

PROCES TECHNOLOGEN GEVRAAGD!

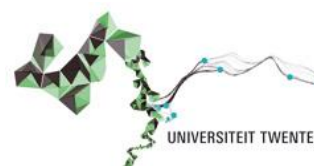
Meer procestechnologen nodig voor een duurzame toekomst

Duurzaam / energie / schaarse elementen

Procestechnologie

Mijn onderzoek / nu-toekomst / uitdagingen


Wetenschappelijke achtergronden /
details en referenties vind je in het
oratieboekje





Duurzaamheid gaat over de toekomst

Duurzame ontwikkeling is ontwikkeling die aansluit op de behoeften van het heden zonder het vermogen van toekomstige generaties om in hun eigen behoeften te voorzien in gevaar te brengen. [Brundtland 1987]

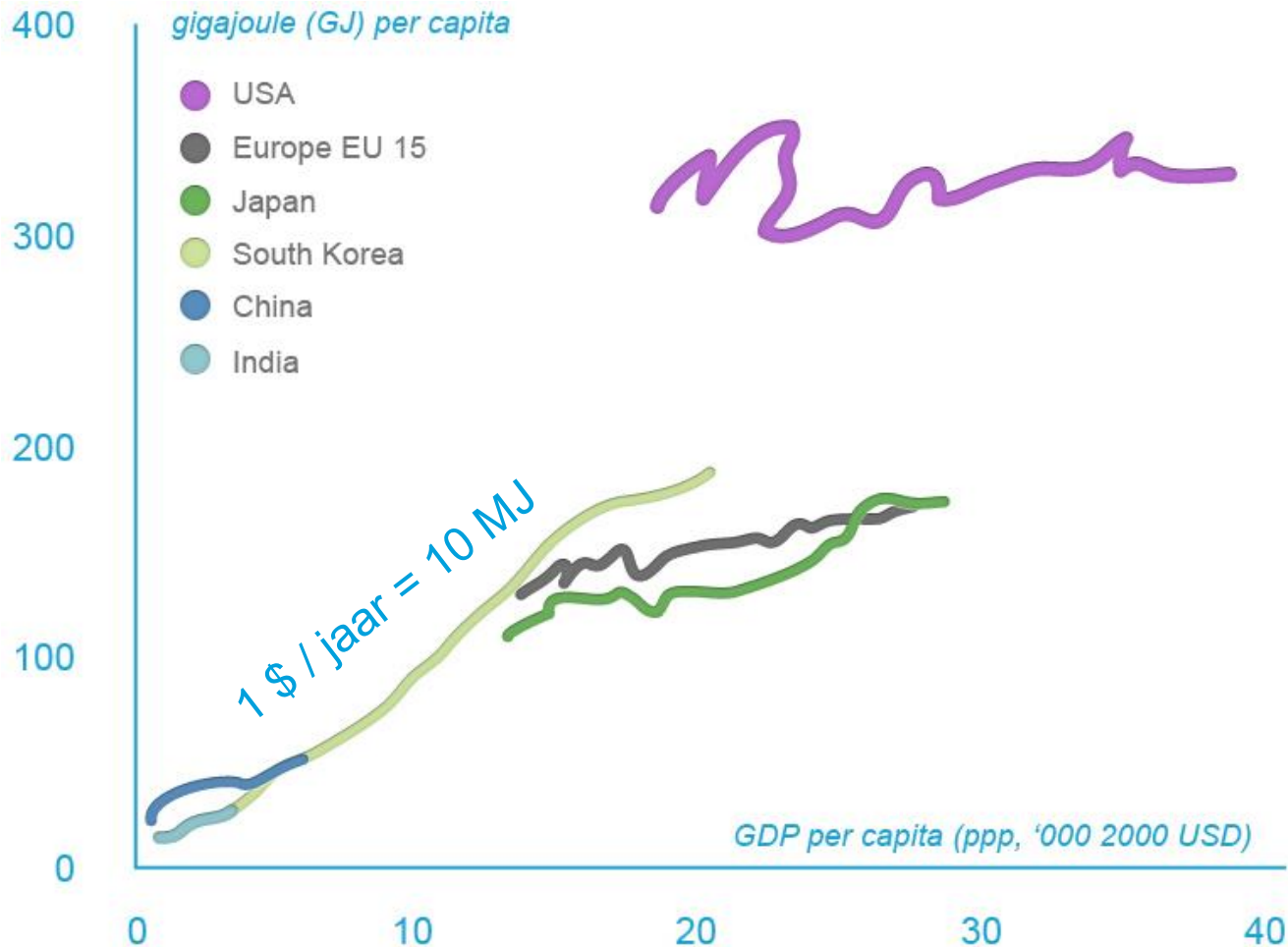
A space-themed background featuring a large view of Earth from space on the left, the Moon in the upper right, and a bright sun with lens flare in the lower left. The text is overlaid in the center.

ENERGIE & SCHAARSE ELEMENTEN

Vervuilen van bodem, water en lucht
Onverstandig omgaan met grondstoffen

Energieverbruik en welvaart

Zijn duidelijk gekoppeld

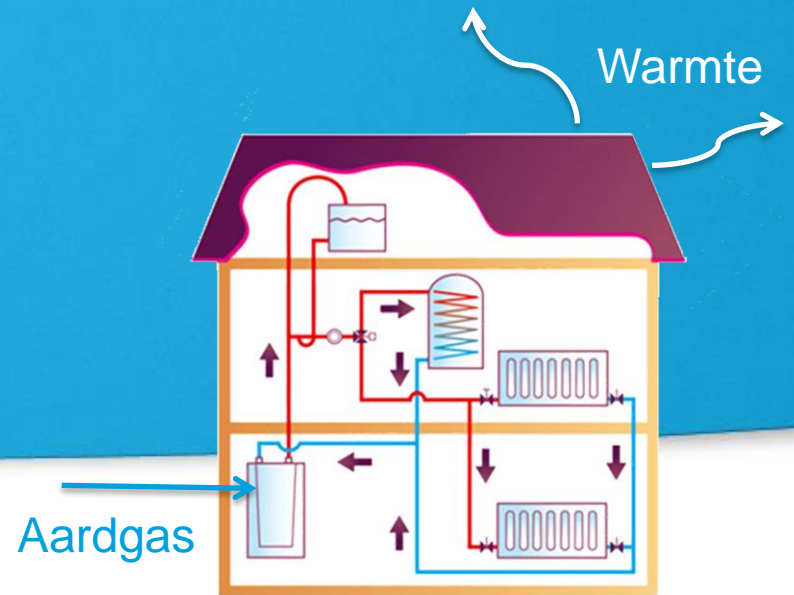


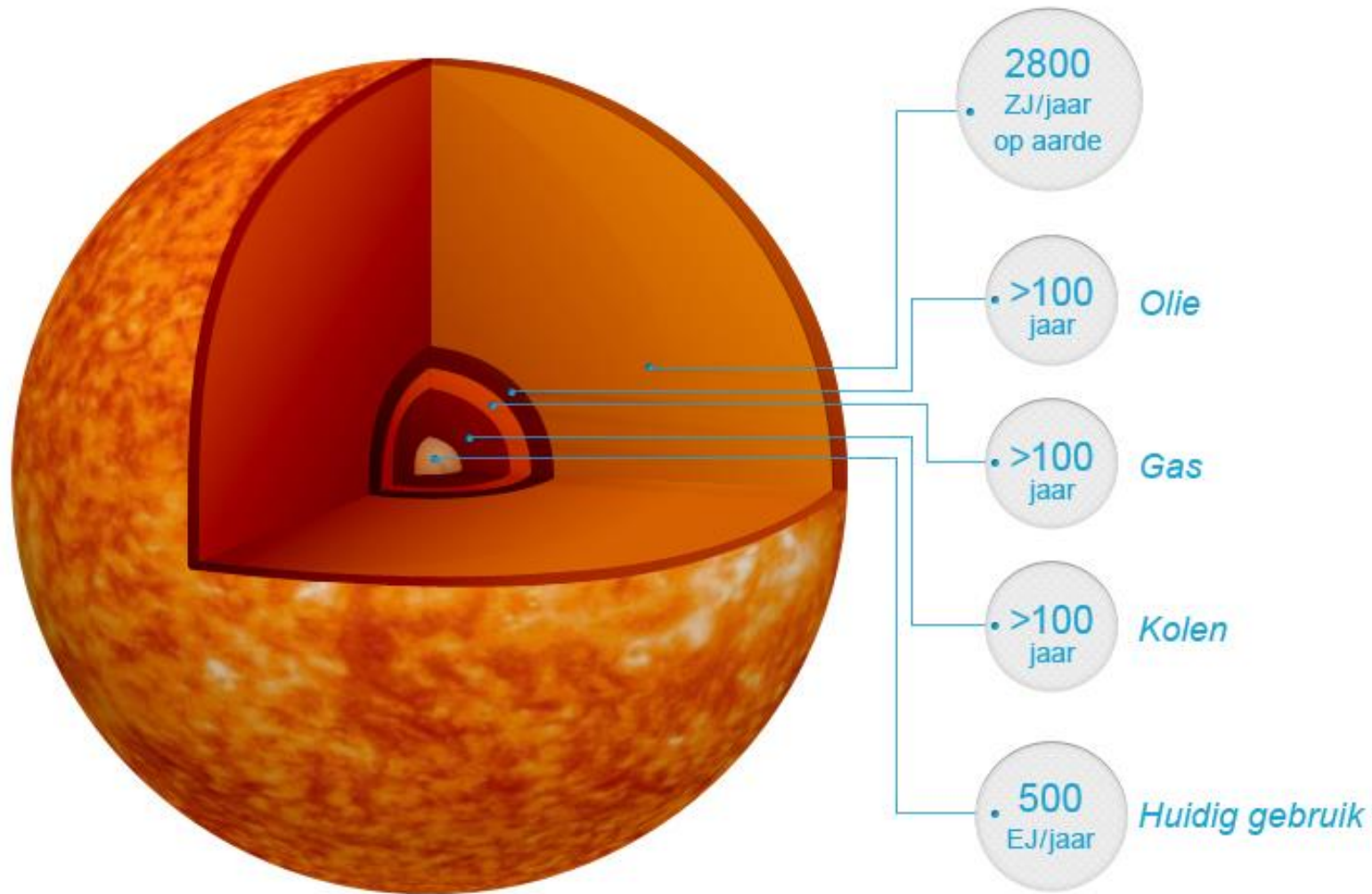
Data:
1970-2005



Energie

- 💡 Gaat niet verloren
- 💡 Neemt af in kwaliteit
(de bruikbaarheid neemt af)



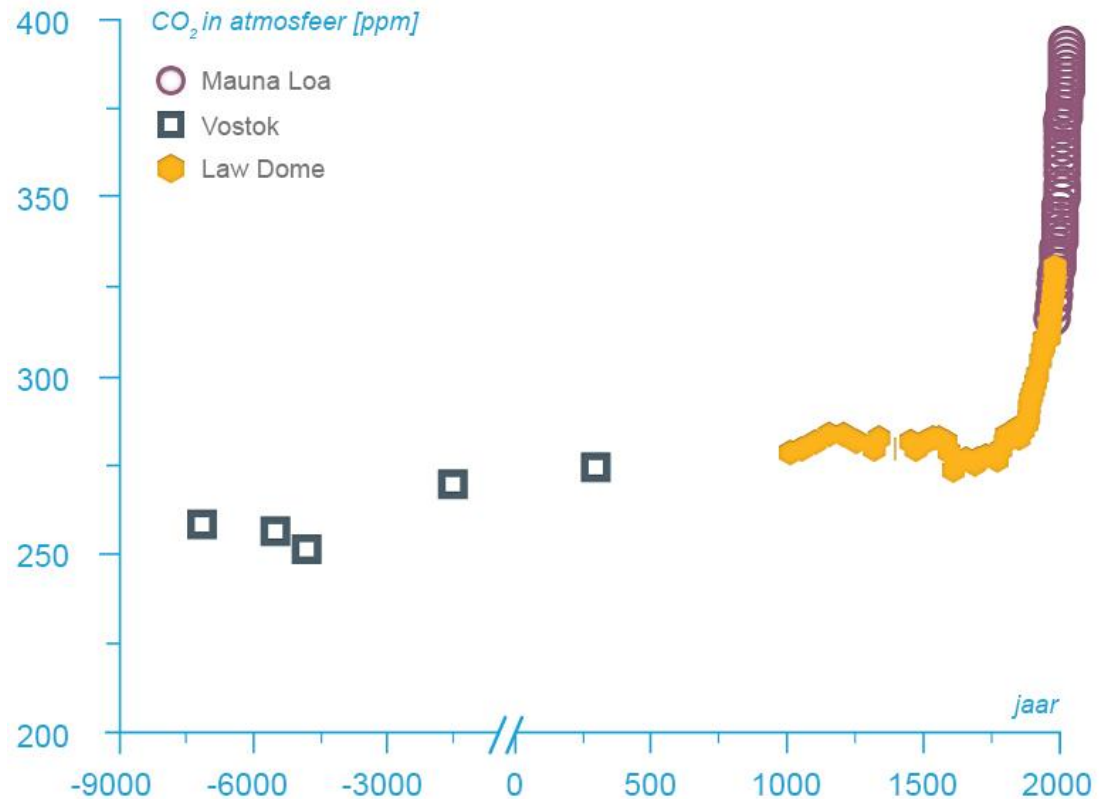


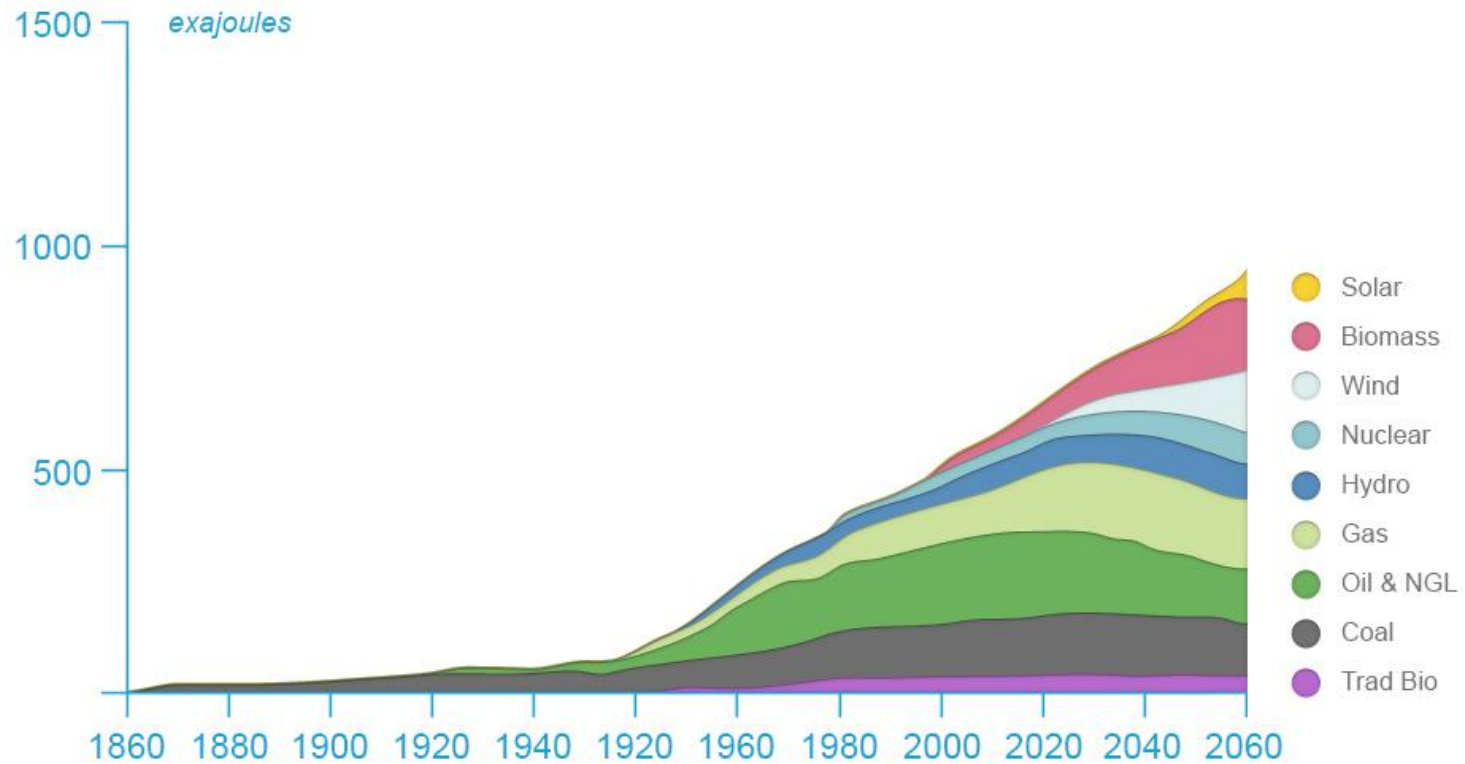
De zon is onze belangrijkste energiebron

Fossiele energie

- ⚡ Raakt op (ooit)
- ⚡ Wordt duurder
- ⚡ Puntbronnen
- ⚡ Toename van CO₂ in atmosfeer (klimaatverandering)

- ⚡ Ingrijpen uit voorzorg





De energie uitdaging

De moderne 4 kW mens:

- 1 kW voeding
- 1 kW materialen
- 1 kW transport
- 0.7 kW warmte
- 0.3 kW communicatie

10 miljard mensen x 4 kW

=

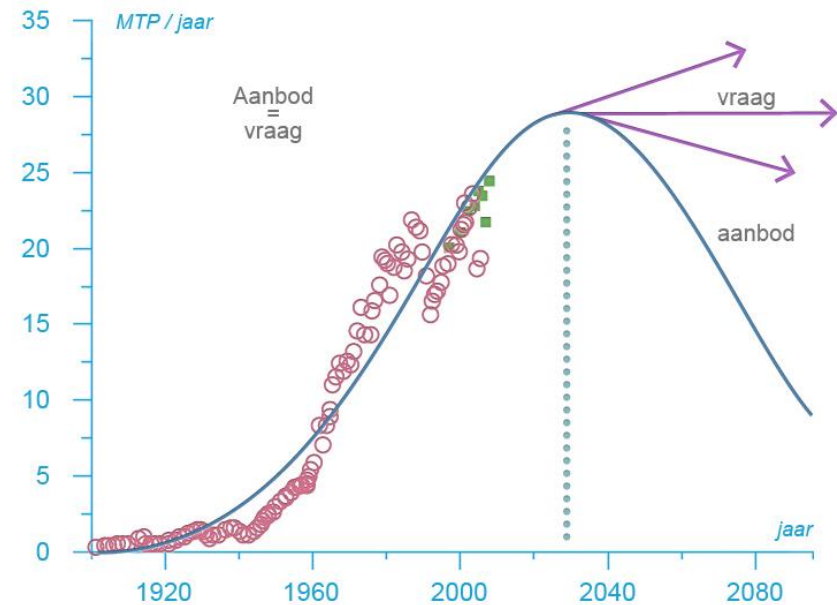
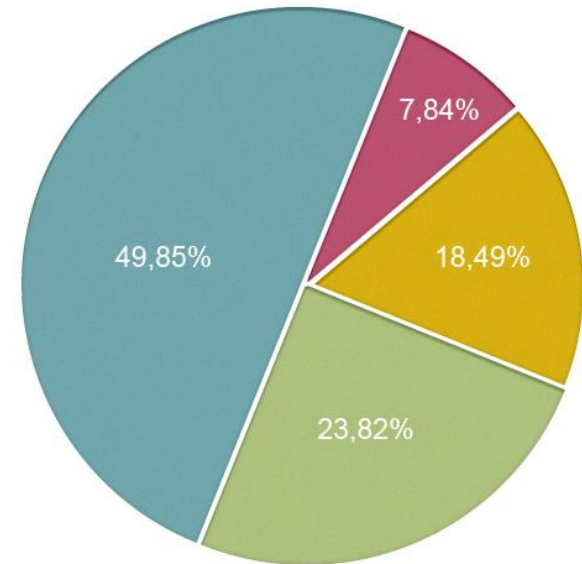
1300 EJ / jaar

Schaarse elementen (fosfor, P)

- Oplossingen:
 - Alternatieven
 - Minder gebruik
 - Hergebruik (recyclen)

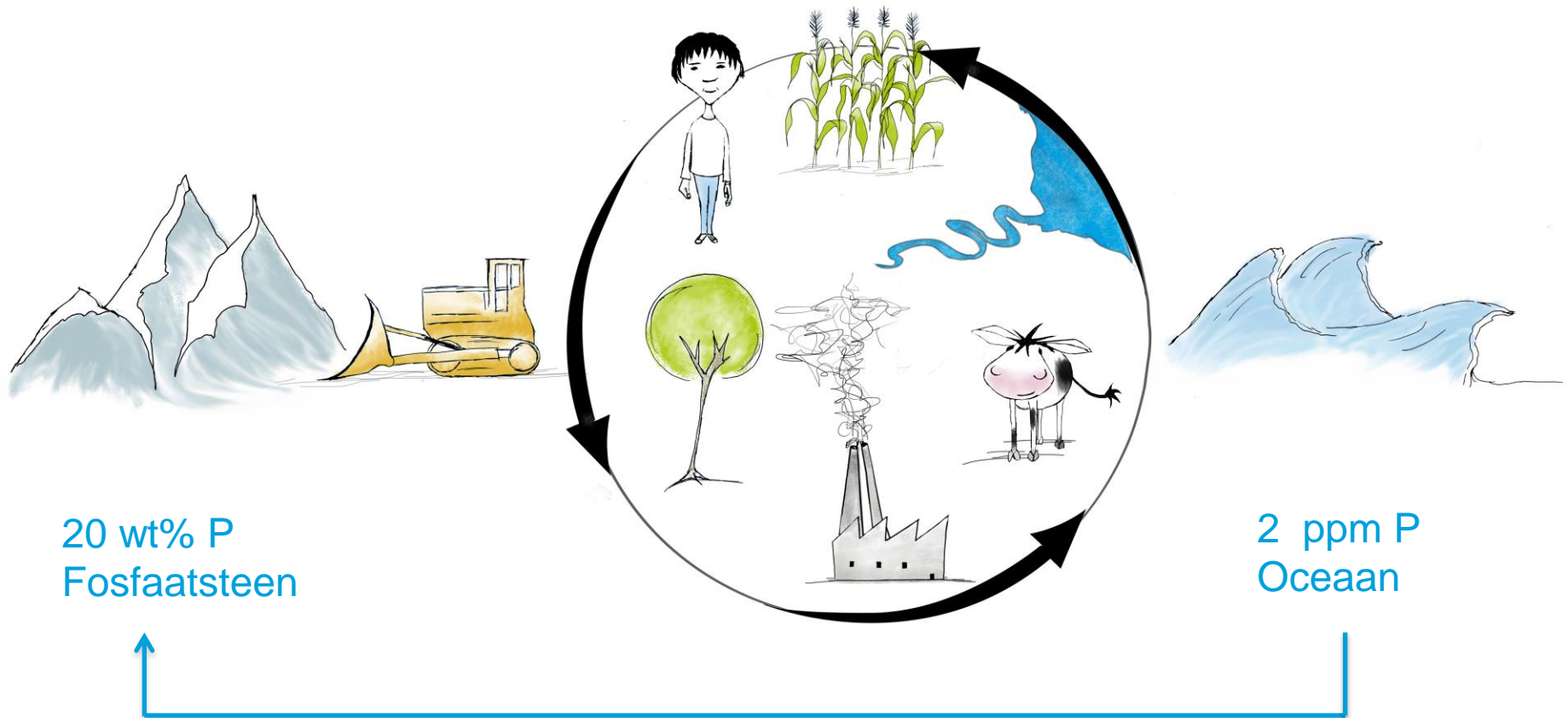
Productie Fosfor 2011

- Afrika
- Azië
- Europa
- America



Recyclen (hergebruik)

hergebruik vanuit een geconcentreerde stroom





De meeste materialen, producten, en onderdelen van producten die u gebruikt zijn gemaakt door de procesindustrie!

De procesindustrie vervaardigt op industriële schaal chemische producten, grondstoffen en halffabricaten waarbij voornamelijk gebruik gemaakt wordt van chemische, biochemische en/of fysische processen

De Procestechnoloog

Ontdekker en ontwerper van
processen

Dankwerts' definitie:

“to do for a penny what any fool
can do for a two pence”

Nu: ontwerp duurzame processen

- Energie
- Grondstoffen
- Geen afval
- €

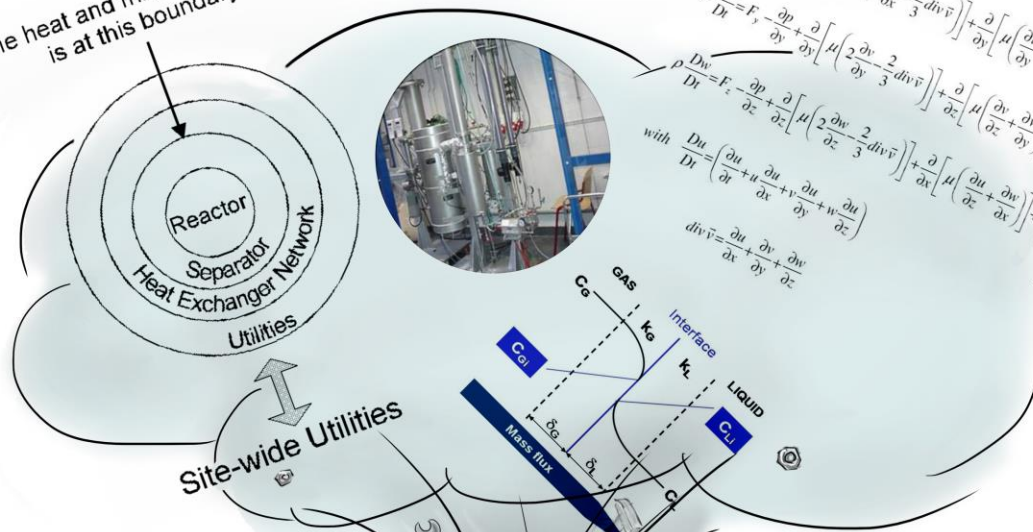


Procestechnologietijdslijn



- 💡 1888: First course at MIT
- 💡 1908: American Institute of Chemical Engineers
- 💡 1915: Unit operations - Arthur D. Little -
- 💡 1923: Principles of Ch.E. - Walker & Lewis
- 💡 1938: Engineering heat transfer - McAdams
- 💡 1947: Chemical process principles, chemical kinetics - Hougen and Watson
- 💡 1953: Simple flow models – Danckwerts
- 💡 1958: Chemical reaction engineering
Kramers, Westerterp, Van Krevelen, Van Swaaij et al.
- 💡 1960: Transport Phenomena - Bird et al.
- 💡 1968: Process synthesis - Rudd
- 💡 1974: Process intensification - Ramshaw
- 💡 1980' s: Computational fluid dynamics – Patankar, *Kuipers et al.*
- 💡 1980' s: Flowsheeting (software)
- 💡 1990' s: Fundamental foundation of “correlations & engineering relations”
- 💡 1990' s: Miniaturization
- 💡 2000' s: Fast screening experimentation
- 💡 2000' s: Sustainable processes

The heat and material balance is at this boundary



$$\rho \frac{Du}{Dt} = F_x \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(2 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} \text{div} \vec{v} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right]$$

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = F_y \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(2 \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3} \text{div} \vec{v} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right]$$

$$\rho \frac{Dw}{Dt} = F_z \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(2 \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{2}{3} \text{div} \vec{v} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right]$$

with $\frac{Du}{Dt} = \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right)$
 $\text{div} \vec{v} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$



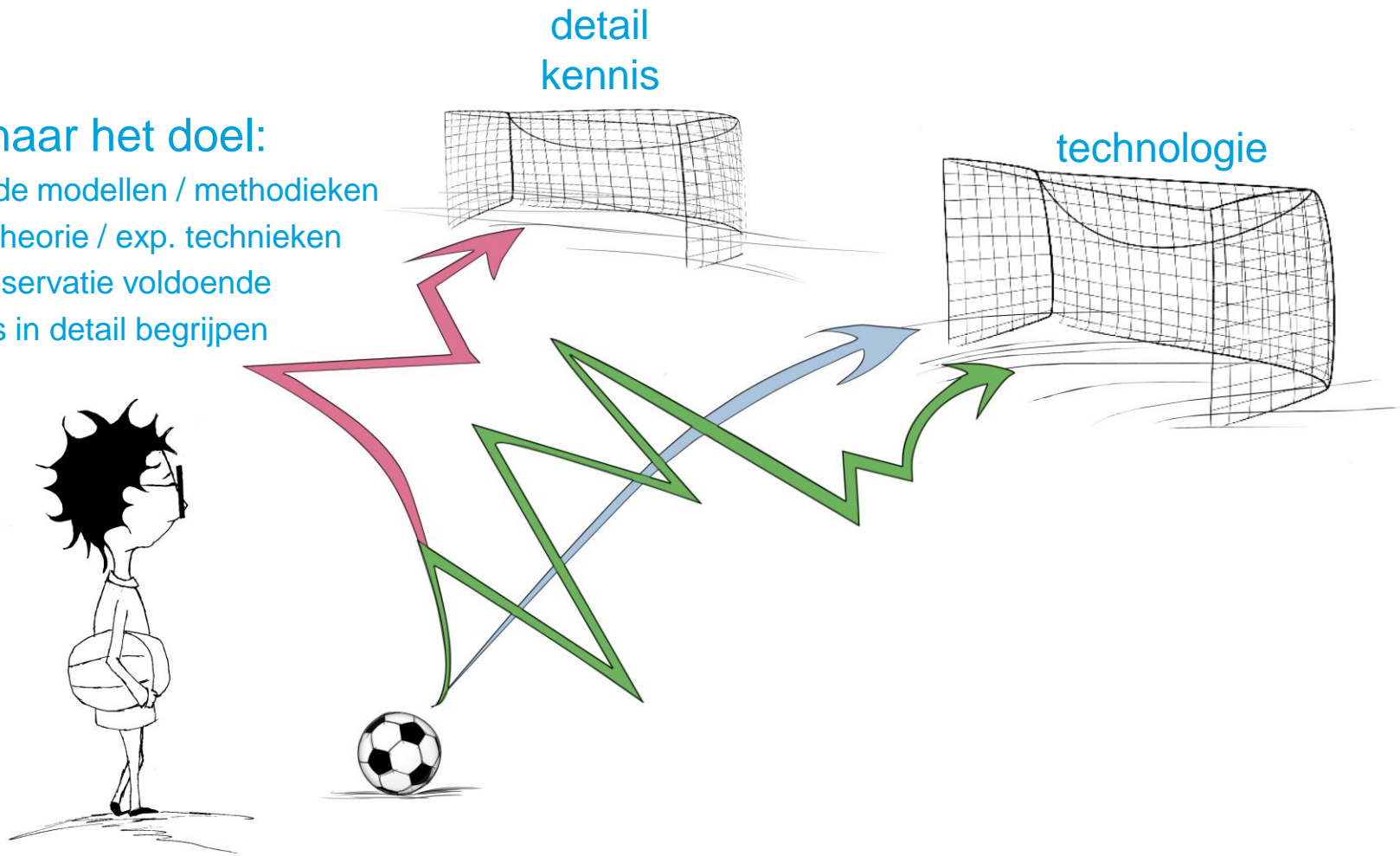
Zoveel mogelijk bestaande modellen & slim experimenteren

De gereedschapskist van de procestechnoloog

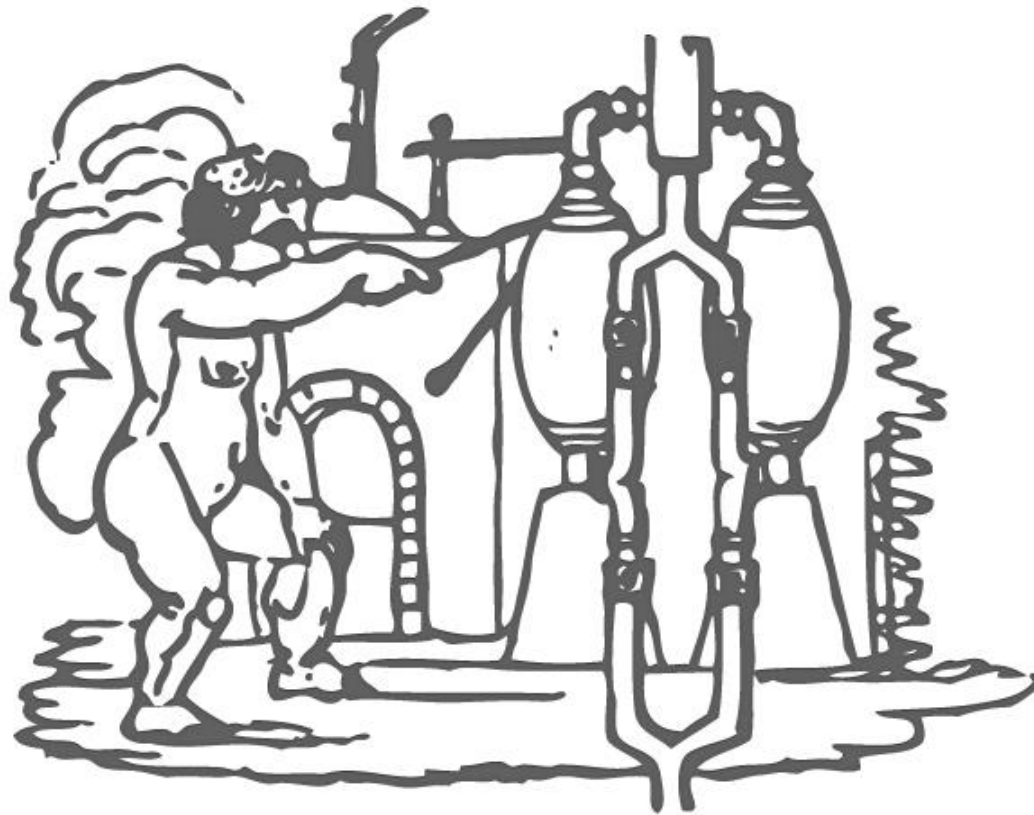
Doel = technologie ontwikkelen

Het pad naar het doel:

- Bestaande modellen / methodieken
- Nieuwe theorie / exp. technieken
- Soms observatie voldoende
- Niet alles in detail begrijpen



Ingenieurs(wetenschappen) kunnen
Technologie sneller vooruit brengen dan met wetenschap alleen mogelijk is.



De Stoommachine en de Thermodynamica

1699: Stoommachine, Thomas Savery

1824: 2de hoofdwet, Sadi Carnot

1850: 1ste hoofdwet, Joule

Mijn onderzoek

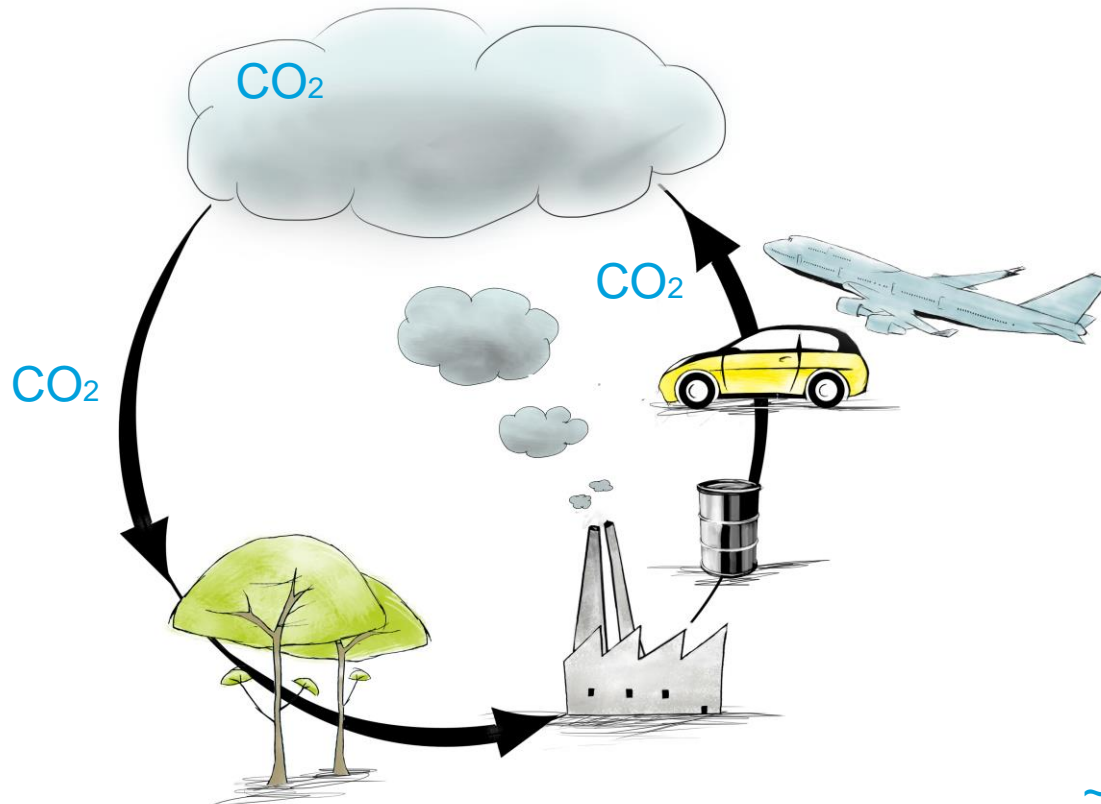
Duurzame (transport)brandstoffen en chemicaliën
Energiezuinige processen
CO₂ afvangst
Schaarse elementen / grondstoffen

“proof of principle”
Experimenteel
Samenwerken met de industrie



Biomassa raakt niet op en is CO₂-neutraal

Als we het goed aanpakken...



~20% bio-energie



Eerste
Generatie



Tweede
Generatie



Derde
Generatie



Vierde
Generatie



Elektriciteit



Warmte



Brandstoffen

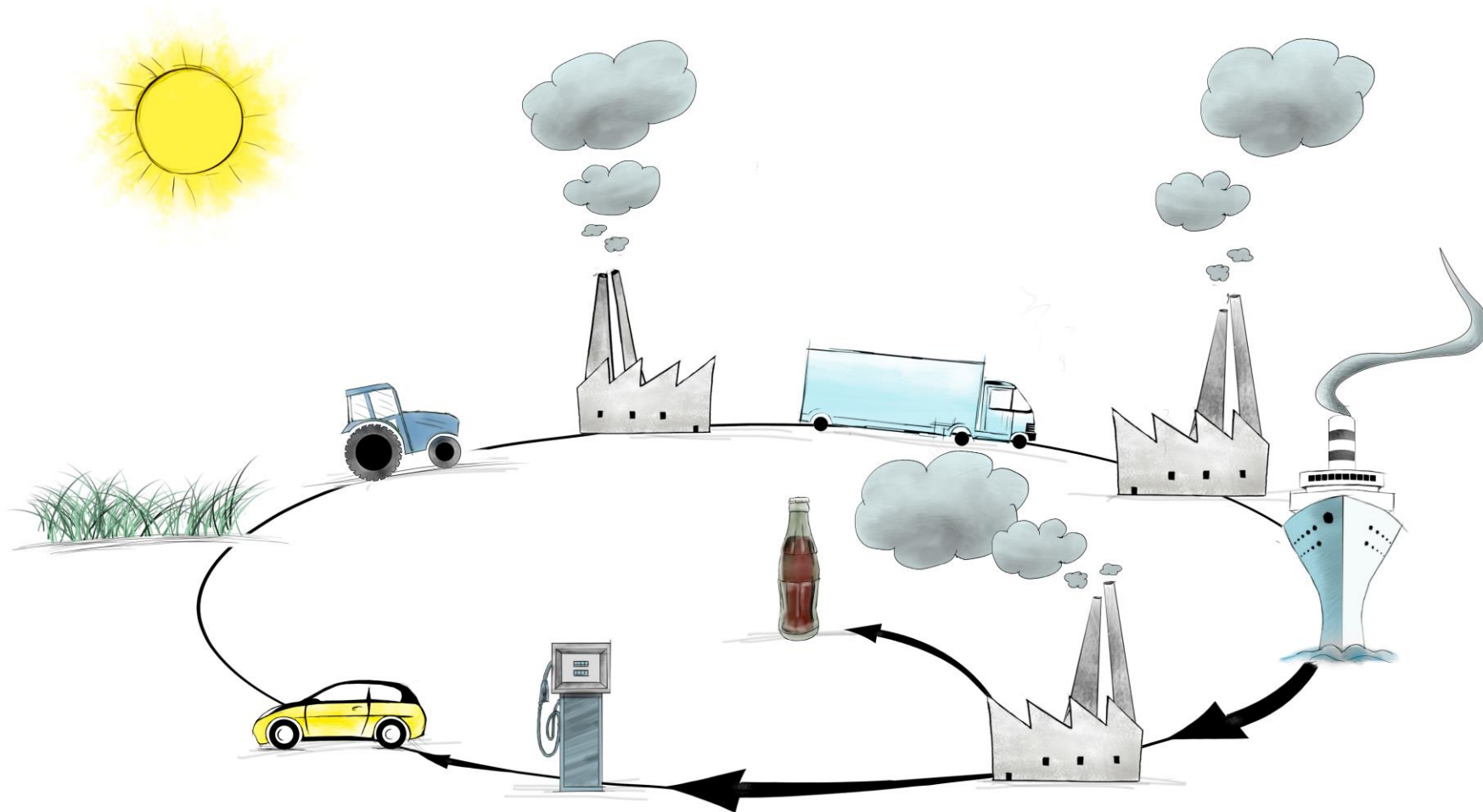


Chemicaliën
Materialen

**Uit biomassa kunnen we alles maken dat we nu uit
fossiele grondstoffen maken**

Hoe duurzaam is de hele keten?

Technische, ecologische, sociologische, economische en ethische aspecten.

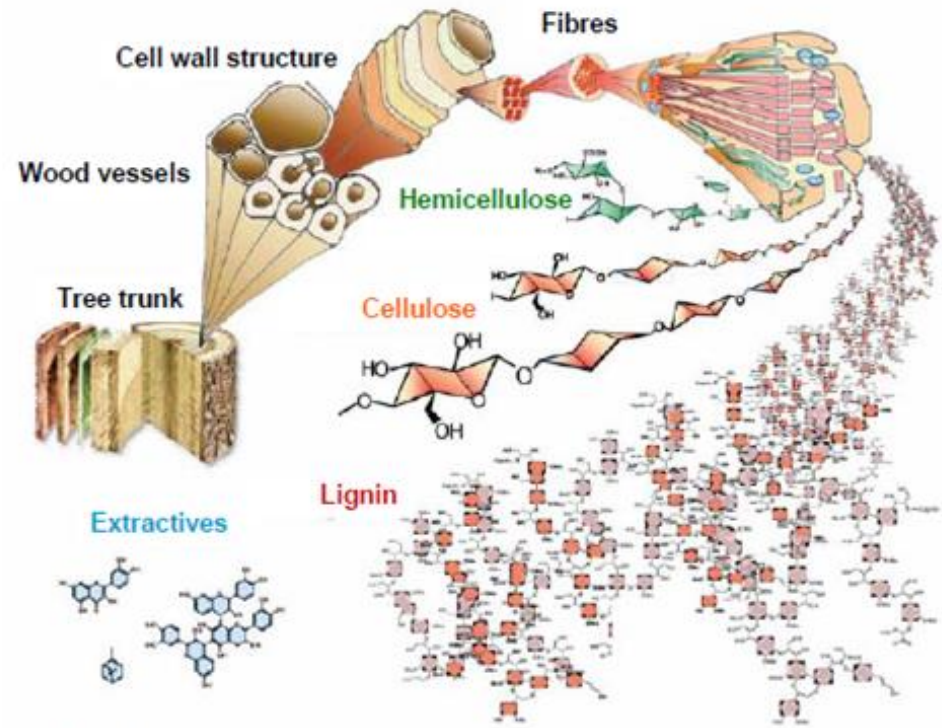


Analyse van de hele keten

Lignocellulose Vezelachtige biomassa

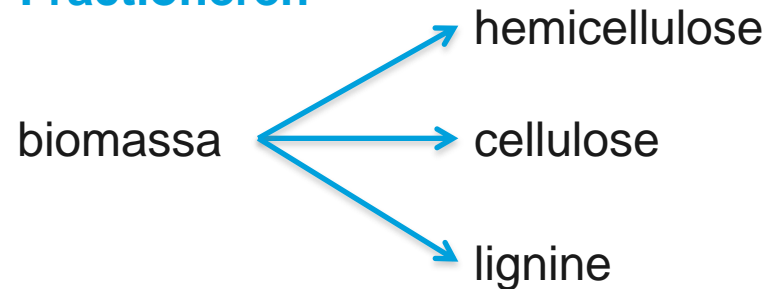
Biomassa

- 💡 $C_xH_yO_zP_kN_l$
- 💡 Cellulose
- 💡 Hemicellulose
- 💡 Lignine
- 💡 Lipide
- 💡 Proteïnes
- 💡
- 💡 H_2O
- 💡 N
- 💡 P
- 💡 K
- 💡 Ca
- 💡



© Per Hoffmann, Oskar Faix and Ralph Lehen

Fractioneren



Liquefactie (vloeibaar maken)

Vloeistof:

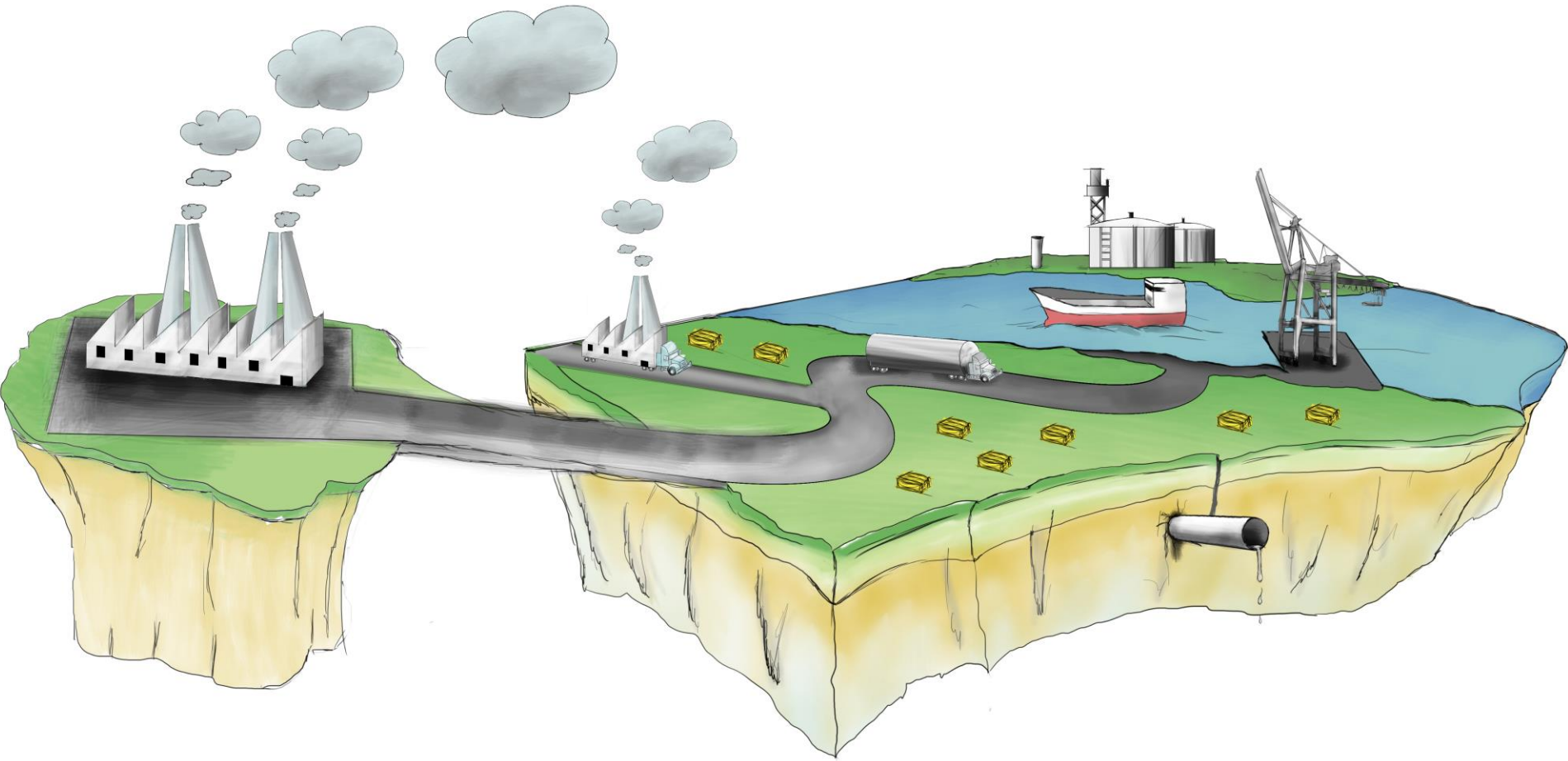
- 💡 Hogere dichtheid (massa en energie)
- 💡 Eenvoudiger te transporteren
- 💡 Eenvoudiger te verwerken

- 💡 Mineralen (K, P, N) blijven achter in residu (terug naar het land voeren)

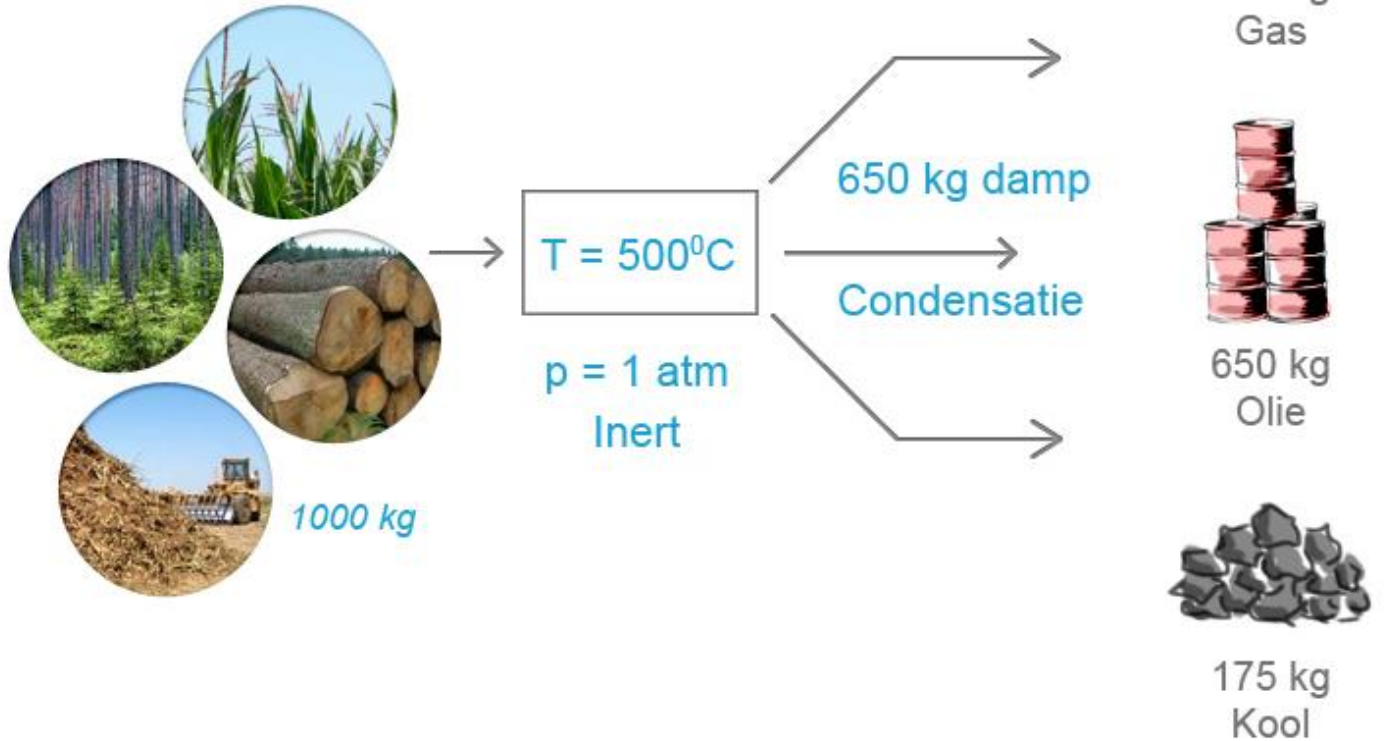
- 💡 Natte en droge biomassa

- 💡 Ontkoppelen van biomassa beschikbaarheid en verwerking





Logistiekschema



Procesontwikkeling → oliekwaliteit & olietoepassingen

Pyrolyse



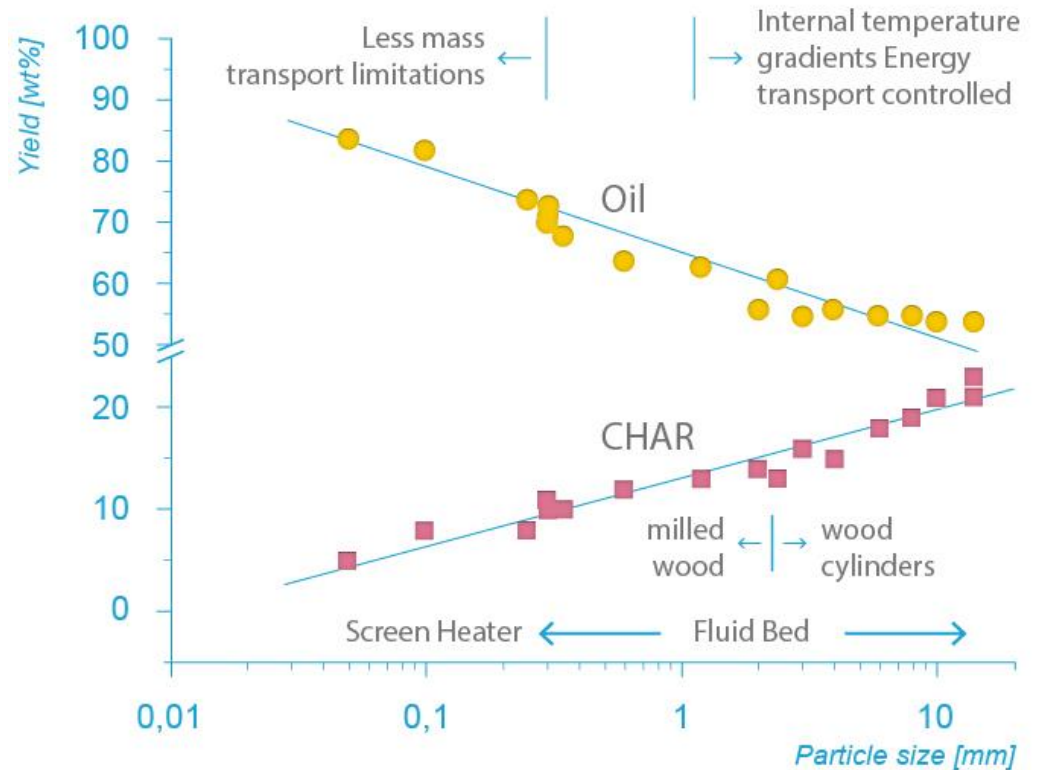
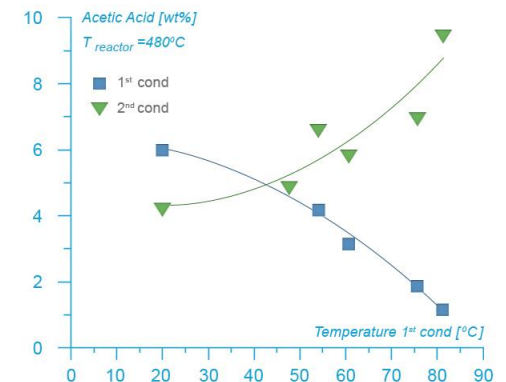
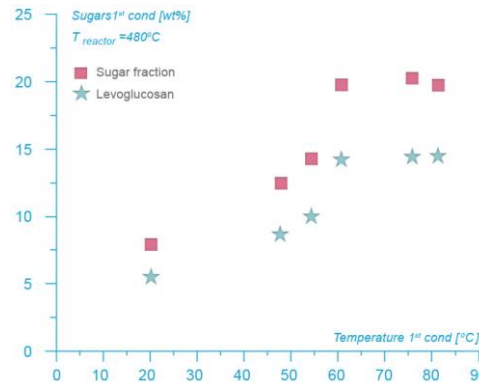
BTG's Empyro fabriek Hengelo 5 ton/uur

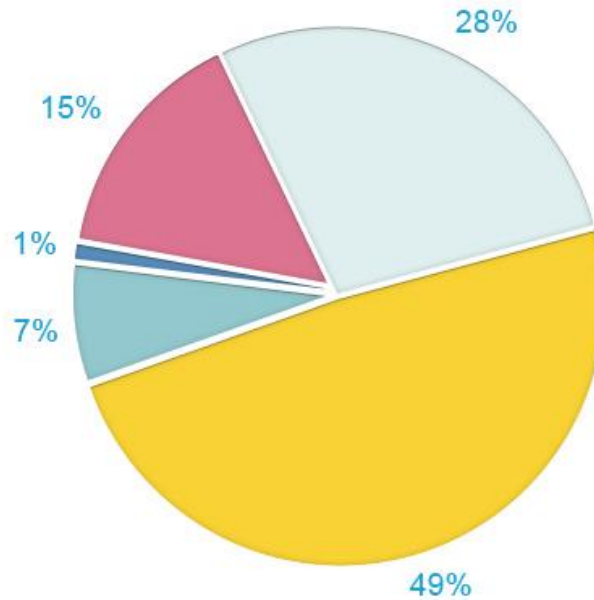
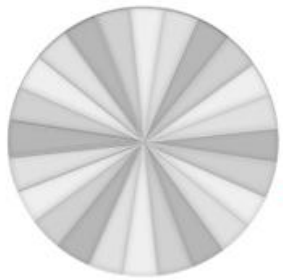
Pyrolyse begrijpen

Doel:

- 💡 Meer olie
- 💡 Betere olie

- 💡 Chemie
- 💡 Proces
 - Voorbehandeling
 - Condensatie

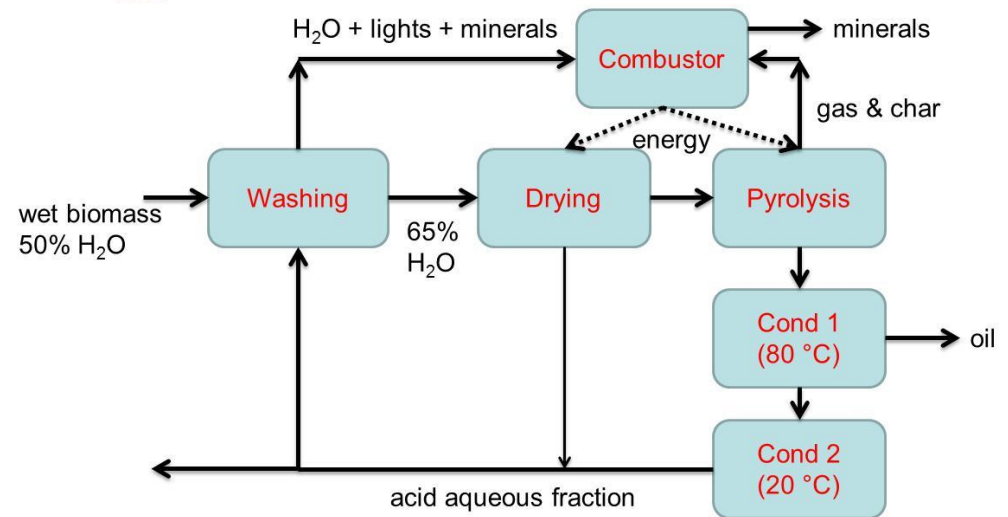




Lignine naar
aromaten en olefinen

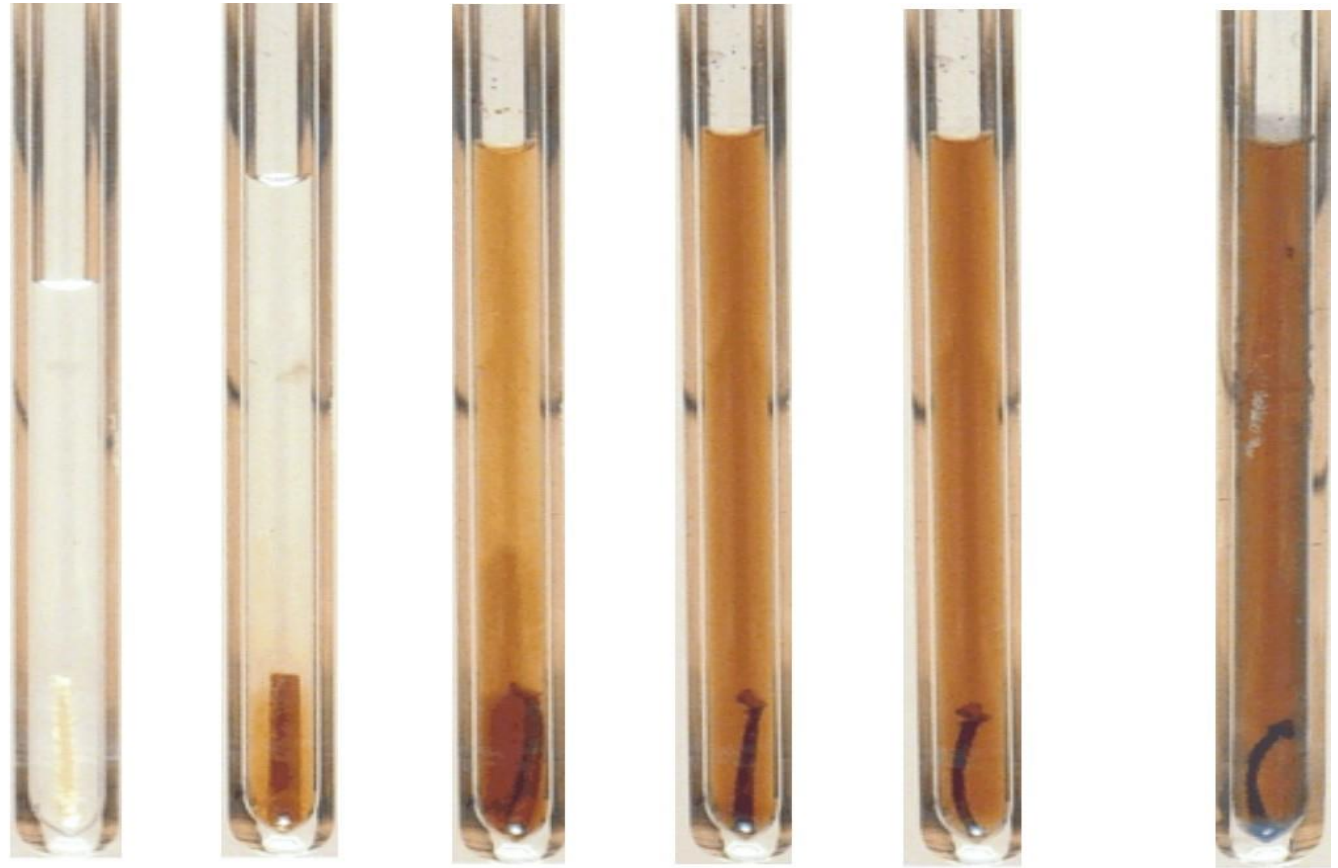
Suikers
als platformchemicaliën

- Levoglucosan
- Water
- Guaiacol
- UID
- Water insoluble



Fractioneren door pyrolyse

Slim experimenteren = veilig, snel, en goedkoop



Time in oven,
minutes

0

1

2

3

5

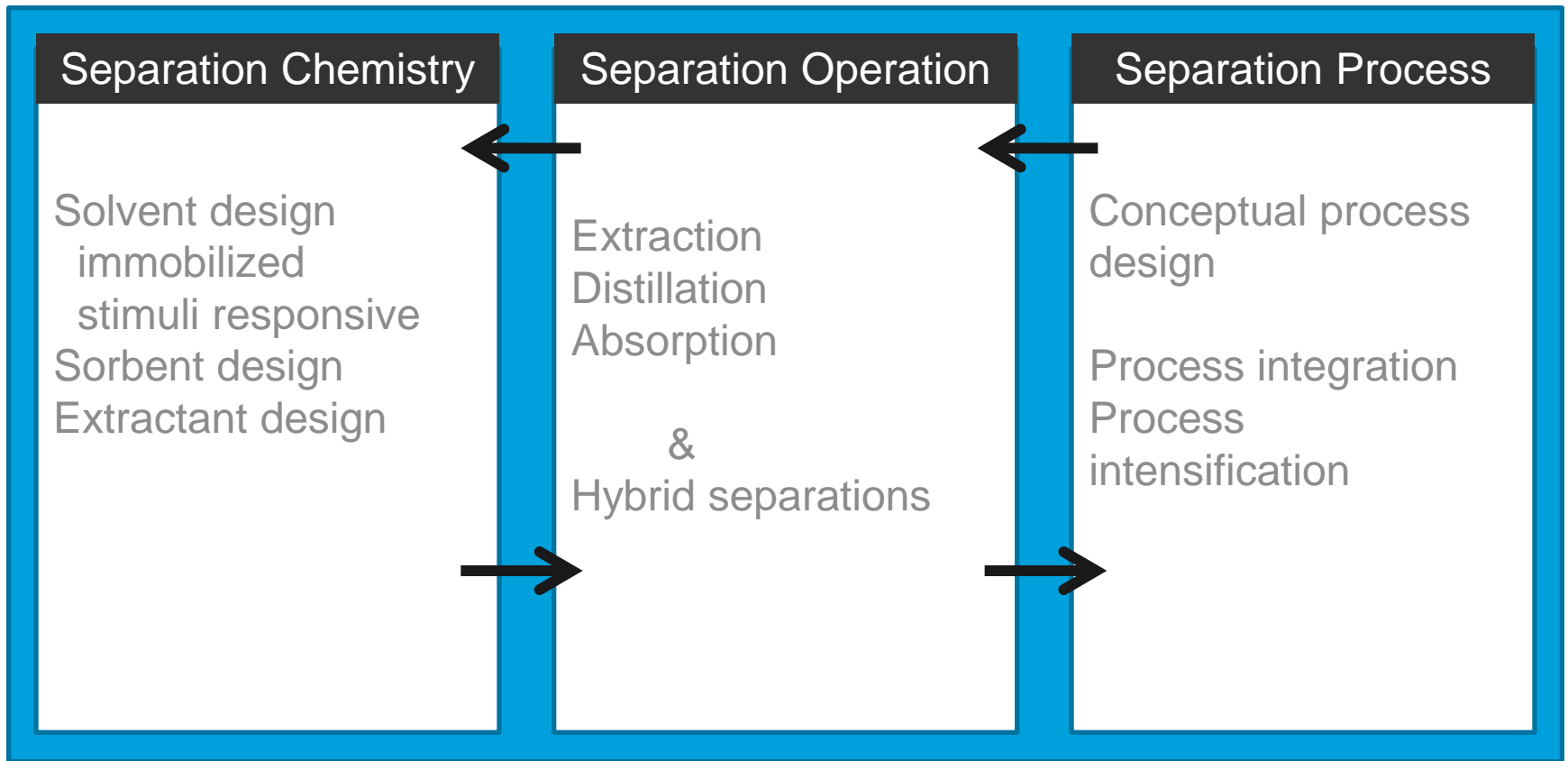
30

Hydrothermale liquefactie [~ 200 bar, 350 °C]

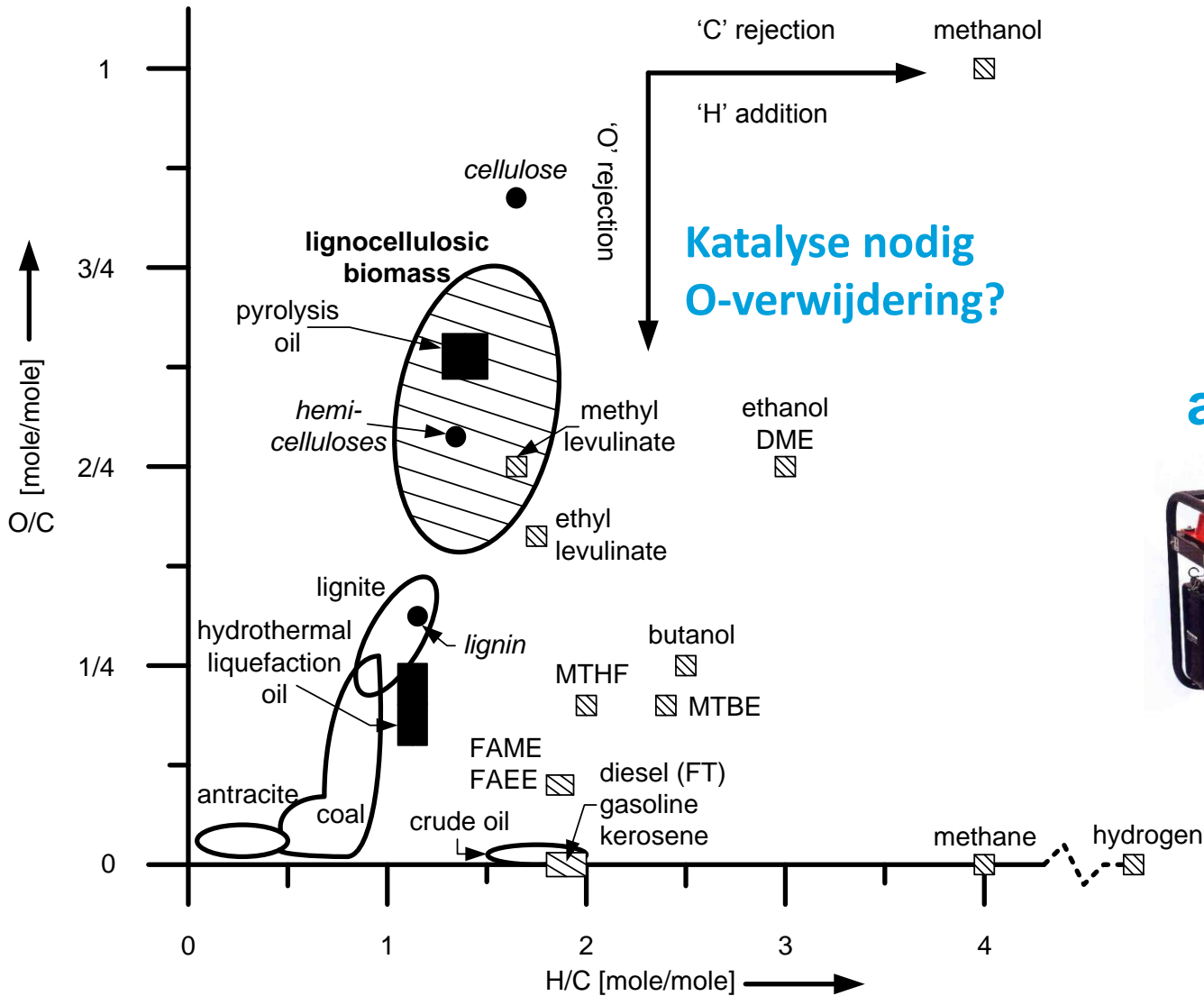


Ontzouten van water bij hoge druk & temp

- 💡 Procesontwikkeling
 - Warmtewisselaar
 - Zoutafscheiding



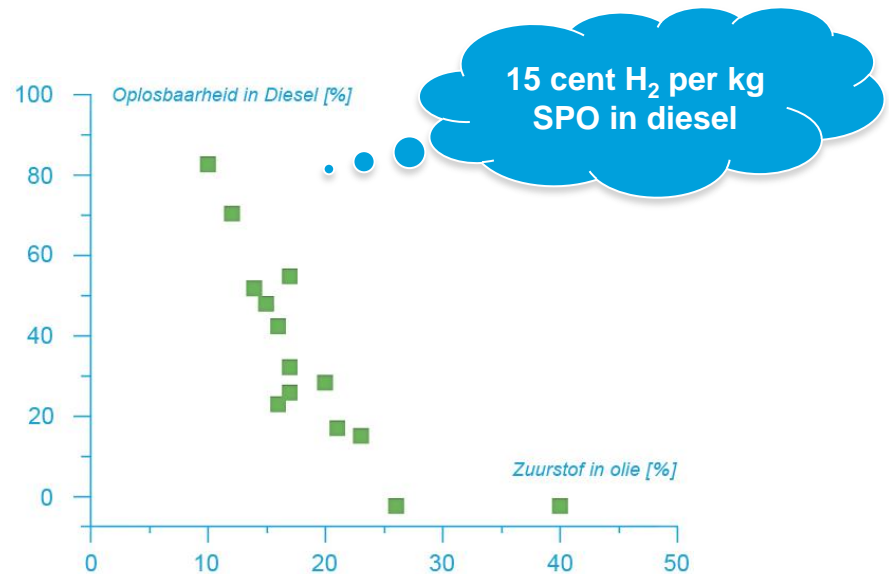
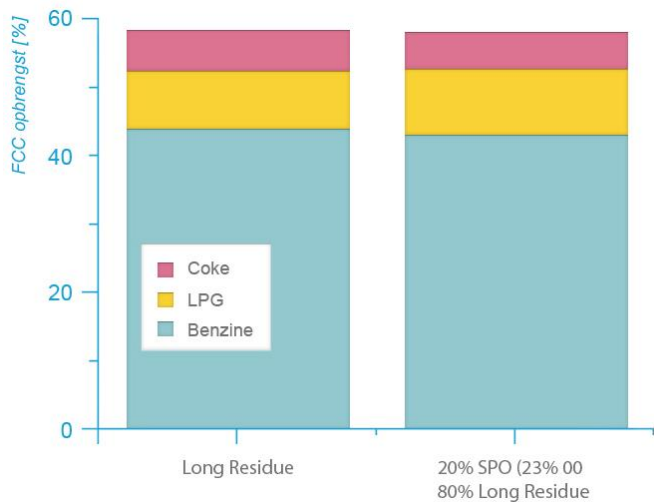
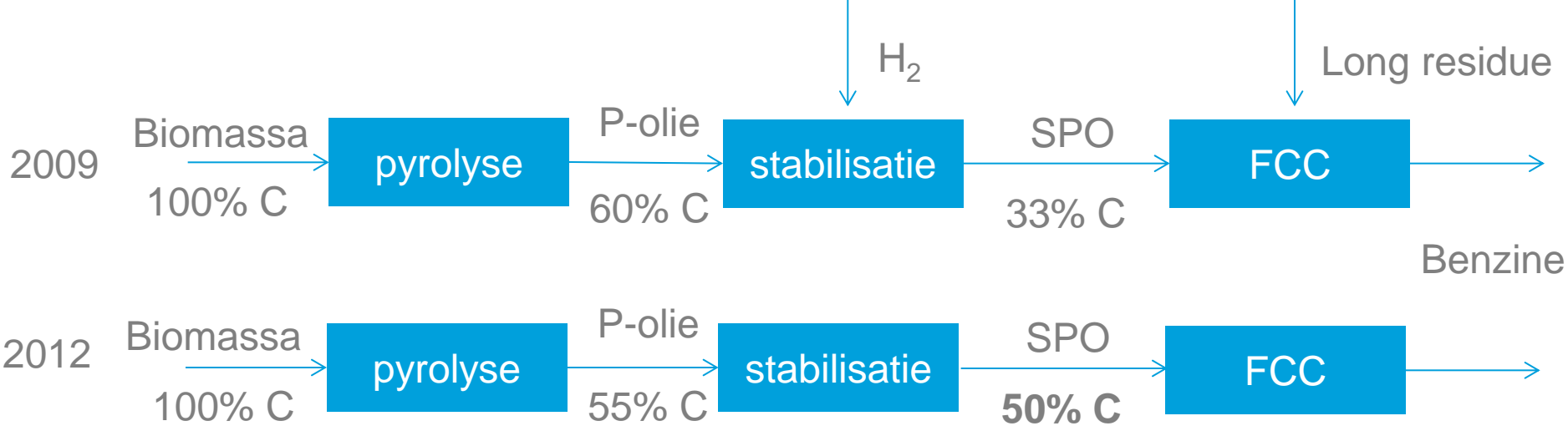
Uitdagingen: energiebesparing, farma, N-verwijdering, “trace-removal”,
scheiding biomoleculen (instabiel, bevatten O, polair):
 CH_4/CO_2 , water/suiker/fenolen etc....



Testen in applicaties



Biobrandstoffen



Bijmengen in een raffinaderij

CO + H₂ productie



💡 Nikkel katalysator

💡 CO + H₂ voor bv.:

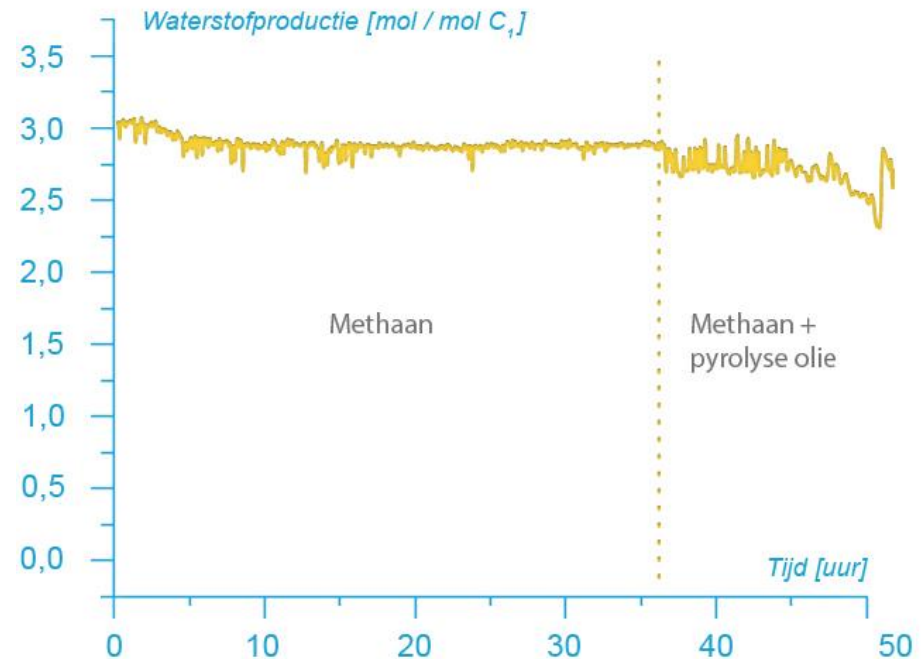
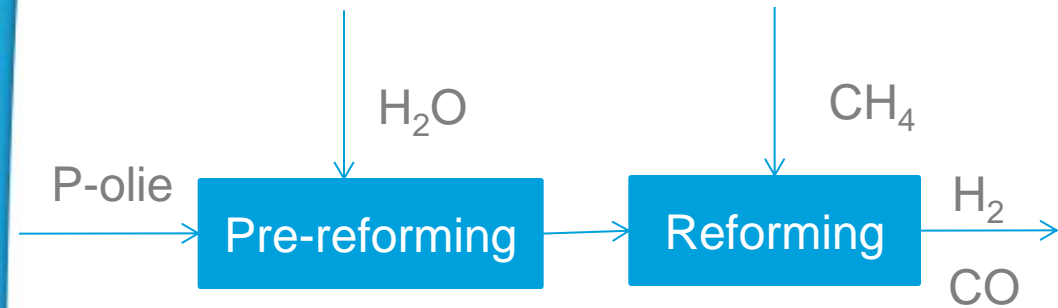
- Methanol
- Ethanol, Butanol
- DME
- Alkanen

💡 CO-reforming

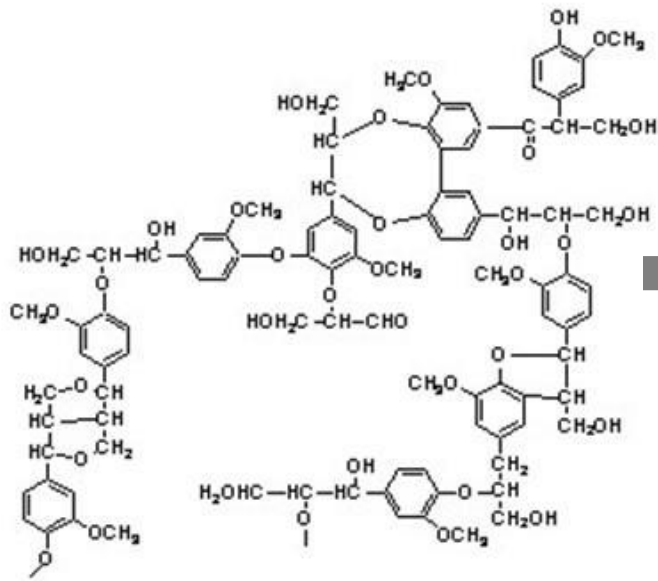
💡 Voeding CH₄ + pyrolyse olie

💡 Procesontwikkeling

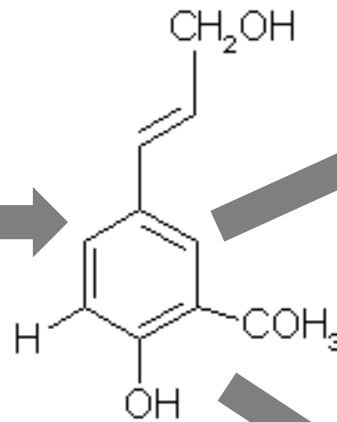
💡 Katalysator: door partners



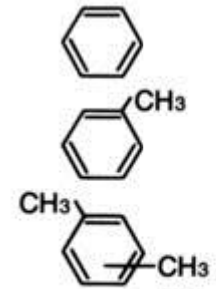
- Onderzoek:
- oplosbaarheid
 - de-polymerisatie
 - stoom kraken



Lignine



monomeer



aromaten

C₂/C₃ olefinen

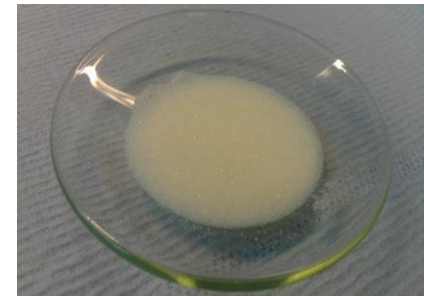
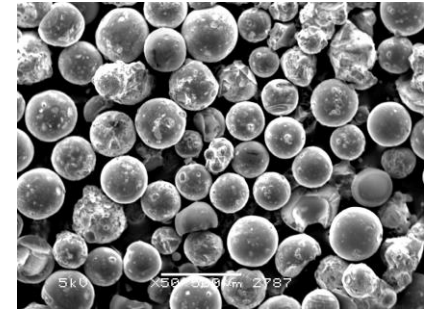
De procestechnoloog heeft meer chemische kennis nodig

Sapphire Energy's Integrated Algal Biorefinery under construction in Columbus, New Mexico



Algenraffinage

Vaste sorbentia voor CO₂ afvangst



e-fuels

CO₂ + H₂O + elektronen → brandstof

Algen en CO₂

- Twents Onderwijs Model
- Meer academische vaardigheden
 - Student weer student i.p.v. scholier
- Aio is geen publicatiemachine (met als functie de H-index van de promotor te verhogen)
- “het voornaamste product van een promotie is de promovendus” (stelling Wim Brilman, 1998)

TCCB → Duurzame ProcesTechnologie (DPT)

- Benno Knaken
- Johan Agterhorst
- Karst van Bree
- Yvonne Bruggert-terHuurne
- Erna Fränzel
- Wim Brilman
- Guus van Rossum
- Louis van der Ham
- Boelo Schuur
- Henk van den Berg
- Wim van Swaaij

- Wolter Prins

