

Disruptie in de energievoorziening

Jip Lenstra, 2020

Wat is disruptie?

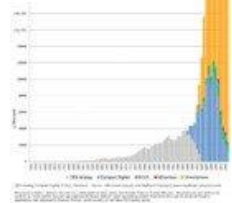
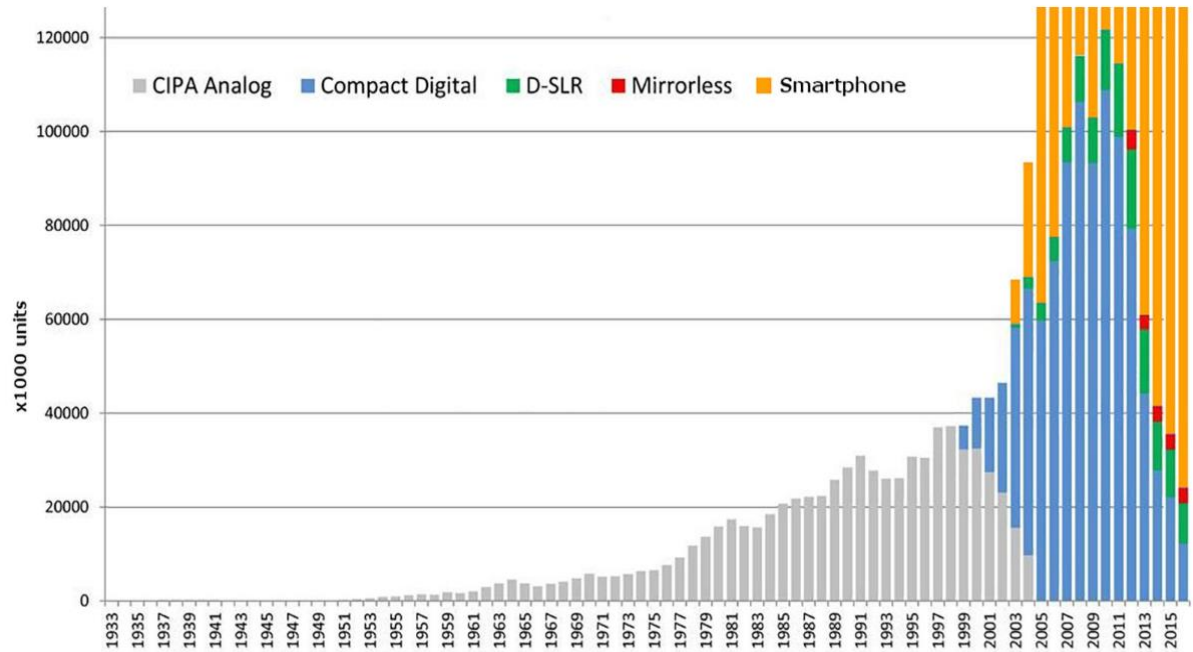
- * Disruptie gaat verder dan het verdringen van het oude product
- * Het nieuwe product is beter en schept grote nieuwe markten
- * Door die groei daalt de prijs van het nieuwe product relatief snel
- * Mede hierdoor gaat de verdringing van het oude product verrassend snel
- * Dit patroon is herkenbaar bij digitale camera's, microcomputers en mobiele telefoons
- * Disruptie is ook erg onvoorspelbaar en meedogenloos!
- * Leerzame stof:
https://en.wikipedia.org/wiki/Disruptive_innovation



Wat is disruptie?

Voorbeeld: cameramarkt

- * Disruptie van de cameramarkt door digitale camera's
- * Sterke groei van de markt.
- * Uiteindelijk weer verdrongen door de smartphone
- * Groei aantal digitale camera's tussen 1999 en 2011 was 60%/jr



Komt er een disruptie in de energiesector?

- * Met name op YouTube wordt dit idee enthousiast verspreid
- * Tony Seba en Ramez Naam zijn bekende sprekers
- * De vraag is of hun ideeën realiseerbaar zijn



Tony Seba 
Clean Energy Action

Clean Disruption of Energy & Transportation

Tony Seba of Stanford University is recipient of the **Clean Energy Action 2017 Sunshine Award** and founder of RethinkX.

RethinkX TonySeba.com
Disruption, Implications and Choices RethinkX.com

Clean Energy Action, June 8, 2017 in Boulder, Co.
Cleanenergyaction.org

Video pro bono by Martin Voelker, Colorado Renewable Energy Society, cres-energy.org



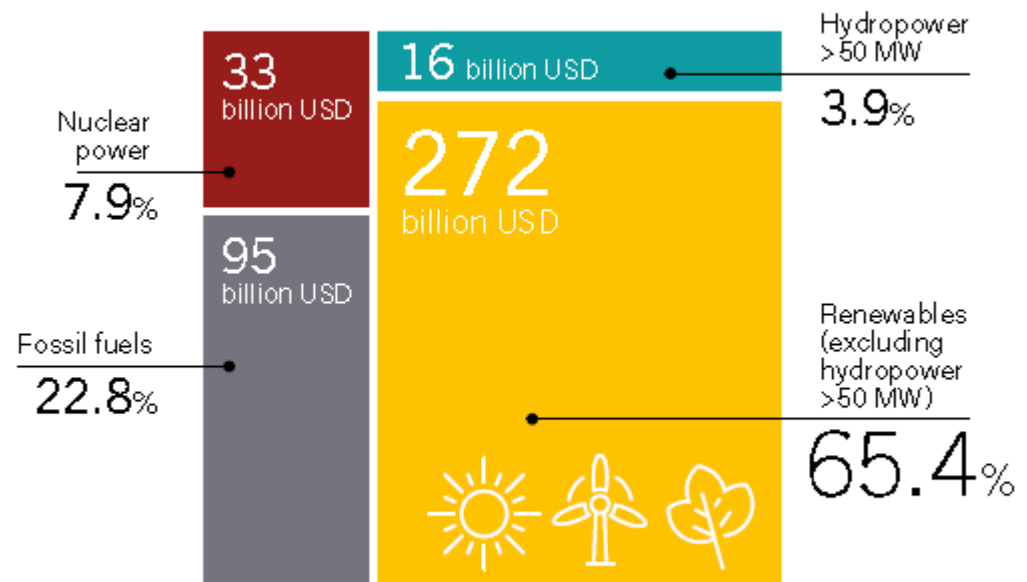
Komt er een disruptie in de energiesector?

- * Identificatie van groeiende nieuwe bronnen
- * Disruptie scenario ontwikkelen
- * Kijken naar technische en economische haalbaarheid
- * Verkenning knelpunten en drijvende krachten
- * Beoordeling van de kans op een disruptie
- * Conclusies

De opkomst van hernieuwbaar

- * Het disruptieve product in de energiesector is renewables
- * In 2018 werd mondiaal 3x zoveel geïnvesteerd in renewables als in fossiel (power)

FIGURE 50. Estimated Global Investment in New Power Capacity, by Type (Renewables, Fossil Fuels and Nuclear Power), 2018



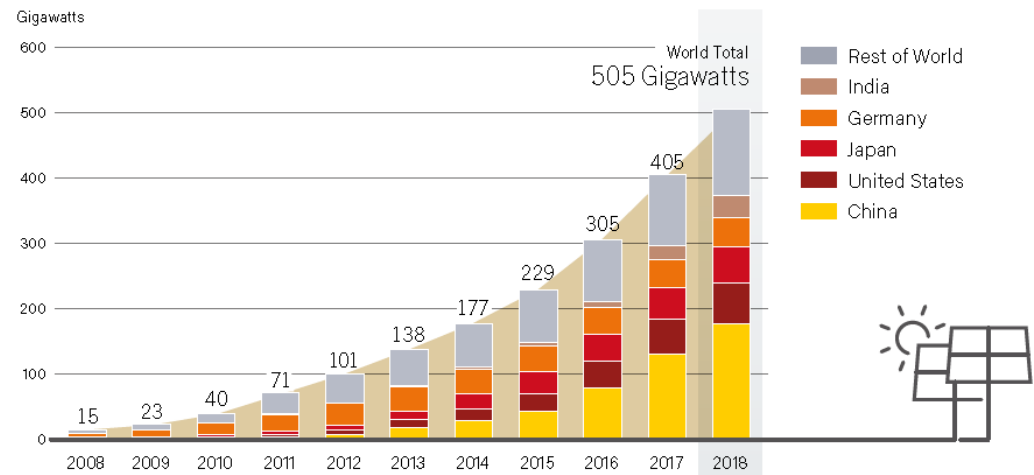
Note: Renewable investment data in figure exclude biofuels and some types of non-capacity investment

Source: BNEF

Zon PV

- * Aanhoudende groei van 42% per jaar gedurende de laatste 10 jaar!
- * Productie van 100 GW/jr in fabrieken van 8 GW/jr
- * Sterk geautomatiseerde productie van silicon ingots en panelen
- * Aanhoudende verhoging van rendement en verlaging van kosten

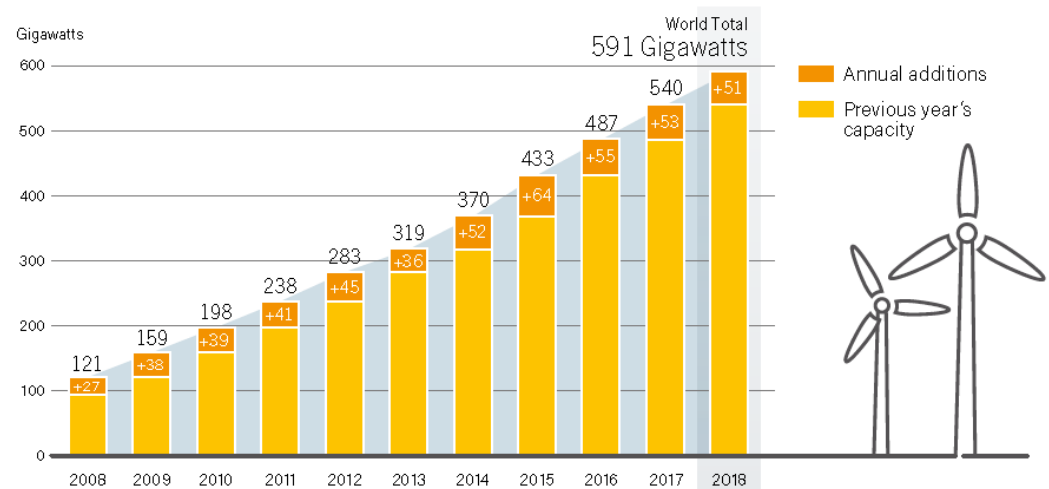
FIGURE 26. Solar PV Global Capacity, by Country and Region, 2008-2018



Windenergie

- * Groei windenergie als geheel is 17%/jr
- * Groei Offshore wind is sterker, maar omvang is nog klein

FIGURE 35. Wind Power Global Capacity and Annual Additions, 2008-2018



Source: GWEC. See endnote 4 for this section.

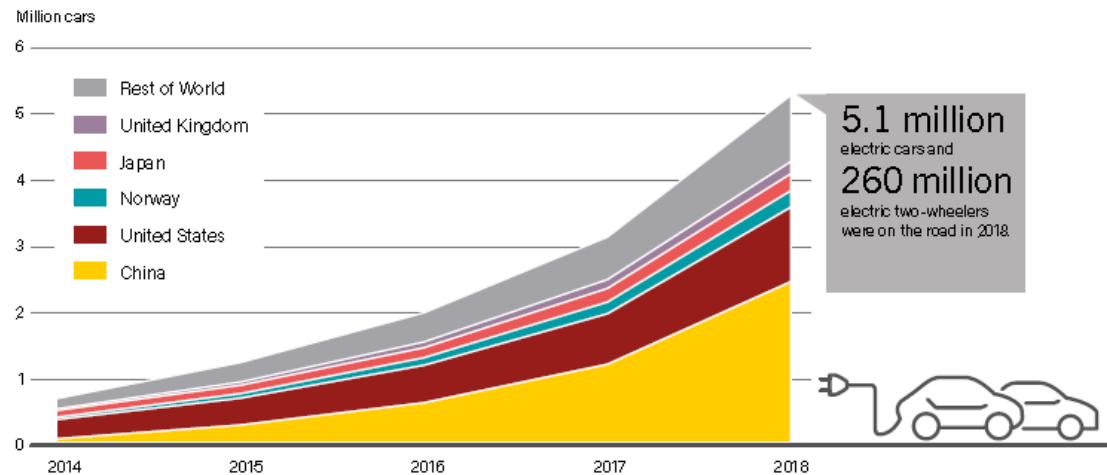
Gansu Wind Farm (China) 7965 MW, wordt 20000 MW



Elektrische voertuigen

- * Markt groeit met 65%/jr
- * Beperkte batterijproductie remt groei
- * Na personenwagens volgen bussen, bestelwagens en vrachtwagens

FIGURE 53. Electric Car Global Stock, Top 5 Countries and Rest of World, 2014-2018



Het aantal EVs groeit gemiddeld met 65%/jr

Battery Power Plants

- * Naast de EV wordt de Lithium Ion Battery (LIB) voor opslag gebruikt
- * Systemen voor huis, bedrijf en het net
- * Gerealiseerd en aangekondigd:
 - * Hornsdale Power Reserve (Australia): 100 MW/129 MWh (plus uitbreiding 50 MW)
 - * Escondido in California 30MW/120 MWh AES
 - * Moss Landing in California 730 MW/1200 MWh Tesla
 - * Moss Landing in California 300 MW/1200 MWh Vistra Energy
 - * New York: 316 MW / 2528 MWh
 - * Hawaii: 247 MW/988 MWh
 - * Los Angeles: 100 MW/400 MWh
 - * Florida, Manatee Energy Storage Center: 409 MW/900 MWh.
 - * Texas, Juno: 495 MW

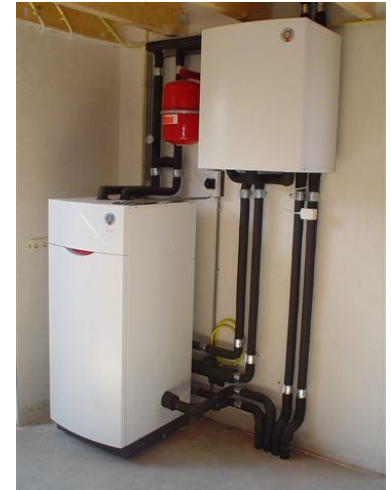


Nieuwe Markten voor schone elektriciteit

- * Transportsector (auto's, bussen, bestelwagens, vrachtwagens, schepen)
- * Warmtemarkt voor woningen en kantoren
- * Micronetwerken in rurale gebieden (1,1 mld mensen zonder netaansluiting)



Set met 8W PV, kleine accu, 4 ledlampjes, lader voor telefoon, kost nu 27\$



Elektrificatie: schone energie

- * Elektrificatie in warmtesector (warmtepomp)
- * Elektrificatie zware industrie
- * Door hogere rendementen mag de prijs per kWh hoger zijn dan de brandstofprijs
- * Elektrificatie geeft ook een aanzienlijke efficiencyverbetering



Electric arc furnace voor staalproductie



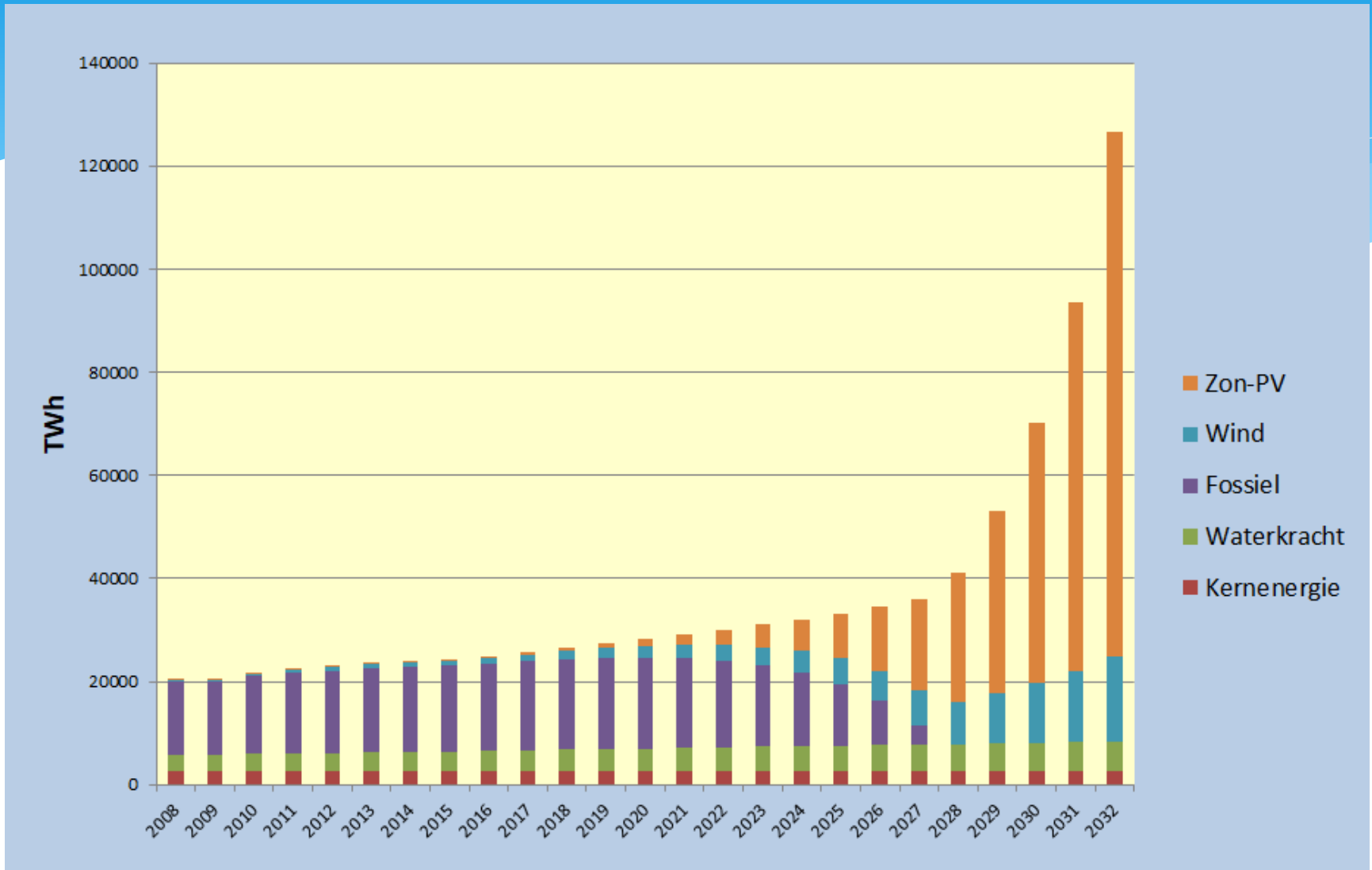
Industriële warmtepomp bij Mars

Disruptiescenario energiesector

Toelichting

- * Het scenario is een zuivere extrapolatie van de trends in Zon-PV, wind en Lithium ion batterij productie van 2008 tot 2018
- * Ook de ontwikkeling van waterkracht en kernenergie zijn geëxtrapoleerd
- * De groei van Zon-PV is als uitgangspunt genomen, niet de groei van de elektrificatie van de industrie, verkeer en de warmtevraag. Die zijn als aanbodvolgend verondersteld
- * De grafiek loopt door totdat alle huidige fossiele energie is verdrongen waarbij wordt verondersteld dat 1 Joule elektriciteit gemiddeld 1,5 Joule brandstof kan vervangen.

Disruptiescenario energiesector



Groei PV 42%/jr, groei Wind 17%/jr, groei EV 65%/jr, groei elektrificatie industrie en nieuwe energiemarkten volgen aanbod schone elektriciteit

Analyse knelpunten, weerstanden en stuwende krachten

- * Veel knelpunten groeien ook exponentieel!
- * Energieopslag
- * Sterke groei PV (en wind)
- * Kosten en preferenties
- * Ruimtegebruik
- * Elektrificatie
- * Waterstof
- * (Economische effecten)
- * Mogelijkheden voor beleid

Energieopslag

- * Deze grafiek geeft aan hoeveel % van de variabele opgewekte stroom opgeslagen moet kunnen worden
- * 1,4% met waterkracht en kernenergie in scenario
- * Met waterstof voor kunstmest en staalproductie: 0,5-1%
- * Bij de huidige groei van LIB is dit net haalbaar
- * Oude centrales standby tot 2036
- * V2G wordt belangrijk

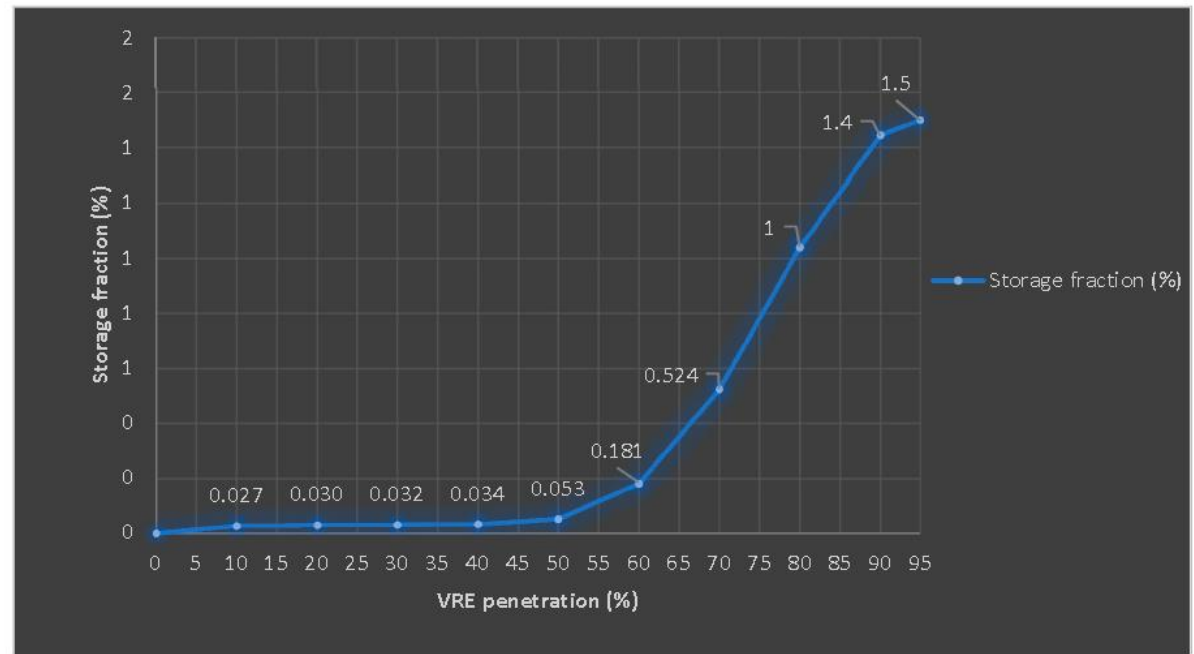


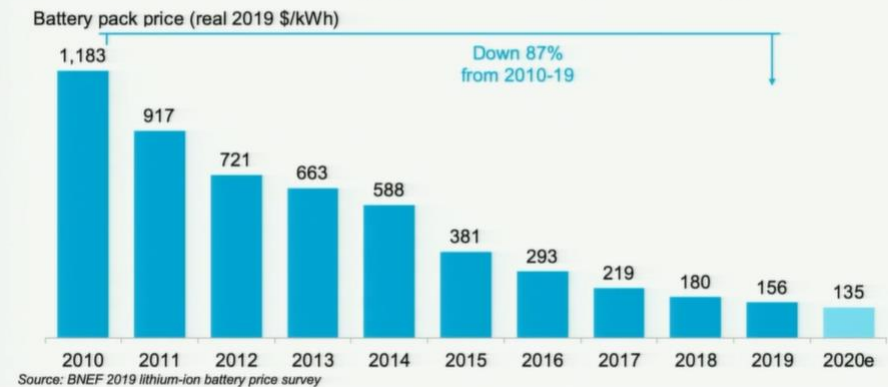
Figure 7. Result of the average European storage fraction analysis.

Bron: Intermittent Renewable Energy Sources: The Role of Energy Storage in the European power System of 2040; Henrik Zsiborács, et al; 2019

Lithium ion battery

- * Prijsdaling gaat voorspoedig door de snelle opmars van de EV
- * LIB productie is nog steeds de beperkende factor, ondanks groei van 65% per jaar
- * Geplande productie 2020 ca 500 GWh/jr.
- * Geautomatiseerde fabrieken worden verspreid over de wereld gebouwd
- * Van 2008 tot 2019 is er 440.000 ton Li gewonnen.
- * De reserves namen in die periode toe met 7.100.000 ton (bron: USGS)

Lithium-ion battery prices keep falling



LG Chem fabriek in Polen

Vehicle to Grid (V2G)

Het gebruik van EVs als opslag

- * Auto's staan meestal stil
- * Aan een bi-directionele laadpaal is de accu bruikbaar als opslag
- * NL: 7.000.000 EVs van 50 kWh per EV hebben 350 GWh opslagcapaciteit
- * Dat is voldoende om penetratie 65% zon en wind in de huidige elektriciteitsproductie mogelijk te maken!
- * Naast V2G is V2H(ome) in opkomst



Batterijen aan het net

- * De invloed van LIB op de elektriciteitsvoorziening is veelzijdig
- * Powerwall bij PV op daken
- * Net balancering ipv piekcentrales
- * Regionale opslag ipv netverzwaring
- * Vervanging middenlast centrales
- * Groei wordt belemmerd door sterke vraag naar EV-batterijen

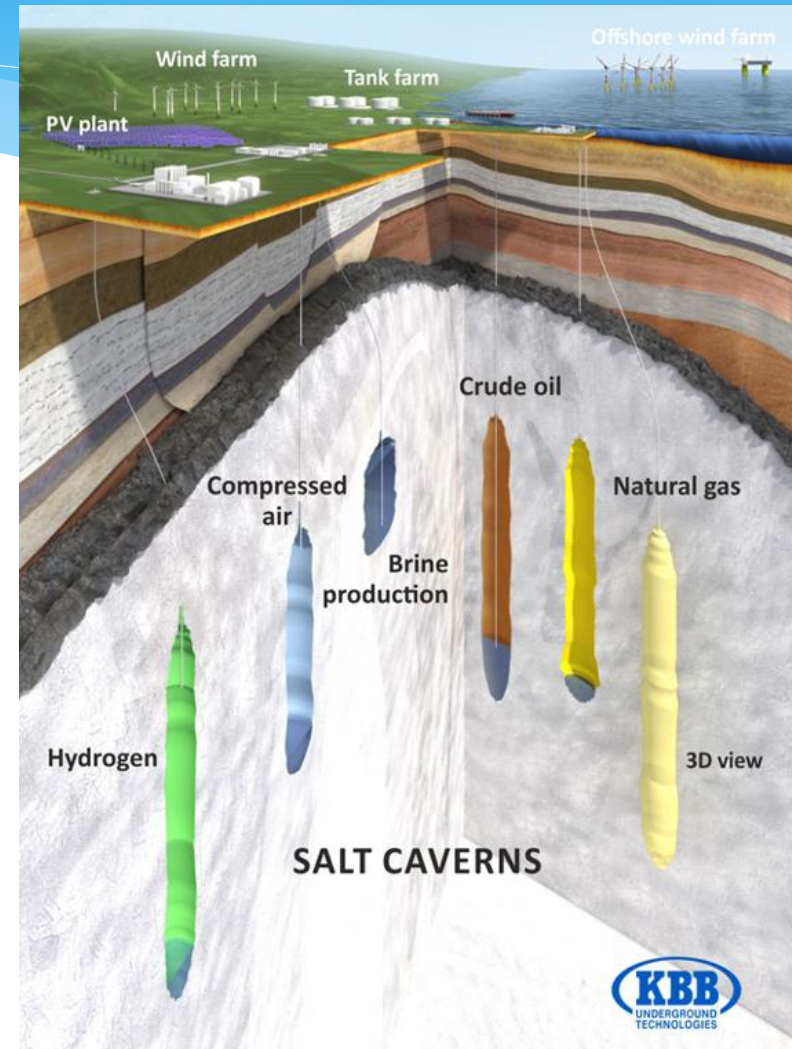


Grid-Scale Batteries



Seizoensopslag

- * In zuidelijke economieën op te vangen door 50% extra PV te installeren (curtailments)
- * In Europa, Canada en Rusland op te vangen met windenergie, waterkracht en waterstofopslag in zoutcavernes (E2G)
- * Transport van batterijen is ook een mogelijkheid (E2E)



Fabricage en groei PV

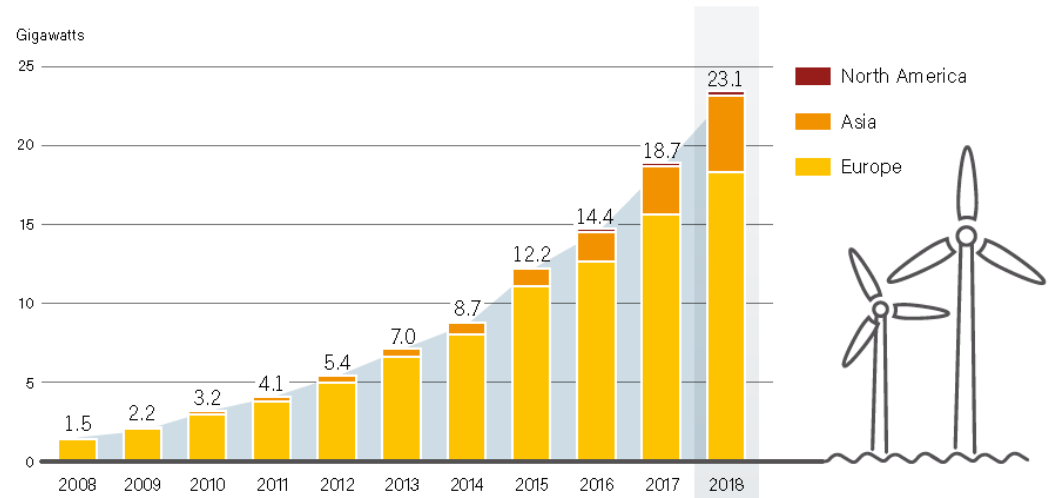
- * De grootste fabrieken staan (nu) in China: Jincheon (8 GW/yr)
- * Bouwtijd per fabriek < 2 jaar
- * Er zijn honderden (ca 500) van zulke fabrieken nodig. (1 per 20 mln capita)
- * PV-module fabrieken worden nu ook in de westerse economieën gebouwd (Q-cell, Georgia VS, 1,7 GW/yr)



Off Shore Wind

- * OSW groeit exponentieel (ca 30%/jr)
- * Grote leveranciers van turbines: Siemens, GE, Enercon, Vestas
- * Kostenreductie door schaalvergroting turbine
- * Geautomatiseerde productie voorlopig niet in beeld
- * Groei door serieproductie lijkt goed mogelijk

FIGURE 37. Wind Power Offshore Global Capacity by Region, 2008-2018



Source: See endnote 104 for this section.



Kan het wel zo snel??

- * 42% groei (PV) per jaar volhouden is een uitdaging
- * Maar het wordt niet moeilijker maar makkelijker:
 - * Rentabiliteit wordt positief en steeds beter
 - * Druk vanuit het klimaatbeleid wordt steeds groter
- * De PV-industrie is duidelijk volwassen en er klaar voor
- * De rente blijft voorlopig nog laag
- * De industriële elektrificatie zal waarschijnlijk de groei vertragen

Tengger Desert Solar park



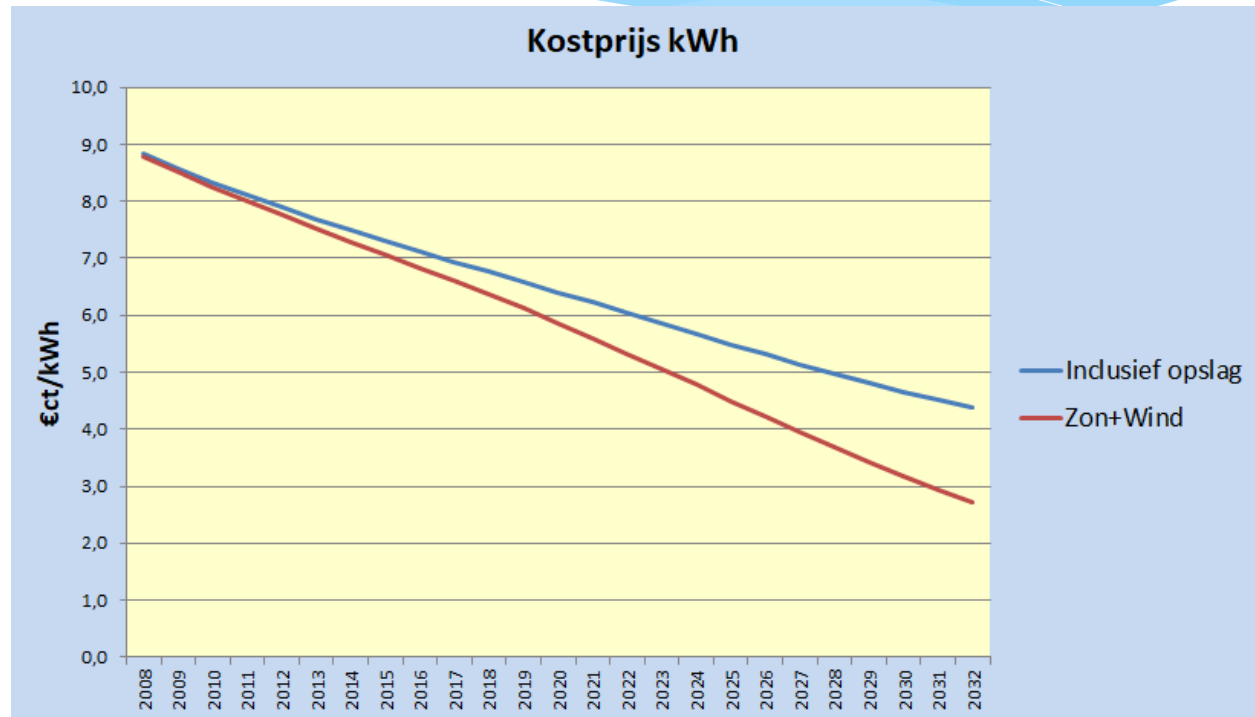
Installed Capacity - 1,547 MW

Location - Zhongwei, Ningxia, China

Commission Date - 2016

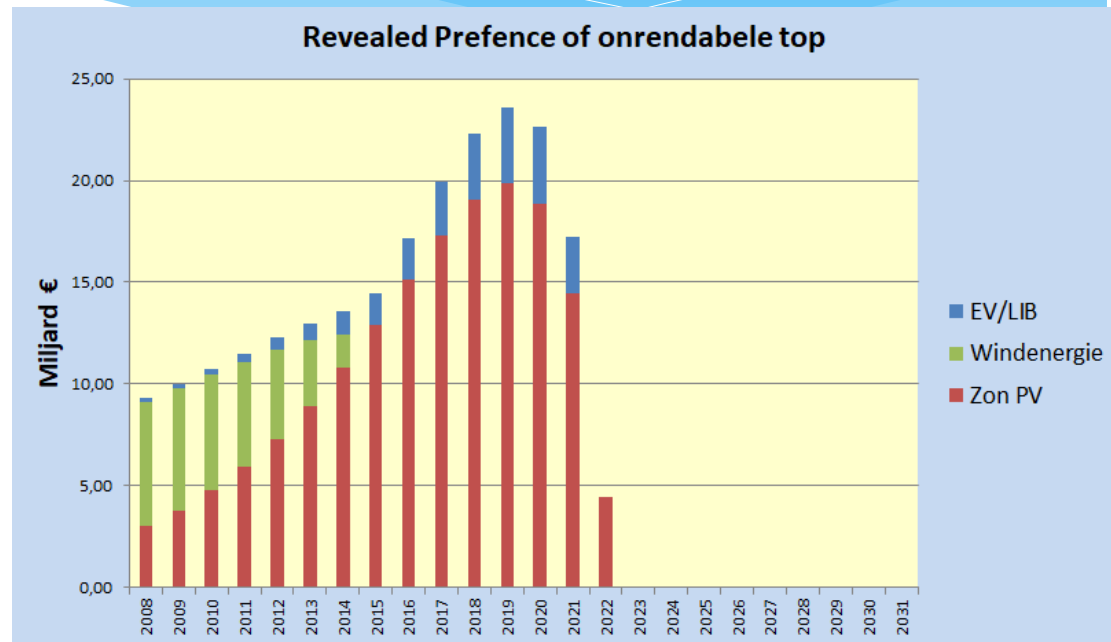
Kosten

- * Zon en wind worden in steeds meer regio's rendabel
- * Kosten van opslag zijn beperkt
- * kWh-prijs wordt laag genoeg voor elektrificatie



Revealed preference

- * Al vele jaren worden miljarden verlies geleden op zon en wind
- * Na 2019 neemt dit bedrag snel af
- * Deze vrijvallende “Revealed Preference” kan zich gaan richten op EV, WP en Grid Storage
- * Maar ook op het doorzetten van snelle PV en wind groei



Revealed preference berekend als onrendabele top boven 6 ct€/kWh.

20 mld€/jr is ongeveer 0,5% van de mondiale kosten voor fossiele brandstoffen.

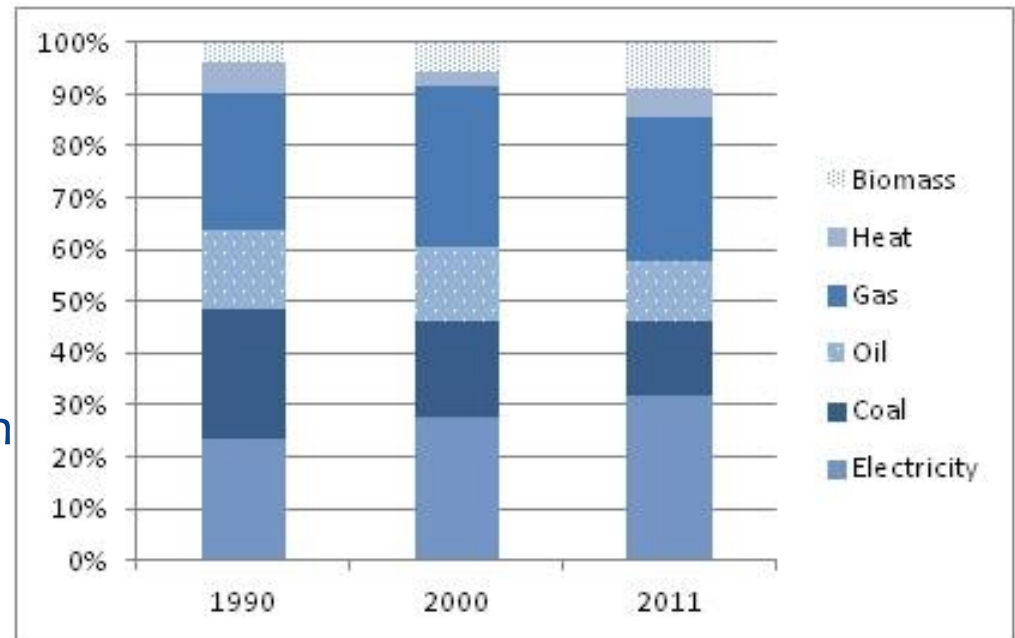
Ruimtegebruik

- * Mondiaal ruimtegebruik gerelateerd aan “Pasture land”. Dat is grond die permanent dient voor het beweiden van vee.
- * Offshore wind gerelateerd aan het oppervlak van de Noordzee

	TWh (2032)	Km ²	Relatief
PV	100000	730000	2,2% Pasture land
Wind Land	13000	1000000	3,1% Pasture land
Wind Offshore	3400	110000	20% Noordzee

Elektrificatie

- * Elektrificatie gaat nu langzaam
- * In 20 jaar van 23% naar 32%, 1,7%/jr
- * Dat zal naar ca 10% per jaar moeten in dit scenario
- * Als burgers EV met 60%/jr kunnen laten groeien dan mag dit best van de industrie worden gevraagd...
- * Beleidsmatig is dit tempo lastig af te dwingen.

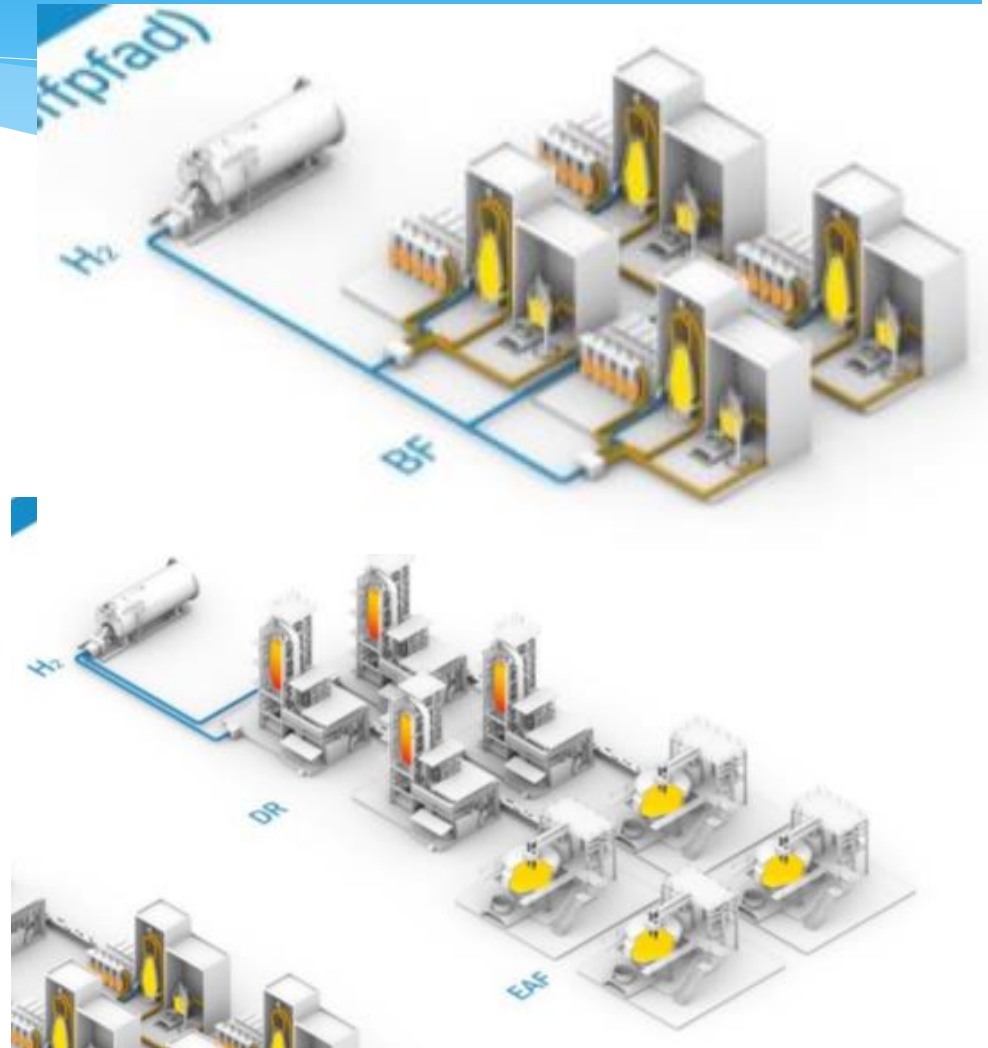


Share of electricity in industrial energy consumption (EnerData)

Een voorbeeld: staalproductie

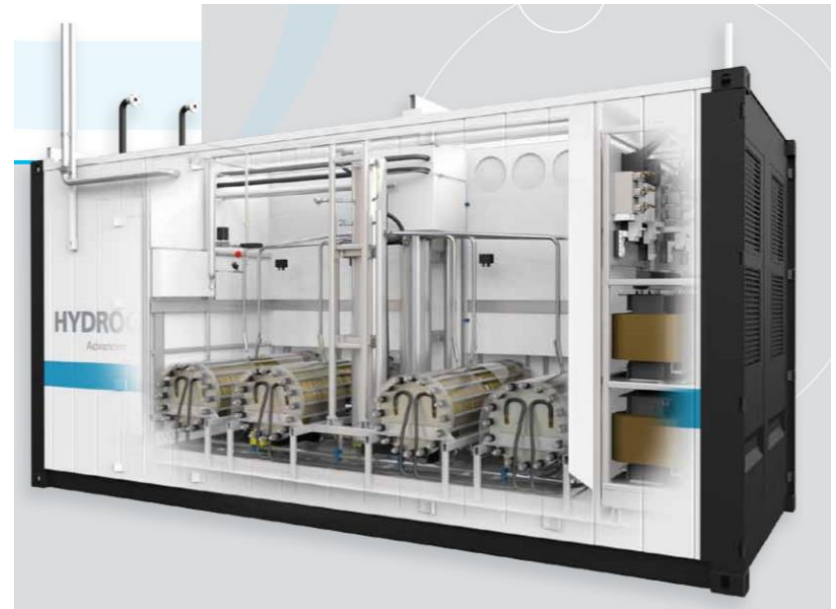
- * Nu: koolstof als reductor en kolen als hittebron
- * Klimaatneutraal:
Waterstof als reductiemiddel
en stroom als hittebron
(waterstof als tussenstap)
- * Via elektrolyse is hiervoor
mondiaal ruim 6000 TWh/jr
aan waterstof nodig
- * Goedkoopste optie bij
100€/ton CO₂

Bron: Fishedick et al, Wuppertal Institute,
2014



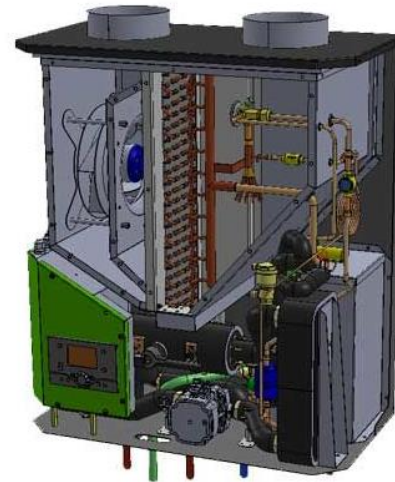
Waterstof productie

- * H₂ productie via elektrolyse voor de waterstofmarkt (oa kunstmest) is een begaanbare weg (17€/GJ)
- * Waterstof als vervanger voor aardgas bij een CO₂-prijs van ca 150 €/ton, echter elektriciteit is per GJth goedkoper
- * Hydrolyzers worden oa gebouwd door Hydrogenics (Vlaanderen).
- * De technologie is in de demo-fase



Voorbeeld: Elektrificatie in de woningmarkt

- * Individueel
 - * Flink isoleren
 - * Home battery
 - * WP met convectoren
 - * Pieken met weerstandsverwarming
 - * Warmwater met e-boiler
- * Collectief
 - * Stadsverwarming op WP
 - * Waterstof CV (Nefit en Remeha doen nu demo's in UK)
 - * Alle huizen gelijktijdig ombouwen
 - * Discussie over tarieven en risico's



Copyright: Enzavu



De waarde van elektriciteit

		Joule th/e
Verkeer	Electric Vehicle	3
Warmte tot 70°C	Warmtepomp	1-4
Warmte tot 100°C	Warmtepomp groot	1-3
Stoom	Decentrale verwarming	1-2
Processen	Elektrochemisch	1

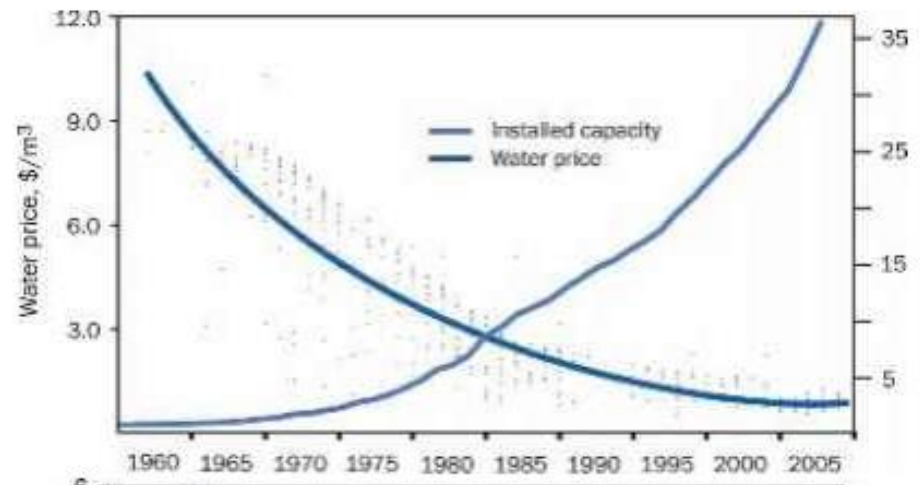
- * Elektriciteit mag duurder zijn dan de thermisch gebruikte brandstof
- * Kosten zullen dus niet een groot knelpunt vormen
- * Voordelen elektrificatie: efficiency, emissiereductie, automatisering, meer vestigingsplaats keuze, kleinere schaal mogelijk

4 ct€/kWh = 11€/GJ;
60 \$/bbl = 10\$/GJ = 9 €/GJ

De efficiencyeffecten van elektrificatie zijn aanzienlijk: in dit geval ca 5%/jaar ten opzichte van het primaire energieverbruik, bij een Joule th/e factor van 1,5 gemiddeld.

Nieuwe energiemarkten

- * Landbouw: elektrische tuinbouw kassen, irrigatie met RO-water, desert farming
- * Kunststofketen sluiten, biomassa opwerken met H₂



Korte conclusies

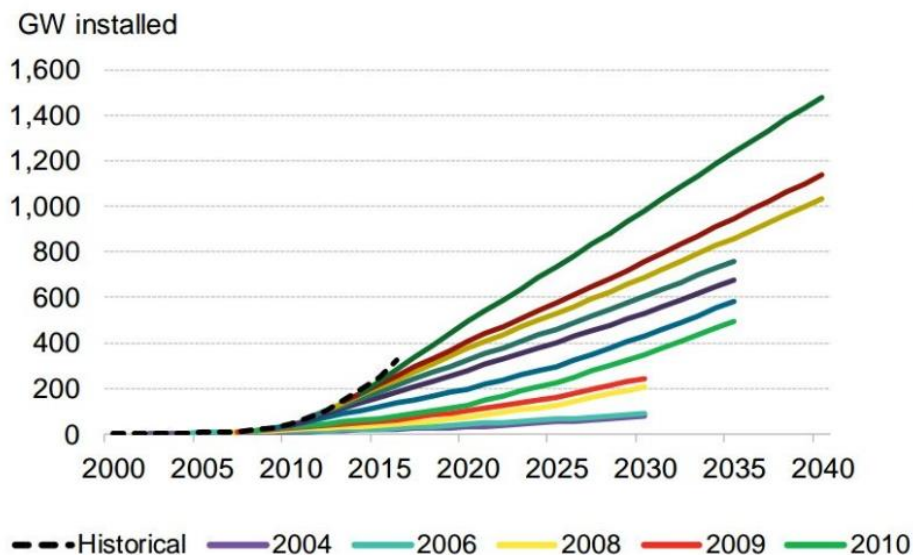
- * Disruptie is een mogelijkheid waar echt rekening mee moet worden gehouden
- * Disruptie ligt in lijn met de mondiale “revealed preference” en is mede daarom een haalbare en aantrekkelijke beleidsstrategie
- * **Disruptie is (nu) de snelste manier om CO₂ te reduceren**
- * Elektrificatie zal mogelijk langzamer groeien dan het schone aanbod
- * Disruptie is een mooie mogelijkheid, maar de geloofwaardigheid is voorlopig beperkt....
- * Voor de fossiele industrie is het disruptie-scenario een belangrijke waarschuwing en een doembeeld waartegen ze zich zullen verzetten

Bonus materiaal

Het drama van de officiële voorspellingen

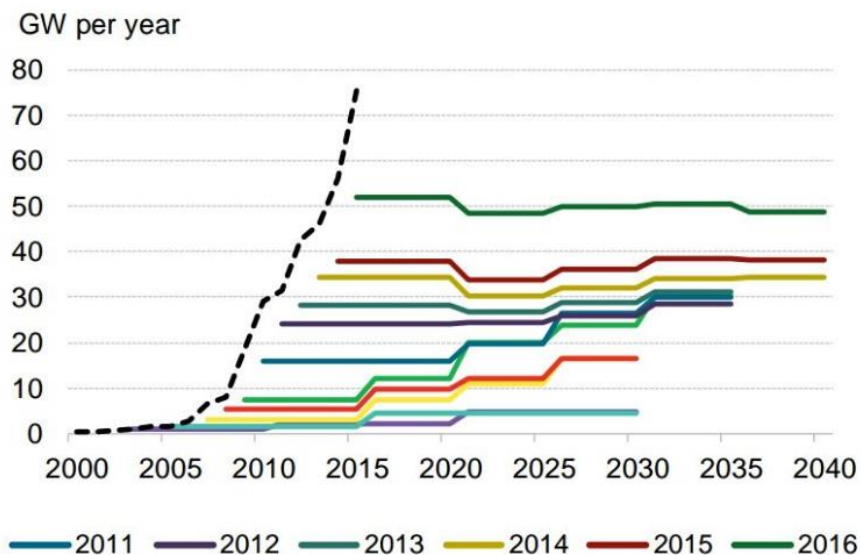
IEA solar capacity forecast evolution

Global cumulative solar installations



Note: 2004-2009 Reference, 2010-2016 New Policies Scenario

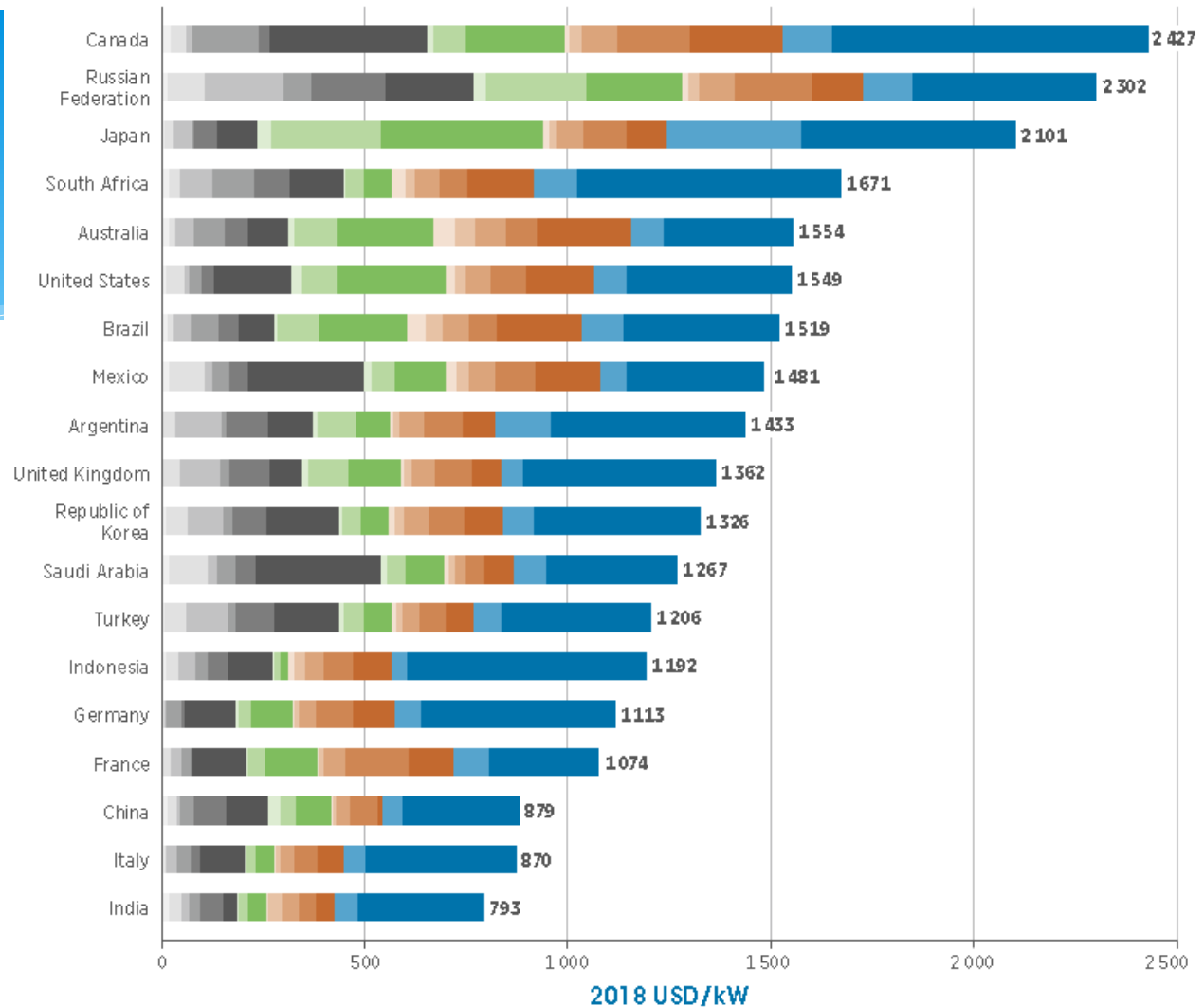
Annual solar additions



Source: IEA World Energy Outlook

PV-kosten

- * Bron: IRENA 2018
- * Totale kosten per kW
- * 1000-1900 kWh/kW/yr afhankelijk van met name de breedtegraad



Soft costs

- Margin
- Financing costs
- System design
- Permitting
- Incentive application
- Customer acquisition

Installation

- Mechanical installation
- Electrical installation
- Inspection

Hardware

- Modules
- Inverters
- Racking and mounting
- Grid connection
- Cabling/wiring
- Safety and security
- Monitoring and control

Tesla Solarroof V3



Inclusief 2 Powerwalls en een nieuw dak: \$83.000 voor 11 kW, 12.000 kWh/yr;

Knelpunt opslag

- * De groei van LIB-productie is groot maar nauwelijks toereikend voor EV en Grid toepassing
- * Meer vraag dan aanbod en de schaarste aan Lithium en Cobalt leidt tot prijsonzekerheid
- * Alternatieven zoals de Sodium Ion Battery, zijn nog niet echt in productie
- * De SIB heeft als voordeel dat hij waarschijnlijk gemaakt kan worden met dezelfde machines als de LIB
- * Over een paar jaar is meer duidelijkheid te verwachten over de ontwikkeling van de Lithium voorraad en het SIB-alternatief



Kostenvergelijking schone staalproductie processen

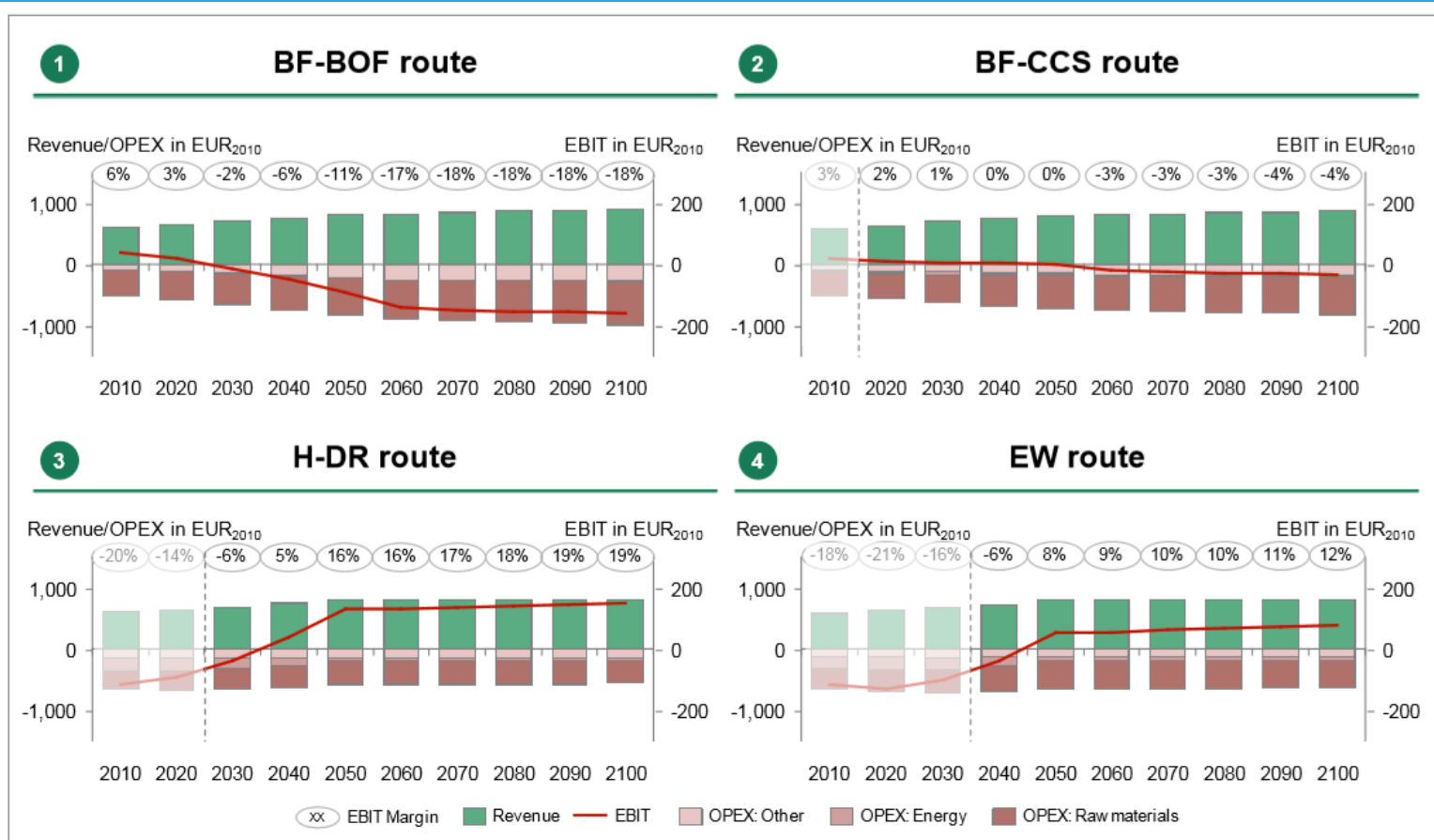


Figure 4-4: Economical comparison in the *ambitious* scenario Bron: Fishedick et al, Wuppertal Institute, 2014

- * De H-DR EAF route is bij 100€/ton CO₂-kosten duidelijk de beste route
- * Voordeel is dat tussenstappen met waterstof ipv cokes en kolen mogelijk zijn

Kunststof recycling met behulp van waterstof

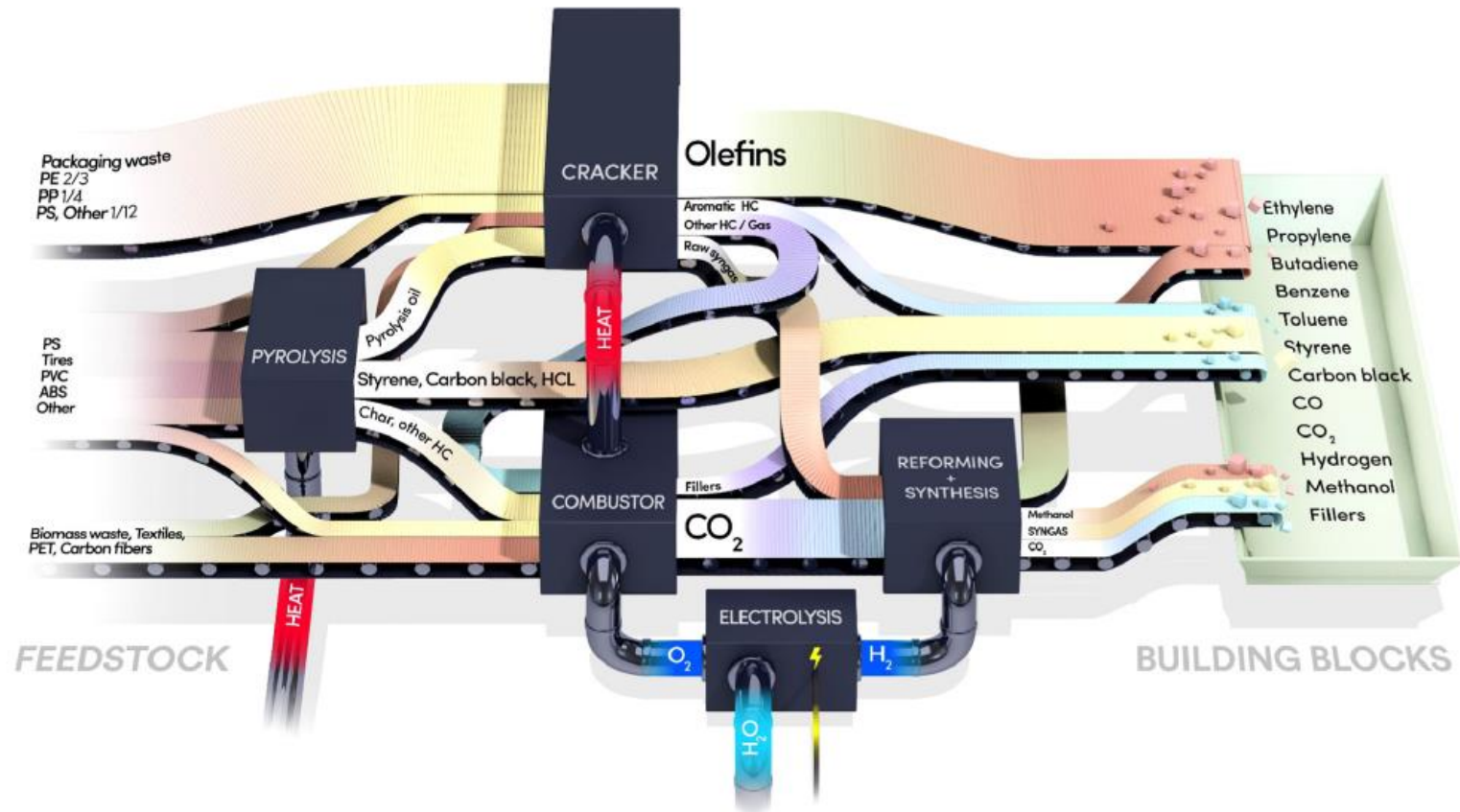


Fig. 24. Schematic of a technical solution for closing the material cycle of plastics using thermochemical recycling, which can handle any type of plastic waste (sorted or mixed) with close to 100% carbon recovery.

Circular use of plastics-transformation of existing petrochemical clusters into thermochemical recycling plants with 100% plastics recovery; Henrik Thunman et al 2019

Economische gevolgen

- * Een snelle afbraak van de fossiele energieproductie vormt een serieus knelpunt
- * Mondiale sector: 4000 Mld €/jr
- * 5% van het mondiale GDP
- * Miljoenen banen verdwijnen
- * Flinke verschuivingen in de internationale verhoudingen
- * De sector bereid zich niet voor
- * Olieprijs gaat langdurig omlaag
- * Veel beurswaarde verdamppt

Getroffen sectoren:

- * Olie- gaswinning
- * Kolenmijnbouw
- * Raffinage (grotendeels)
- * Petrochemie (deels)
- * Fossiele elektriciteitscentrales



Impact op Nederland

- * Olie- en gas industrie plus petrochemie is 5-10% van het BNP
- * Rijnmond wordt een drama
- * Bijna alle centrales dicht of stand-by
- * Innovatie gaat (te) langzaam
- * Er is geen solide plan dat rekening houdt met disruptie
- * Westerse Oil Majors zijn extra kwetsbaar (Shell, BP, Exxon) wegens relatief dure winning

