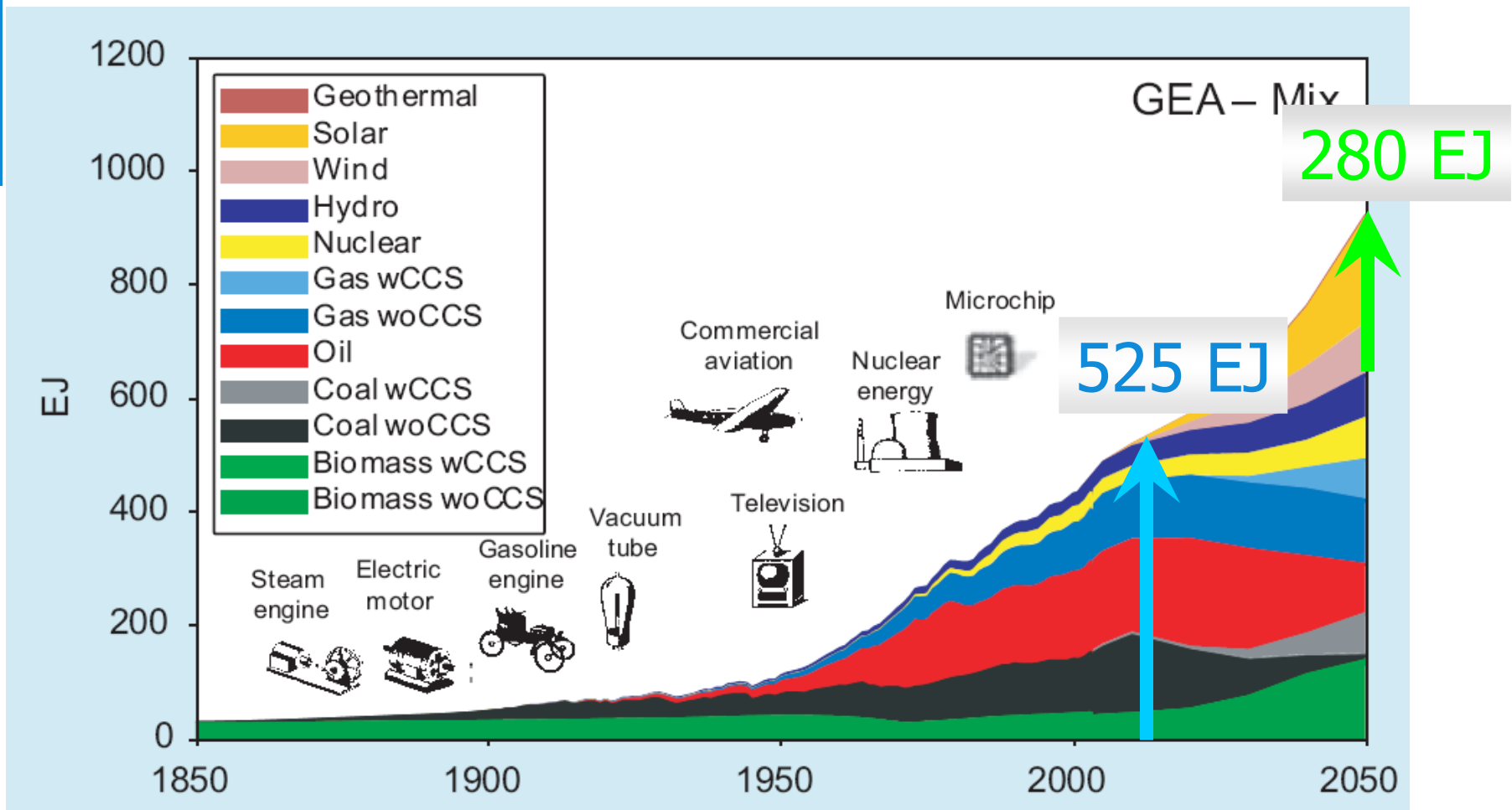
Energie-opslag:

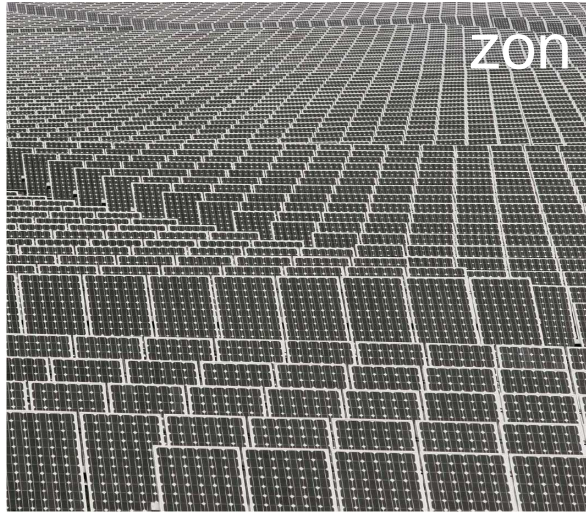
*Waarom
Wanneer
Hoeveel
Hoe*

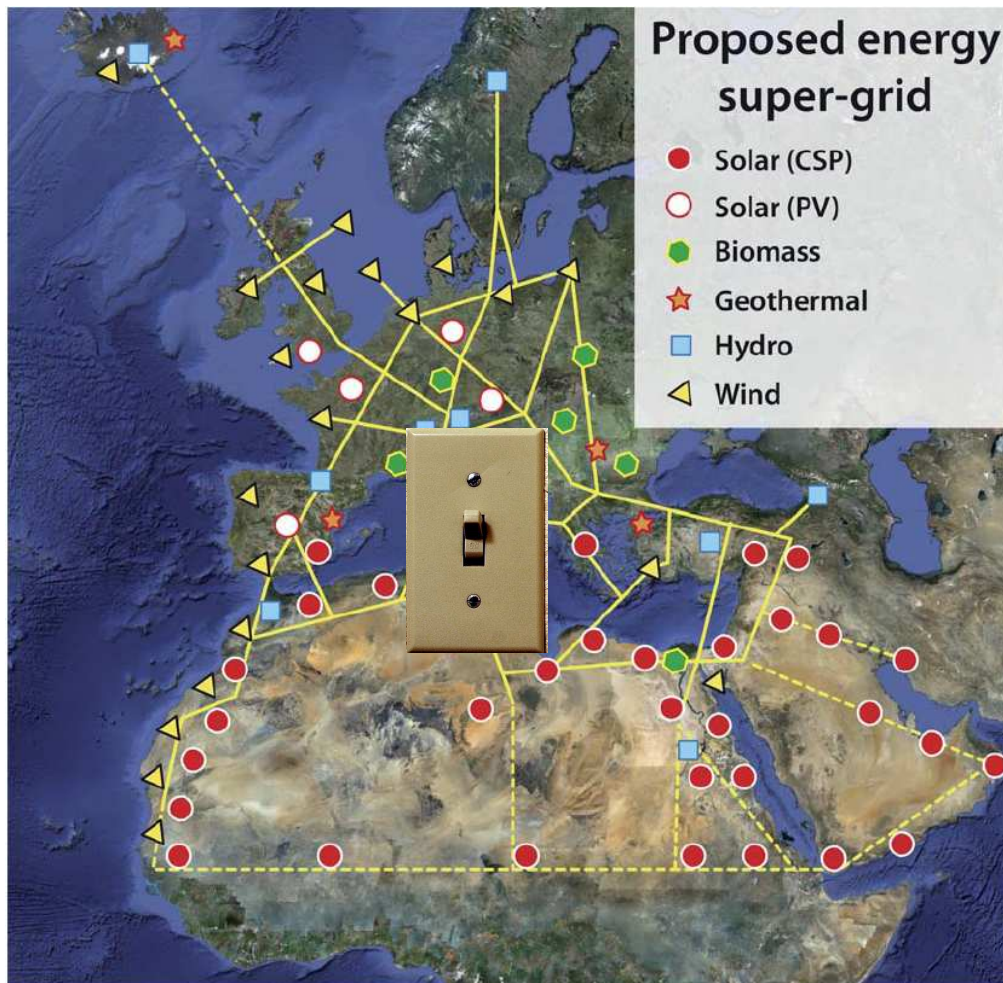
Prof. dr Fokko Mulder
Faculty of Applied Sciences
TU Delft

f.m.mulder@tudelft.nl

Global Energy Assessment 2012







Licht knopje
op hele continenten!

DESERTEC plan

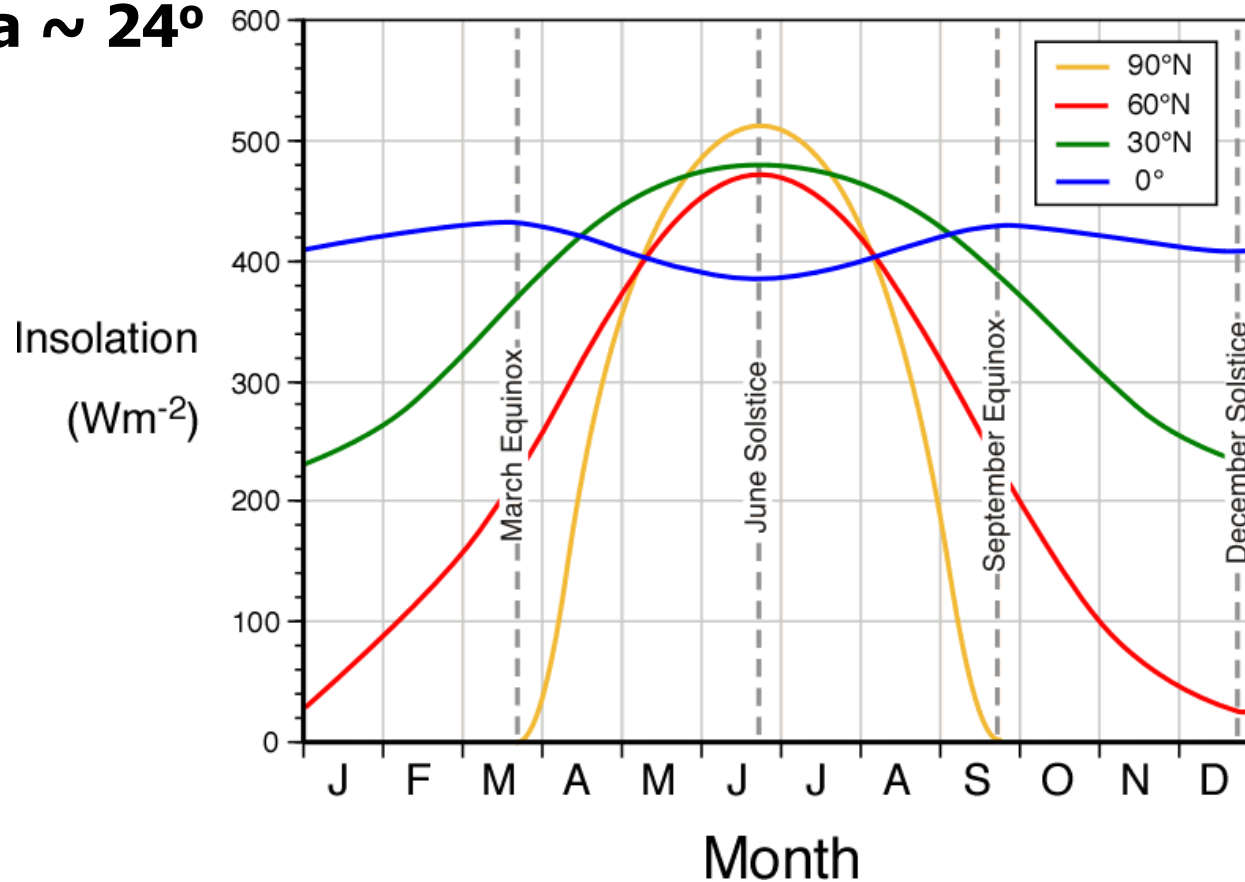
0°

De hoeveelheid zonlicht varieert sterk door het jaar heen en over de breedte graden:

NL: 54°

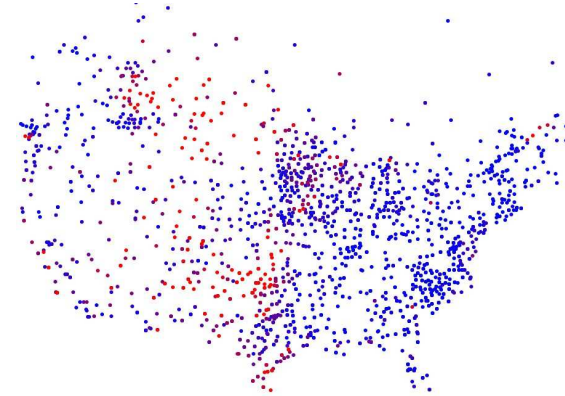
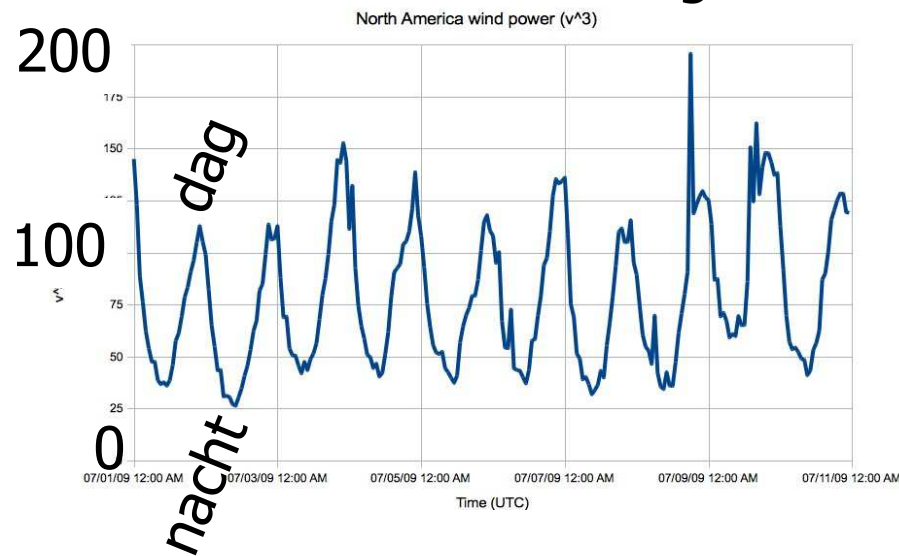
Spanje ~ 40°

Sahara ~ 24°

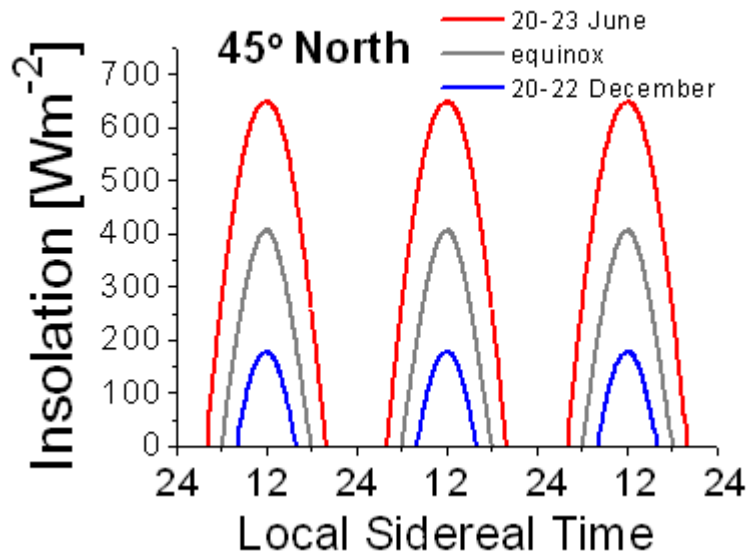


Windkracht varieert systematisch, als men kijkt naar het gemiddelde van grote landoppervlakken

Gemiddelde windenergie $\propto v^3$

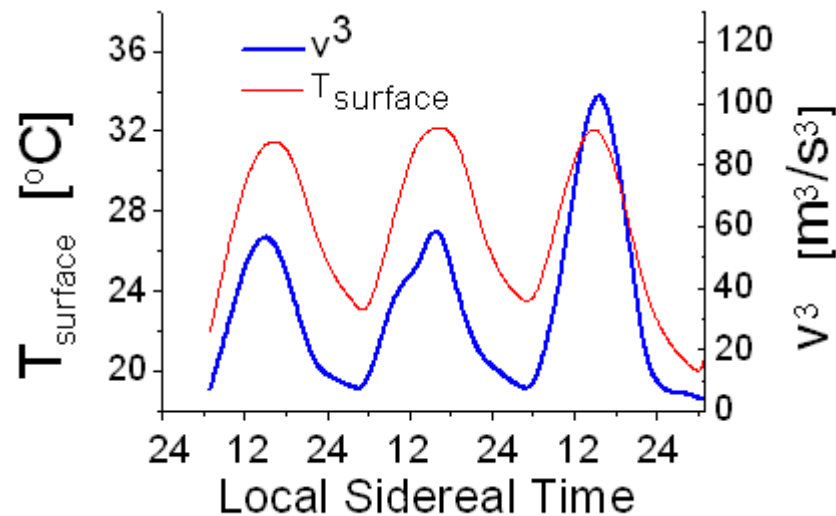


Meetpunten over oppervlak van de VS



Zon gemiddelde van DESERTEC:

- Grote variaties gedurende dag/nacht
- Grote variaties gedurende seizoenen



Wind $\sim v^3$:

Ook grote variaties gedurende de dag: wind wordt gedreven door temperatuur (zichtbaar bij groot grid, b.v. 3000x3000km²)

Heb ik iets gemist?

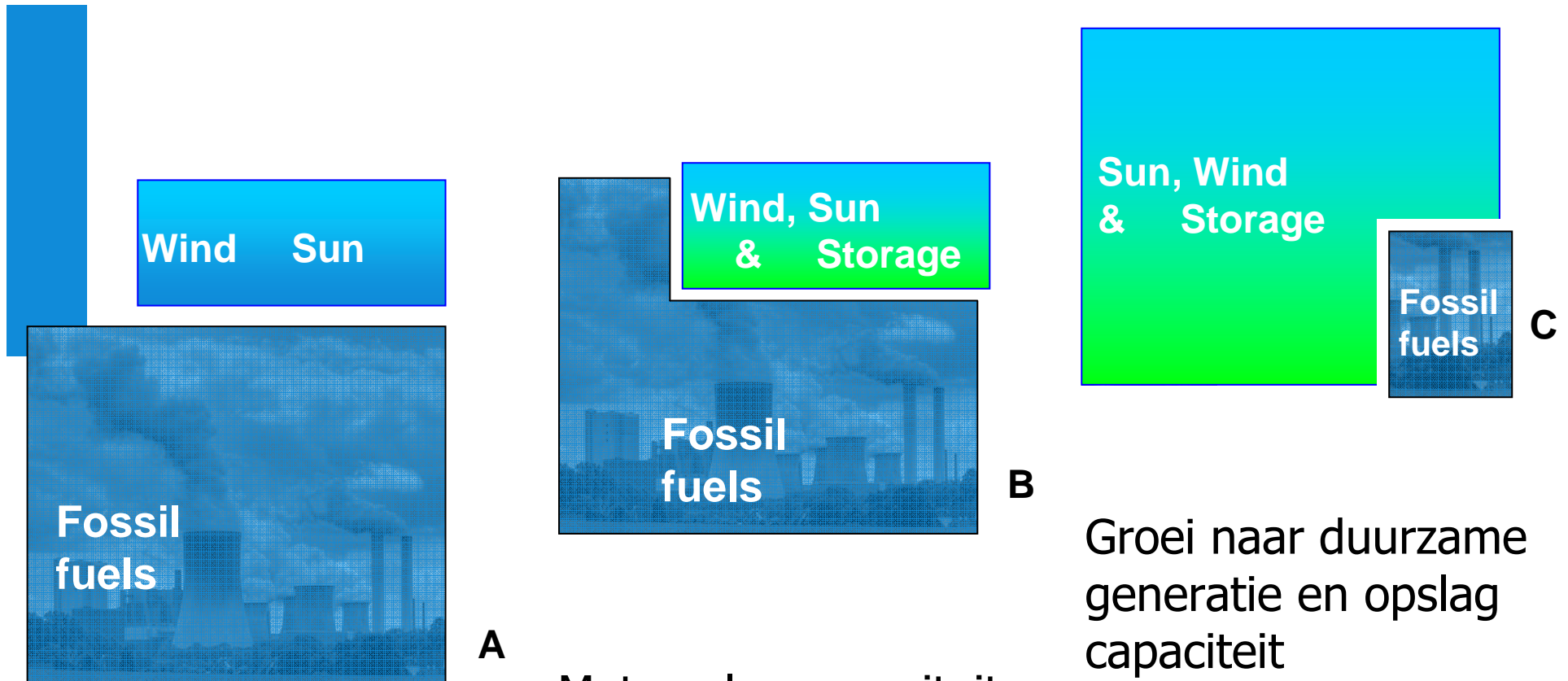


Energie opslag!

Hoe wordt nu omgegaan met deze variatie?

- Aan en uitschakelen van energiecentrales die draaien op fossiele brandstof
- Men kan overdag (nog) transporteren naar burens die minder produceren
- Een beetje opslag





Huidige situatie:
 bijna volledige
 fossiele capaciteit
 blijft nodig

A

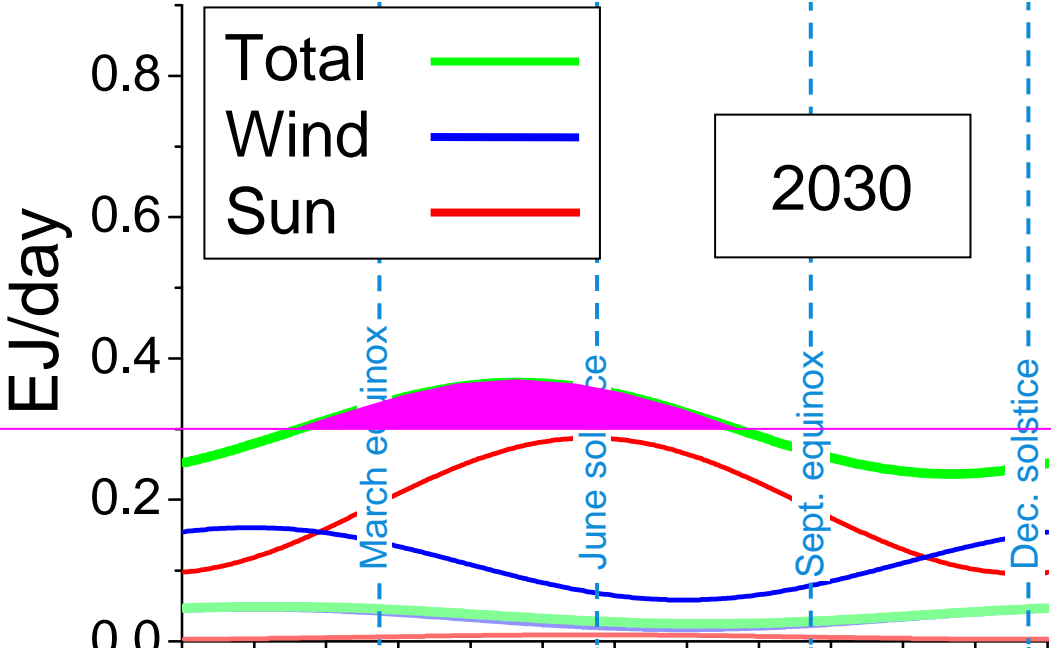
Met opslag capaciteit:
 fossiele capaciteit
 kan verminderd
 worden

B

Groei naar duurzame
 generatie en opslag
 capaciteit

C

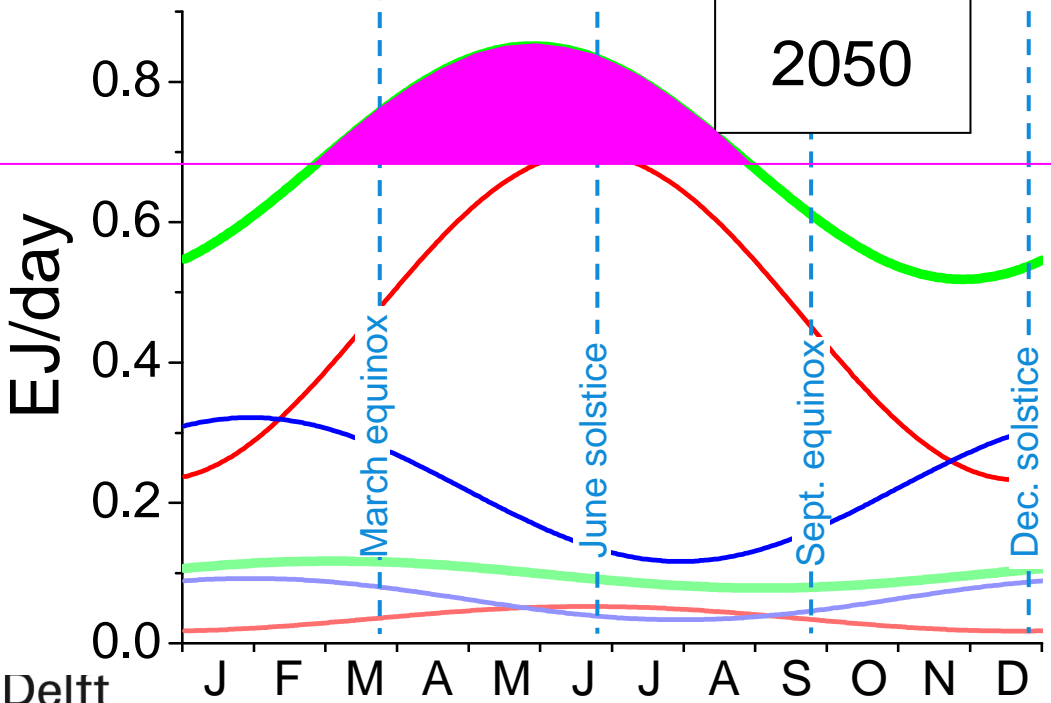
Wereld seizoens energie-opslag



GEA

7.6 EJ =
2100TWh

IPCC



19 EJ =
5300TWh

Mulder,
submitted

Energie-opslag:

Waarom

Wanneer:

Hoeveel:

Hoe

Dagelijks en seizoenen,
korte en lange termijn

0.15-0.3EJ voor dag/nacht opslag
en 8 / 20EJ/seizoen in 2030/2050

Huidig energiegebruik:

Wereld ~ 525 EJ/jaar = 1.44 EJ/dag

NL ~ 3.3 EJ/jaar = 0.62% van wereld

Hoeveel is dat voor NL in 2030?

dag/nacht opslag =
250 GWh =
25 GW centrales die 10 uur aanstaan overdag

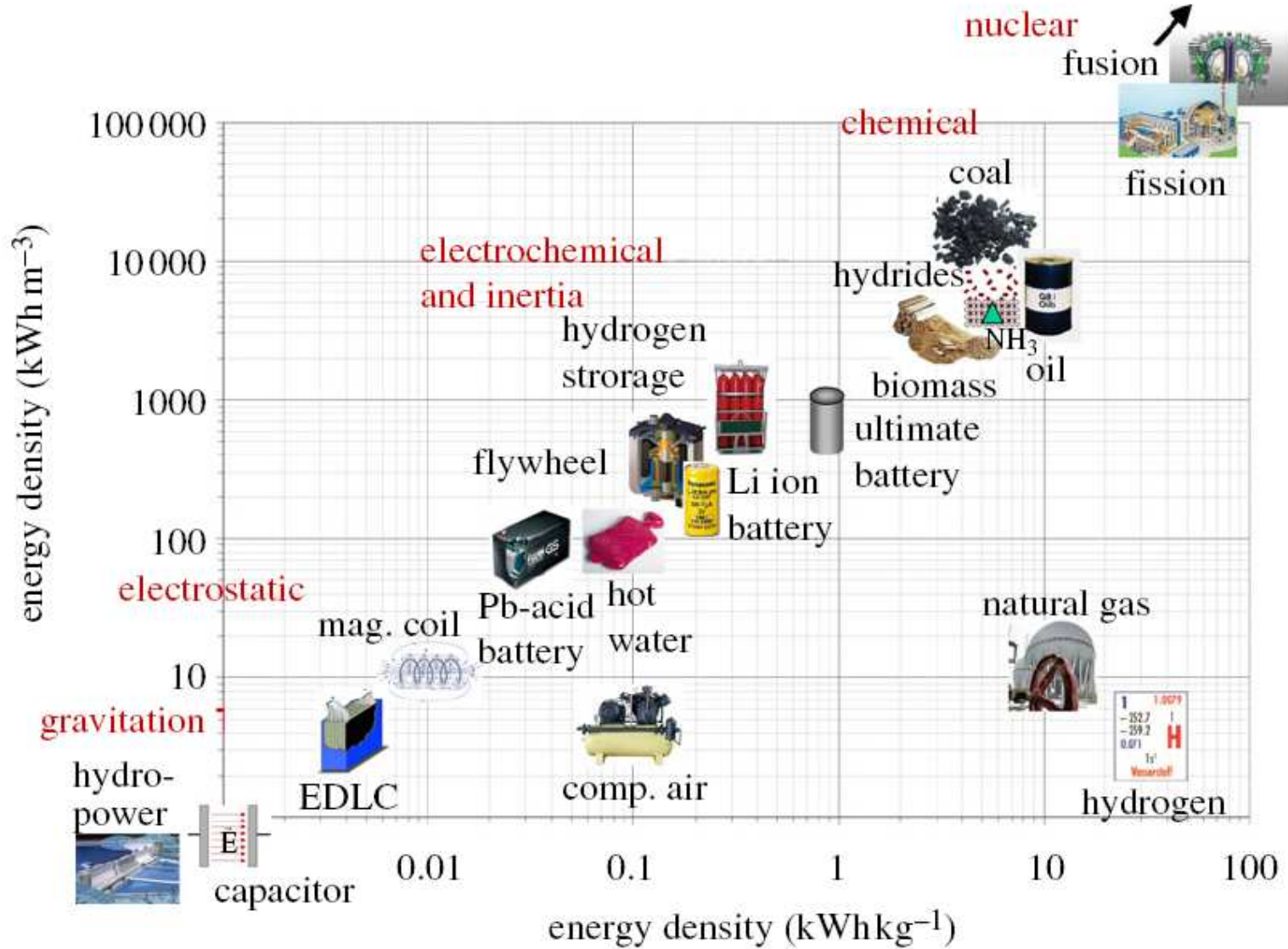
Seizoensopslag in 2030 =
13000 GWh =
13 GW centrales die 100 'zomer' dagen 10 uur aanstaan



Energie-opslag:

Waarom
Wanneer
Hoeveel
Hoe?

Energie inhoud van opslagtechnologieën



Batterijen voor korte termijn opslag?

250GWh korte termijn opslag in 2030

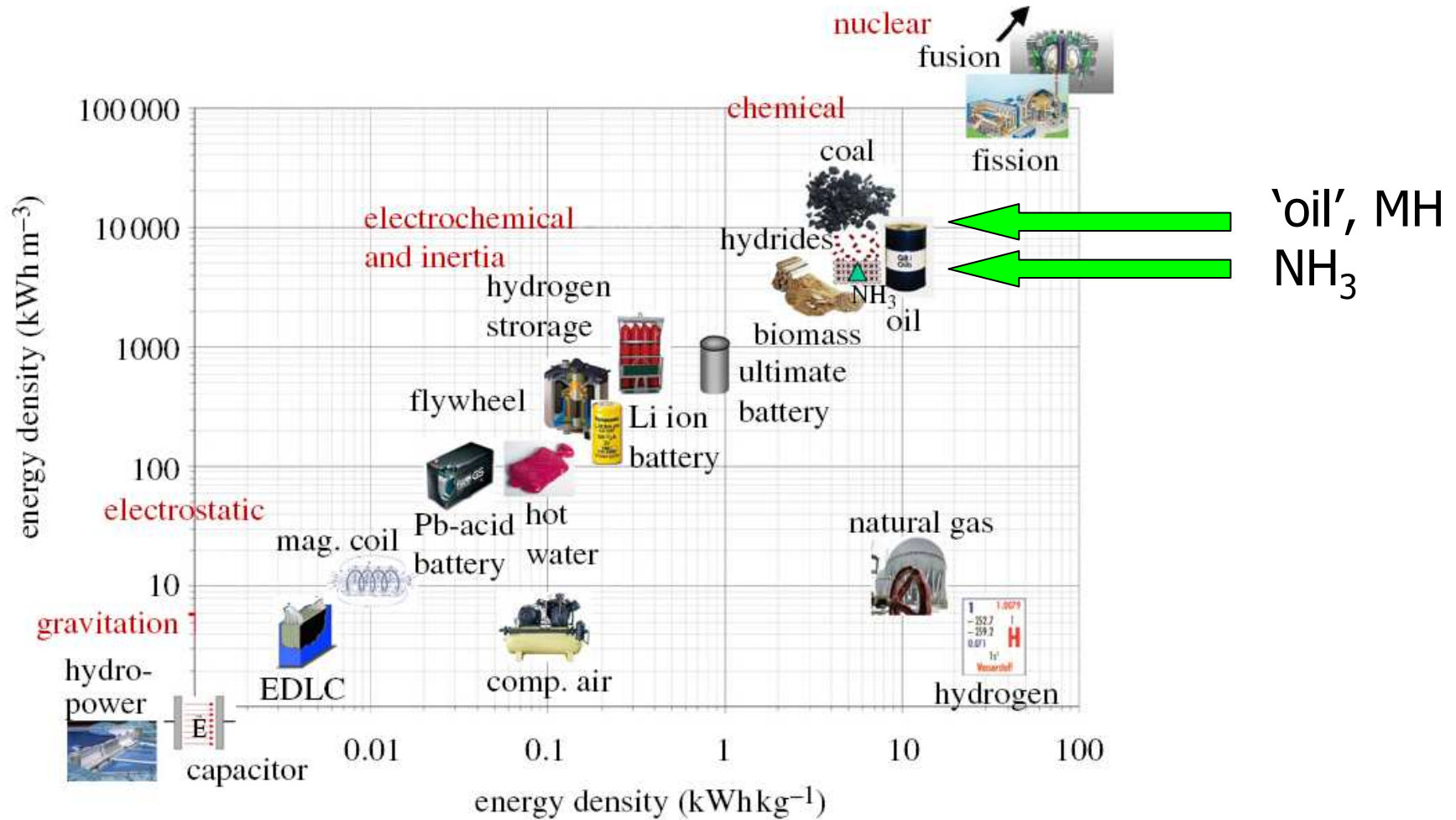
→ Dat is ~ 36 kWh per huishouden

\sim accu van elektrische auto per huishouden

R&D nodig aan essentiële factoren:

- *Energiedichtheid (kWh/€, kWh/L, kWh/kg)*
- *Dagelijks laden en ontladen gedurende vele jaren (10000 x)*
- *Kosten*
- *Veiligheid*

Brandstoffen voor seizoensopslag



Brandstoffen

13000GWh opslag in NL in 2030, kan dat?

Met brandstoffen wel:

Fossiel: 1.3 Mton olie



Helft van Maasvlakte
Olie terminals

Duurzaam: 0.3 Mton waterstof

2.4 Mton (m)ethanol

4.9 Mton ammonia



Er zijn opslagtanks
in NL met
50000 ton





R&D nodig aan essentiële factoren:

- *Brandstoffen maken uit elektriciteit, licht, water, CO₂ en stikstof*
- *Opslag van brandstoffen zoals waterstof*
- *Speciale eisen voor transport-brandstoffen*
- *Gebruik van de brandstoffen in oa brandstofcellen*
- *Energie-efficiëntie*
- *Kosten*
- *Veiligheid*

Warmte opslag

- Lage temperatuur: air conditioning met warm/koud in water diep in de grond (capaciteit gelimiteerd in dichtbevolkt gebied)
- Hoge temperatuur: concentrated solar power: sla warmte gedeeltelijk op voor 's nachts (niet lang houdbaar)



Waterkracht als opslag?



Llyn Stwlan
North Wales
1.3GWh



Pumped hydropower op Noordzee?

Capaciteit: 20GWh → 2030 ~ 12 eenheden nodig voor **1 dag** NL energieopslag

Lage capaciteit, hoge kosten, geen seizoensopslag



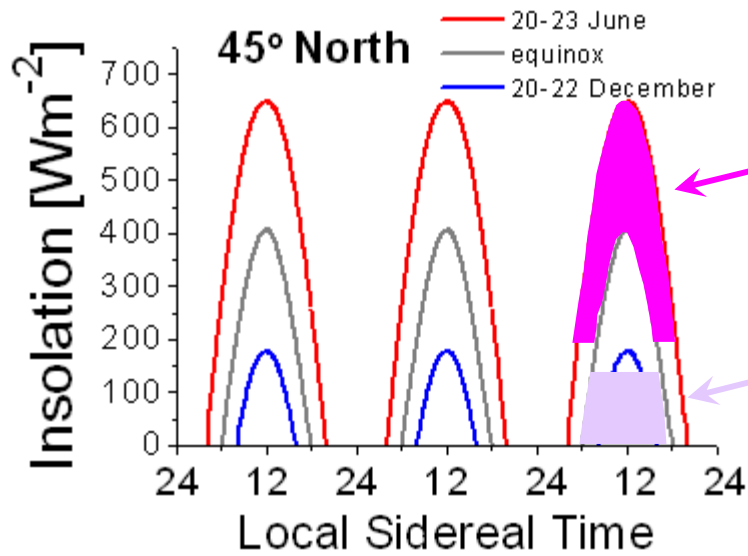
250GWh = 2 keer IJsselmeer leegpompen
(per dag)





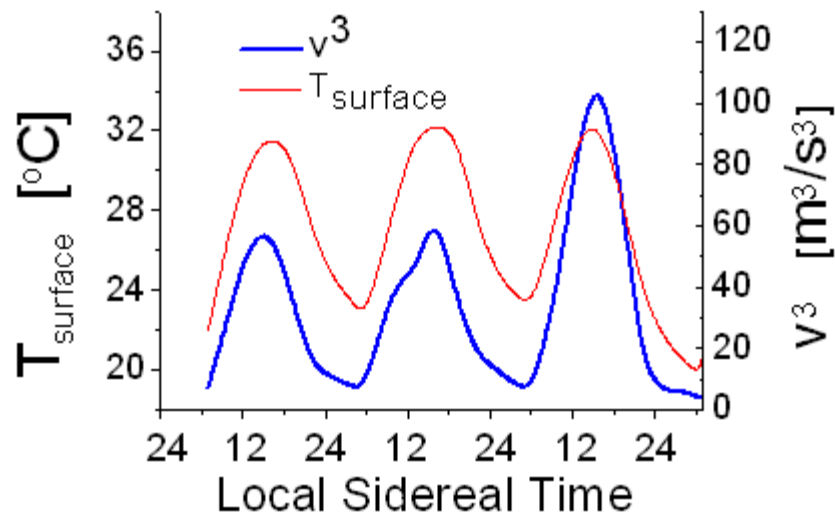
Energy storage for enabling large scale renewable energy





Seizoens brandstoffen opslag **warmte**

Dag/nacht opslag **batterijen hitte**



Wereldwijd smart grid

Dag-nacht
compensatie



seizoenen

- €ostly; 20000 – 30000 km, >1000GW
- Lange afstand voor elektriciteit transport: verlies tot 60%