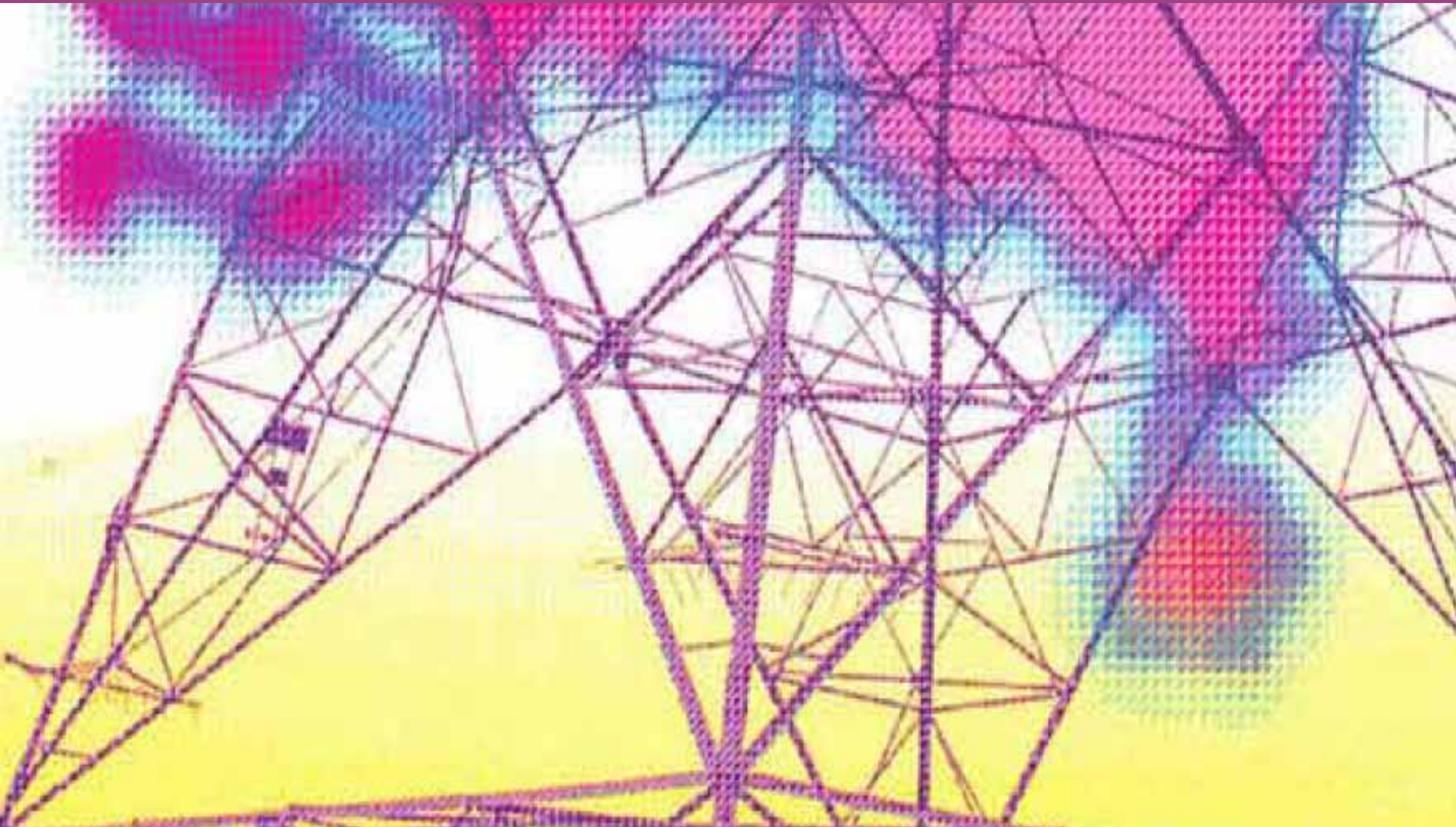


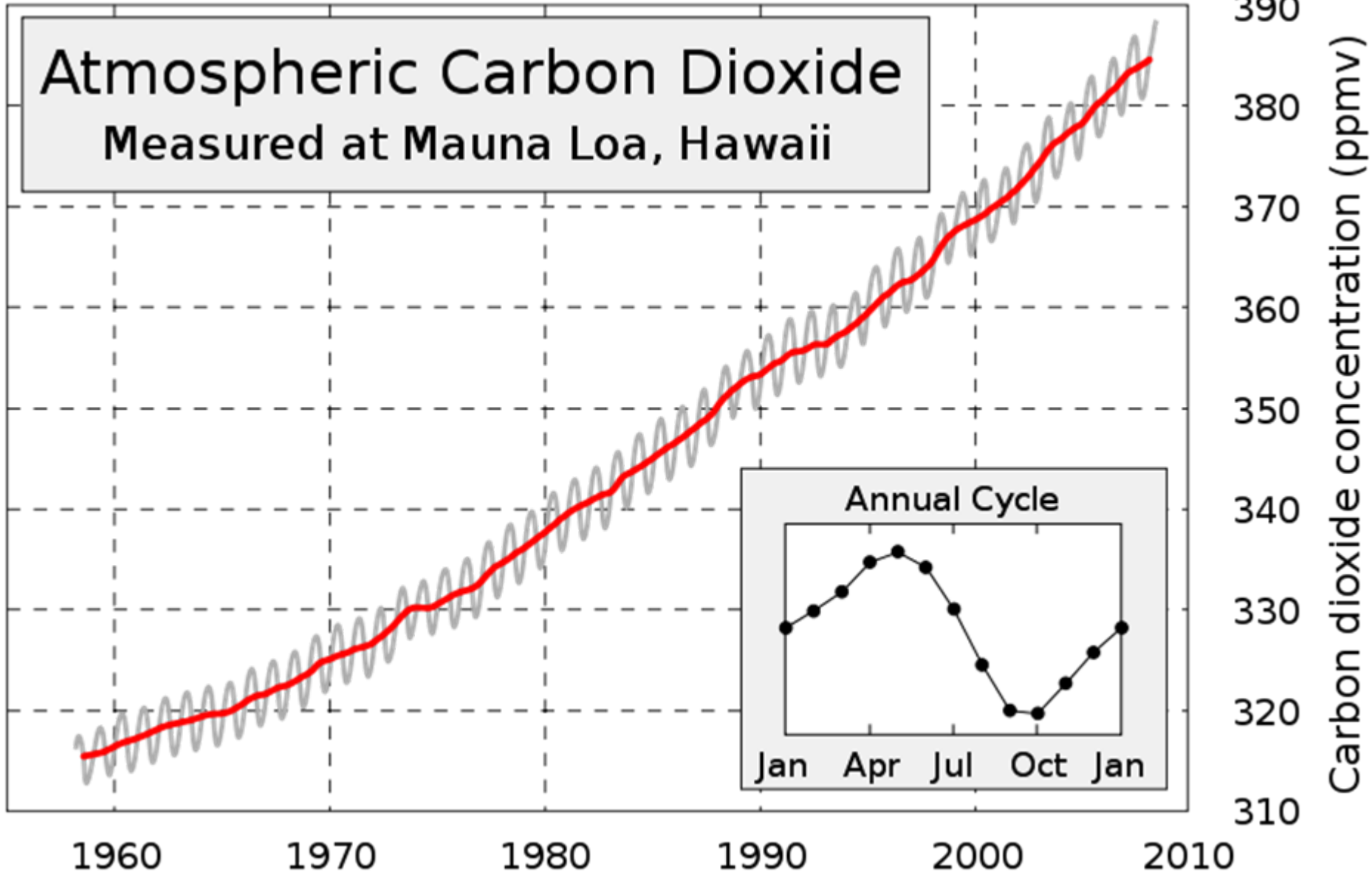
Kernenergie na Fukushima



1. Uitstoot broeikasgassen
2. Wereld energie scenario's
3. Europees energiebeleid
4. Nederlands energiebeleid
5. Reactorveiligheid
6. Ramp Fukushima Daiichi
7. Toekomstige energiemix en de rol van kernenergie

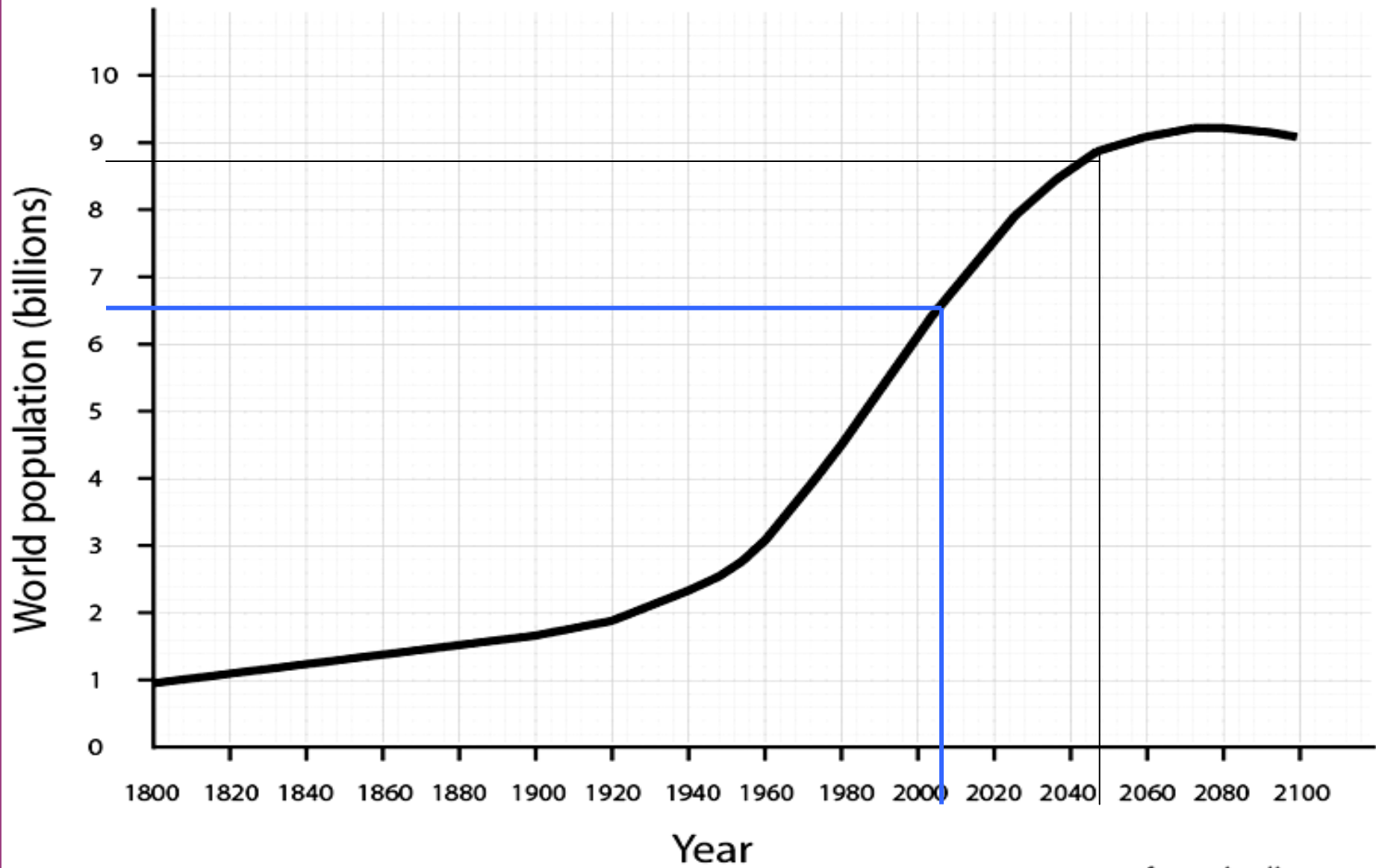
Milieu, CO2 uitstoot

March 2011: 393 ppm



Om de in internationaal verband afgesproken **doelstelling** om de **CO₂ concentratie** in de lucht niet de **450 ppm** te laten overschrijden moet de **CO₂ uitstoot** per 2050 met meer dan **50%** worden gereduceerd t.o.v. 2005.
(Sommige rapporten spreken over 80%)

Dit is een uitdagende doelstelling omdat



www.futuretimeline.net

Door de groei van de bevolking én van de economie zal de wereldwijde behoefte aan energie blijven toenemen.

Om de doelstelling (< 450ppm CO₂) te halen zal er een verandering in de mix van energiebronnen moeten komen. Deze mix is niet overal hetzelfde en is afh van plaatselijke omstandigheden.

Wereld energie scenario's

Rol kernenergie in de wereld energievoorziening

Door OECD/NEA werden twee energie scenario's uitgewerkt t.b.v. World Energy Outlook 2050 waarbij de doelstelling (< 450 ppm) bereikt wordt, te weten:

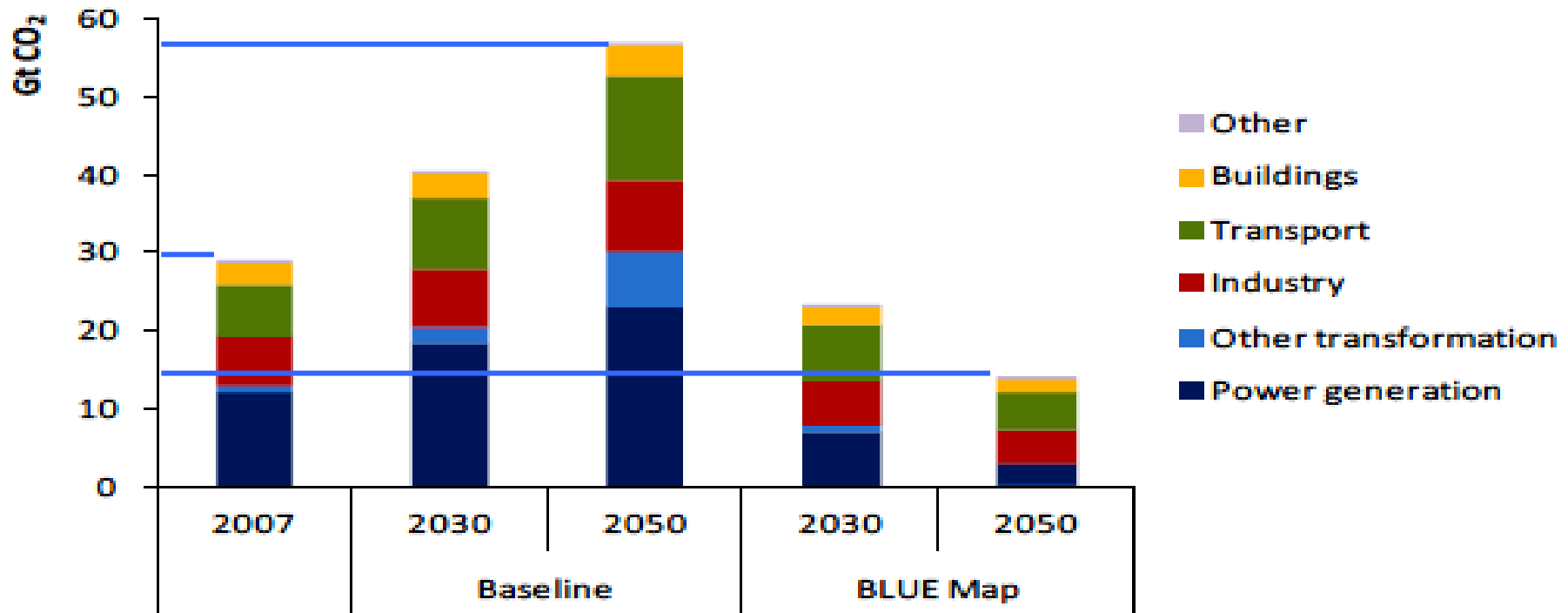
BLUE Map

en

BLUE High Renewables

**De wereldwijde elektriciteitsconsumptie verdubbeld in deze scenario's tot
40.000 TWh resp. 37.500 TWh in 2050**

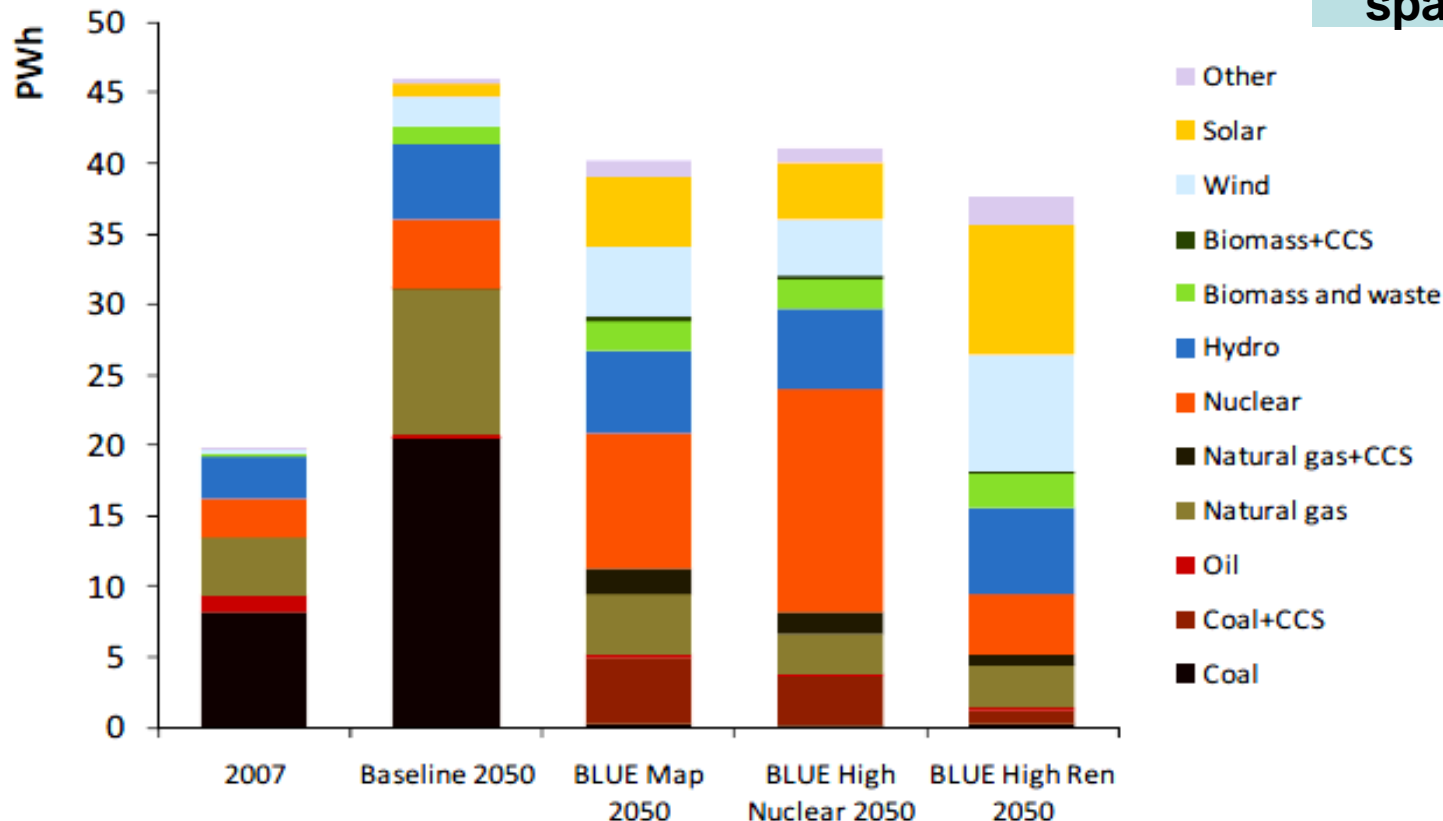
Global energy-related CO₂ emissions in the Baseline and BLUE Map scenarios



Global CO₂ emissions double in the Baseline, but in the BLUE Map scenario abatement across all sectors reduces emissions to half 2005 levels by 2050.

Decarbonising the power sector – a new age of electrification?

De energiemix is anders in 2050 en er wordt aan besparing gedaan



A mix of renewables, nuclear and fossil-fuels with CCS will be needed to decarbonise the electricity sector. **OECD/NEA 2010**

Overzicht elektriciteitsproductie

	2010	baseline 2050	Blue Map	Blue High ReNewbls
Renewbls	15,5%	21%	46%	69 %
Nuclear	16	11	24	11,5
Fossil	68,5	68	28	19,5

BLUE Map: verdeling in 2050:

Zon	12,6%	5.050 TWh/jr
Wind	12,8	5.200
Biomassa	6,1	2.450
Waterkracht	13,5	5.300
Kernsplijting	23,5	9.400
Aardgas	15,7	6.300
Kolen incl CCS	13,0	5.200
Andere bronnen	2,8	1.100
Totaal		40.000 TWh/jr

45%

BLUE High Renewables verdeling in 2050:

Zon	24,5 %	9.190 TWh/jr
Wind	21,7	8.140
Biomassa	7,2	2.700
Waterkracht	15,6	5.850
Kernsplijting	11,5	4.310
Aardgas	9,7	3.640
Kolen incl. CCS	4,0	1.500
Andere bronnen	5,8	2.170
Totaal		37.500 TWh/jr

69%

windenergie

Blue Map

Blue High ReNew

geïnstalleerd / per jaar

geïnstalleerd / per jaar

2010	137 GW		137 GW	
2020	300	16 GW	400	26 GW
2030	600	30	900	50
2040	1000	40	1600	70
2050	1780	80	2774	110

per GWatt windgenerator is 1000 ton Neodymium benodigd voor de permanente magneten en nog paar % Dysprosium.

De huidige wereld productie bedraagt 128.000 ton Nd / jaar (eq aan **128 GWatt / jaar**).

Blue Map en Blue High kunnen problemen krijgen met de beschikbaarheid van deze benodigde lanthaniden.

Kernenergieopbouw tot 2050

Scenario	Blue Map	BlueHigh Renewable
In 2010	2950 TWh/jr	2950 TWh/jr
2020	3650	3150
2030	4400	3500
2040	6000	3900
2050	9400	4310

Een 1000 MWe centrale produceert bij een beschikbaarheid van 85% 7,45 TWh / jaar

BlueMap scenario 2050

9400 TWh (:) 1260 LWR's van 1000 MWe

BlueHighReNew scenario 2050

4310 TWh (:) 580 LWR's van 1000 MWe

Europees Energiebeleid

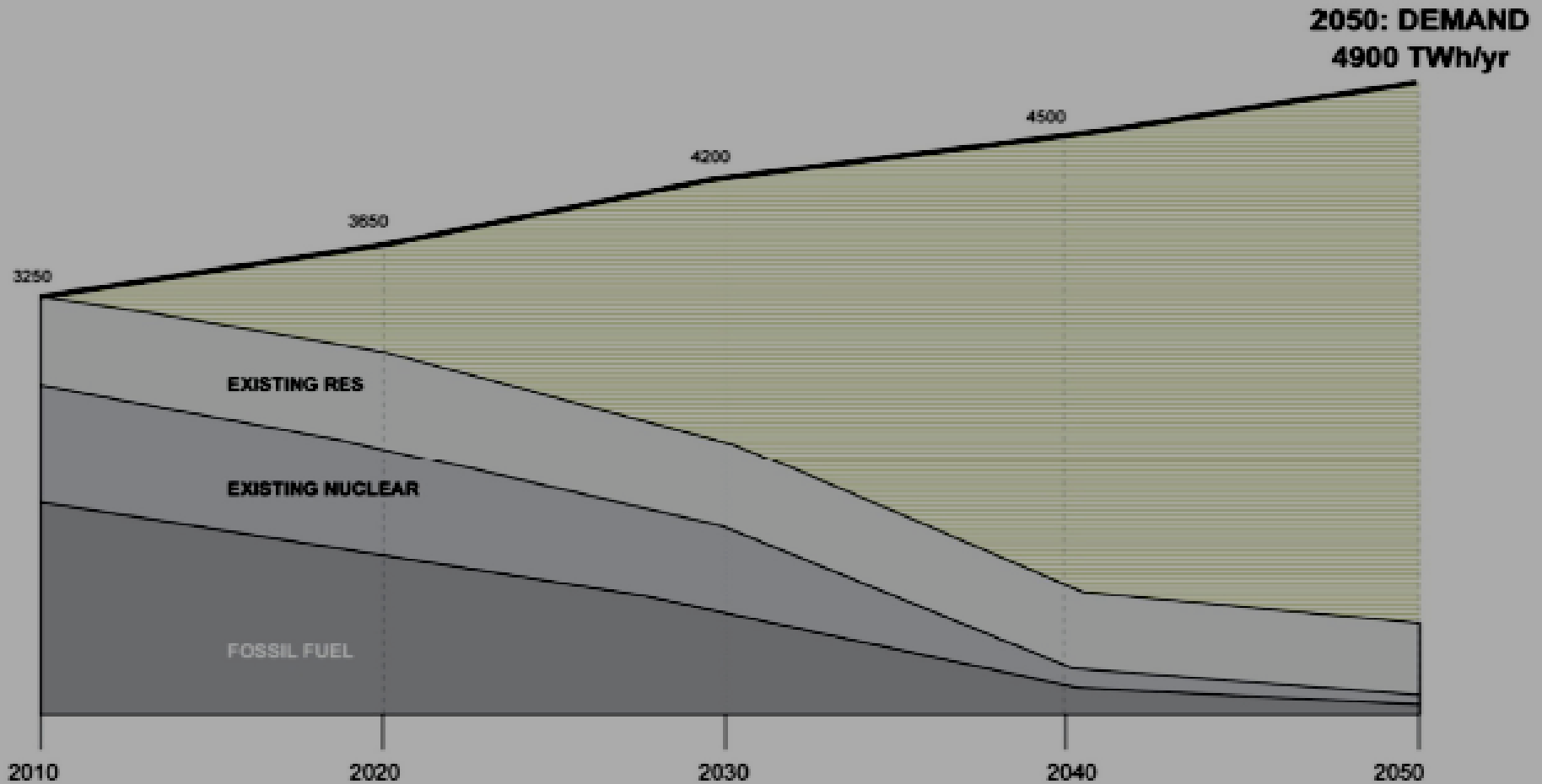
Opgesteld E-vermogen Europa

2008

kolen	191 GWatt	65% ouder dan 25 jr
aardgas / olie	201 GWatt	40% ouder dan 40 jr
waterkracht	185 GWatt	
kernenergie	136 GWatt	70% vervangen < 25 jr
windenergie	37 GWatt	
andere bronnen	53 GWatt	

totaal 803 GWatt

Elektriciteitsvraag van EU27 plus Noorwegen en Zwitserland in 2050



RWE factbook Generation Capacity in Europe

juni 2007

Tot 2020 moet 220 Gwatt bijgebouwd worden aan E-vermogen

bv. iedere 3 weken een E-centrale van 1000 Mwatt

bij een bouwtijd van 4 jaar steeds 70 centrales in aanbouw

Tot 2030 moet 580 Gwatt bijgebouwd worden aan E-vermogen

bv. iedere 10 dagen een E-centrale van 1000 Mwatt

bij een bouwtijd van 4 jaar steeds 150 centrales in aanbouw

voor europa is dat een ongekend snelle aanbouw van nieuwe elektriciteitscentrales !

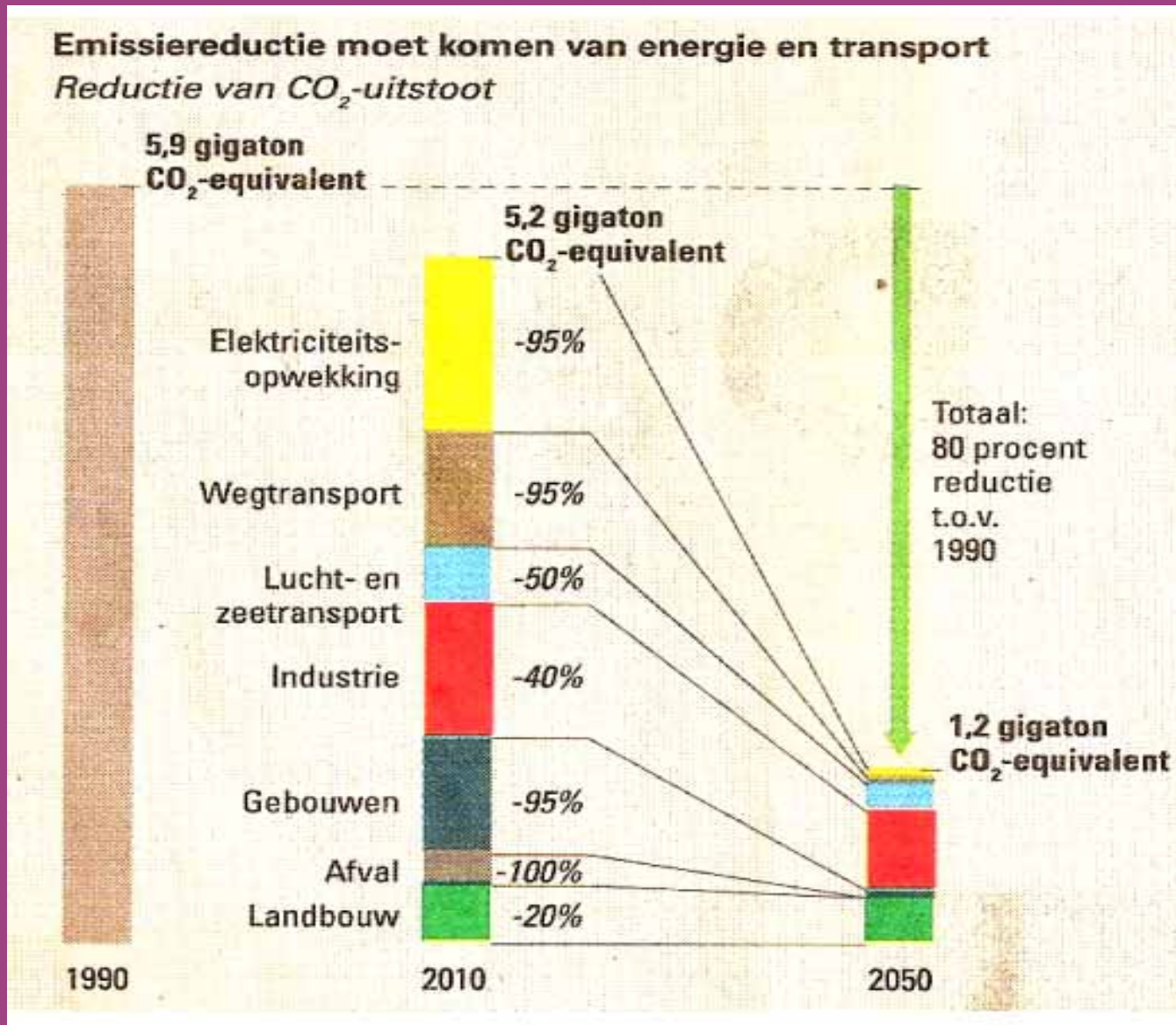
In juli 2009 kondigden de leiders van de Europese Unie en van de G8-landen de nieuwe doelstelling aan om de CO2 uitstoot van broeikasgassen in 2050 met 80% te hebben gereduceerd tov. de die in 1990.

De European Climate Foundation (ECF) kondigde een studie aan hoe deze doelstelling gerealiseerd kan worden en wat de implicaties zijn voor de Europese industrie, ijb. de elektriciteitsbedrijven:

“ Roadmap 2050,
a practical guide to a prosperous, low-carbon Europe “

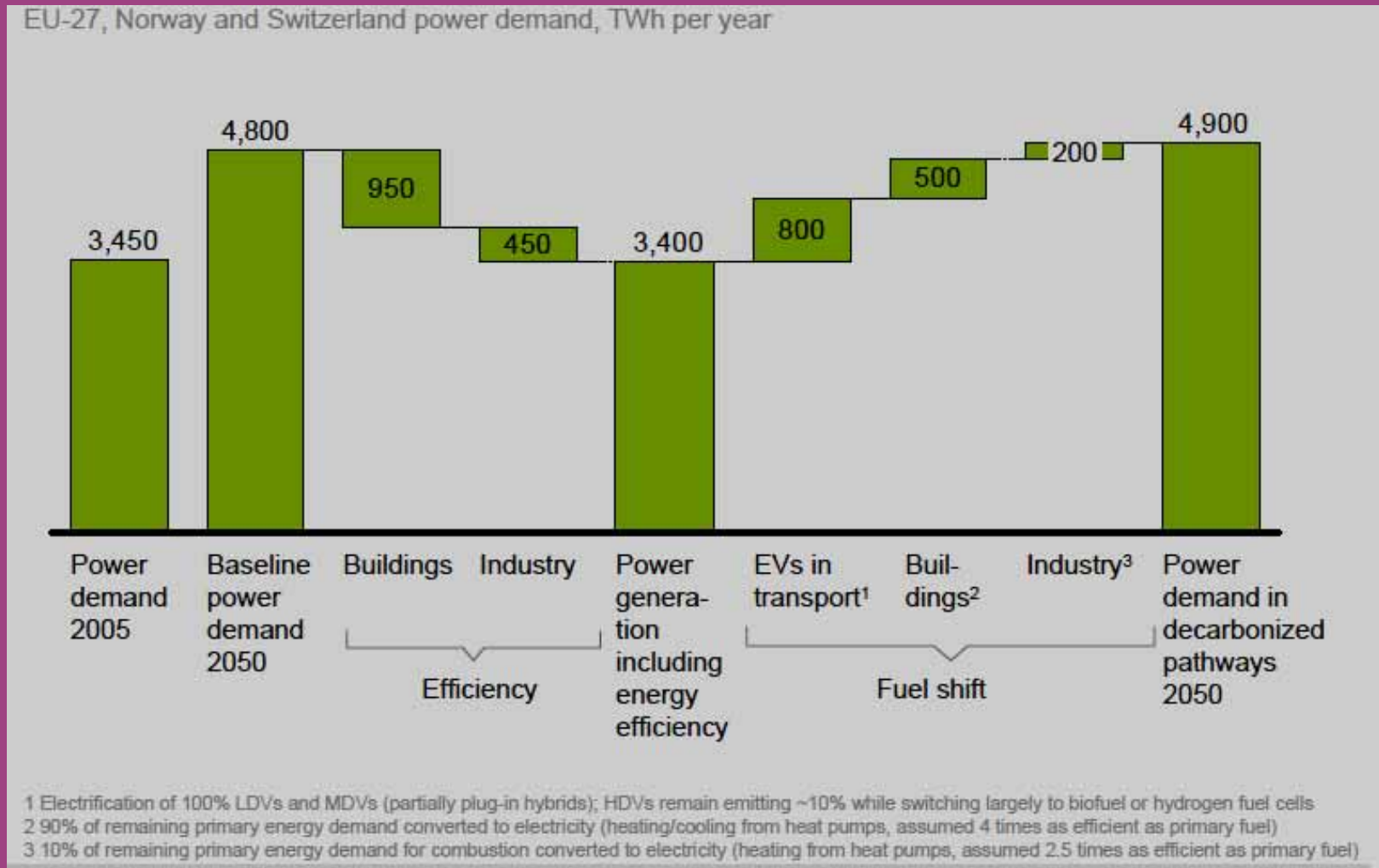
G8-top in L'Aquila (april 2010) beloofde 80% CO₂ reductie in 2050

"Roadmap 2050" v/d European Climate Foundation



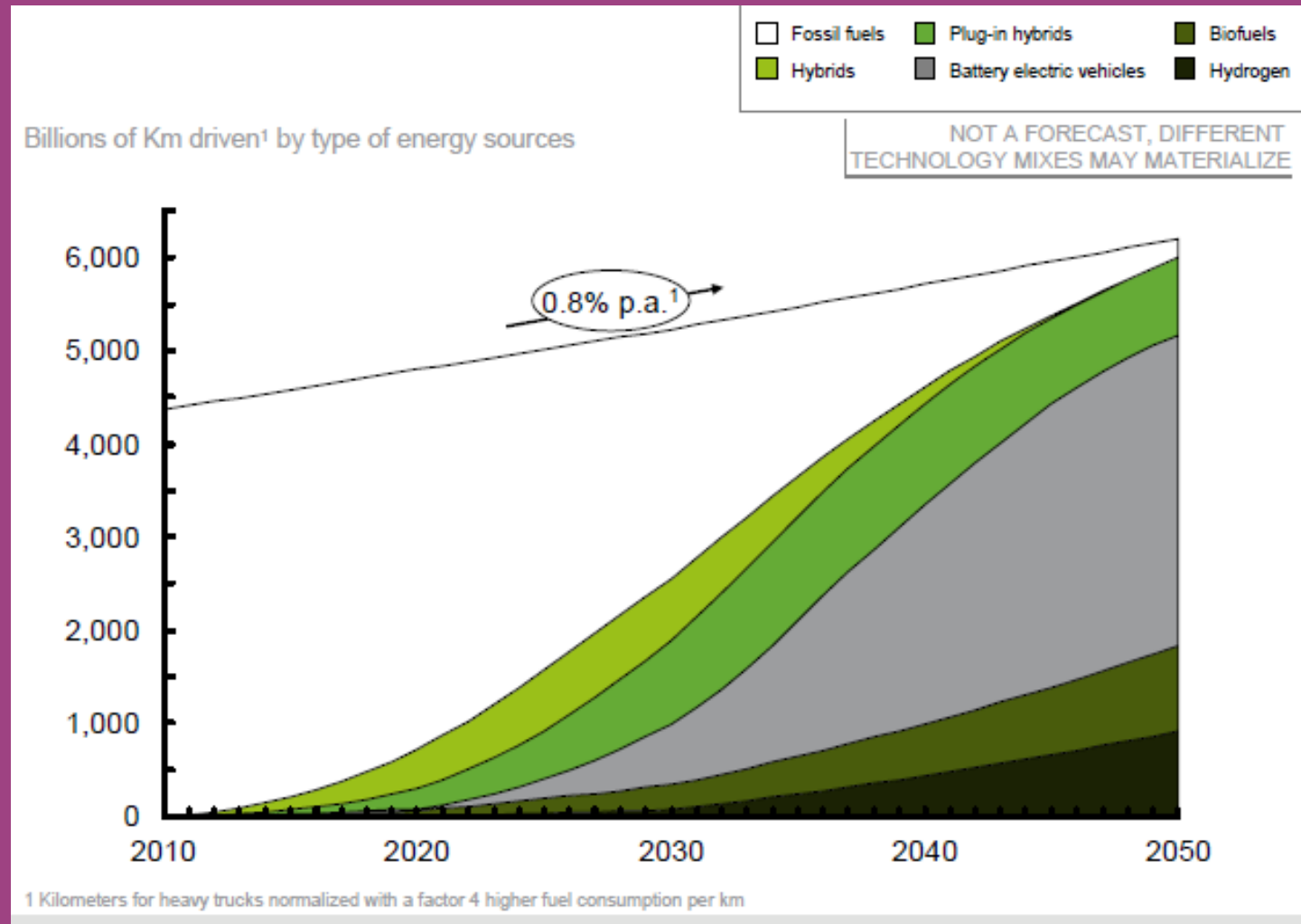
ECF 2010:

Elektriciteit behoefte wordt lager door meer efficiëntie in gebouwen en industrie, wordt groter door elektrificatie in transport en gebouwen



ECF 2010:

Koolstofvrij transport zal uit een mix bestaan van elektrische voertuigen, bio-brandstoffen en waterstof voertuigen met brandstofcellen



ECF 2010:

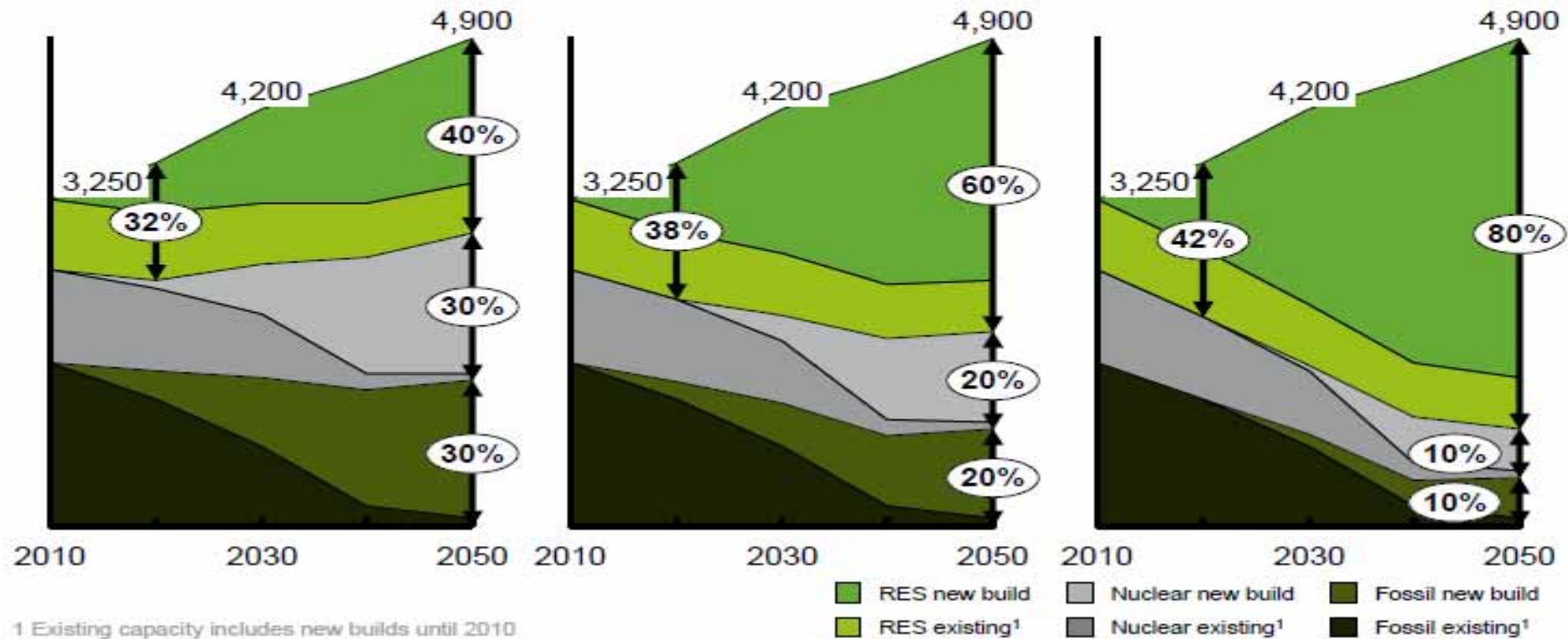
Ontwikkeling van de hernieuwbare bronnen, nucleair en fossiele brandstoffen in de verschillende elektriciteitsproductie strategieën voor 2050

Power supply development by technology, based on forecasted power demand, TWh

40% RES pathway

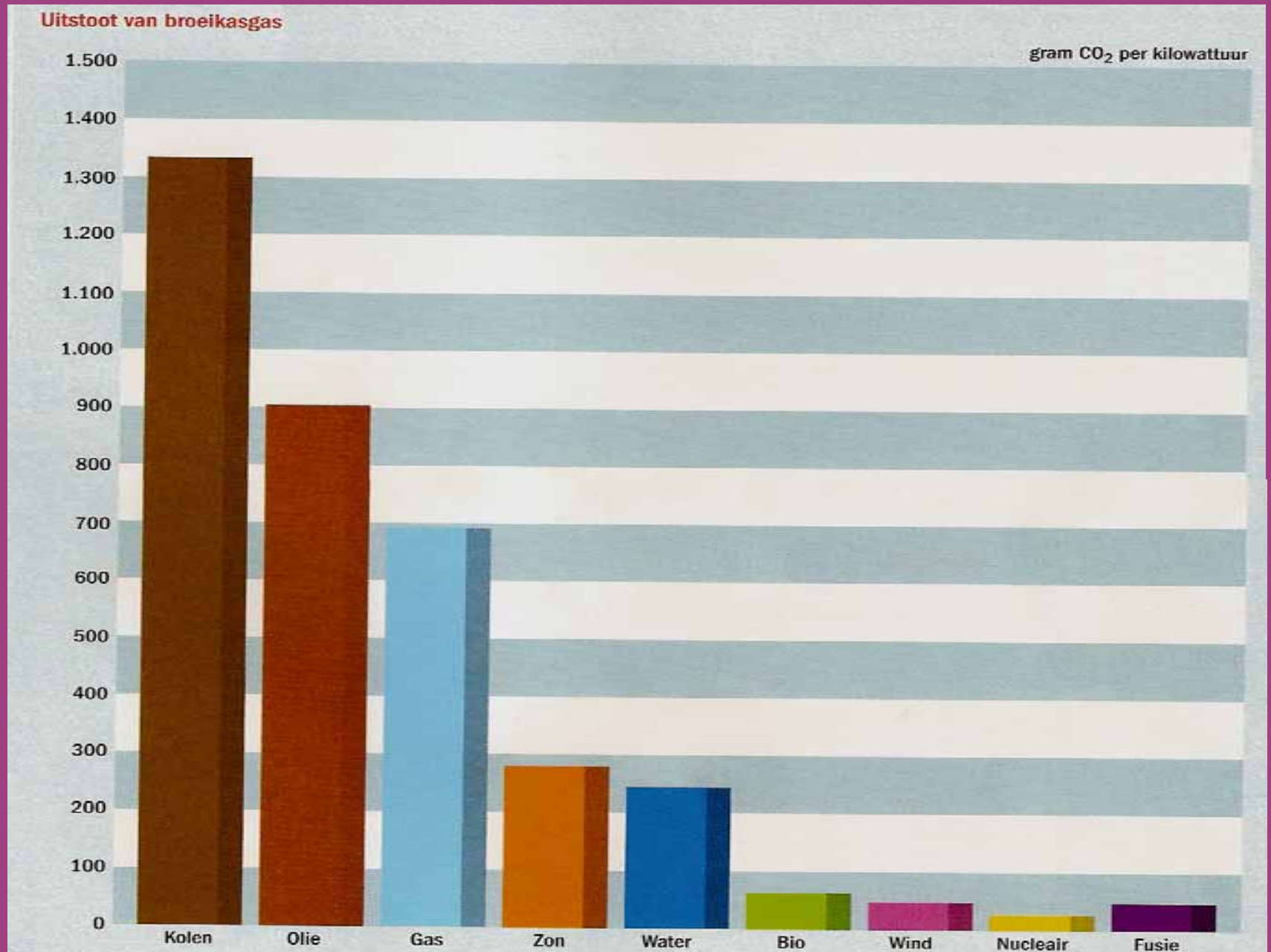
60% RES pathway

80% RES pathway

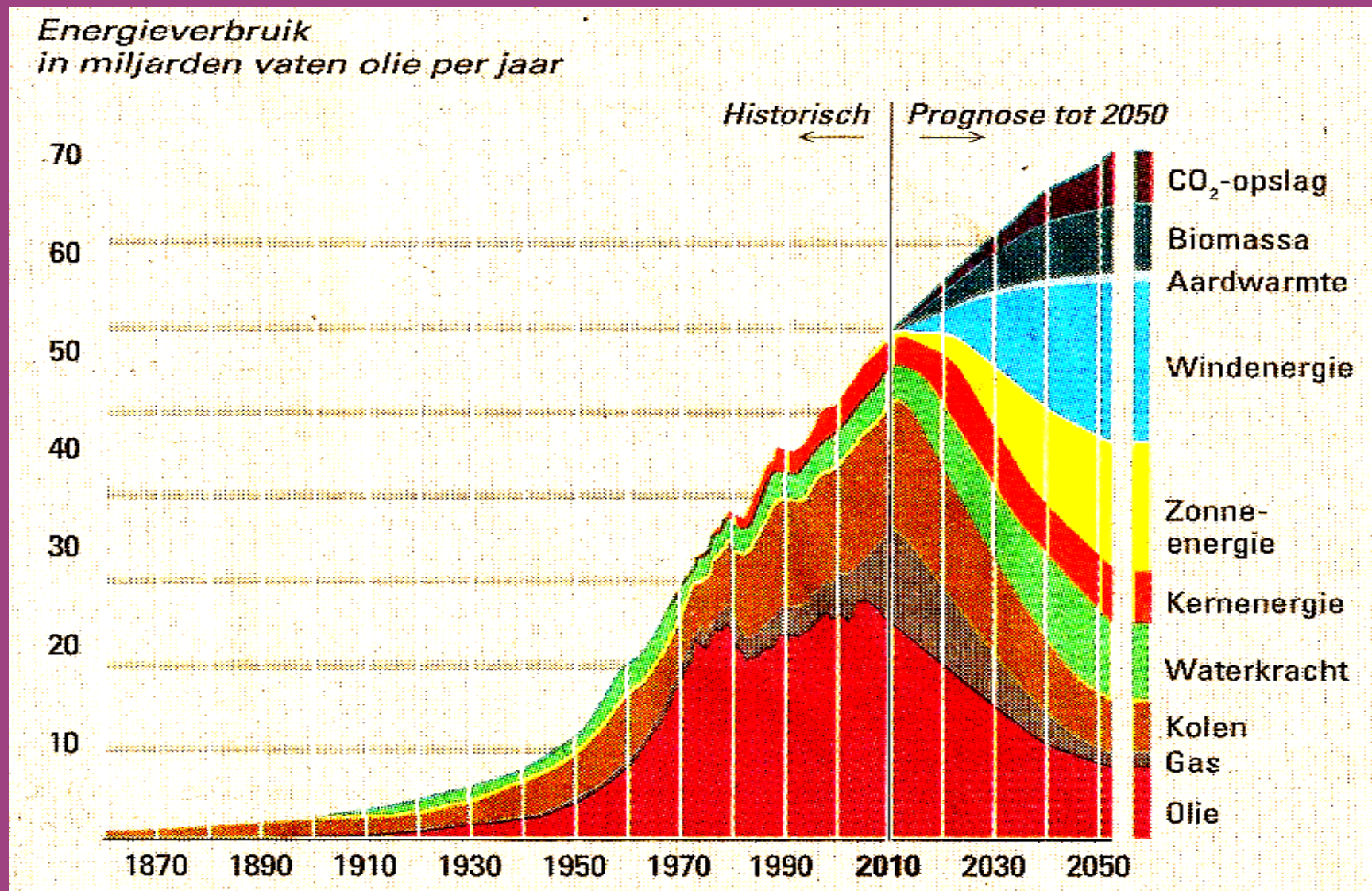


Uitstoot van broeikasgas

gram CO₂ per kilowattuur



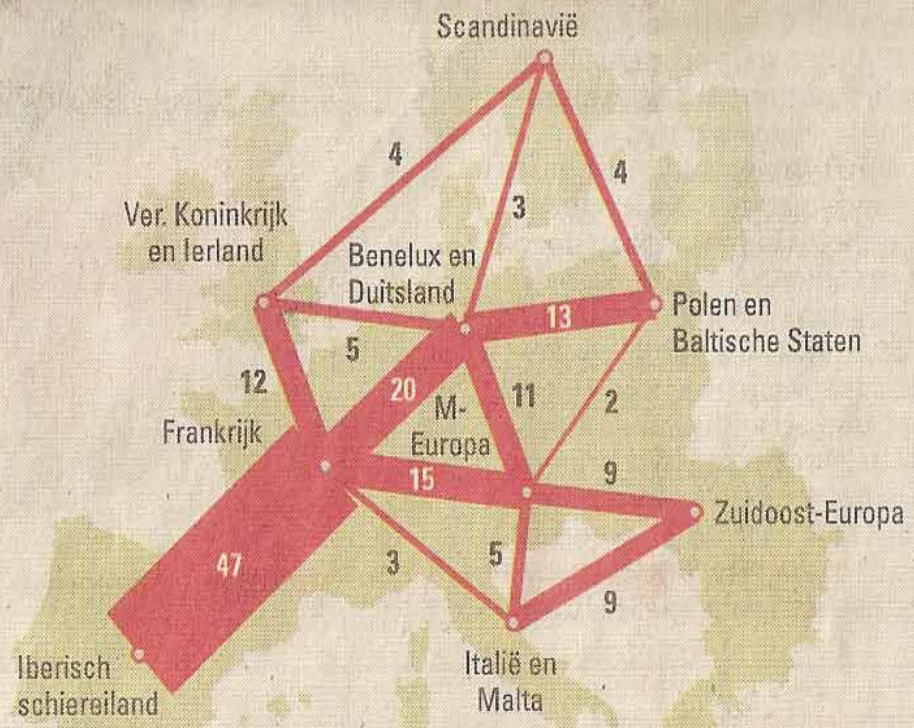
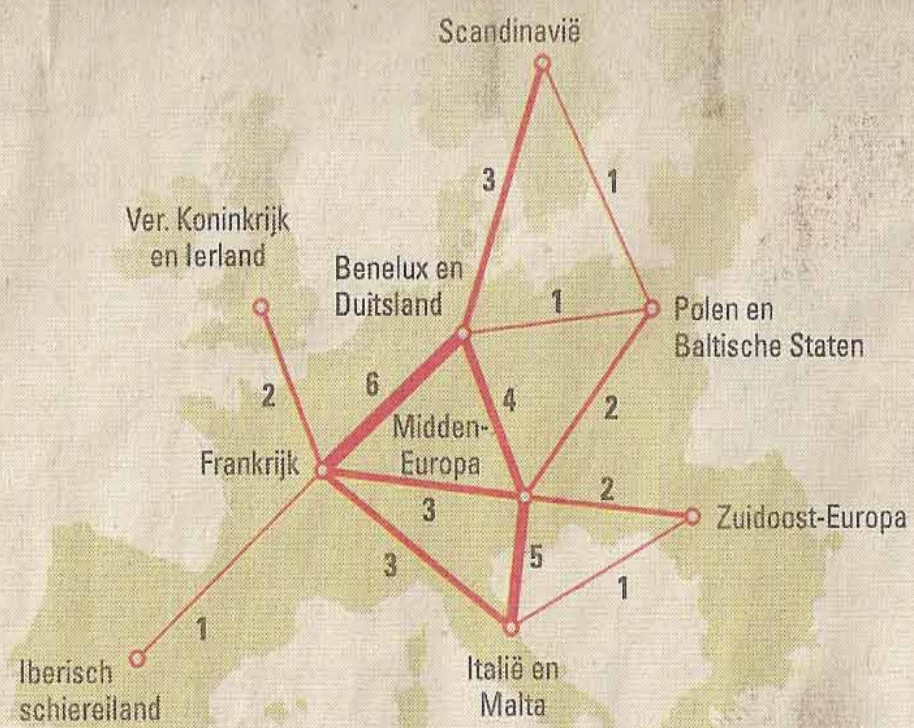
European Climate Foundation 2010: aandeel fossiele brandstoffen gaat fors dalen om 80% CO₂ reductie te realiseren



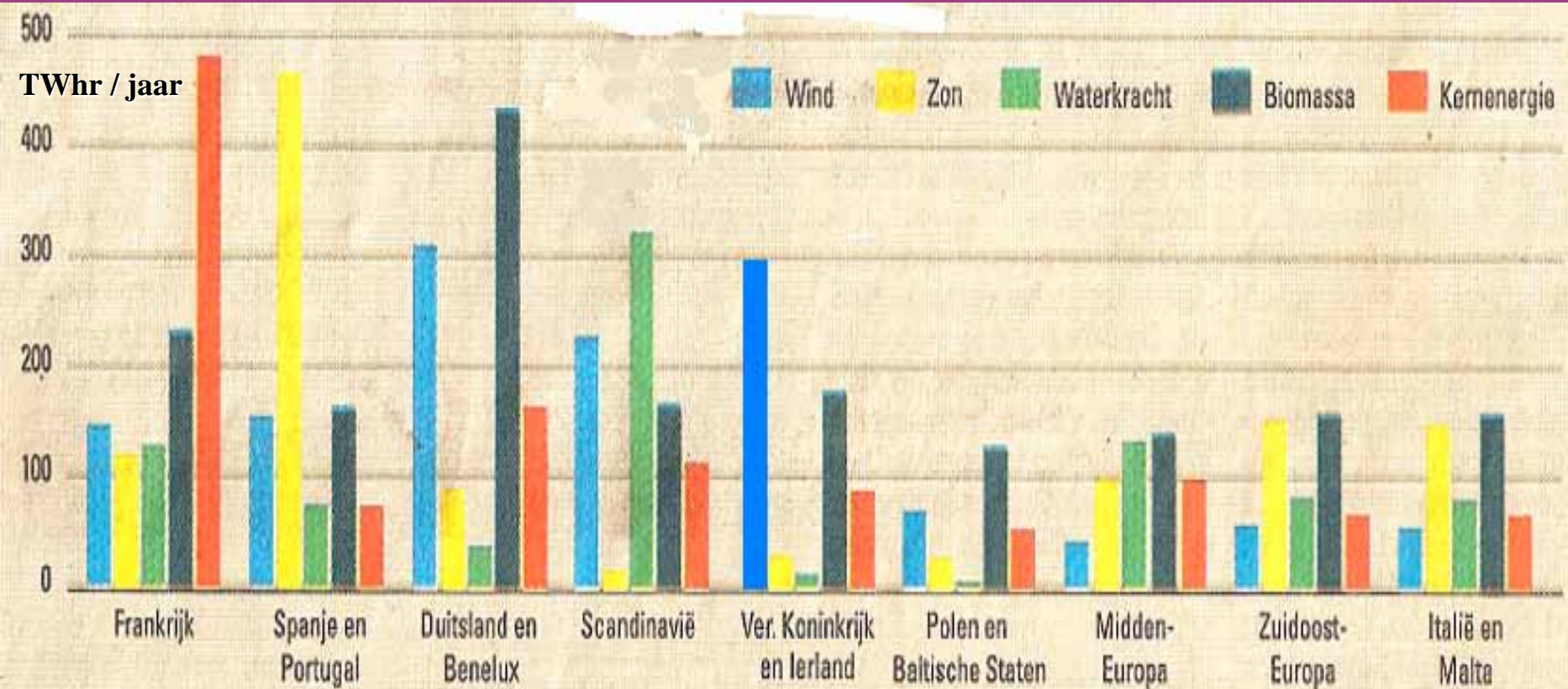
Koppeling en versterking van de Europese elektriciteitsnetwerken is vereist om 80% reductie in de CO2 uitstoot te bewerkstelligen (ECF 2010)

bestaande capaciteit EU netwerken

benodigde capaciteit in 2050



European Climate Foundation 2010: Roadmap 2050 gewenste reductie van 80% van de CO2 uitstoot



Voor de energieopwekking is per regio een mix aan schone brandstoffen nodig:
40 tot 80% duurzame energie (wind, zon, waterkracht, biomassa)
10 tot 30% kernenergie
0 tot 30% fossiele brandstoffen met opslag van CO2

ENERGY RESOURCES IN 2050 (HIGH RES PATHWAY)

RENEWABLE TECHNOLOGIES ARE ALLOCATED TO REGIONS BASED ON THE NATURAL OCCURRENCE OF THE RENEWABLE SOURCE.

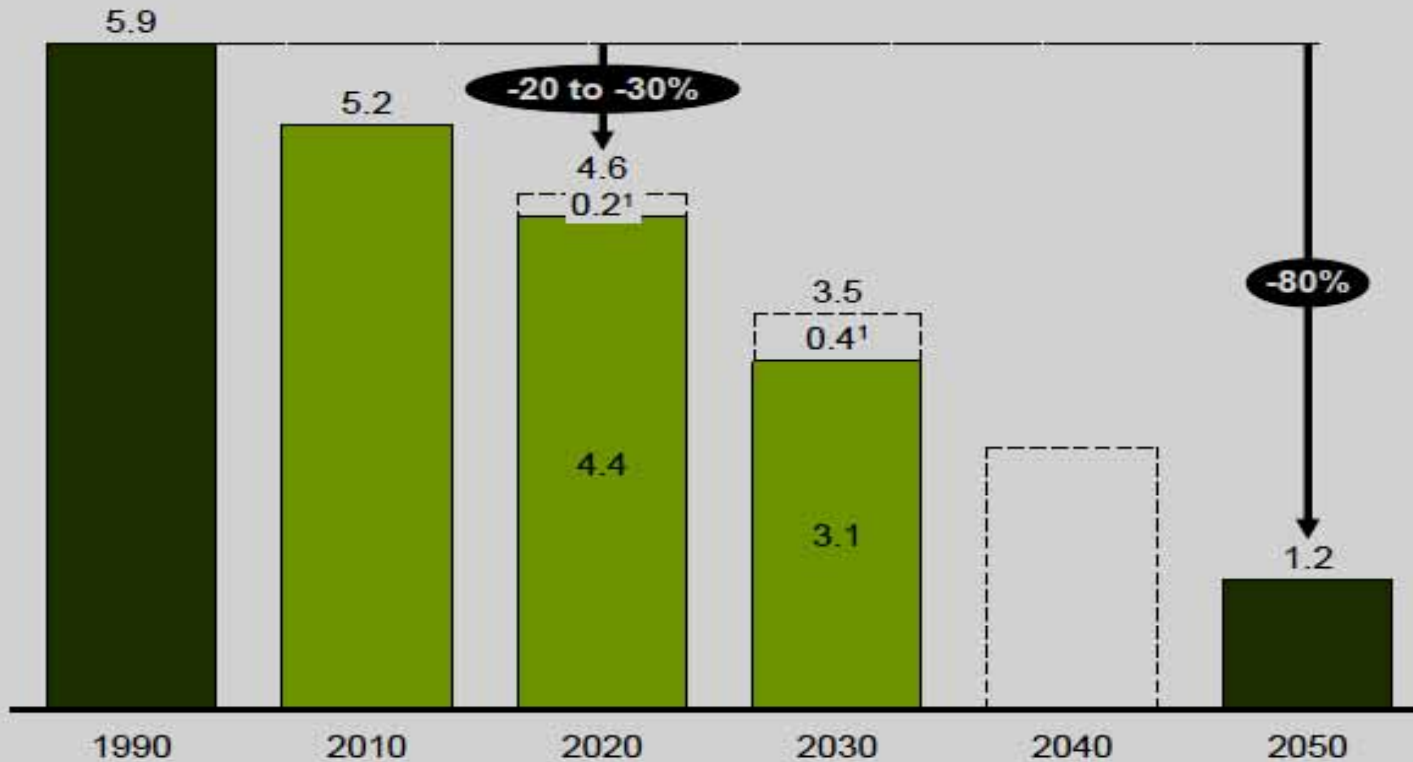


SOURCE: Modeling 2050 Technical Model

© 2010 E.ON Energy Research Center

80% CO2 reductie voor de EU-27 landen in 2050 betekent 20 - 30% CO2 reductie in 2020 !

EU-27 total GHG emissions in decarbonized pathway, GtCO₂e per year



¹ Timing of emission reductions depends on speed of implementation of abatement levers identified in the McKinsey Global GHG Abatement Cost Curve and the fuel shift towards CO₂-free electricity

SOURCE: McKinsey Global GHG Abatement Cost Curve; IEA WEO 2009; US EPA; EEA; Team analysis

NRC Handelsblad 19-09-2011

Topman Peter Loscher:

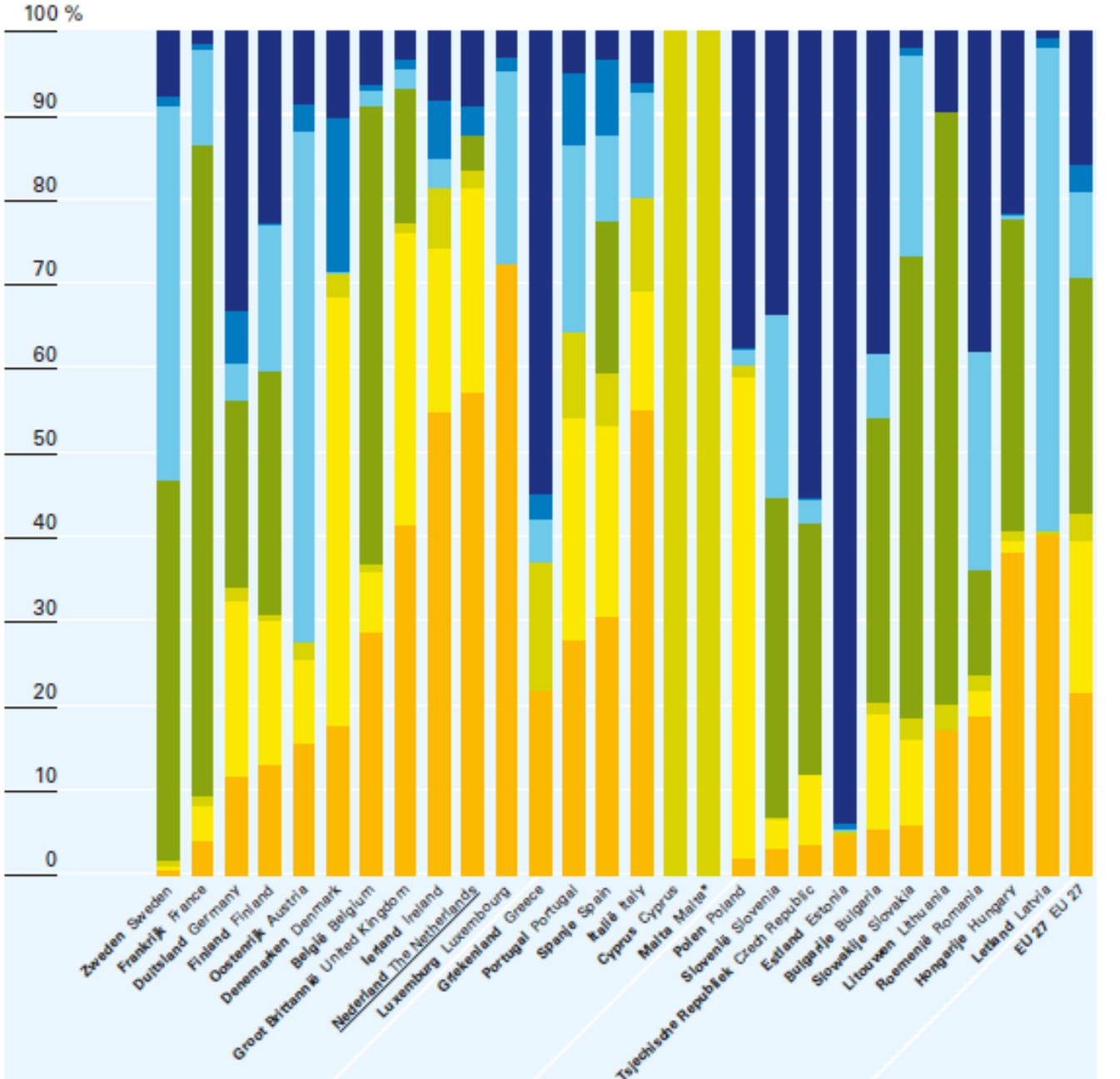
Siemens besloot in januari haar aandelen in het Franse nucleaire concern AREVA te verkopen

Siemens wil zich meer richten op duurzame energie : windgeneratoren en elektrische auto's

Het doel van de Duitse regering om het aandeel groene stroom in de elektriciteitsproductie op te voeren tot 35% in 2020 noemt Loscher "haalbaar".

Nederlands energiebeleid

PROCENTUELE VERDELING BRANDSTOFFENPAKKET
VOOR DE TOTALE ELEKTRICITEITSPRODUCTIE IN
EUROPA (2009)



- overig
- wind
- waterkracht
- uranium
- olie
- kolen
- aardgas

bron:

Speciale editie Elsevier augustus 2011

“Hoe kernenergie wegzakte in bestuurlijk drijfzand”
Eric Vrijsen



DEBATAVOND In het kader van de Brede Maatschappelijke Discussie waren er veel bijeenkomsten, zoals deze in het Amsterdamse hotel Krasnapolsky in 1983

- 1974** Kabinet-Den Uyl wil drie nieuwe kerncentrales
- 1975** Kalkarheffing op energie-nota. Verzet krijgt vleugels
- 1979** Kabinet-Van Agt wil drie centrales, maar eerst Brede Maatschappelijke Discussie
- 1984** Eindrapport BMD: Borssele en Dodewaard blijven open; geen nieuwe centrales
- 1985** Laag- en middelradioactief afval niet langer in zee gedumpt
- 1985** Kabinet-Lubbers wil twee nieuwe centrales
- 1986** Kerncentrales opgeschort na Tsjernobyl
- 1997** Dodewaard dicht, maar Borssele blijft open tot 2013
- 2006** Borssele blijft open tot 2033
- 2010** Kabinet-Rutte wil twee nieuwe kerncentrales

Een paar jaar geleden waren de stroomprijzen in NL zo'n 10% hoger dan in de omringende landen

- Grote afhankelijkheid van het steeds duurder wordend aardgas
 - aanstaande uitputting van het aardgasveld bij Slochteren
 - onvoldoende internationale hoogspanningsverbindingen
 - voor de industrie was dit een groot probleem
 - duizenden banen in de aluminium- en chemische industrie stonden op de tocht
 - onder aanvoering van de ondernemingsorganisatie VNO-NCW werden nationale en internationale energiebedrijven gevraagd dit probleem op te lossen
- kabinet Balkenende 2 : moderne schone kolencentrales werden als beste oplossing gezien, kernenergie had gebrek aan politiek draagvlak

Energie rapport 2005

kabinet Balkenende 2

- Het aandeel olie en gas in onze energievoorziening moet aanzienlijk omlaag gebracht worden
- er moet ruimte komen voor duurzame energie en voor schoon fossiel
- waaronder schone kolentechnologie

Energie rapport 2008

(kabinet Balkenende 4)

- Omdat alle opties open gehouden worden voor de elektriciteitsvoorziening in NL, staat het kabinet open voor investeringen door marktpartijen in nieuwe kolencentrales
- Structuurschema Elektriciteitsvoorziening van min. EZ en VROM: (SEV 3 / 2008):
- bevat ruimtelijke reserveringen voor 23 plaatsen voor grootschalige elektriciteitsopwekking
- waaronder Maasvlakte en Eemshaven (bijzonder geschikt voor aanvoer over zee van kolen en biomassa)

Eemshavencentrale van Essent / RWE

- Oudere kolencentrales kunnen worden vervangen (milieu winst)
- RWE's centrale is veel flexibeler op- en af te schakelen, is daarmee te vergelijken met gascentrales,
- hierdoor kan beter worden ingespeeld op wisselend aanbod van windenergie
- in de Amercentrale van RWE kan al tot 35% van de kolen vervangen worden door duurzame en gecertificeerde biomassa
- dat kan op termijn ook in de Eemshavencentrale

» bron: NRC 17 sept 2011 (Peter Terium: CEO Essent & vv rvb RWE)

Veiligheid van kernreactoren

De veiligheidsanalyse is vanaf het begin een dominant onderwerp geweest en deze moet antwoord geven op:

1. Wat kan er mis gaan.
2. Hoe waarschijnlijk is het dat dit gebeurt.
3. Wat zijn de consequenties als het gebeurt

Centrale thema hierbij is: KOELING, koeling,
Koeling reactorkern onder alle omstandigheden

- Veiligheidsaspecten zijn vanaf het begin een van de belangrijkste punten van aandacht. Daarom is hierin ook een **evolutie** te zien.
- Naast de **deterministische** veiligheidsanalyse werd in de zeventiger jaren ook de **probabilistische** veiligheidsanalyse ingevoerd.

Probabilistic Risk Assessment (PRA)

Hierbij wordt berekend:

- De totale kans van optreden van ongevalscenario's die tot kernsmelten leiden, op basis van frequenties van inleidende gebeurtenissen en een betrouwbaarheidsanalyse van de diverse systemen (niveau-1PSA);
- De kans op falen van de reactorinsluiting (uitgaande van de kernsmeltscenario's) en de kenmerken van de ongevalslozing (niveau-2-PSA);

Probabilistic Risk Assessment (vervolg)

- De gevolgen voor mens en milieu in termen van gezondheidsschade, zowel acuut als laat, en mogelijk ook van economische effecten (niveau-3-PSA).

Reactorontwerpen evolueren hetgeen o.a. zichtbaar wordt door de resultaten van de gemaakte PRA-studies

BWR Mark I	1×10^{-5}	per plant per jaar
BWR Mark III	1×10^{-6}	
ABWR	2×10^{-7}	
ESBWR	3×10^{-8}	
PWR gen. I	1×10^{-5}	
AP 1000	5×10^{-7}	
EPR	4×10^{-7}	

Wat betekent een kans van 10^{-4} ?

Voor een individuele reactor wil dat zeggen dat er eenmaal in de 10.000 jaar een ernstig accident kan worden verwacht.

Bij 400 reactoren in bedrijf betekent dat dat er eenmaal in de 25 jaar een ernstig accident met een van de reactoren kan worden verwacht.

De meeste reactoren die nu operationeel zijn kennen een kans van 10^{-5} . Generatie III reactoren kennen een kans van 10^{-6} tot 10^{-7}

In het Blue Map scenario zouden er in 2050 wereldwijd circa 1250 reactoren operationeel zijn.

Dat wil zeggen dat bij een faalkans van 10^{-6} , dat er eenmaal in de 800 jaar een ernstig accident zou kunnen plaats vinden.

De reactor levensduur van 60 jaar ligt hier ruim binnen.

De kans op een kernsmeltongeval wordt in generatie III reactoren verder beperkt door:

- Toepassing van Passieve koelsystemen (gebruik maken van zwaartekracht, natuurlijke convectie etc)
- Toepassing van van elkaar gesepareerde redundante koelsystemen
- Voldoende wateropslag binnen het containment
- Noodstroomvoorzieningen verspreid op te stellen

Een kernsmelt accident is nooit helemaal uit te sluiten daarom is er alles op gericht de radioactiviteit binnen het containment te houden, door:

- **Installatie van core catcher**
- **Waterstof recombinitie eenheden**
- **Bestand tegen impact van buiten en van binnenuit**
- **Gebouw (zonodig) ontwerpen op hogere schokken (g-waarden)**
- **Beton voor de gebouwen wordt in een keer en continu gestort.**

Ramp Fukushima

Overzicht van de generatie 2 kernreactoren

Reactor type	Main Countries	Number	GWe	Fuel	Coolant	Moderator
Pressurised Water Reactor (PWR)	US, France, Japan, Russia, China	265	251.6	enriched UO ₂	water	water
Boiling Water Reactor (BWR)	US, Japan, Sweden	94	86.4	enriched UO ₂	water	water
Pressurised Heavy Water Reactor 'CANDU' (PHWR)	Canada	44	24.3	natural UO ₂	heavy water	heavy water
Gas-cooled Reactor (AGR & Magnox)	UK	18	10.8	natural U (metal), enriched UO ₂	CO ₂	graphite
Light Water Graphite Reactor (RBMK)	Russia	12	12.3	enriched UO ₂	water	graphite
Fast Neutron Reactor (FBR)	Japan, France, Russia	4	1.0	PuO ₂ and UO ₂	liquid sodium	none
Other	Russia	4	0.05	enriched UO ₂	water	graphite
TOTAL		441	386.5			

GWe = capacity in thousands of megawatts (gross)

Source: Nuclear Engineering International Handbook 2008

de Kerncentrales van Fukushima Daiichi

die zwaar getroffen werden door de aardbeving en tsunami van 11 maart 2011

	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4
Reactor type	GE-BWR 3	GE-BWR 4	GE-BWR 4	GE-BWR 4
Containment	Mark 1	Mark 1	Mark 1	Mark 1
Constructie Reactor	General Electric	General Electric	Toshiba	Hitachi
Pe / Pth (Mwatt)	460 / 1380 (0,33)	784 / 2381 (0,33)	784 / 2381 (0,33)	784 / 2381 (0,33)
Tijdens aardbeving	In bedrijf	In bedrijf	In bedrijf	Uit bedrijf
Splijstof elementen In de kern	400	548	548	0
In de Storage Pool	292	587	514	1331

Wat gebeurde er met de reactoren op 11 maart 2011:

Japan werd getroffen door de zwaarste aardbeving uit zijn geschiedenis, kracht 9.0 op de schaal van Richter
unit 1, 2 en 3 schakelden uit, unit 4 was al buiten bedrijf voor onderhoud

de daaropvolgende tsunami veroorzaakte een vloedgolf van 14 meter hoog, verwoeste de elektriciteitskabels van het net en sleurde de brandstoftanks van de noodstroom-generatoren mee:

“Black-out” en alle noodkoelsystemen vielen daarmee uit.

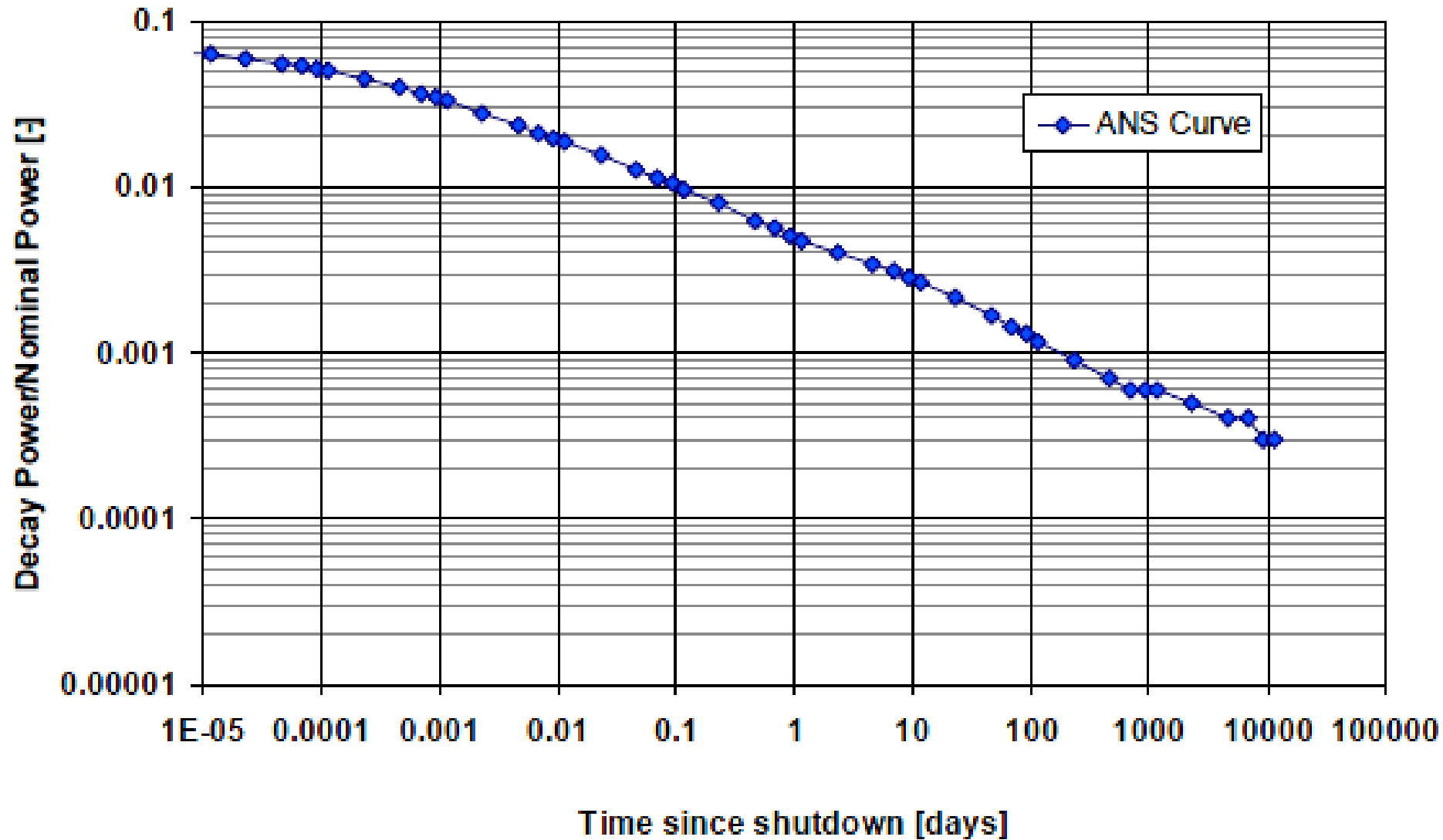
De ontwerpbasis voor deze eenheden was een vloedgolf van 5,7 meter

De ongekoelde reactorkernen van unit 1, 2 en 3 raakten door de vervalwarmte oververhit,
de splijtstofelementen raakten deels gesmolten,
waterdamp en het oververhitte cladding-materiaal (zirkonium) produceerde waterstof gas waardoor verschillende explosies volgden

ook het reactorvat van unit 1 raakte beschadigd met lekkage van radioactief materiaal van de kern tot gevolg

om het primaire containment van druk te ontlasten moest radioactieve stoom worden geloosd

Vervalwarmte als functie van de tijd



Afname van de vervalwarmte van de kernen van Fukushima Daiichi 2 en 3
 volgens de verval-curve
 en de berekende watersuppletie volgens TEPCO

dag	Verval warmte / Volvermogen (2381 Mwatt)	Verval warmte (Mwatt)	Stoomproductie (kg /sec.)	Watersuppletie Unit 2 en 3 (m3/hr. , kg /s)
0 (11-03-2011)	0,07	167	74	
1	0,005	12	5,3	
10	0,003	7,0	3,1	
180 (20-09-2011)	0,001	2,4	1,1	1,7 0,5

Volgens TEPCO is de is de werkelijk benodigde hoeveelheid water meer dan door hen berekend

Toestand reactoren Fukushima Daiichi

informatie TEPCO dd. 19/09/11

- Reactor koeling: gesloten kringloop koeling met WW vanaf 2 juli (Unit 1,2,3)
- Primaire Containment vat: continu N2 injectie vanaf 6 apr (unit1),
28 jun (unit 2), 14 juli (unit 3)
- Spent Fuel Pool koeling: hersteld, unit 2,3 al met gesloten kringloop met WW
- Verzameld RA injectiewater: hoog RA waste-water de-contaminatie systeem in bedrijf
sinds 17 juni (1200 m3 / dag), vanaf 27 juni in gebruik
voor injectie koeling

	unit 1	unit 2	unit 3	unit 4
Reactor water (m3/h)	3.7	4.8	7.0	
Overdruk reactor (bar)	0,15	0,18	1,1	stabiel
Temp. Bodem reactorvat (grC)	90	106	106	stabiel
Temp. Spent Fuel Pool (grC)	31	34	33	41 stabiel

Volgens het Duitse VGB heeft Japan in de afgelopen 513 jaar te maken gehad met 16 tsunami's met een amplitude van meer dan 10 meter die werden geïnduceerd door aardbevingen tussen 7,2 en 9,2 op de schaal van Richter.

De frequentie van dergelijke tsunami's is derhalve eenmaal in de circa 30 jaar

Berekend op een specifieke locatie is de waarschijnlijkheid 1 maal in de 100.000 jaar.

Over de vraag in hoeverre dit gegeven is meegenomen in de veiligheidsanalyse van de reactoren van Fukushima is het laatste woord nog niet gezegd.

De ABWR zou de natuurramp zonder al teveel problemen hebben doorstaan:

- Er zou geen Station Black Out zijn opgetreden. De dieselgeneratoren met de bijbehorende schakelborden staan hoog in het gebouw en op verschillende plekken opgesteld
- Er is meer watervolume binnen het containment aanwezig
- Het gebouw is voor grotere g-krachten ontworpen,

Toekomstige energie-mix & de rol van kernenergie

Juni 2010

Nautilus, Nuclear Force Museum, Groton, Connecticut USA



1955

De eerste US nucleaire onderzeeboot , de Nautilus, werd aangedreven door een drukwater lichtwater reactor.

Na een succesvolle doortocht in 1958 onder de Noord Pool werd besloten tot de bouw van meerdere schepen met een dergelijke kernreactor.

Ook de Sovjet Unie, Groot Brittanie , Frankrijk en later China pasten deze drukwater technologie toe op hun onderzeeërs , fregatten en vliegdekschepen.



COUNTRY <small>(Click name for Country Profile)</small>	NUCLEAR ELECTRICITY GENERATION 2008		REACTORS OPERABLE		REACTORS UNDER CONSTRUCTION		REACTORS PLANNED		REACTORS PROPOSED		URANIUM REQUIRED 2010
			1 Feb 2010		1 Feb 2010		Feb 2010		Feb 2010		
	billion kWh	% e	No.	MWe	No.	MWe	No.	MWe	No.	MWe	tonnes U
Argentina	6.8	6.2	2	935	1	692	2	767	1	740	123
Armenia	2.3	39.4	1	376	0	0	1	1060			55
Bangladesh	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2000	0
Belarus	0	0	0	0	0	0	2	2000	2	2000	0
Belgium	43.4	53.8	7	5728	0	0	0	0	0	0	1052
Brazil	14.0	3.1	2	1901	0	0	1	1245	4	4000	311
Bulgaria	14.7	32.9	2	1906	0	0	2	1900	0	0	272
Canada	88.6	14.8	18	12652	2	1500	4	4400	3	3800	1675
China	65.3	2.2	11	8587	20	21880	37	41590	120	120000	2875
Czech Republic	25.0	32.5	6	3686	0	0	0	0	2	3400	678
Egypt	0	0	0	0	0	0	1	1000	1	1000	0
Finland	22.0	29.7	4	2696	1	1600	0	0	1	1000	1149
France	418.3	76.2	58	63236	1	1630	1	1630	1	1630	10153
Germany	140.9	28.3	17	20339	0	0	0	0	0	0	3453
Hungary	14.0	37.2	4	1880	0	0	0	0	2	2000	295
India	13.2	2.0	18	3981	5	2774	23	21500	15	20000	908
Indonesia	0	0	0	0	0	0	2	2000	4	4000	0
Iran	0	0	0	0	1	915	2	1900	1	300	148
Israel	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1200	0
Italy	0	0	0	0	0	0	0	0	10	17000	0
Japan	240.5	24.9	54	47102	1	1373	13	17915	1	1300	8003
Kazakhstan	0	0	0	0	0	0	2	600	2	600	0
Korea DPR (North)	0	0	0	0	0	0	1	950	0	0	0
Korea RO (South)	144.3	35.6	20	17716	6	6700	6	8190	0	0	3804
Lithuania	9.1	72.9	0	0	0	0	0	0	2	3400	0
Mexico	9.4	4.0	2	1310	0	0	0	0	2	2000	253
Netherlands	3.9	3.8	1	485	0	0	0	0	1	1000	107
Pakistan	1.7	1.9	2	400	1	300	2	600	2	2000	68
Poland	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6000	0
Romania	7.1	17.5	2	1310	0	0	2	1310	1	655	175
Russia	152.1	16.9	31	21821	9	7130	8	8000	37	36680	4135
Slovakia	15.5	56.4	4	1760	2	840	0	0	1	1200	269
Slovenia	6.0	41.7	1	696	0	0	0	0	1	1000	145
South Africa	12.7	5.3	2	1842	0	0	3	3565	24	4000	321
Spain	56.4	18.3	8	7448	0	0	0	0	0	0	1458
Sweden	61.3	42.0	10	9399	0	0	0	0	0	0	1537
Switzerland	26.3	39.2	5	3252	0	0	0	0	3	4000	557
Thailand	0	0	0	0	0	0	2	2000	4	4000	0
Turkey	0	0	0	0	0	0	2	2400	1	1200	0
Ukraine	84.3	47.4	15	13168	0	0	2	1900	20	27000	2031
UAE	0	0	0	0	0	0	4	5600	10	14400	0
United Kingdom	52.5	13.5	19	11035	0	0	4	6600	6	9600	2235
USA	809.0	19.7	104	101119	1	1180	11	13800	19	25000	19538
Vietnam	0	0	0	0	0	0	2	2000	8	8000	0
WORLD**	2601	15	436	372,693	53	51,114	142	156,422	327	343,000	68,646
	billion kWh	% e	No.	MWe	No.	MWe	No.	MWe	No.	MWe	tonnes U
	NUCLEAR ELECTRICITY GENERATION 2008		REACTORS OPERATING		REACTORS BUILDING		ON ORDER or PLANNED		PROPOSED		URANIUM REQUIRED

Alle in bedrijf zijnde kernreactoren : 436

Totaal geïnstalleerd vermogen : 373 GWe

Elektrische energie gegenereerd in 2008:

2601 miljard kWh

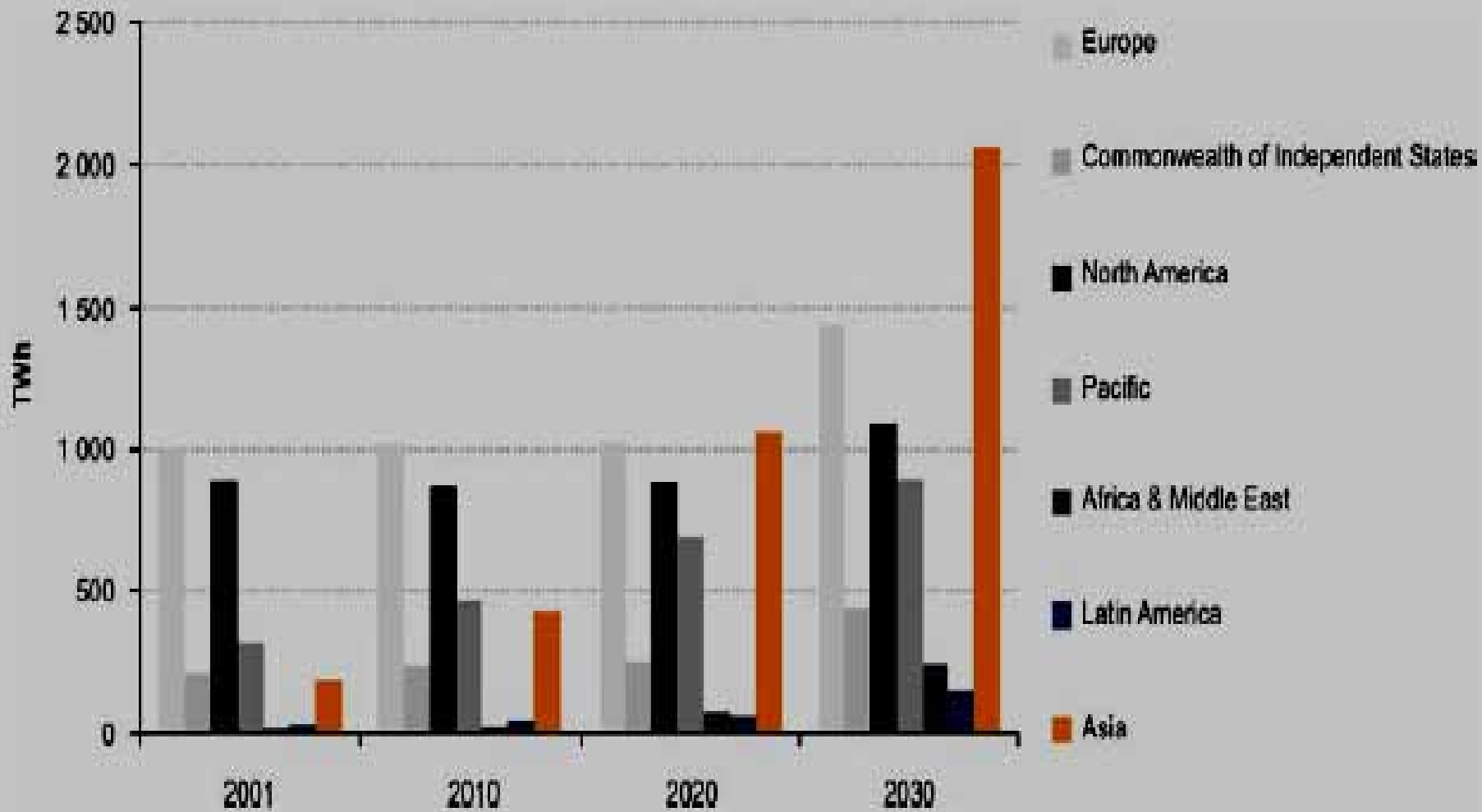
(15% van alle elektrische energie op aarde)

(37% van alle elektrische energie in Europa)

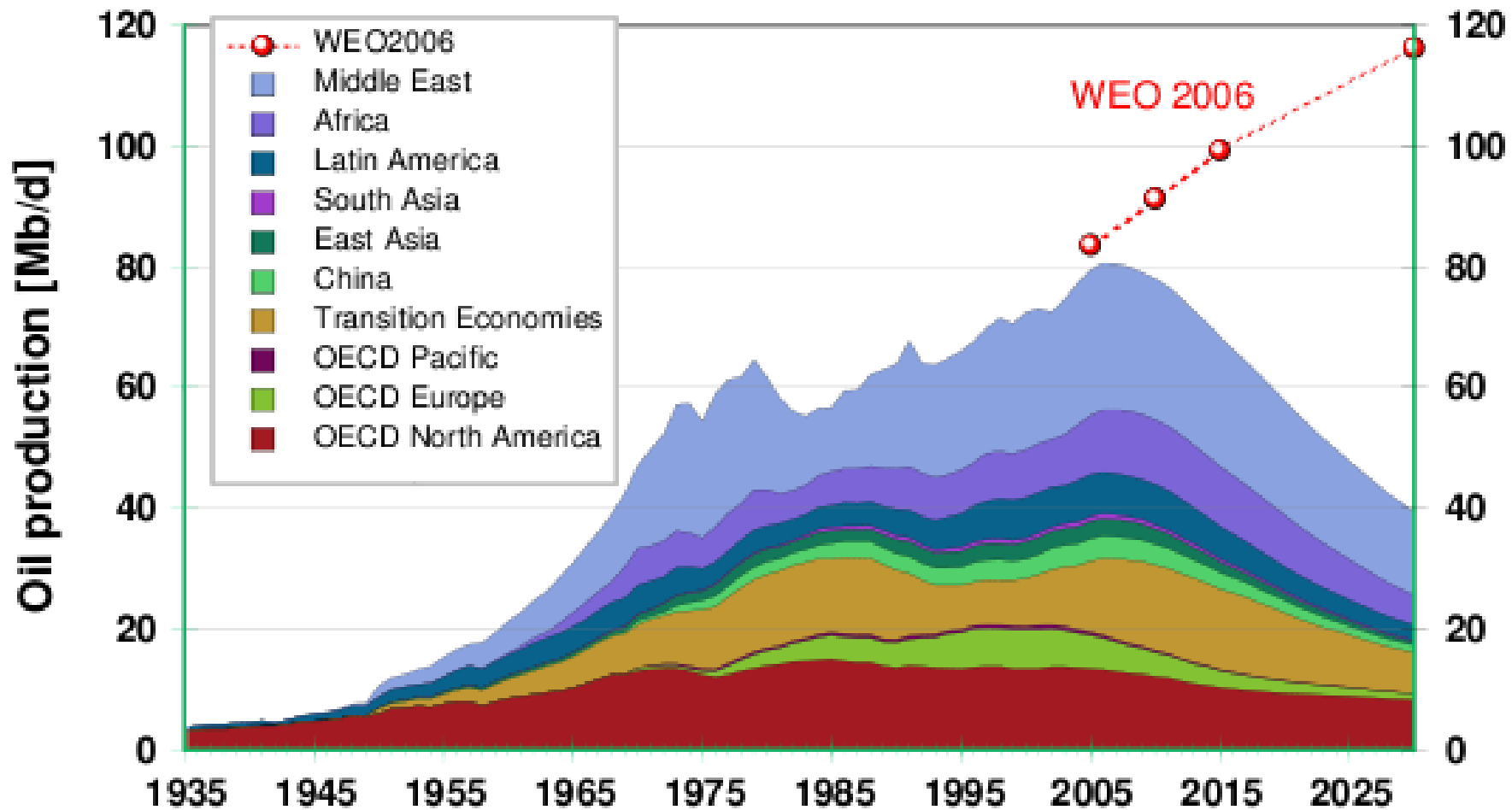
In aanbouw zijnde reactoren: 53

Aantal geplande reactoren: 142

Aantal voorgestelde reactoren: 327

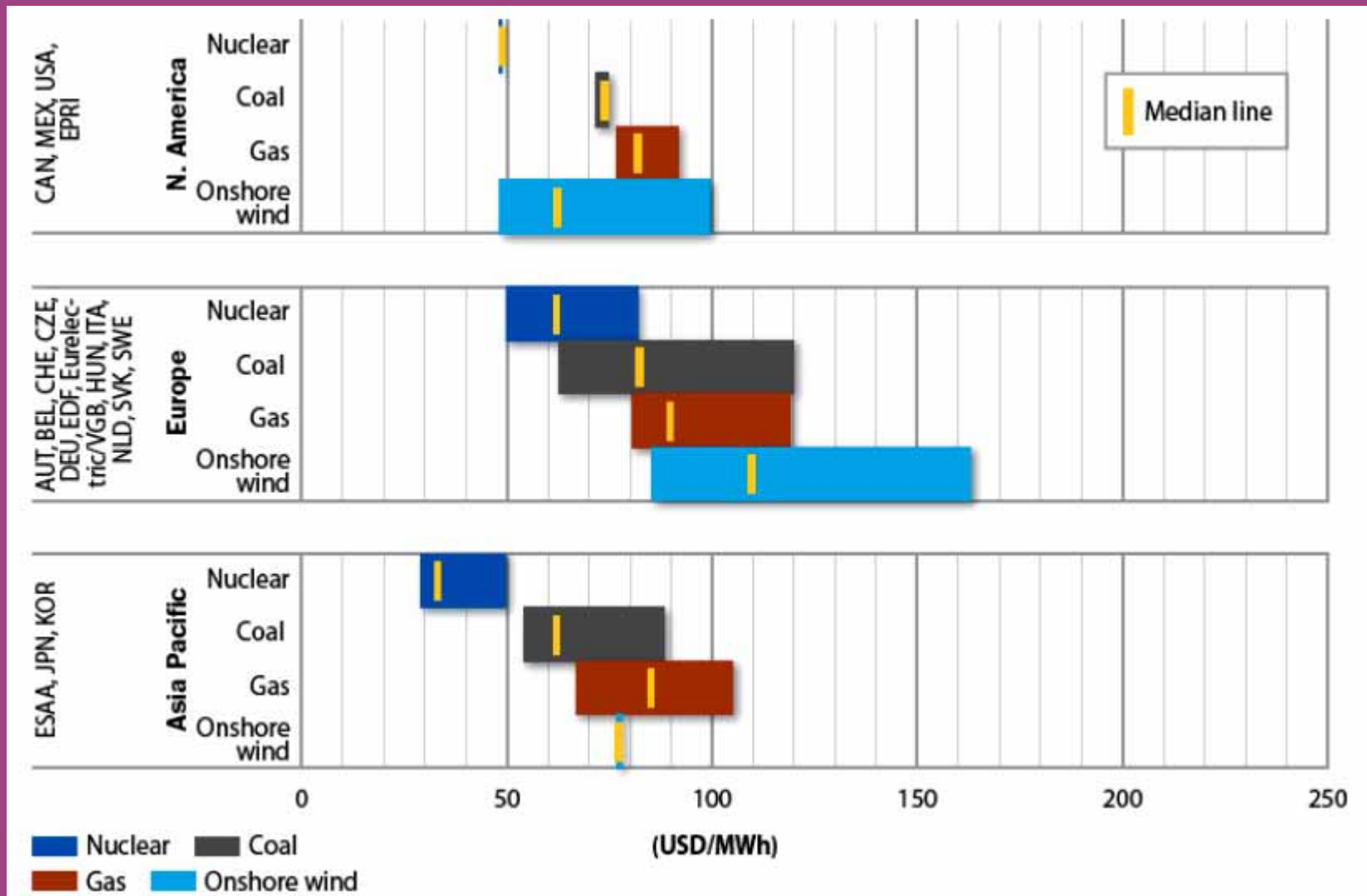


Het tijdperk van goedkope olie nadert zijn einde

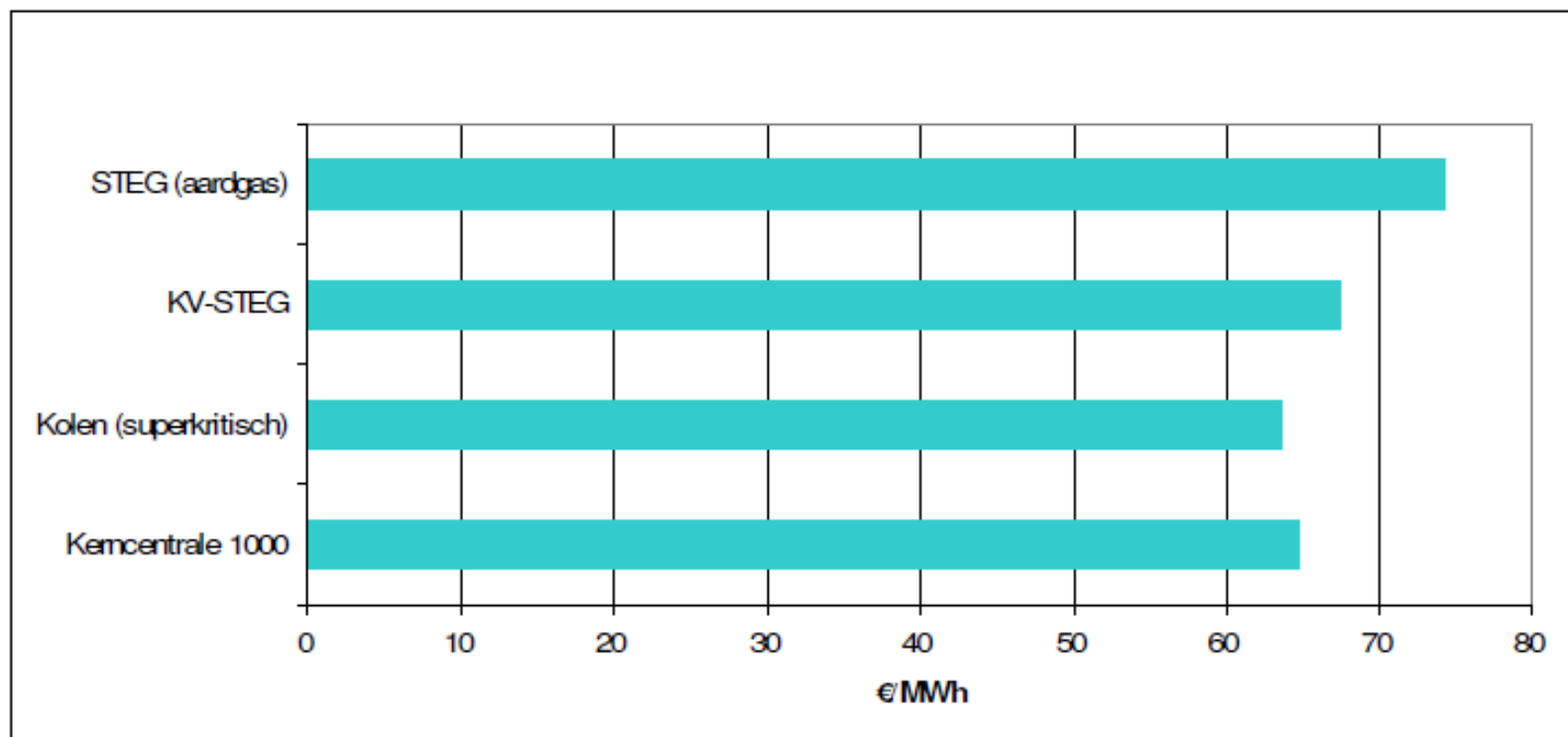


productiekosten elektriciteit in verschillende regio

(rente 5%)

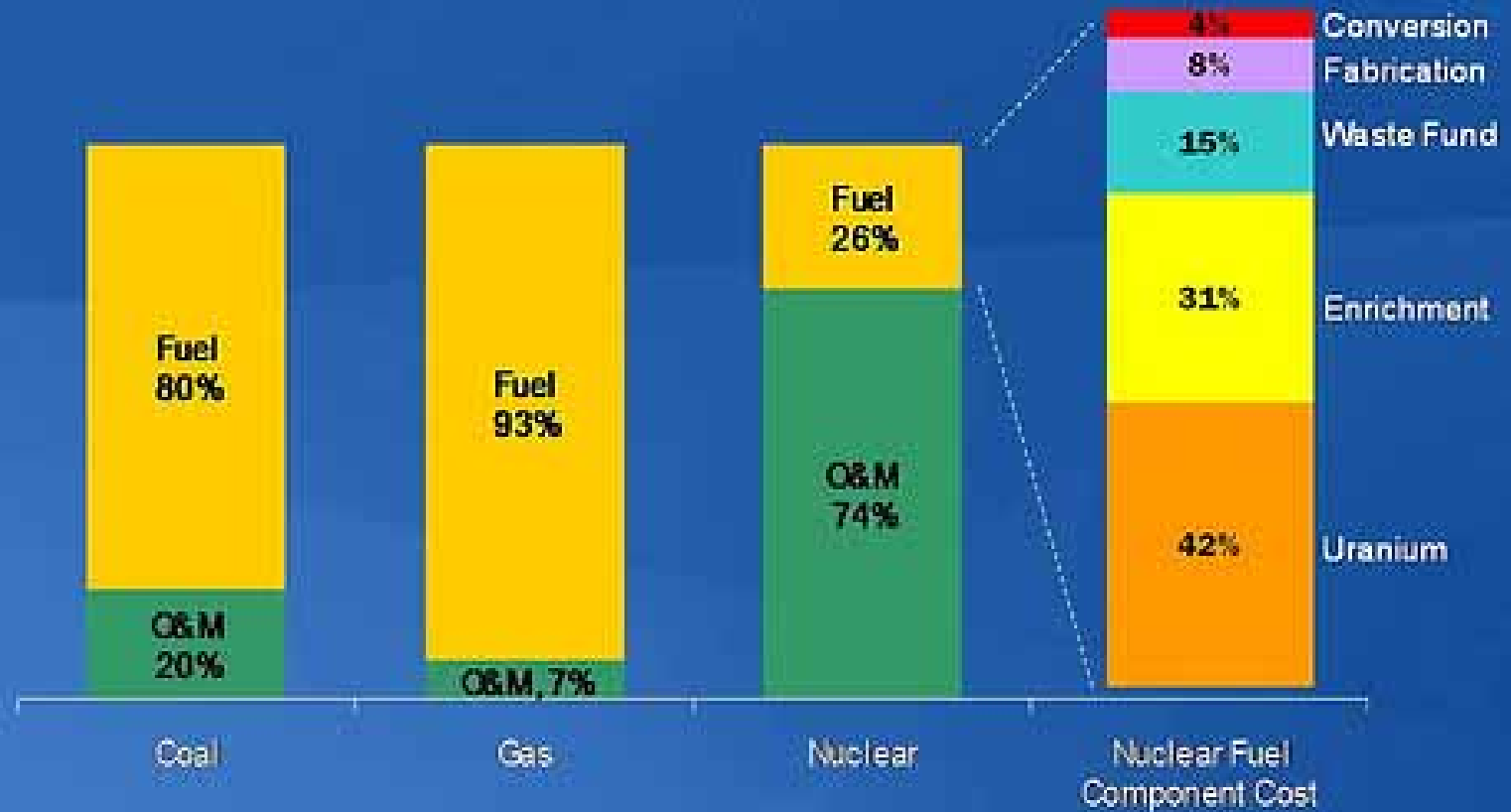


	LEGC €/MWh	Investering %	O&M %	Brandstof %
STEG (aardgas)	74	16	10	74
KV-STEG	67	28	16	56
Kolen (superkritisch)	64	24	15	61
Kerncentrale	65	56	27	17



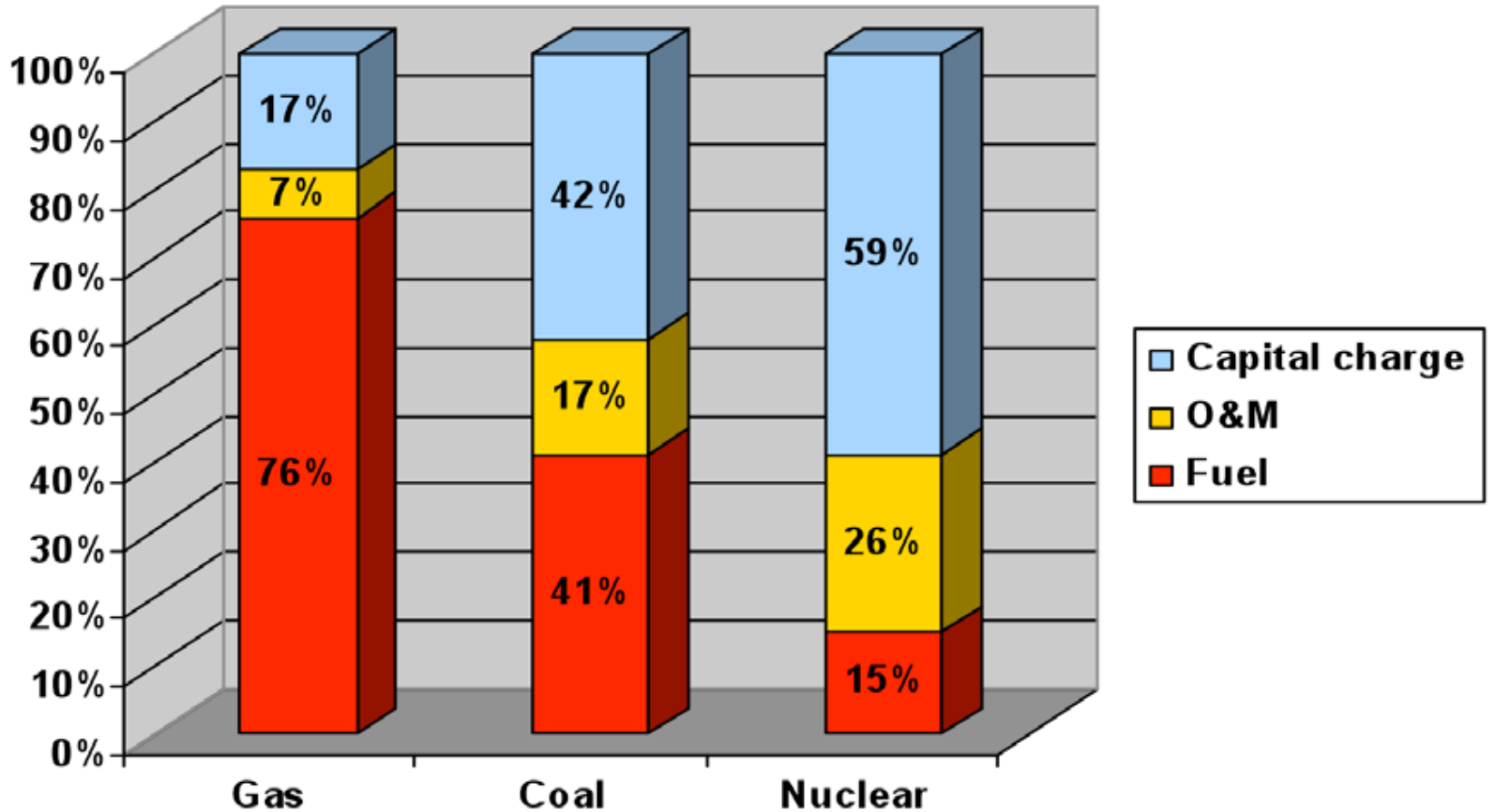
Fuel as a Percentage of Electric Power Production Costs

2008



Source: World Energy Outlook 2008, Energy Resources International, Inc.
Updated: 7/09

Generation Cost Structure



- * de wereld economie ontwikkelt zich erg snel, in 2050 zal het energieverbruik praktisch verdubbeld zijn
- * de grote meerderheid van de wereldleiders/politici , industrie en wetenschappers is overtuigd van de noodzaak de CO2 uitstoot te beperken
- * de eindigheid van de fossiele brandstoffen zal leiden tot lagere beschikbaarheid en hogere olie- en gas-prijzen, peak-oil is nabij
- * ook steenkool dat nu nog in overwegend lage-loon landen wordt gewonnen zal duurder worden bij opkomende welvaart
- * “de-carbonizing “ van de energiemix is onafwendbaar
- * in het energie gebruik treedt een drastische verschuiving op naar elektriciteit (transport, industrie, gebouwen, huishoudens)
- * duurzame energie (incl. waterkracht) en kernenergie worden de spil van de toekomstige energiemix
- * de verhouding kernenergie / duurzame energie wordt bepaald door hun:
 - potentieel
 - energie rendement
 - grondstof gebruik en recyclebaarheid
 - economie
 - en technologische doorbraken (thorium en kleine reactoren, kernfusie, CSP

Einde ,

dank voor uw aandacht

Reserve dia's

Vooruitlopend op de analyserapporten over Fukushima een paar opmerkingen:

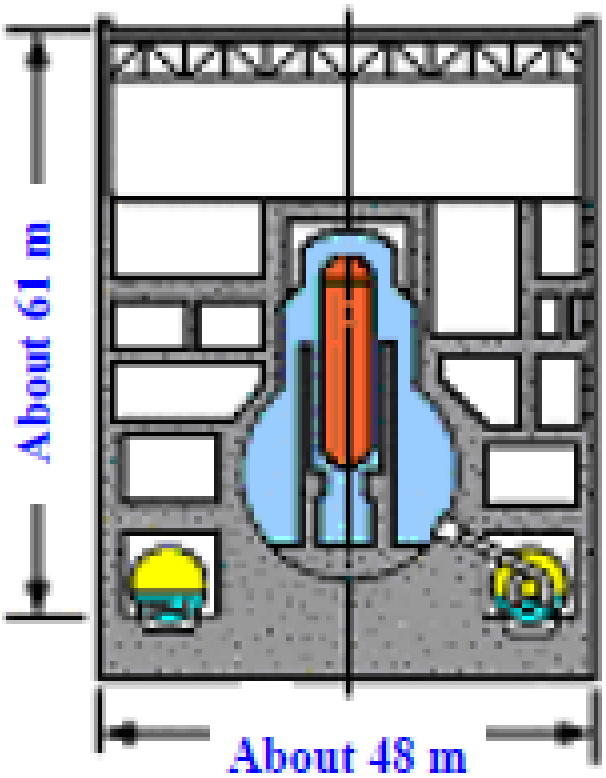
- Meer aandacht voor de koeling van de opslagbassins.
- Mogelijkheid onderzoeken om de opslagbassins op een andere plek te situeren.
Operationeel gezien zal dit een zeer lastige zijn.
- Dieselaggregaten en accubatterijen en schakelborden op hoogte en uit elkaar.

- Voorzie de reactorinstallatie van noodaanluitvoorzieningen.
- Bij plants met meerdere reactoren draag dan zorg dat een ernstig ongeval in de ene reactor de andere reactoren niet beïnvloedt.
- Zorg voor een regelkamer die op enige afstand van de nucleaire installatie staat.
- Er moeten internationale afspraken komen v.w.b. evacuatiënormen. Toelaatbare doses voor werkers en burgers.
- Extra aandacht voor mogelijke chemische reacties.

ABWR

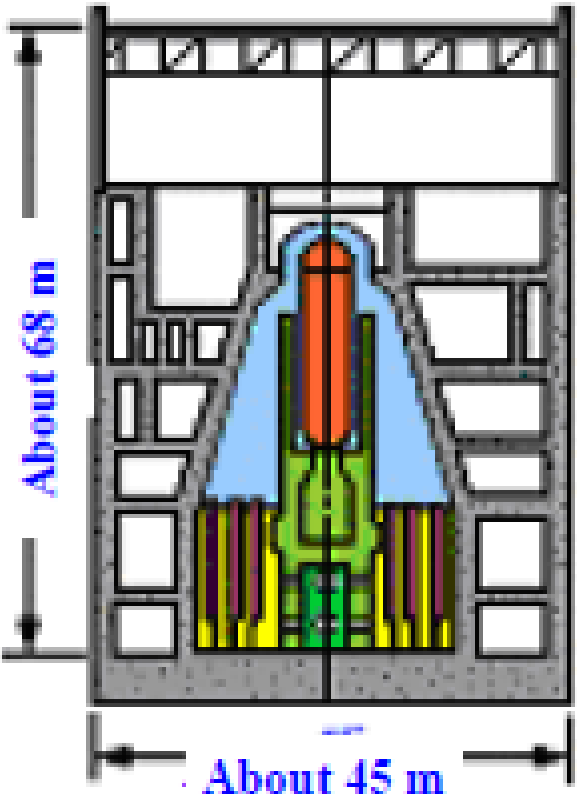
De ABWR is een evolutionaire ontwikkeling van de BWR

- Compactere bouw
- Ontwerp tegen aardschokken van 0,15 → 0,2 g
- 10 stuks recirculatiepompen direct aan het reactorvat gemonteerd en geen extra pijperij dus
- Zware core catcher onder het reactorvat
- 3 dieselgeneratoren i.p.v. 2. Hoog in het gebouw
- 3 onafh noodkoelsystemen (vroeger 2)
- Primaire containment is geïnertiseerd



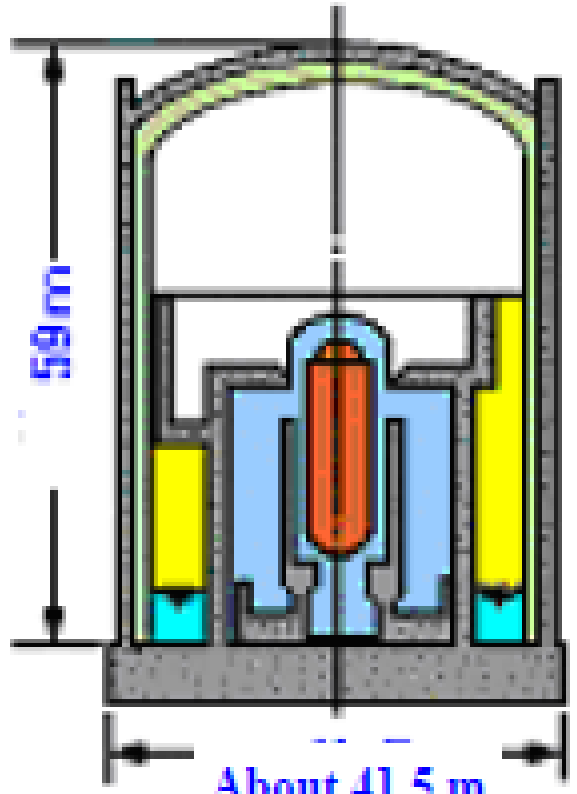
MARK-I

Licensed output: 500 MW class or less: Tsuruga-1, Fukushima I-1, Onagawa-1, Hamaoka-1
 Licensed output: 800 MW class: Fukushima-I-2, 3, 4, and 5, Hamaoka-2,



MARK-II

Licensed output: 1100 MW class: Fukushima II-1, Tokai-2, Kashiwazaki-1



MARK-III

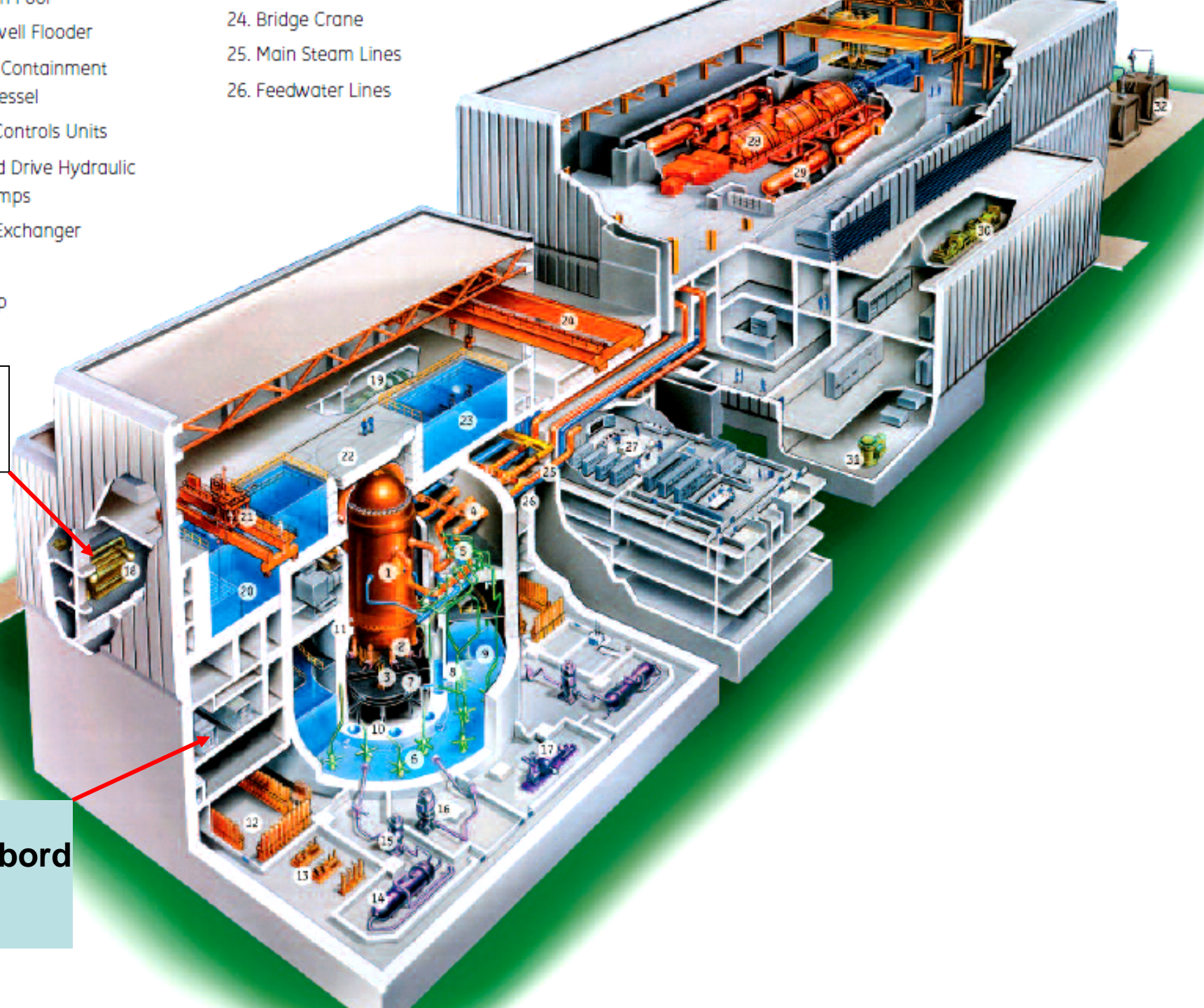
Suppression Pool

- 10. Lower Drywell Flooder
- 11. Reinforced Containment Concrete Vessel
- 12. Hydraulic Controls Units
- 13. Control Rod Drive Hydraulic System Pumps
- 14. RHR Heat Exchanger
- 15. RHR Pump
- 16. HPCF Pump

- 24. Bridge Crane
- 25. Main Steam Lines
- 26. Feedwater Lines

DG

Switch bord
DG



Economic Simplified BWR = ESBWR

Dit ontwikkelde type reactor gaat 2 stappen verder.

- Gebaseerd op natuurlijke circulatie
- Noodkoeling op basis van zwaartekracht
- Alleen niet veiligheidsgerelateerde diesels
- Door dit alles een simpeler geheel

Passive Containment Cooling System (PCCS)
and
Gravity Driven Cooling System (GDCCS)

Isolation Condenser System (ICS)

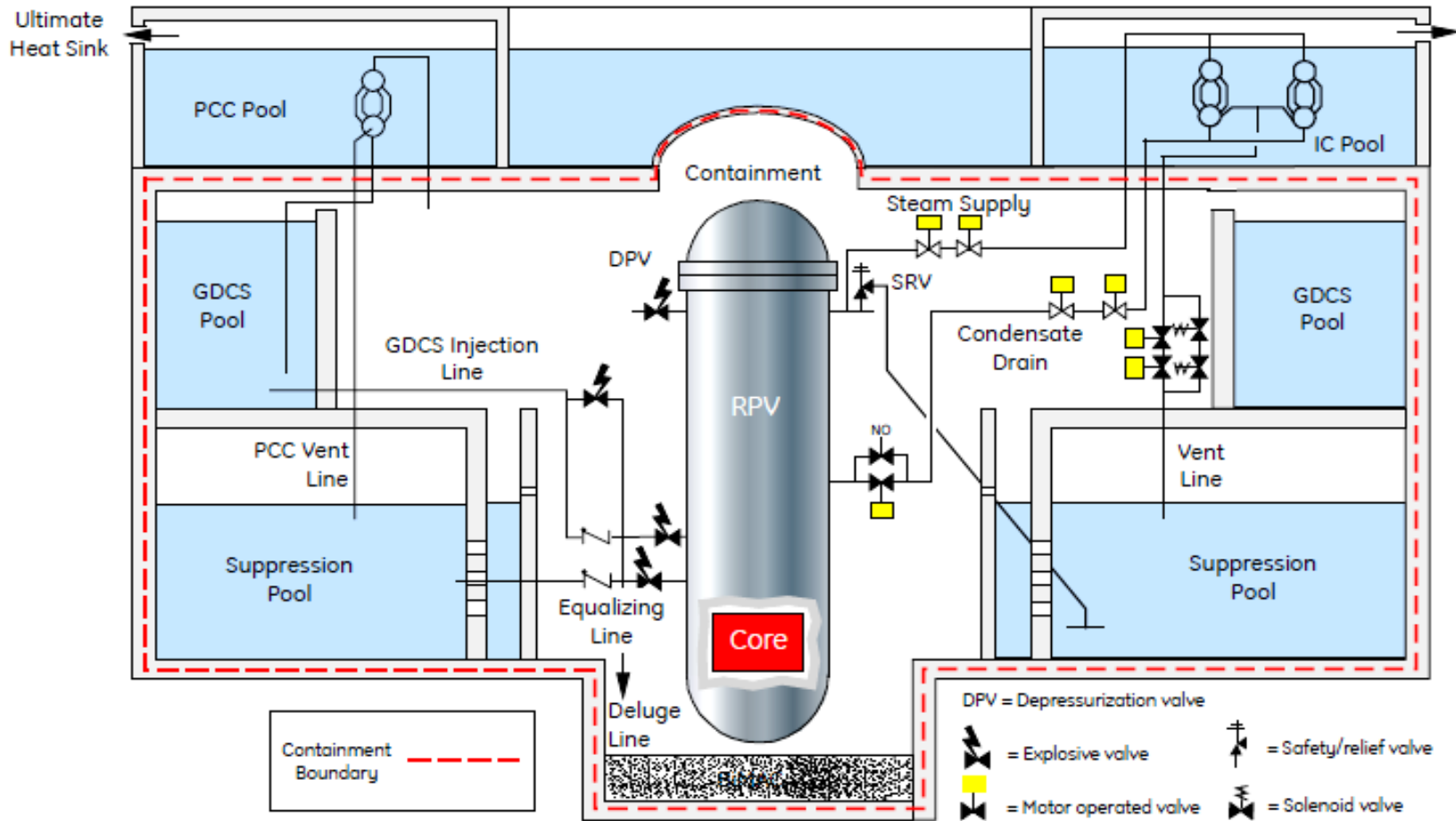


Figure 4-1 ESRWR Key Safety Systems

AP 1000

Dit is een drukwater reactor dat in geval van noodkoeling gebruik maakt van natuurlijke convection, zwaartekracht en gasaccu's.

De hoeveelheid water binnen het containment is voldoende om gedurende 2 uur de vervalwarmte op te nemen. Daarna gaat het water koken. Condensatie op de binnenkant van de koepel. Condenswater stroomt terug naar het oorspronkelijke bassin.

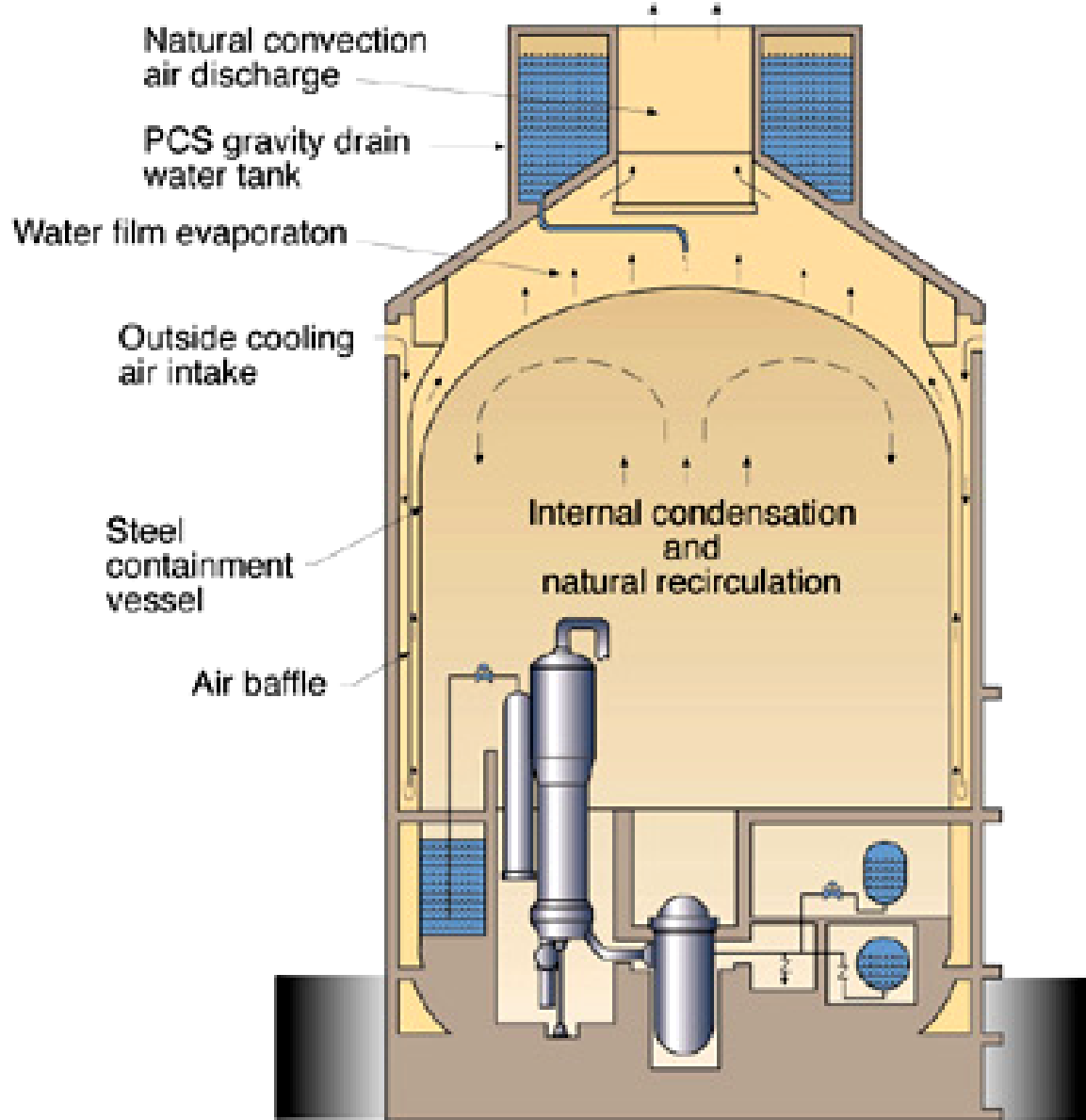


Figure 3. AP600 Passive Containment Cooling System

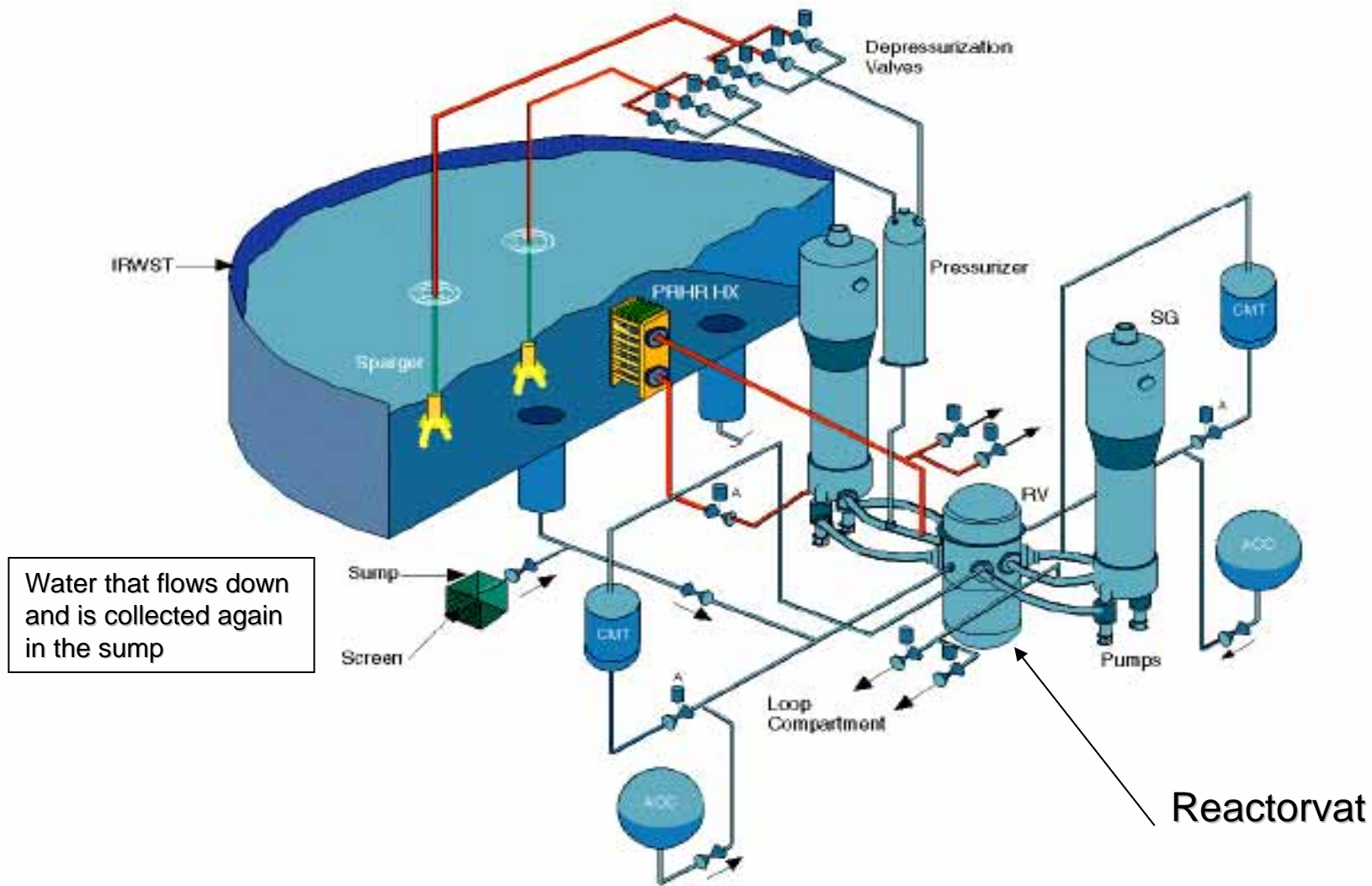


Figure 4 – AP1000 RCS and Passive Core Cooling System

European Pressurised Reactor is een evolutionair ontwerp

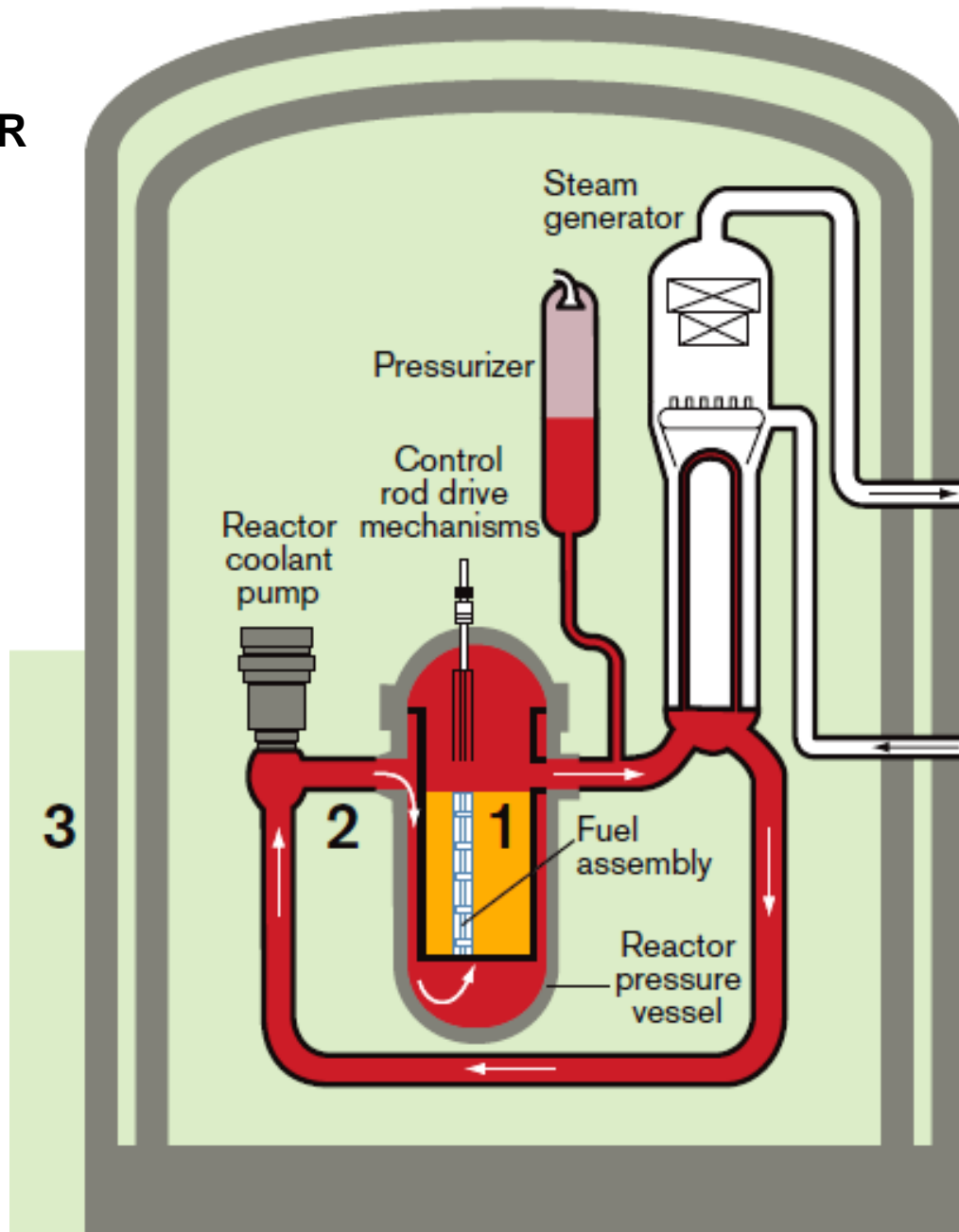
EPR

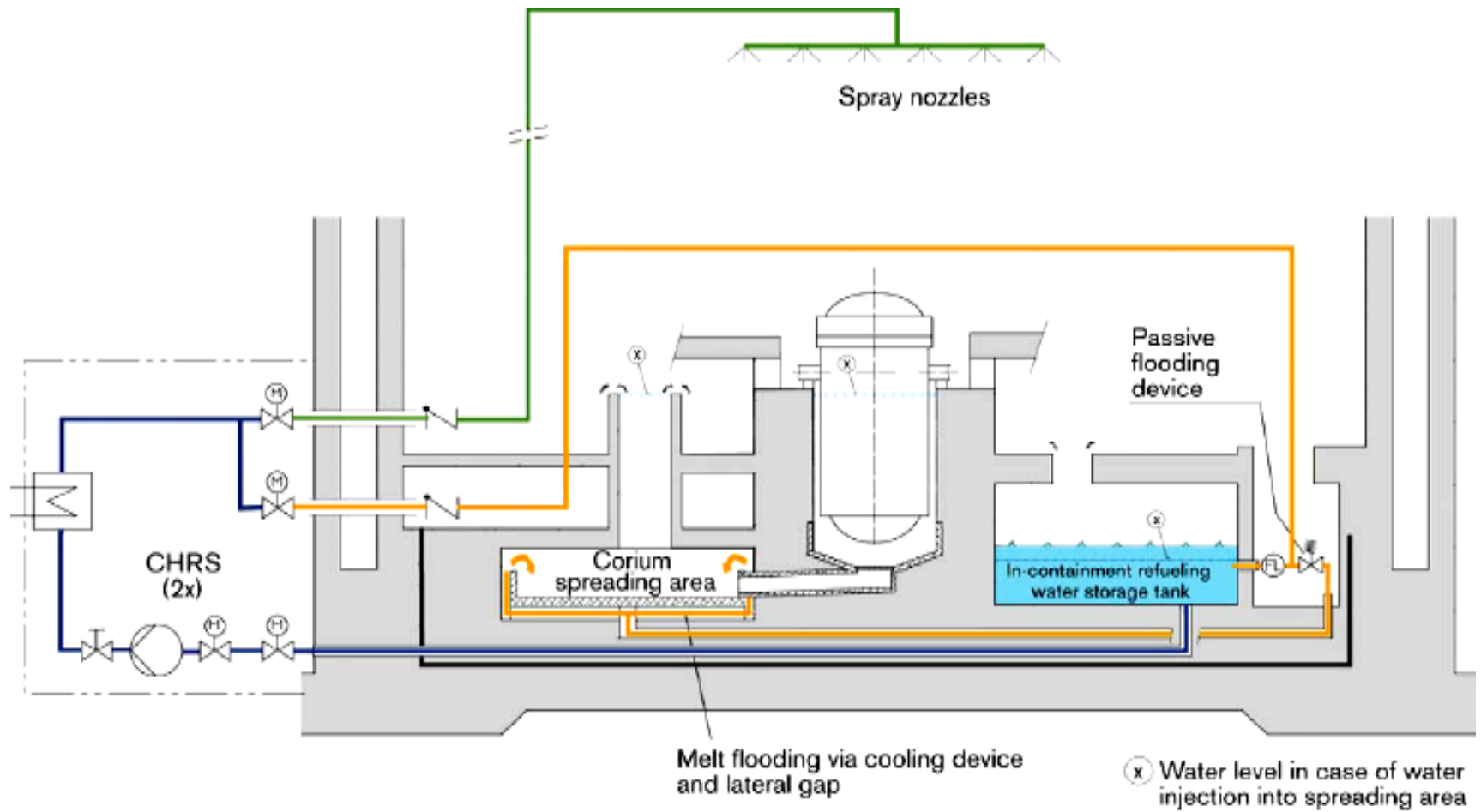
- Het bevat vier onafh. Loops, die ieder de totale koeling voor hun rekening kunnen nemen
- Dieselgeneratoren staan hoog en in twee afzonderlijke gebouwen.
- Containment (=koepel) koeling
- Grote waterhoeveelheid binnen het gebouw en zoals bij de AP1000 vloeit verdampt water na condensatie terug naar het bassin
- Waterstof recombiners installed

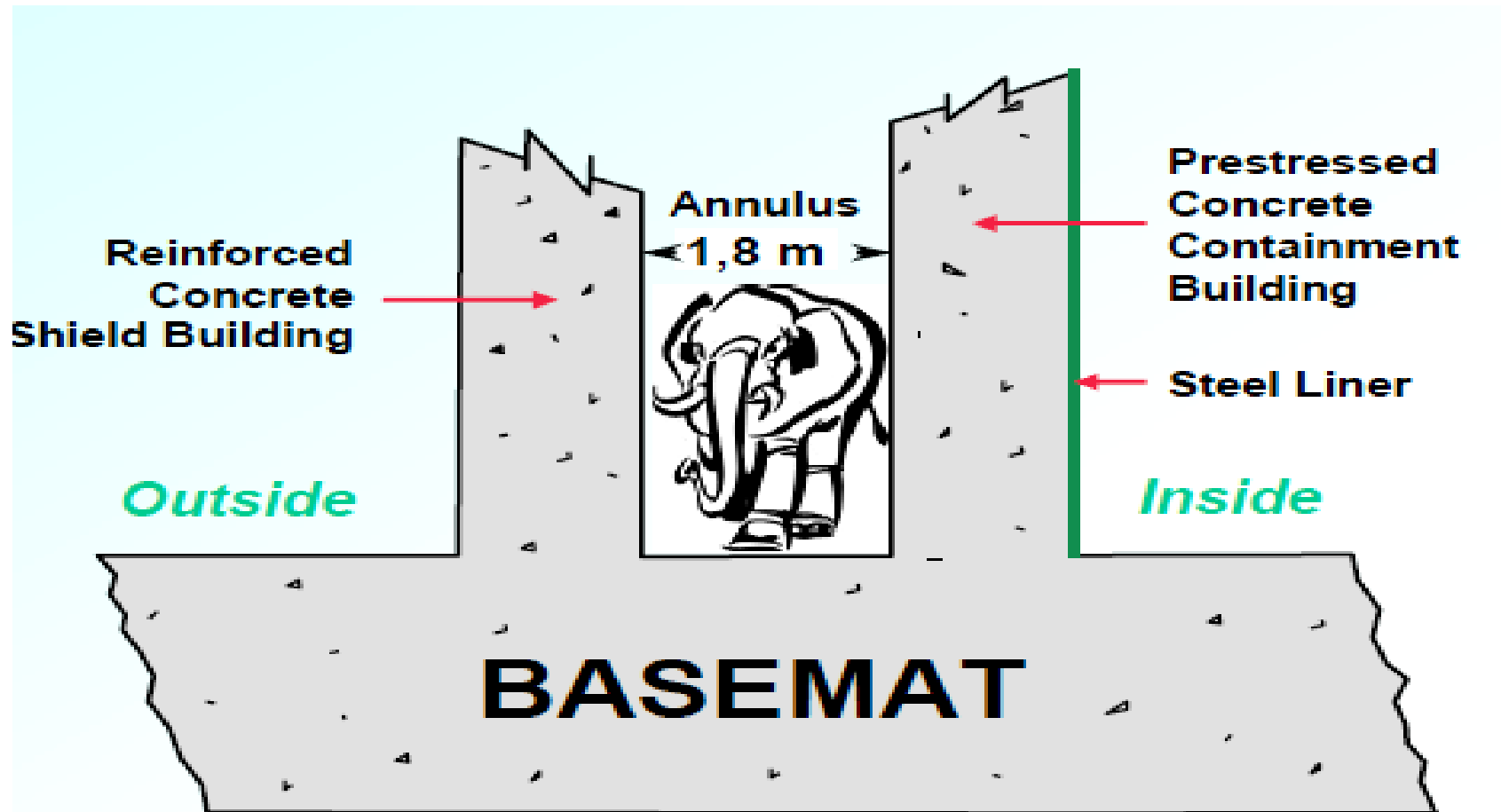


The three protective barriers

EPR







Wat voor de ABWR geldt, geldt ook voor de AP1000, de EPR en de ESBWR. Geen van deze reactoren zou in de problemen zijn gekomen.

Samenvatting

De kans op een kernsmeltongeval in de evolutionaire ontwerpen ligt in de orde van grootte van 10^{-7}

Vervalwarmte afvoer onder gebruikmaking van zwaartekracht, natuurlijke convectie etc.

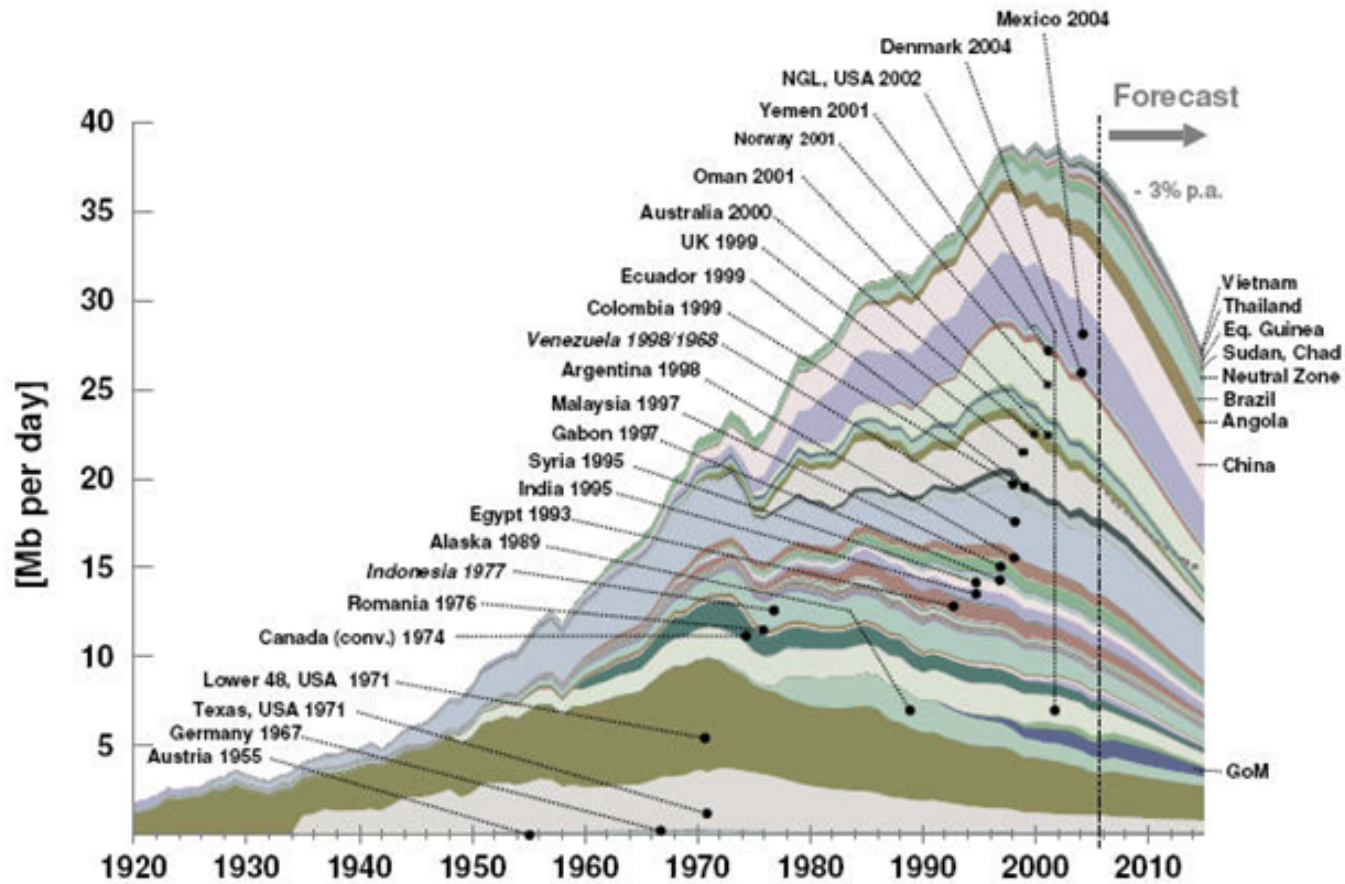
Wanneer ondanks alles toch radioactiviteit vrij komt dan blijft dit omsloten door een sterk containmentgebouw.

Table 1. Estimated Levelized Cost of New Generation Resources, 2016.

DoE estimates in Dec 2010

Plant Type	Capacity Factor (%)	U.S. Average Levelized Costs (2009 \$/megawatthour) for Plants Entering Service in 2016				
		Levelized Capital Cost	Fixed O&M	Variable O&M (including fuel)	Transmission Investment	Total System Levelized Cost
Conventional Coal	85	65.3	3.9	24.3	1.2	94.8
Advanced Coal	85	74.6	7.9	25.7	1.2	109.4
Advanced Coal with CCS	85	92.7	9.2	33.1	1.2	136.2
Natural Gas-fired						
Conventional Combined Cycle	87	17.5	1.9	45.6	1.2	66.1
Advanced Combined Cycle	87	17.9	1.9	42.1	1.2	63.1
Advanced CC with CCS	87	34.6	3.9	49.6	1.2	89.3
Conventional Combustion Turbine	30	45.8	3.7	71.5	3.5	124.5
Advanced Combustion Turbine	30	31.6	5.5	62.9	3.5	103.5
Advanced Nuclear	90	90.1	11.1	11.7	1.0	113.9
Wind	34	83.9	9.6	0.0	3.5	97.0
Wind – Offshore	34	209.3	28.1	0.0	5.9	243.2
Solar PV ¹	25	194.6	12.1	0.0	4.0	210.7
Solar Thermal	18	259.4	46.6	0.0	5.8	311.8
Geothermal	92	79.3	11.9	9.5	1.0	101.7
Biomass	83	55.3	13.7	42.3	1.3	112.5
Hydro	52	74.5	3.8	6.3	1.9	86.4

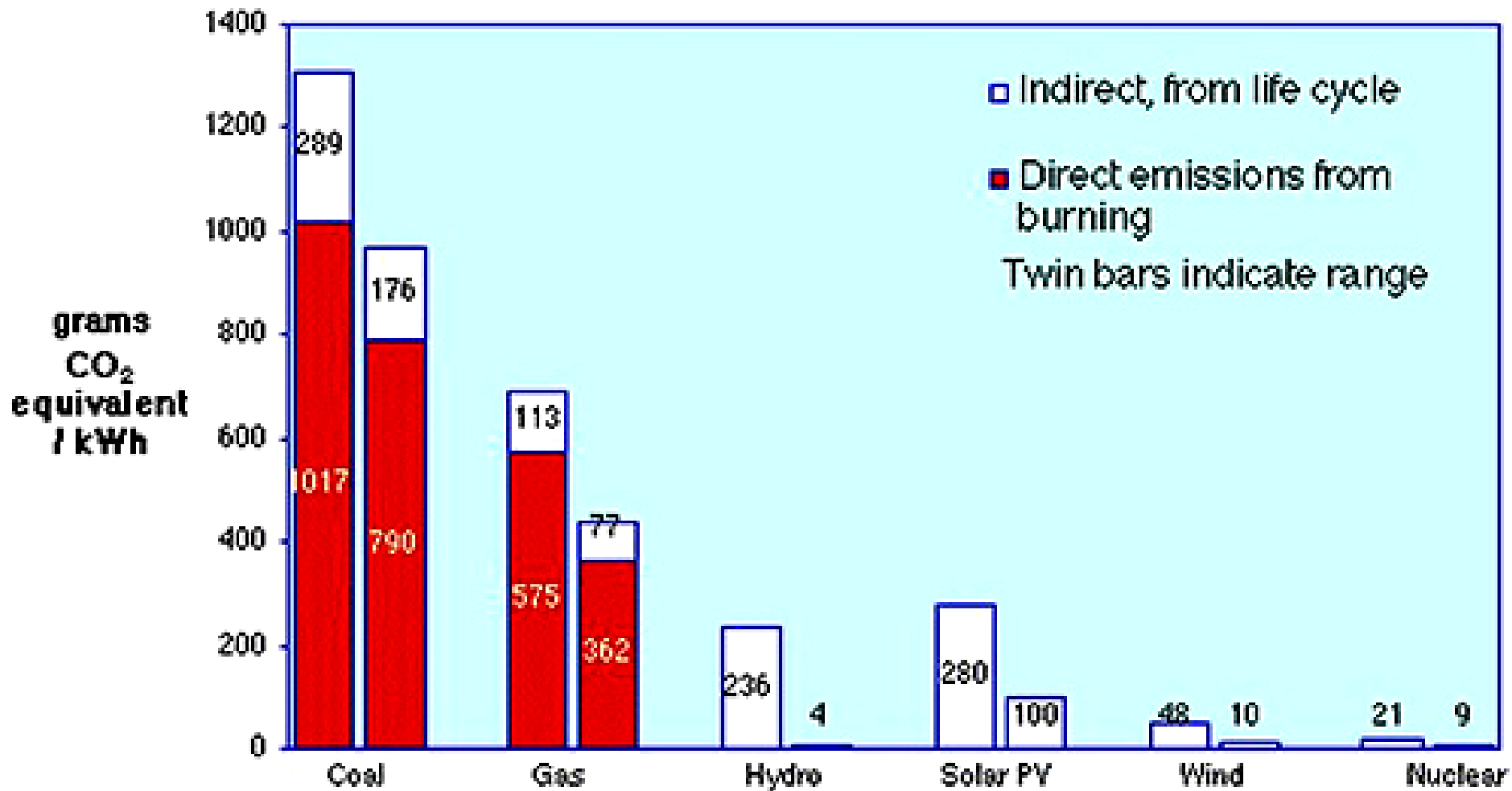
Oil producing countries past peak



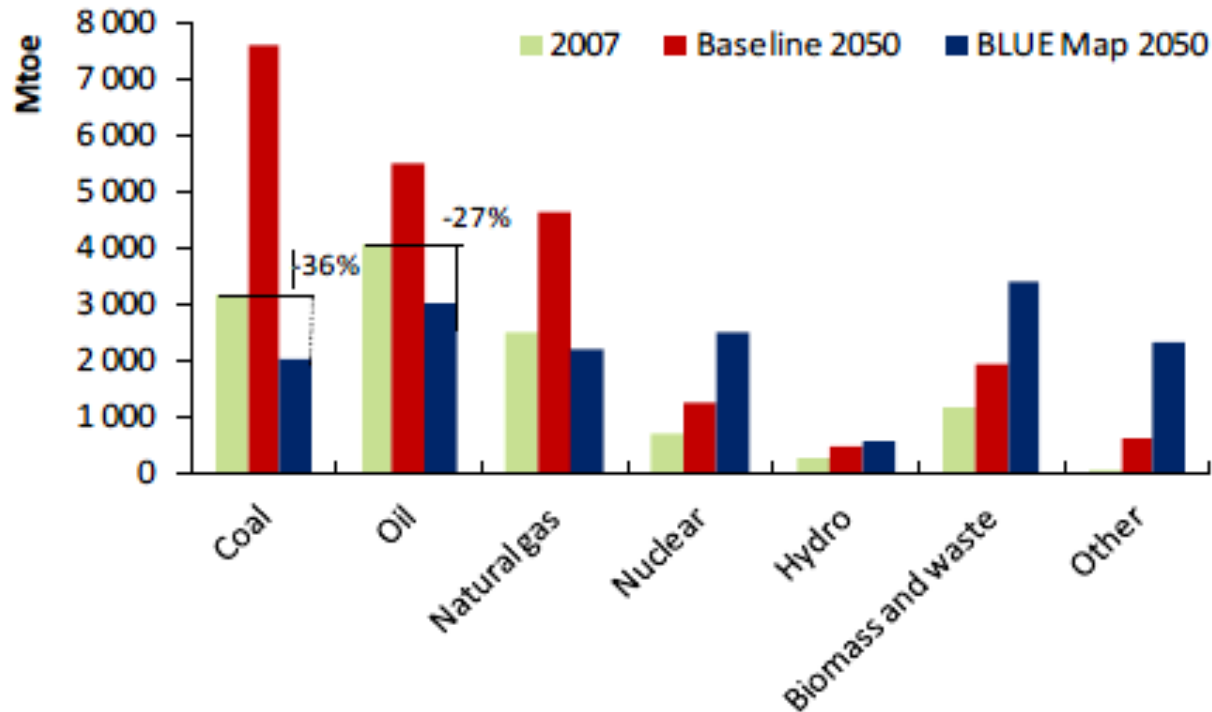
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, 2007
 Source: IHS 2006; PEMEX, petrobras ; NPD, DTI, ENS(Dk), NEB, RRC, US-EIA, January 2007
 Forecast: LBST estimate, 25 January 2007

Nuclear has very low life-cycle CO₂ emissions

Greenhouse Gas Emissions from Electricity Production

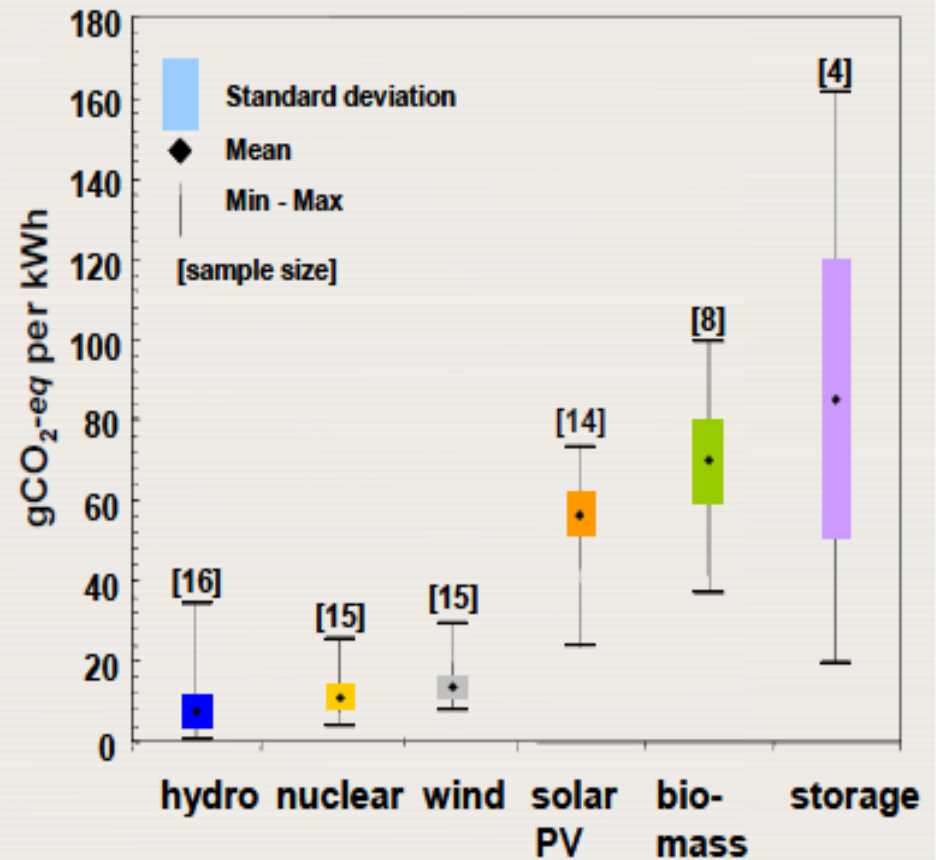
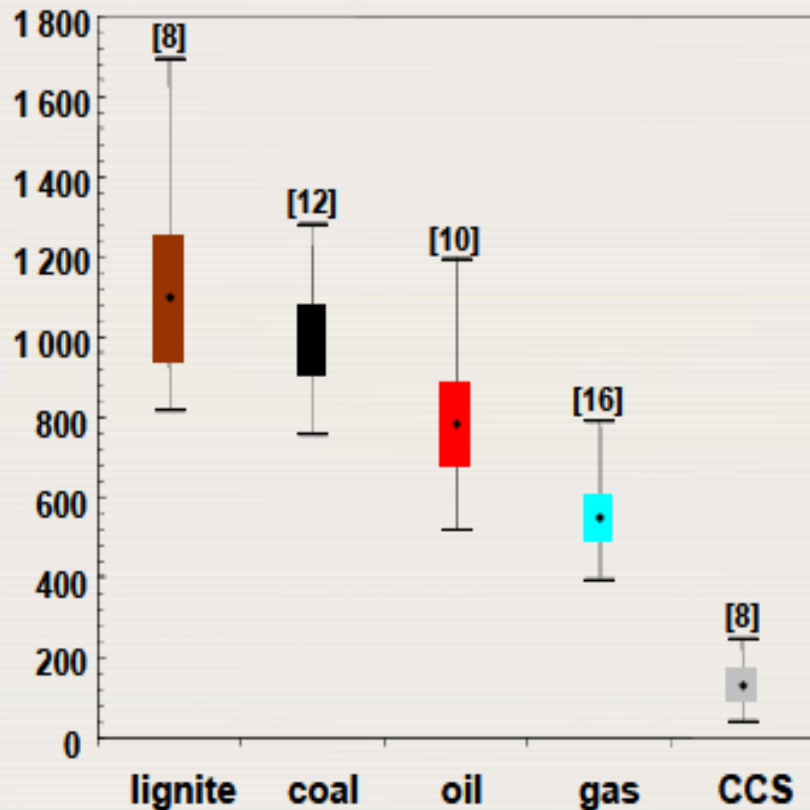


Primary energy demand by fuel and by scenario



By 2050, coal, oil and gas demand are all lower than today under the BLUE Map scenario.

Life cycle GHG emissions of different electricity generating options



Nuclear power: Very low lifetime GHG emissions make the technology a potent climate change mitigation option

Opbouw wind-energie tot 2050 : BLUE Map

	Energie prod. TWhr / jaar	Geïnst vermogen GWatt
2010	400	137
2020	1700	582
2030	2400	822
2040	3500	1198
2050	5200	1781

Opbouw windenergie tot 2050: Blue High ReNew

	Energie prod.	Geïnst vermogen
	TWhr/jaar	GWatt
2010	400	137
2020	2000	685
2030	3500	1199
2040	5200	1781
2050	8100	2774