

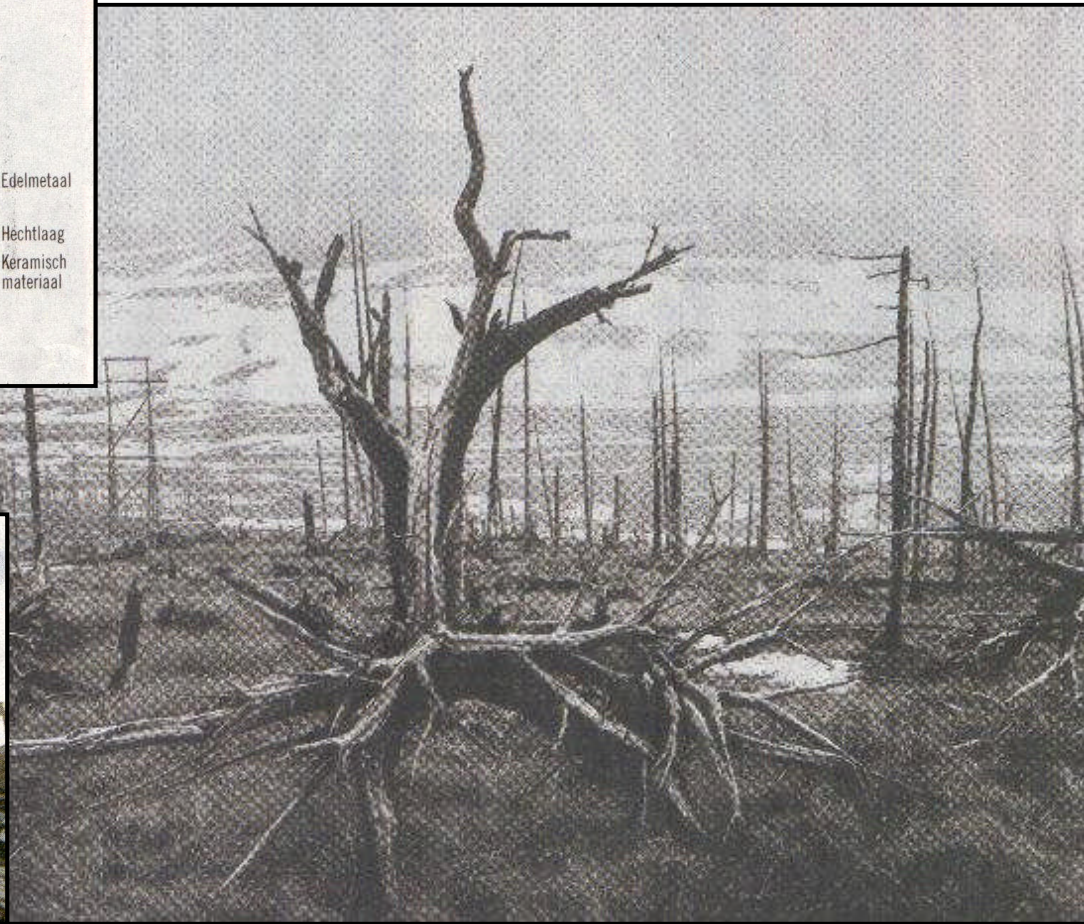
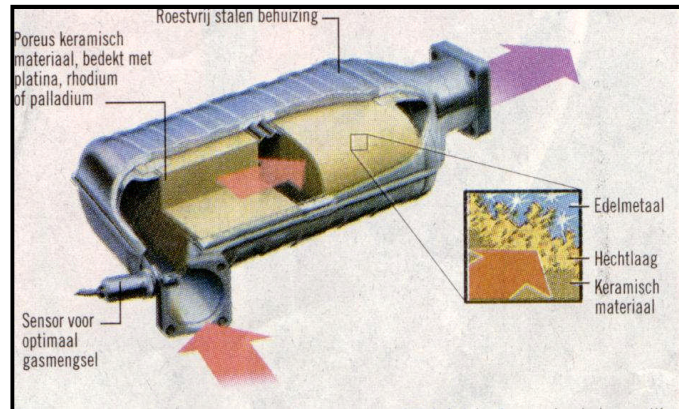
Sustainable Process Technology

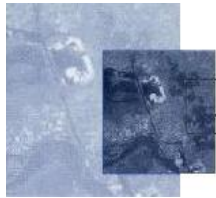
the different levels of approach

Jan Venselaar

Research Group Sustainable Business Operation
Avans University Professional Education

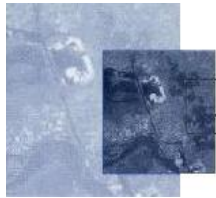
a case of concern





perspectives

- ✓ concepts
 - ✓ issues
 - ✓ system approach
 - ✓ transitions
- ✓ levels
- ✓ areas and programs
- ✓ paradoxes



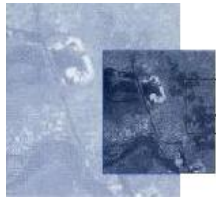
an abstract concept?

sustainability means:

a society and thus an economy
that can be sustained

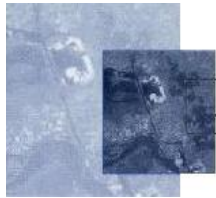
i.e.: on the long term maintained on a level
that is, in principle, enjoyable
for every person in this world

*NB 'sustainability' can therefore never be seen isolated
from this economic context, it is a 'system characteristic'*



reckoning with

- ✓ growing world population
- ✓ need for more balanced spread of wealth and wellbeing
- ✓ economic growth and increase in consumption of goods
- ✓ economic activities are based on physical resources, which are or might be stressed beyond their possibilities
- ✓ large scale environmental problems do occur, and will increase if no drastic measures are taken
- ✓ regional factors as aging population, population decrease, super cities, inequity
- ✓ political and social problems exist and will grow due to the above factors and destabilise world economy



'sustainable'.. what are we talking about?

the major issues concern therefore:

Planet ('physical and ecological aspects')

lasting availability of means and resources and sufficient access for everyone, a healthy environment for people and ecology

People ('social, cultural and political')

health, wealth and wellbeing as an employee and as citizen
equal and stable social, political and political rights

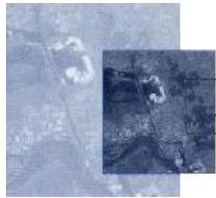
Profit ('economic and broader profit oriented')

improving the goals of the (own) organisation
a balanced strategy for short and long term goals and profits

and sometimes is added

Pleasure

is it indeed worth to live in and work for!



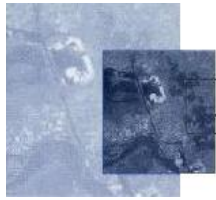
"the resource issue"

in the next 2 generations

world population :	1,4 – 1,8 x larger !
prosperity per head :	3 - 5 x higher !
present resource use:	2 – 3 x too high !



resource use: 10 - 30 x more efficient
we need innovative technologies
and other approaches to use technology

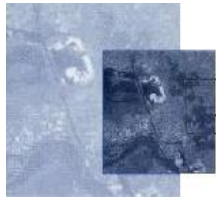


system approach

systems form the means by which we satisfy our needs as a society

those are a coherent complex consisting of technological, organisational and economical 'parts'

cultural and personal preferences are important for the way we use those systems and the way we select parts for those systems



system approach

some examples

food: what we eat and how we eat

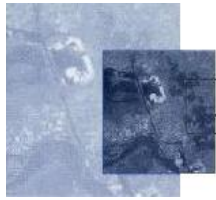
involving agricultural practices, fertilizer and pesticides, eating habits / fast food culture, food producers, world market organisation / subsidies and tariff barriers, bio-ethics,

transport: why and how we like to drive

involving car production, roads and infrastructure, type of engines and fuels, status and convenience, transport oriented society and economy (everywhere and anytime)

communication: need and hype

involving fast evolving technological options and infrastructure, social implications / isolation / expectation, youth culture and business 'needs', insatiable appetite for infotainment



sustainable development

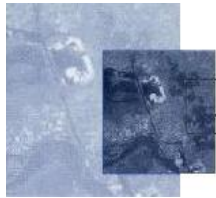
sustainable development is only possible when
systems as a whole change

not when only parts of it become 'more
sustainable'

such changes involving technology, economic
and cultural aspects are called transitions

they constitute a major change in society

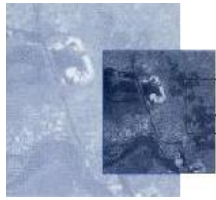
sustainable development needs **transitions**
towards more sustainable systems



transitions

fundamental changes in many components of a system and their interaction / use altering the total economic, technological and social/cultural structure

- ✓ from stone to iron
- ✓ from horses to automotive
- ✓ from wind to steam
(industry first and shipping later on)
- ✓ household heating from wood, coal to gas
- ✓ from fixed to mobile phones
- ✓ from pencil to PC

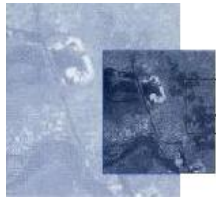


the challenge for society

shaping the socio-economic systems
that we use to fulfil our needs
based on a view and awareness of the
constraints and requirements
which make up 'sustainability'

→ leading to '*focussed* transitions'

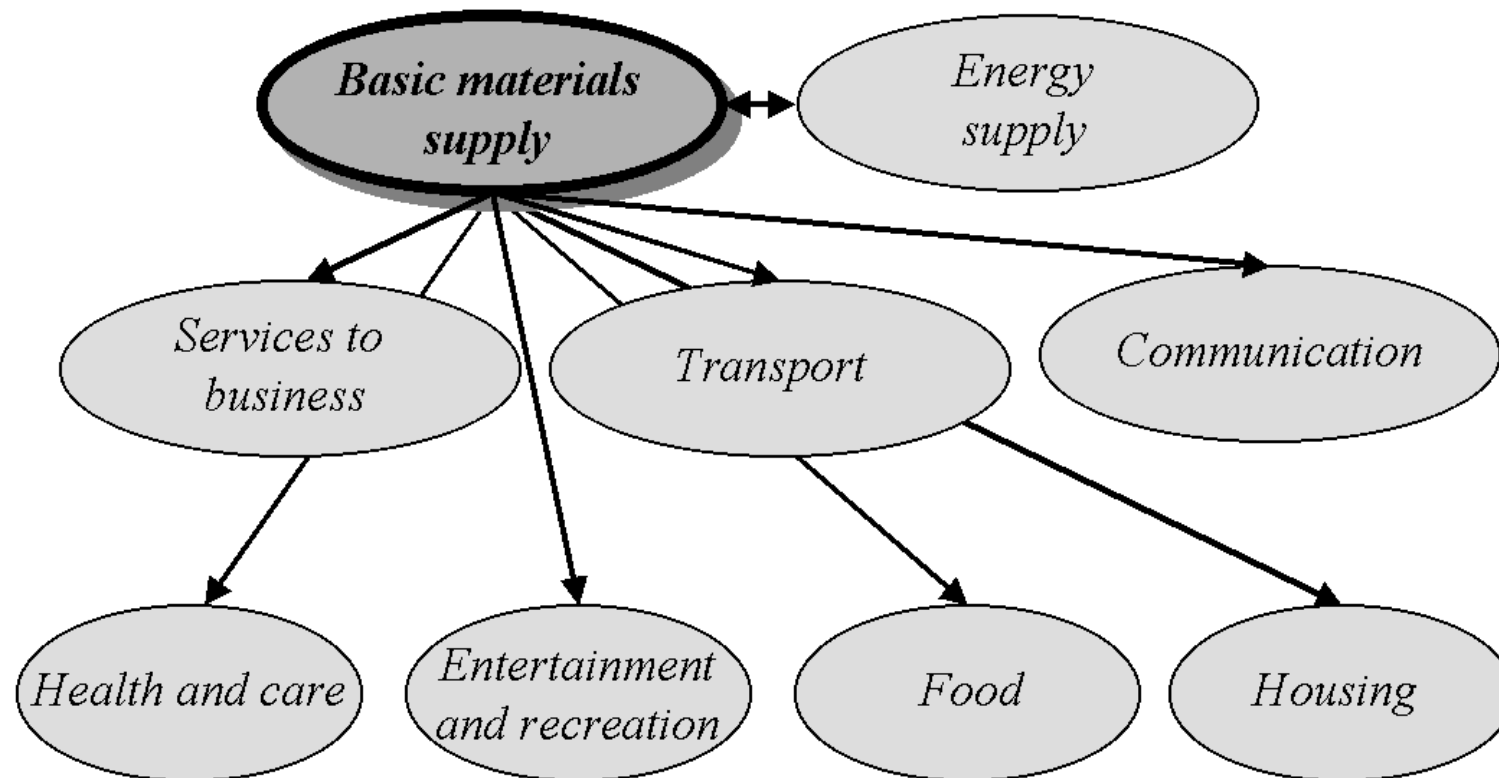
instead of the 'random' development
that has formed society as it is now

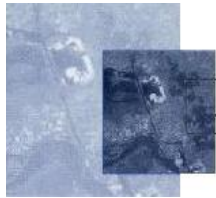


perspectives

- ✓ concepts
- ✓ levels
 - ✓ role of chemistry
 - ✓ challenges
 - ✓ scope of transitions
- ✓ areas and programs
- ✓ paradoxes

chemistry is a generic function



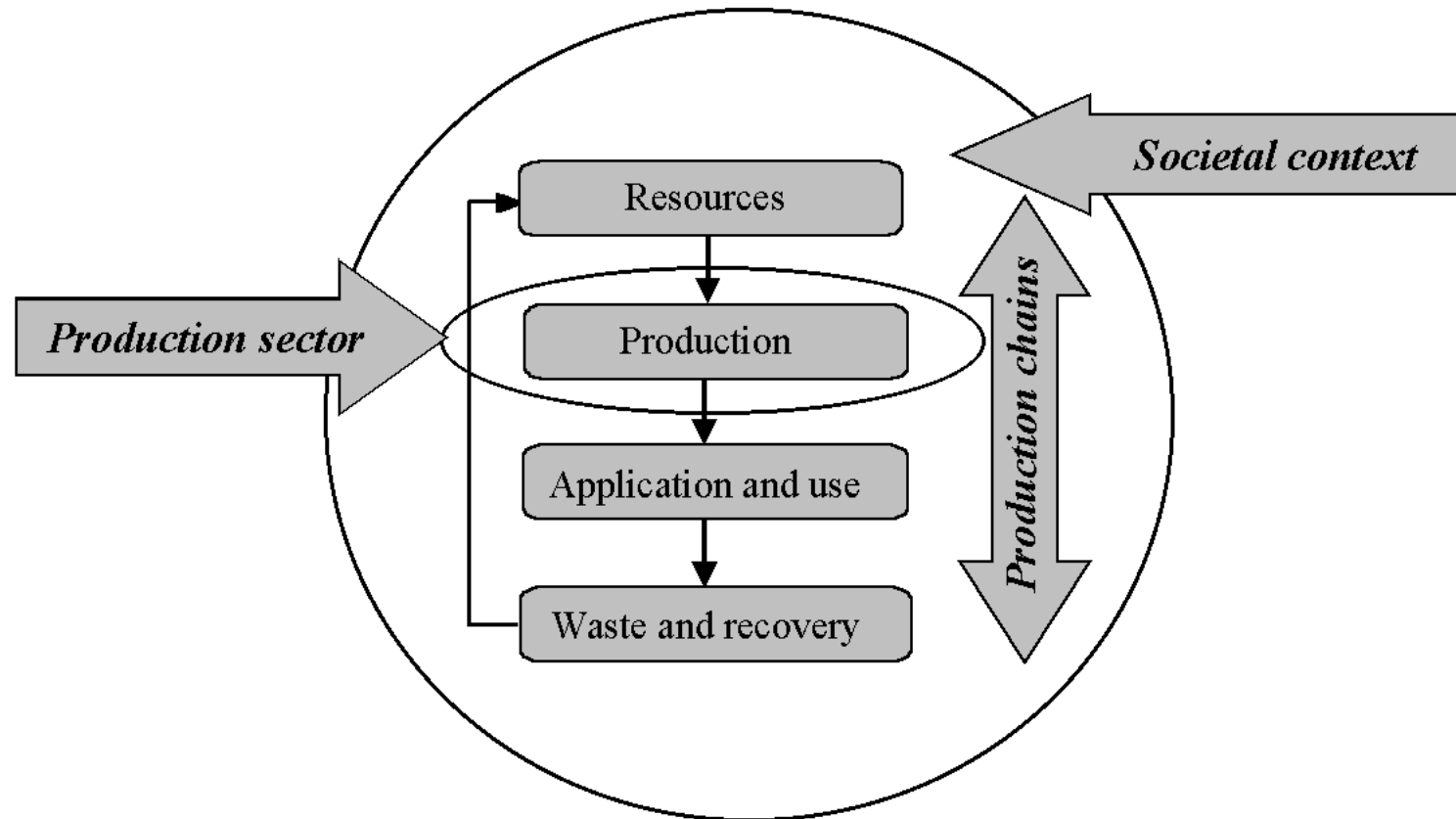


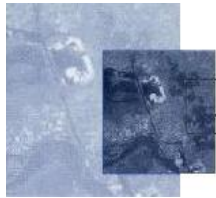
the role of chemistry

chemistry and chemical engineering concerns
itself with supplying the substances,
materials and physical products
human society and the present economic
system is based on

so it has a crucial role to play in taking care
that the resources for those will stay
available in the future
and in sufficient amount

level of a system change





a new focus for chemical industry

a threefold focus on sustainable development

society:

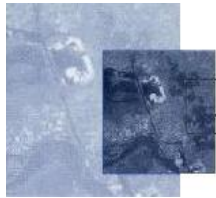
produce the innovative compounds, materials, products and equipment fit for effective and 'oriented' sustainable growth and leading to transitions

supplier

concerted production and supplying the means others can use for 'sustainable production' to close material cycles

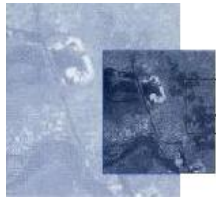
production

produce in a sustainable manner meaning drastic reduction in resource use (eco-efficiency) during production and application



added challenges for chemical industry

- ✓ fundamental changes in the way it operates
 - ✓ shift from bulk to fine chemicals
 - ✓ specialized compounds for specific applications
 - ✓ shortening of time to market
 - ✓ smaller facilities and customer site production
- asking for
- ✓ fundamental changes in product and process development
 - ✓ and e.g. other methods of scale-up



engineering challenges

fundamental innovation is needed in all fields

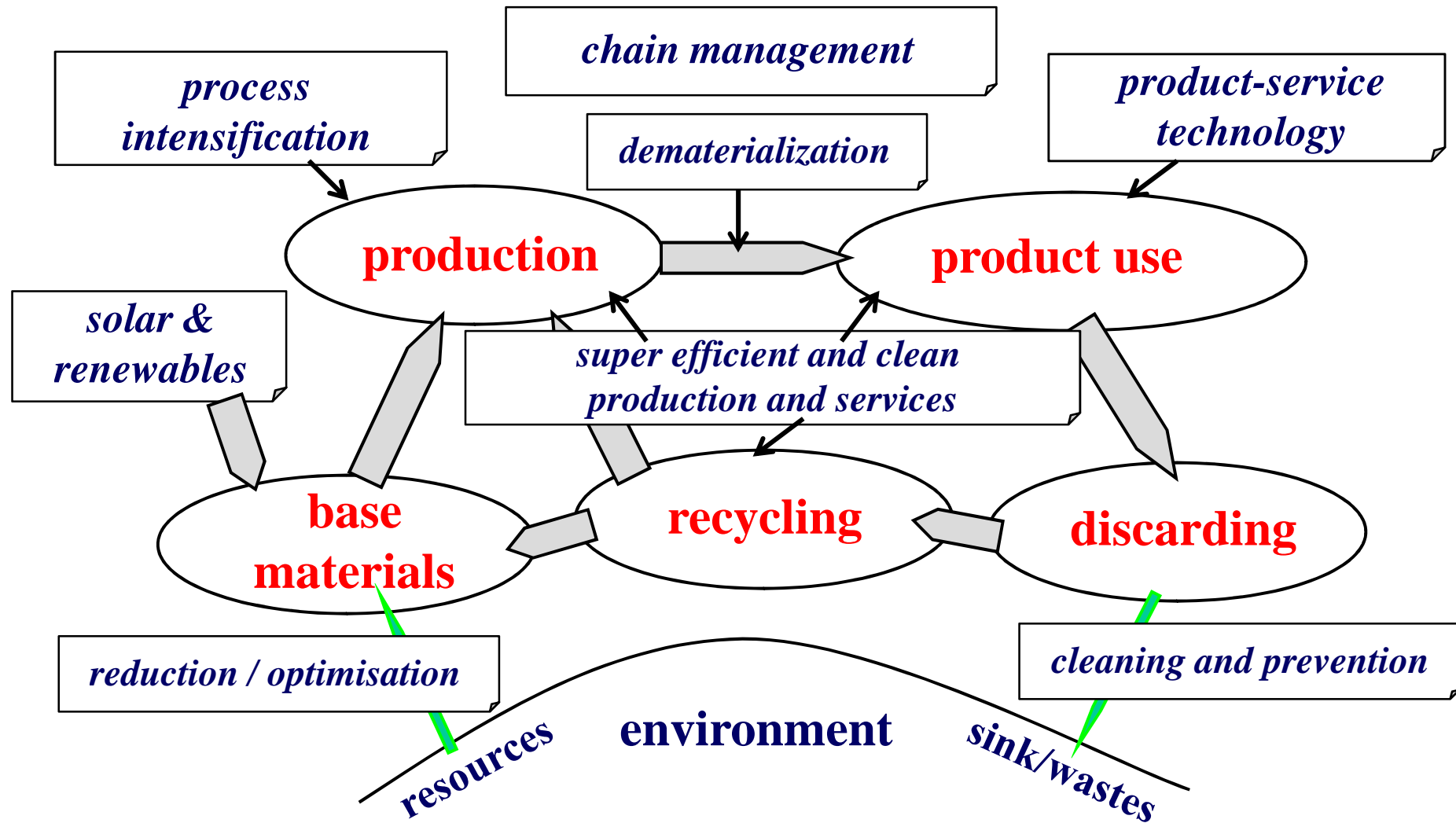
process oriented

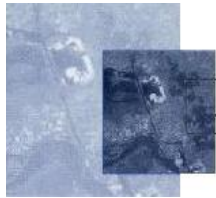
- ✓ extremely efficient, clean and flexible processes
- ✓ pathways to shift to renewable resources, biomass and recycled materials

product oriented

- ✓ new substances, products and materials essential for more sustainable systems
- ✓ new research, design and testing methods for substances, materials and production processes

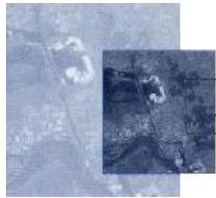
towards a closed production chain!





perspectives

- ✓ concepts
- ✓ levels
- ✓ areas and programs
- ✓ paradoxes

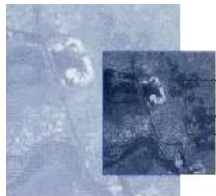


main programs and agendas

- ✓ chemistry as key area for innovation
- ✓ chemistry as transition area

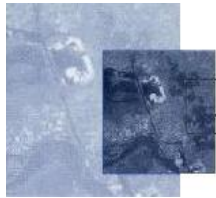
specific agendas, programs and roadmaps

- ✓ new products and materials
- ✓ process intensification / green process technology / catalysis / separation technology
- ✓ biomass as resource
- ✓ the energy - chemistry connection

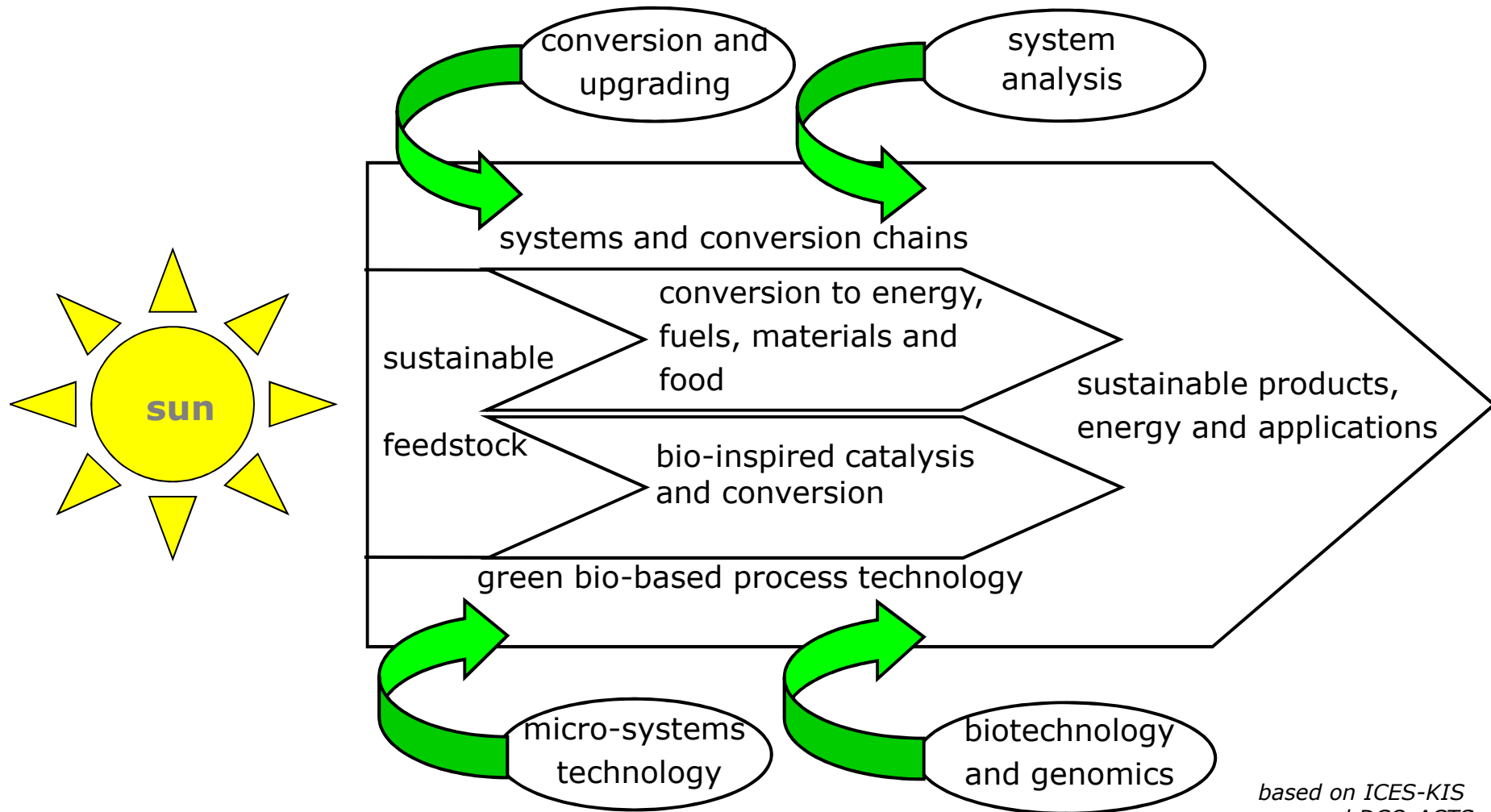


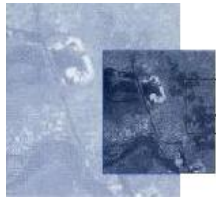
sectors involved

<div>✗ major ✗ involved ✗ future</div>	petrochemical / bulk	commodities	fine chemicals	specialties / pharmaceuticals	energy
1. functionality		✗	✗	✗	(✗)
2. closed material chain	✗	✗	✗		(✗)
3. biomass based	✗	✗	✗	✗	✗
4. clean fossil	✗	✗			✗
5. ultra efficient	✗	✗	✗	✗	



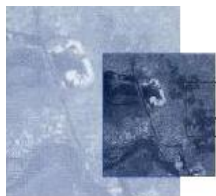
the Dutch agenda



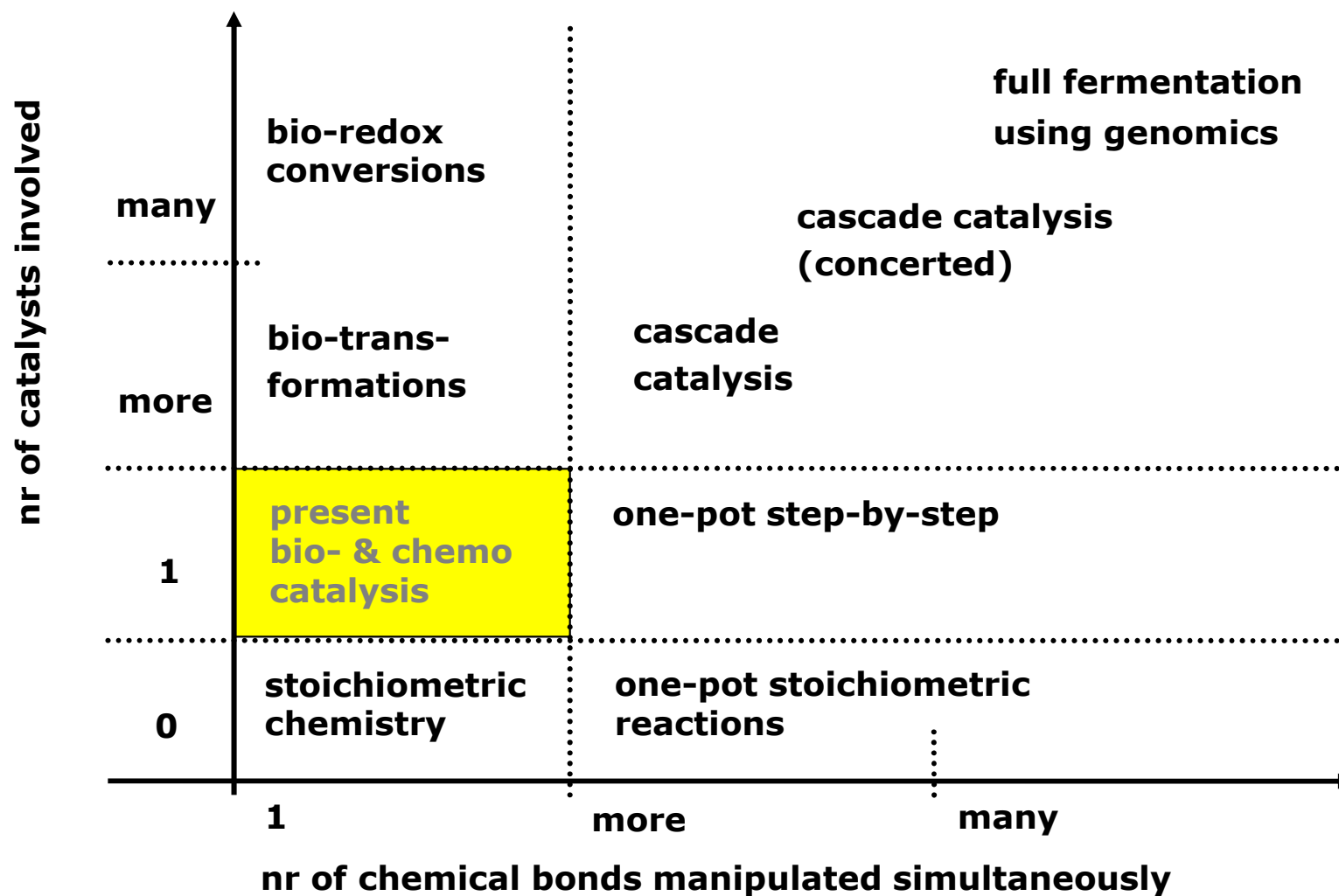


functional and sustainable

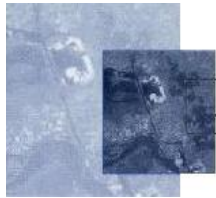
- ✓ nanotechnology and micro-electronics
- ✓ conductive and semi conductive organic polymers e.g. for flexible and integrated electronics,
- ✓ energy: PV, H2 technology, energy storage, fuels
- ✓ sensors and micro-monitoring devices for medicine, agriculture, smart processes and products
- ✓ new high strength, low weight, 'self-reparable' materials
- ✓ improved functionality and performance by tailored molecules for pharmaceuticals and formulated products



an agenda for catalysis



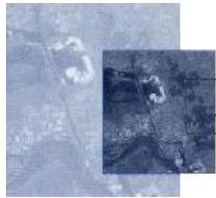
(source. ICES-KIS proposal)



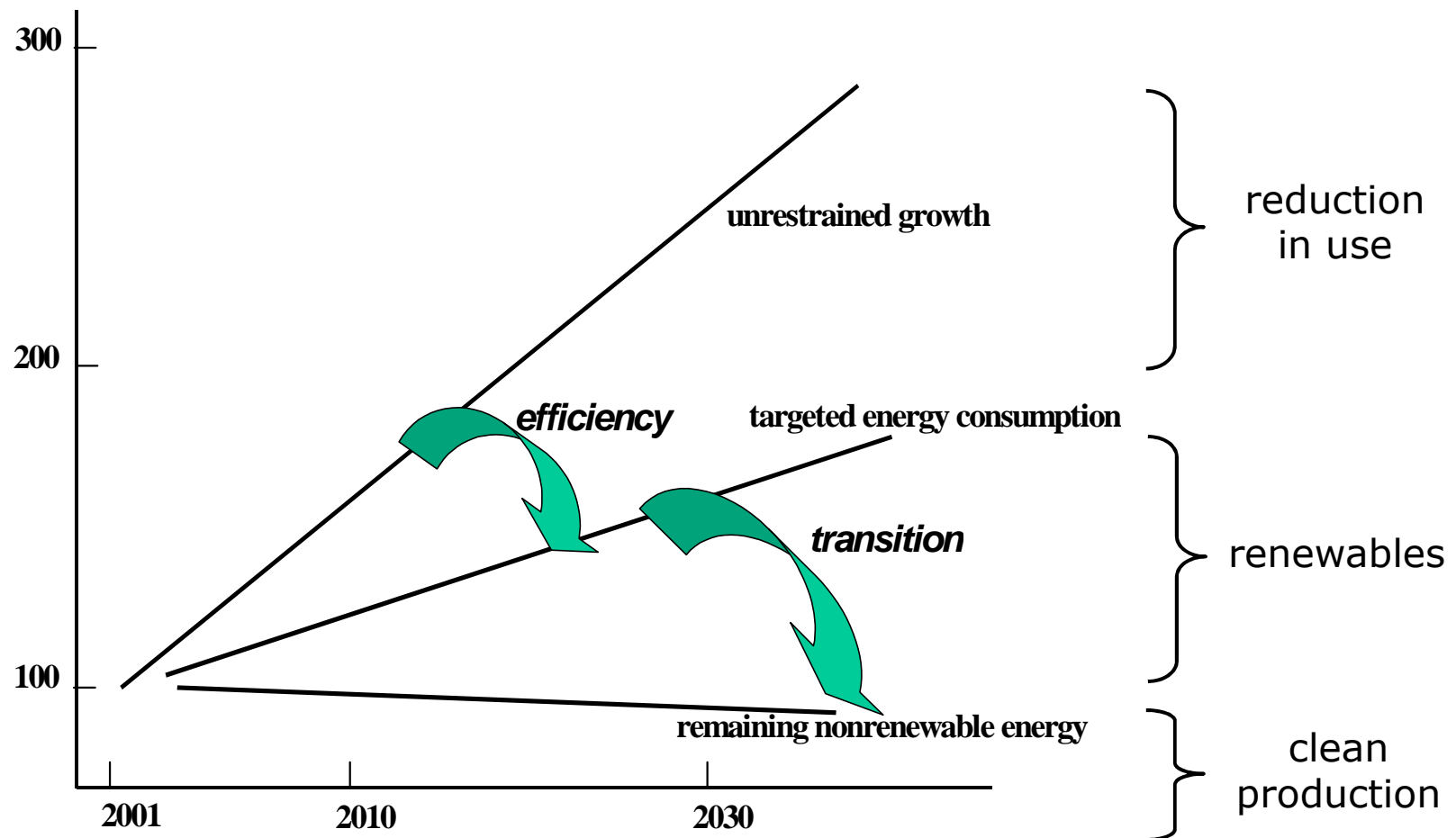
an agenda for biomass

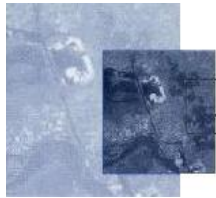
improving the feasibility of biomass as resource
sufficiently available in the form of residues

- ✓ new process routes: genomics
also aiming at bulk production on the long run
- ✓ handling complexity of the materials:
 - o biocascading, biorefinery
 - o thermal of biological reduction to 'base chemicals'
- ✓ better economics also in relation to 'food use' and other
'sustainability factors'
- ✓ handling the logistics



the energy transition

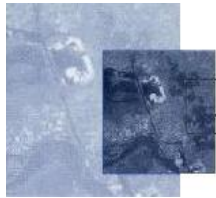




perspectives

- ✓ concepts
- ✓ levels
- ✓ areas and programs

✓ **paradoxes**



innovation paradox

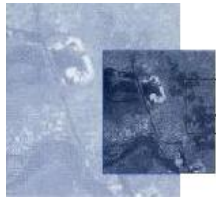
innovation is not 'inventing something new'

but 'doing something new'

most of the technology and knowledge is

available but not used

so what is the matter?



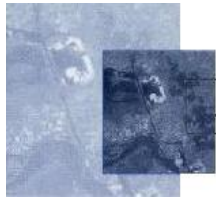
innovation paradox

the dynamics of (sustainable) innovation
are complex, governed by

- ✓ enablers
- ✓ drivers
- ✓ barriers
- ✓ dilemmas

these form issues working at different level

- the society as a whole
- in a production chain and system
- a company or parts of it



the issue arena for innovation

enablers

technology development, market demand,
cultural changes, changing focus of agriculture in Europe

drivers

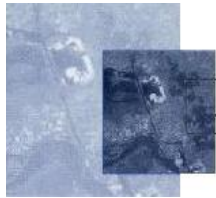
public opinion, laws, subsidies, profits from reduced use of
resources, scarcity / unreliability of resources,

barriers

costs, missing standardisation for reuse, low risk investments,
'technology lock-in', short term oriented subsidies and laws, fear
for 'biotechnology', real concept of sustainability is unknown

dilemmas

precautionary principle, biomass versus food, conflict between
sustainable requirements



the age of chemistry ?

sustainable chemical engineering is essential to make
growth possible in a sustainable manner
based on 'doing more with less'

furthermore
all innovative technology development
society wants for future, sustainable, prosperity:
microelectronics, pharmaceuticals, nanotechnology,
are based on new and better molecules

chemical engineering plays therefore an essential role, now
and in decades to come !

Symposium Duurzame

Fred van Hessen



Ing. F. van Hessen is
redactielid van NPT
Procestechnologie.

Duurzaamheid is een tamelijk abstract begrip, meestal gedefinieerd als 'het tegemoetkomen aan de behoeften van vandaag zonder die van toekomstige generaties in gevaar te brengen' (Brundtland). Voor mij werd dat veel minder abstract toen mijn kleinkinderen (een tweeling) geboren werden. Ze zijn nu een half jaar oud, hoeveel zullen ze voor een liter benzine moeten betalen als ze hun rijbewijs krijgen? Zo bekeken is het duidelijk dat duurzaamheid een economisch probleem is – een kwestie van vraag en aanbod dus.

Dit werd helder belicht door Jan Venselaar in zijn introductie van het symposium Duurzame Procestechnologie, dat door NPT werd georganiseerd op 25 april j.l. als onderdeel van het jaarlijkse Voorjaarscongres van de KNCV. Het is de tweede maal op rij dat de NPT dit congres gebruikt om duurzaamheid te behandelen. Vorig jaar handelde het over een bepaald aspect (hoe kunnen we de energiedichtheid van natuurlijke brandstoffen vergroten, zodat ze efficiënter zijn te transporteren), dit jaar werden meer algemene onderwerpen onder de loep genomen.

Terugdringen energieverbruik

Venselaar rekende voor dat in de komende twee generaties de wereldbevolking met een factor 1.4-1.8 zal groeien, en de gemiddelde welvaart met een factor 3-5. Dit betekent dat we het verbruik aan grondstoffen dus met een factor 5-10 moeten zullen verminderen om het totale verbruik zelfs maar op de huidige, reeds te hoge niveau te houden. Het liefst willen we dit nog met een factor 2 verlagen.

Om hieraan te kunnen voldoen is het niet genoeg om het energieverbruik van een bepaald proces met zeg maar 20% terug te brengen, maar is het noodzakelijk hele systemen te veranderen. Dit soort transities hebben zich ook in het verleden voorgedaan: van wind-

energie zijn we naar stoomkracht gegaan, van transport met paarden naar auto's, van schrijven met de pen naar pc's en vaste telefonie naar mobiel. Dat waren niet alleen technologische veranderingen, ze hebben de hele maatschappij ingrijpend veranderd. Dit zal voor duurzaamheid ook moeten gebeuren om die noodzakelijk efficiëntie te bereiken. Alleen moeten het ditmaal geen 'toevallige' transities zijn, maar moeten er randvoorwaarden zijn om ze een duurzamere richting te laten ingaan. De chemie en de procestechnologie zullen hierbij een grote rol moeten spelen.

Nieuwe ontwikkelingen

Een nieuwe synthese van Vitamine C via directe fermentatie, die het aantal processtappen vermindert van vier naar één en het benodigde energieverbruik en de hoeveelheid afvalstoffen sterk vermindert, zoals Peter Nossin van DSM vertelde, is een stap naar een duurzame productie, maar het moet gezien blijven worden als een schakel in de hele productieketen. Een nationaal onderzoeksprogramma dat zich op dit soort veel efficiëntere syntheses richt is B-Basic, een pre-competitief samenwerkingsverband tussen bedrijven, overheid, universiteiten en kennisinstellingen. Het richt zich op 'witte biotechnologie', waar zaken onderzocht gaan worden als continue fermentatie met in-situ pro-

Fig. 1
De voordracht
van Pieter Hack
van Redstack over
Reverse Electro-
Dialysis



Fig. 2
Drukte bij de
lunch



Procestechnologie

ductverwijdering, integratie van warmte-, koolstof- en stikstofstromen, en nieuwe typen bioreactoren. Een belangrijke ontwikkeling zijn ook fermentatieprocessen die gebaseerd kunnen worden op suikers uit afvalcellulose. Dat zal een doorbraak zijn wat betreft kosten en beschikbaarheid van grondstoffen. Verdere technologische ontwikkelingen voor efficiënter produceren zijn feedstock-engineering en pipe-to-pipe oplossingen (die tussenopslag overbodig maken).

Broeikasgas

Een ander aspect van duurzaamheid heet 'broeikasgas' of CO₂. Zolang we onze energie niet betrekken uit CO₂-neutrale bronnen, zullen we broeikasgassen blijven produceren in steeds toenemende hoeveelheden. De enige manier om toename van de concentratie in de atmosfeer af te remmen is afvangen en opslaan, al was het alleen maar als overgangsmaatregel voor de komende 80 jaar, zodat we meer tijd hebben om alternatieven te ontwikkelen.

CATO (CO₂ Afvang, Transport en Opslag) was het onderwerp van een dubbele presentatie van Daan Jansen van ECN en Geert Versteeg van de Universiteit van Twente. Bij afvang wordt onderscheid gemaakt tussen pre-combustion en post-combustion. Technologie voor post-combustion (absorptie uit rookgassen met regeneratie van de absorptievloeistof) is in principe aanwezig. Het werkt natuurlijk kostenverhogend, daarom wordt het niet algemeen toegepast, maar door slimme keuzes van de absorptievloeistof kan vooral in de regeneratiestap nog winst worden gemaakt. De grote uitdaging is een vloeistof te vinden die niet gevoelig is voor zuurstof en die niet corrosief is.

Bij pre-combustion maatregelen moeten we denken aan reforming en een shift-reactie van bijvoorbeeld methaan, waarbij de gevormde CO₂ van de waterstof wordt gescheiden voor de verbranding. Maar ook het scheiden van lucht valt hieronder. Door de brandstof met zuivere zuurstof te verbranden, eventueel met recirculatie van een deel van de rookgassen om de vlamtemperatuur in de hand te houden, wordt de afvang een stuk efficiënter. Huidige energiecentrales zijn daar echter (nog) niet op berekend. De benodigde energie voor de luchtscheiding veroorzaakt een soortgelijke rendementsdaling (ca. 10% op totale energie-inhoud) als de post-combustion technologie.

Afvangen is aardig, maar wat dan? Comprimeren van CO₂ tot een vloeistof en transport per pijpleiding is technisch geen probleem. Bij opslag moet natuurlijk wel zeker zijn gesteld dat de CO₂ blijft opgeslagen en niet teruglekt in de atmosfeer. Mineralisatie biedt

daartoe de hoogste graad van zekerheid. Opslag kan geschieden in diepe waterhoudende lagen of aquifers. Andere mogelijkheden zijn uitgeputte olie- of gasvelden en zoutmijnen. Op dit moment wordt een gasveld bij De Lier onderzocht op geschiktheid voor opslag.

Winnen van vrijkomende energie

Als je energie maakt zonder CO₂ te produceren, hoeft het ook niet af te vangen. Bij het mengen van zoet en zout water, zoals gebeurt bij de sluizen van IJmuiden of de spuisluizen in de Afsluitdijk, komt veel energie vrij. Dat is intuïtief in te zien door het omgekeerde proces te beschouwen: er is energie nodig om zout water te scheiden in pekkel en zoet water, bijvoorbeeld door elektrodialyse. De energie die vrijkomt kan worden 'geoogst' door het mengen van zout en zoet water te laten plaatsvinden door een stack van ion-selectieve membranen. Dit was het onderwerp van de laatste voordracht, gegeven door Pieter Hack van Redstack. Red betekent hier niet rood, maar is een acroniem van Reverse Electro-Dialysis, het proces waarmee de energie gewonnen wordt. Potentieel komt hier 2 MW vrij per m³/sec zoet water. Bij de Afsluitdijk betekent dat een mogelijke 200 MW. Om dit economisch te kunnen oogsten is nog veel ontwikkelwerk aan de winkel: de flux moet omhoog van de huidige 1.25 W/m² naar 10 W/m². Ook moet de membraanprijs per vierkante meter nog met een factor 10 omlaag. De verwachting is dat dit over tien jaar zal worden gehaald, als de huidige trends zich voortzetten.

Meer details over de deze onderwerpen zijn te vinden op de website van de NPT (www.nederlandseprocestechnologen.nl > Verslagen/Archief). De presentaties van alle sprekers zijn hier beschikbaar. ●

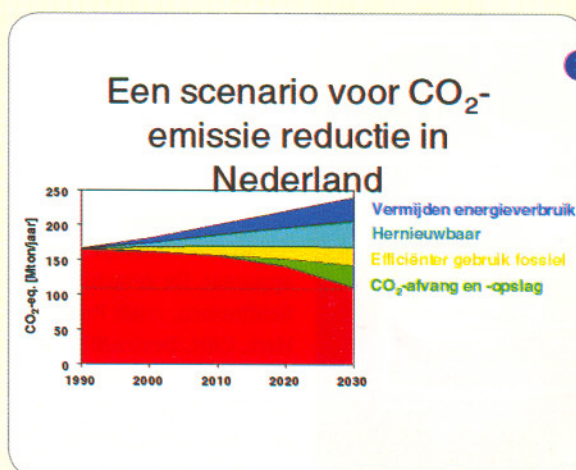


Fig. 3
Een scenario
voor CO₂-
emissiereductie
in Nederland