

TB141E Introductie in Energie & Industrie Systemen

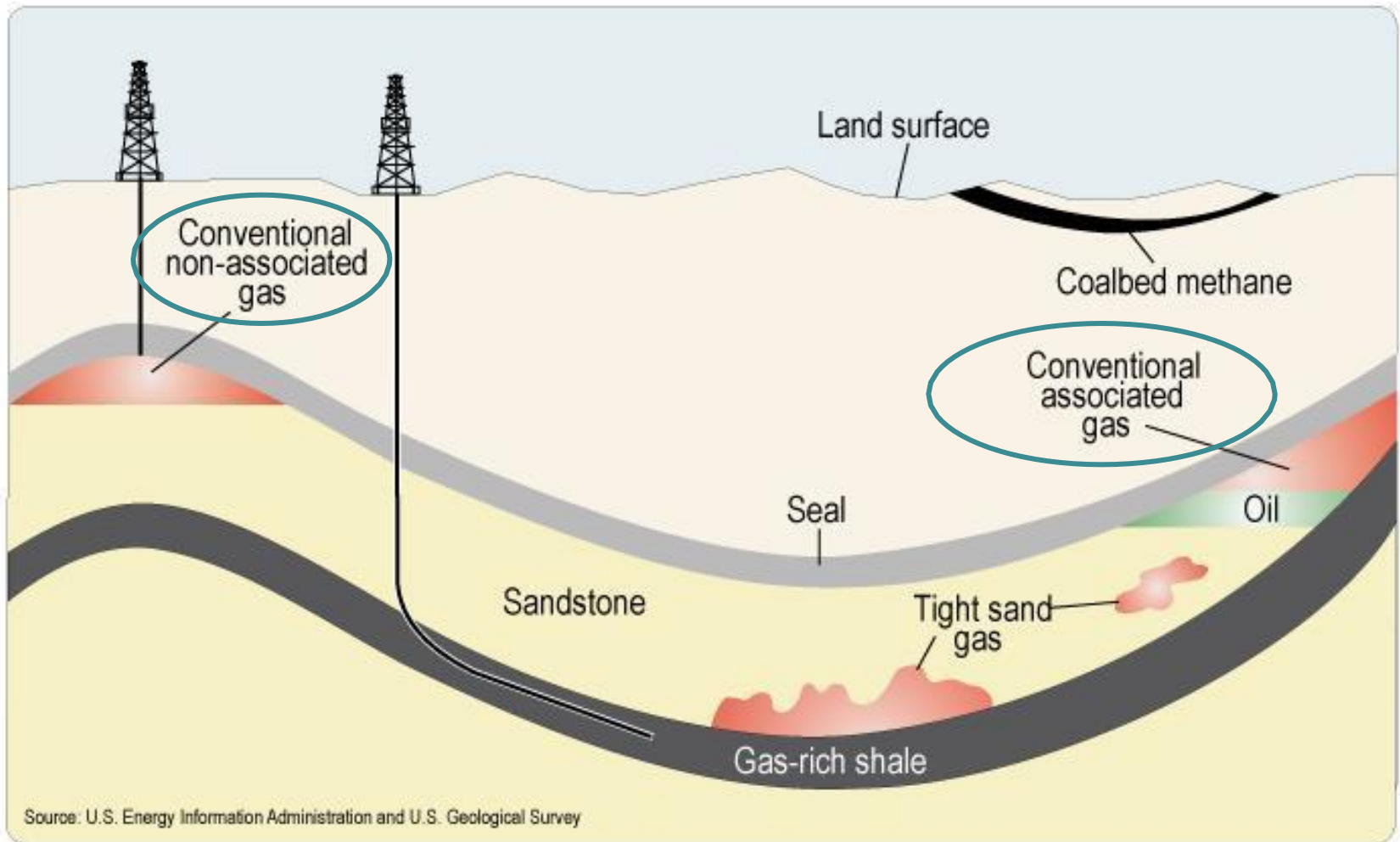
Week 5 – Aardgasvoorziening



Prof.dr.ir. Margot Weijnen

March 10, 2014

“Gewoon” gas



March 10, 2014

2



Photograph by China Newsphoto/Reuters/Corbis

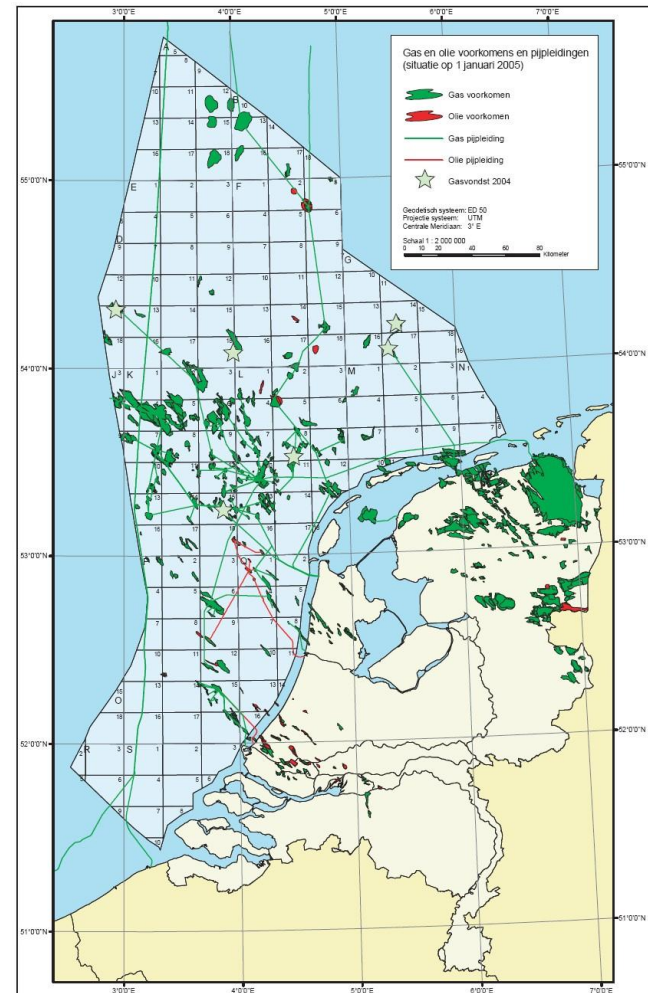
August 16, 2005 Speeding from the scene of the crime, a Chinese boy tows a floating plastic bag of stolen natural gas last week. Flouting a government ban, farmers around the central Chinese town of Pucheng frequently filch gas from the local oil field.

March 10, 2014

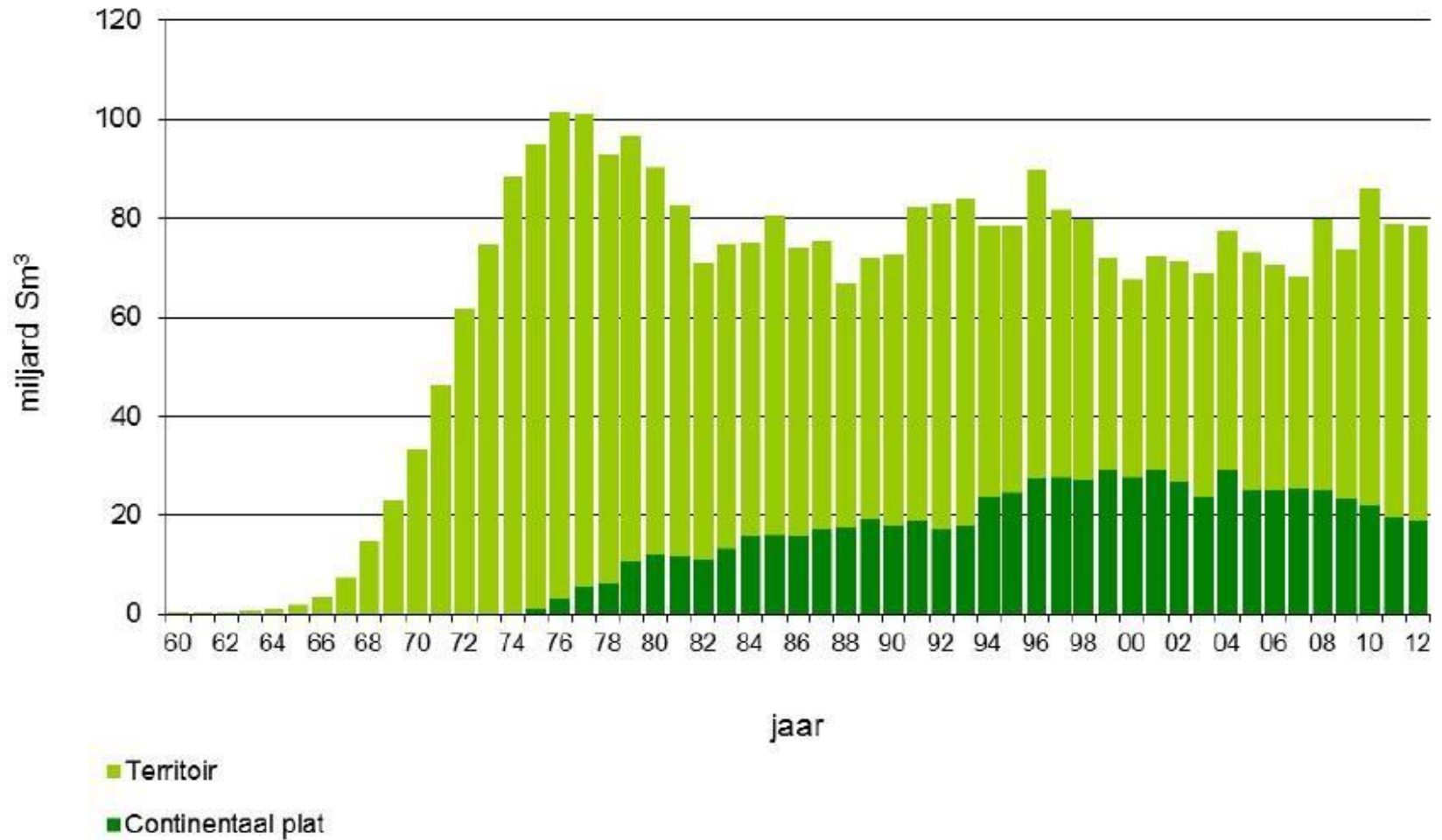
3

Vorraden: Gasvelden - Nederland

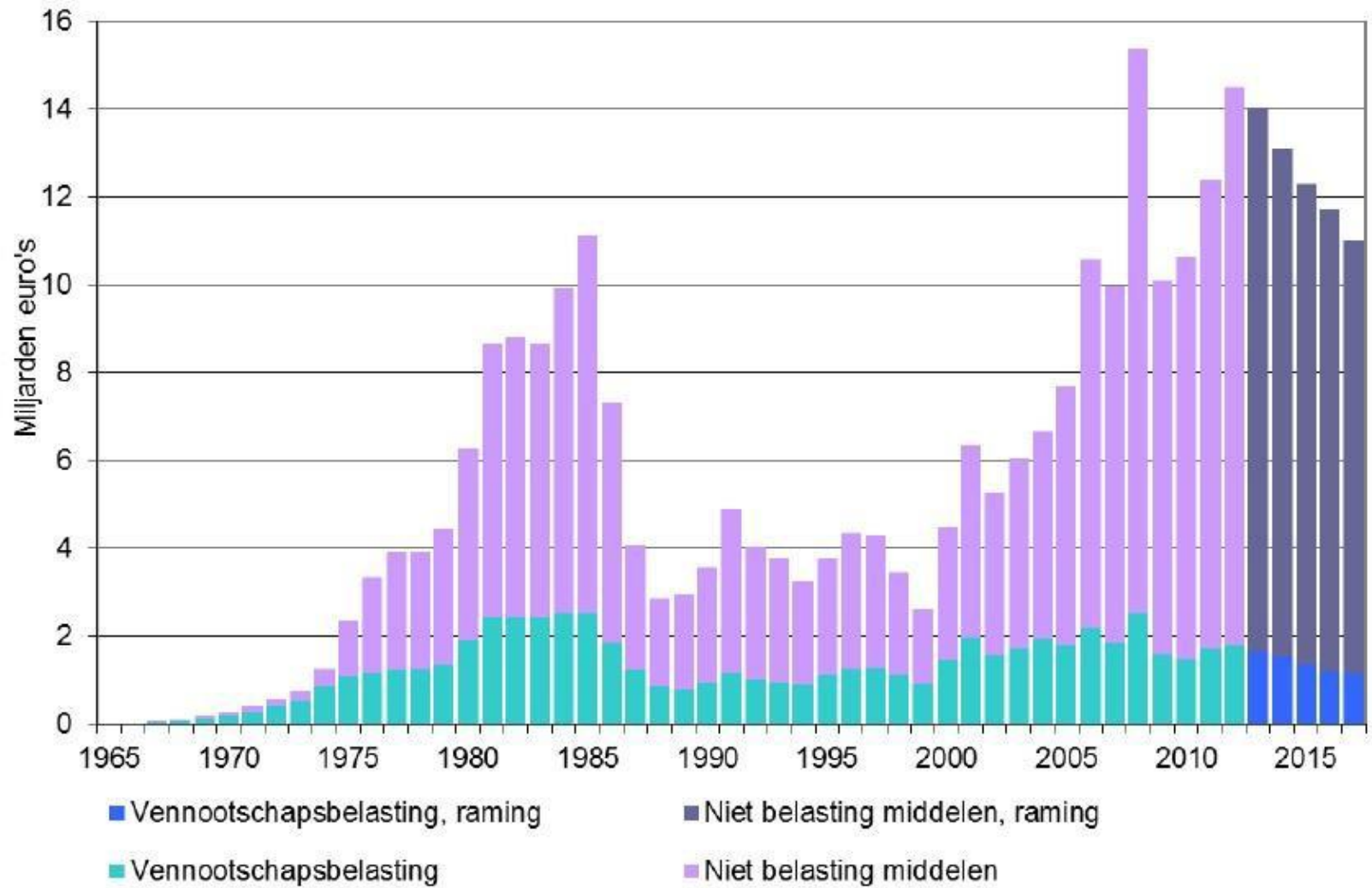
- Winning van olie en gas in NL en op het NL'se deel van het continentaal plat
- Meeste gas in Nederland komt uit Groningen
- Gaswinning uit kleine velden:
420 ontdekte velden (per 1 jan. 2009)
 - 234 ontwikkelde velden (waarvan 4 voor opslag)
 - 125 niet ontwikkelde velden, waarvan 53 wrschl binnen 5 jaar in productie gaan
 - van 61 velden is de productie (tijdelijk) gestaakt



Aardgasproductie 1960-2012



Aardgasbaten, 1965 – 2017



March 10, 2014

6

FOKKE & SUKKE WONEN OP AMELAND

HET SCHIJNT DAT HIER
ALLEMAAL BRANDBAAR
GAS ONDER DE GROND ZIT!

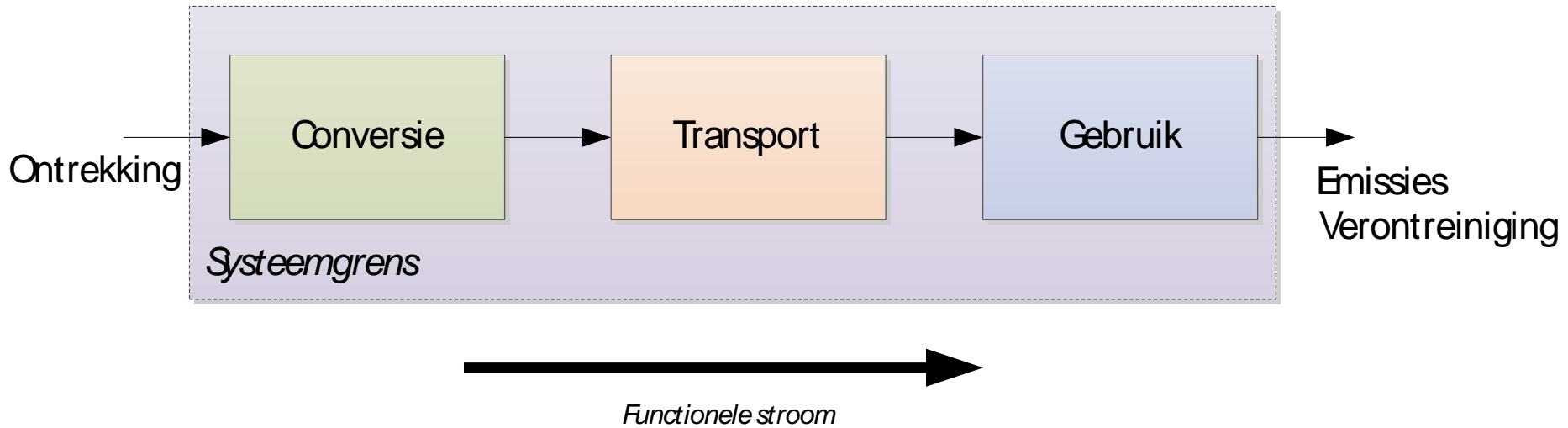
WE EISEN DAT DE
NAM HET METEEN
WEGHAALT!!!



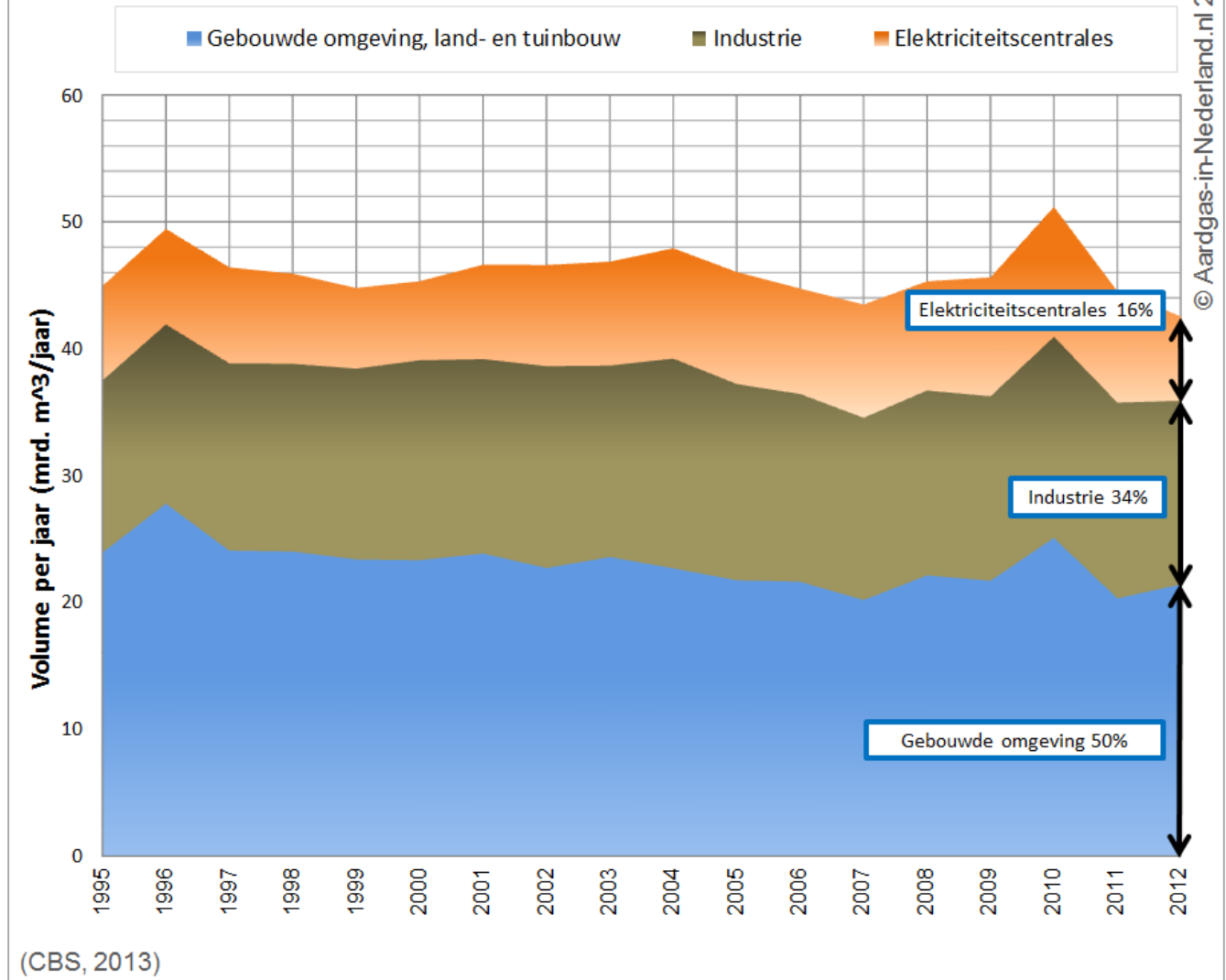
www.foksuk.nl

March 10, 2014

7

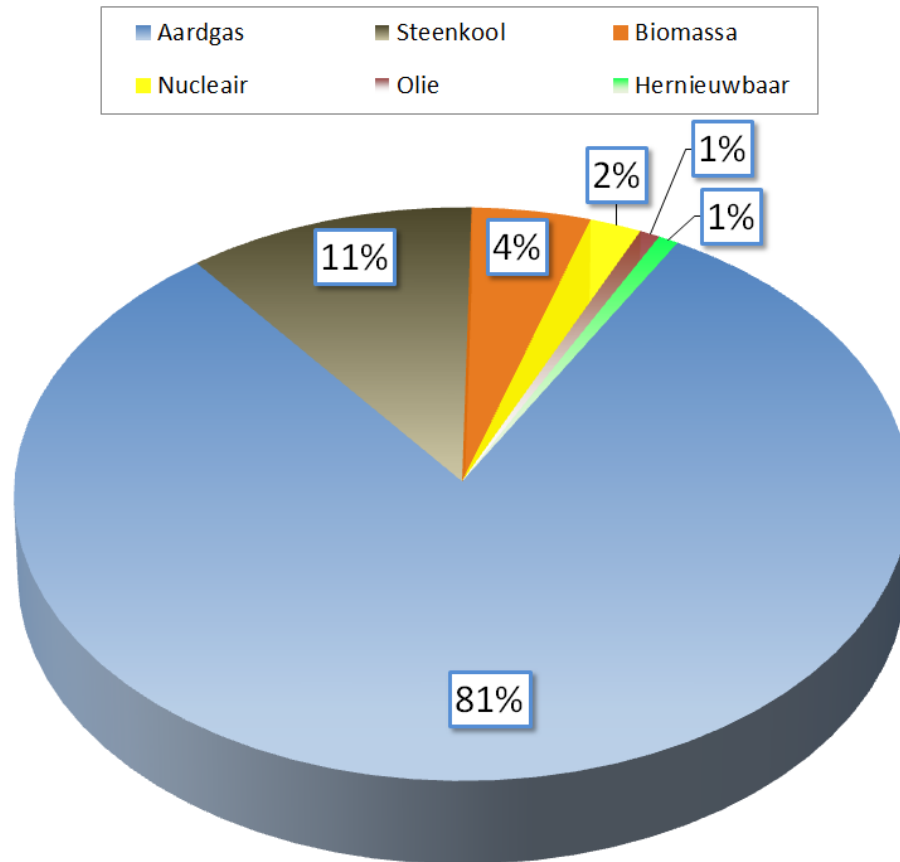


Aardgasverbruik in Nederland



Inclusief indirect
aardgasgebruik
(door aandeel aardgas in de
elektriciteitsproductiemix)

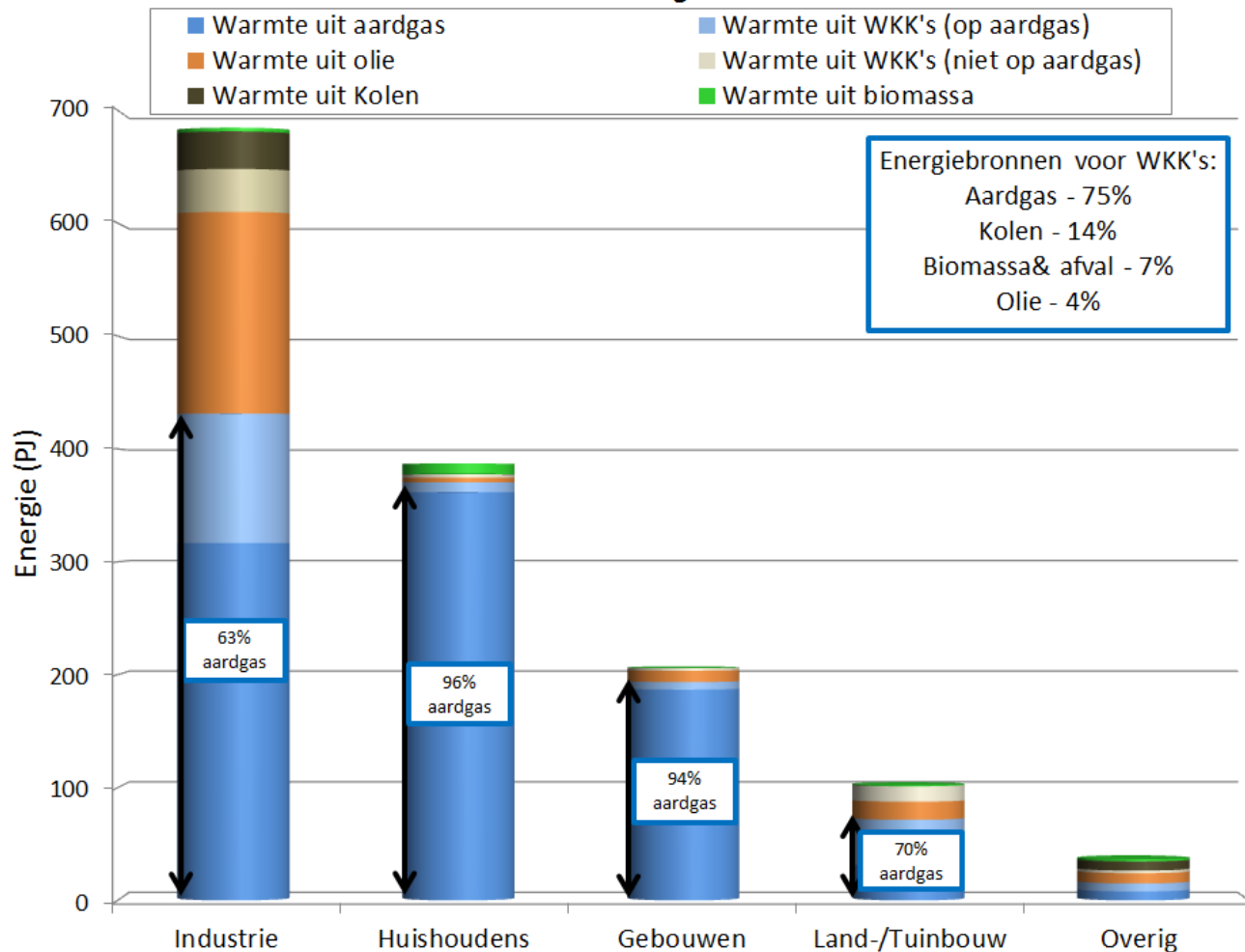
Energieverbruik in huishoudens



(Gegevens van 2010. Bron: Energietransitiemodel.nl, 2013)

Warmtevraag in Nederland

naar energiebron



(Gegevens van 2010. Bron: Energietransitiemodel.nl, 2013)

Huishoudelijk gasverbruik



- Gasverbruik gemiddeld Nederlands huishouden (2005): 1600 m³ gas per jaar
- De verdeling over de verschillende toepassingen is circa:
 - 78% voor verwarming
 - 19% voor warmwatervoorziening
 - 3% voor koken
- Ruim 80% van de Nederlandse huishoudens kookt op gas

Huishoudelijk gasverbruik



- Gasverbruik gemiddeld Nederlands huishouden (2005): 1600 m³ gas per jaar
- De verdeling over de verschillende toepassingen is circa:
 - 78% voor verwarming
 - 19% voor warmwatervoorziening
 - 3% voor koken
- Ruim 80% van de Nederlandse huishoudens kookt op gas
- **Hoe gevaarlijk zijn gasverbrandingsapparaten – ofwel: hoe zorgen we ervoor dat ze veilig zijn?**

Gaskwaliteit – Wobbe Index

- Gaskwaliteit verschilt per gasveld; kwaliteit wordt bepaald door chemische samenstelling en door calorische waarde
- Wobbe index is de belangrijkste maat voor het classificeren van aardgaskwaliteiten
- Wobbe index: maat voor verbrandingssnelheid van gas

$$W = H_s / \sqrt{d}$$

W = Wobbe index

H_s = bruto calorische waarde

d = relatieve dichtheid ten opzichte van lucht bij dezelfde temperatuur (273,15 K) en druk (101,325 kPa)

Gaskwaliteit – Wobbe Index

Het thermisch vermogen van een brander wordt hoofdzakelijk bepaald door zijn ontwerp en afstelling en door de aard en het debiet van het brandstofgas. Als ontwerp en afstelling als vast worden verondersteld, kan het thermisch vermogen Q (in J/s) uitgedrukt worden als het product van de verbrandingswaarde H van het gas (in J/m³) en van het debiet van het gas Q_v (in m³/s):

$$Q = H \times Q_v \quad (1)$$

Bij constante druk is het debiet van een gas door de branderopening omgekeerd evenredig met de vierkantswortel uit de relatieve dichtheid van dat gas:

$$Q_v \sim 1/\sqrt{d_r} \quad (2)$$

Uit (1) en (2) volgt dat het thermisch vermogen Q van de brander evenredig is met $H/\sqrt{d_r}$:

$$Q \sim H/\sqrt{d_r}$$

De Wobbe Index (WI) is genoemd naar Goffredo Wobbe die dit verband in 1926 voor het eerst formuleerde

Gaskwaliteit – Wobbe Index

- Er is een hoge en een lage Wobbe Index
- Want brandstofgassen hebben een hoge en een lage verbrandingswaarde:
 - **Hoge verbrandingswaarde** (upper heating value of bruto calorische waarde): hierin wordt de condensatiewarmte meegerekend van de waterdamp die bij de verbranding ontstaat
 - **Lage verbrandingswaarde** (lower heating value of netto calorische waarde): hierin wordt de condensatiewarmte van de waterdamp niet meegerekend
- Met de WI (zonder nadere aanduiding) wordt altijd de hoge index bedoeld, gebaseerd op de hoge verbrandingswaarde van het gas

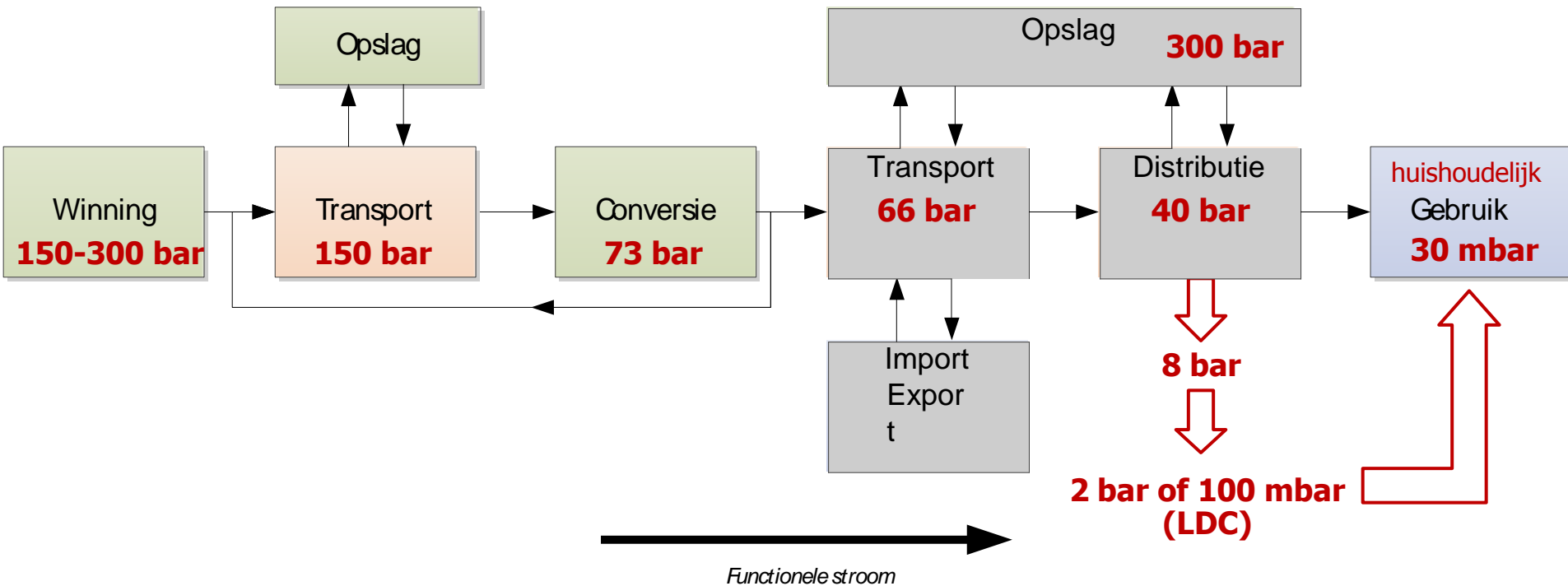
Gaskwaliteit – Wobbe Index

- Branders worden afgesteld – qua toevoer van verbrandingslucht - op een bepaald brandstofgas (met een bepaalde Wobbe Index)
- Wat gebeurt er als de Wobbe Index van het verbrandingsgas sterk verandert?

Gaskwaliteit – Wobbe Index

- Branders worden afgesteld – qua toevoer van verbrandingslucht - op een bepaald brandstofgas (met een bepaalde Wobbe Index)
- Wat gebeurt er als de Wobbe Index van het verbrandingsgas sterk verandert?
- Wobbe index te hoog:
 - vorming CO door onvolledige verbranding
- Wobbe index te laag:
 - vlam kan uitdoven (terwijl verbrandingsgas blijft uitstromen)
- De leverancier zorgt voor voldoende en constante druk, in de meeste gasdistributienetten (op wijkniveau) is dat 30 mbar (LD30)

Drukverloop van bron tot eindgebruik

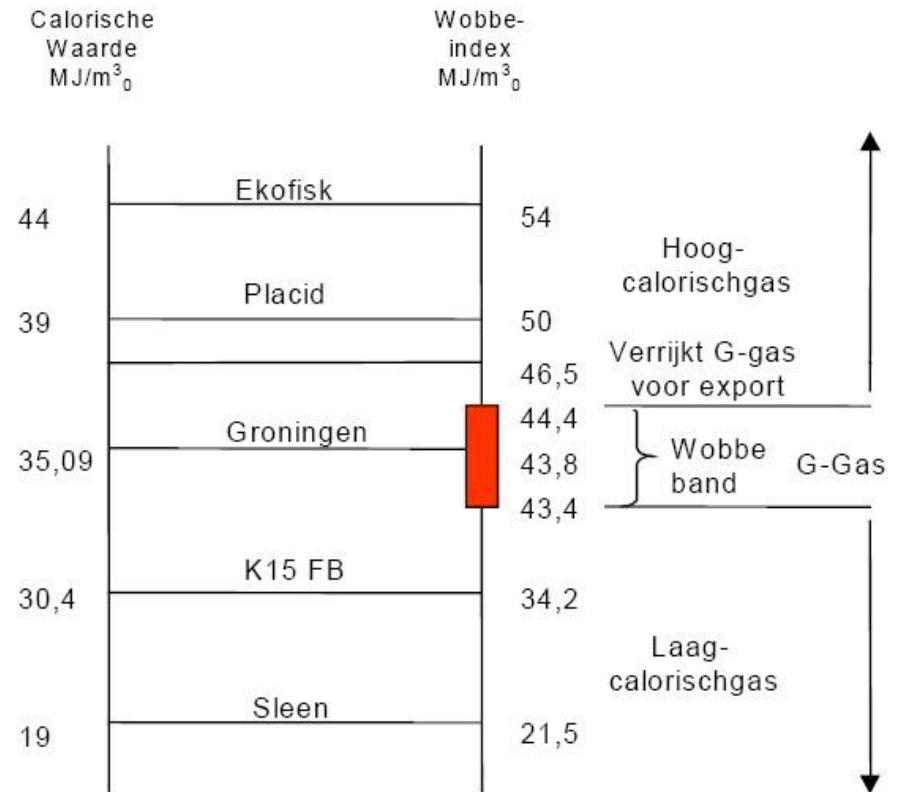


Kenmerken gastransportnet

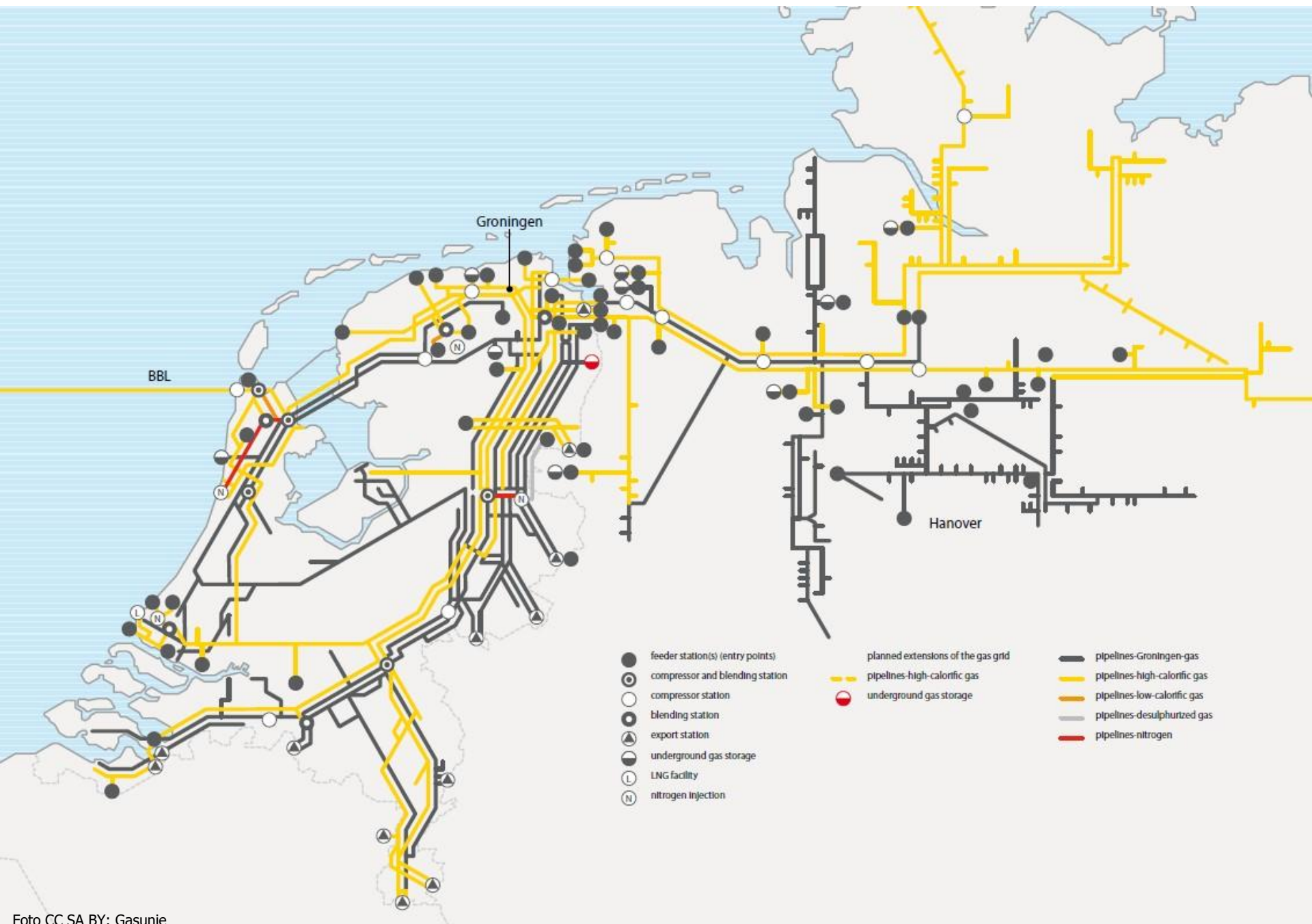
Hoofdtransportleidingnet	Regionaal leidingnet
65 tot 80 bar	40 bar
reukloos	geodoriseerd (18 mg/m ³ tetrahydrothiofeen)
lengte: 5.330 km	lengte: 5.926 km
diepte: ca. 1.75 m dekking	diepte: ca. 80 cm dekking
wanddikte: 12-15 mm afhankelijk van ligging	wanddikte: 5-12 mm afhankelijk van ligging

Gaskwaliteit – Wobbe Index

- L-gas (lage Wobbe index)
- G(roningen)-gas is de meest gebruikte gaskwaliteit in NL:
Wobbe band van 43,36 tot 44,41 MJ/m³
- G+-gas (voor export)
- H-gas (hoge Wobbe index)



Bron: Wal, W. van der, 2003



Gasvelden - Gassamenstelling

Table 2.1. Composition of low calorific and high calorific natural gas found in the Netherlands.

Compound	Formula	%v/v	%v/v
		Groningen gas (low calorific)	North Sea gas (high calorific)
Methane	CH ₄	81.30	88.17
Ethane	C ₂ H ₆	2.85	5.30
Propane	C ₃ H ₈	0.37	1.20
Butane	C ₄ H ₁₀	0.14	0.38
Pentane	C ₅ H ₁₂	0.04	0.09
<i>n</i> -hexane	C ₆ H ₁₄	0.05	0.09
Nitrogen	N ₂	14.35	3.30
Oxygen	O ₂	0.01	–
Carbon dioxide	CO ₂	0.89	1.47
		100.00	100.00

Bron: Wal, W van der, 2003

Gasvelden - Gassamenstelling

Droog gas (bevat weinig condenseerbare bestanddelen, zoals hogere koolwaterstoffen)

- Komt vooral voor in aparte gasvelden

Nat gas (bevat veel condenseerbare bestanddelen)

- Komt vooral voor in gasvelden die dicht bij olievelden liggen of verbonden zijn met olievelden ("associated gas")

Zuur gas (aanwezigheid H₂S en CO₂)

Gasvelden - Gassamenstelling

Gewonnen gas is niet direct geschikt voor invoer in gasnet:

- Water (veroorzaakt corrosie en vorming gashydraten)
- Zwavelhoudende bestanddelen (giftig en corrosief)
- CO₂ (corrosie, levert geen energie bij verbranding, extra transportkosten)
- Hogere koolwaterstoffen dan CH₄ (veroorzaken beschadigingen aan leidingen en kleppen, verkeerde Wobbe index gasmengsel, vertegenwoordigen economische waarde – **Natural Gas Liquids**)

Gassamenstelling

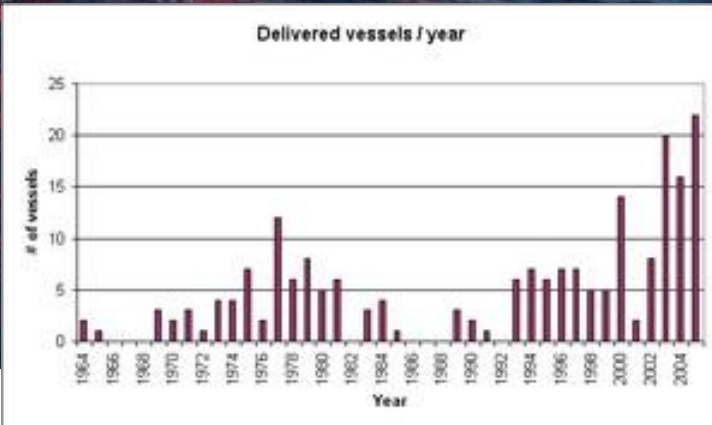
- H-gas kan naar (pseudo) G-gas worden getransformeerd door toevoeging van stikstof (N_2)
- Naarmate het Groningenveld steeds verder wordt uitgeput, raken we steeds meer aangewezen op H-gas uit de kleine velden en uit andere landen, onder meer LNG

LNG - Liquefied Natural Gas

- Liquefaction: Sterke koeling van aardgas tot -163°C . Hierbij wordt het volume van het aardgas ca. 600 maal verkleind.
- Transport : Speciale tankers
- Regasification: Uit LNG wordt aardgas geproduceerd om in het gasnet te injecteren



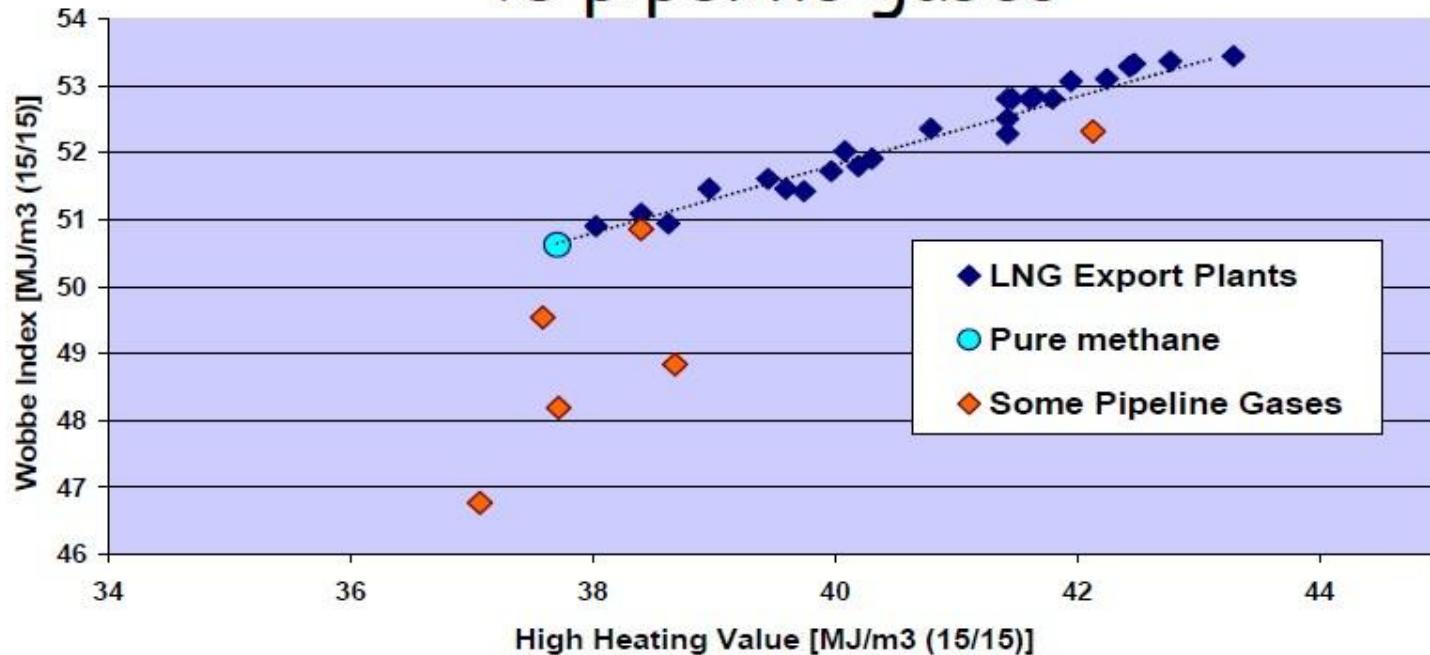
- 163 °C, atmosferische druk
Dagelijks gaat 0,1% - 0,25% van
de lading "verloren"



Belang LNG

- Toename van handel in LNG verwacht
- Meer gasvelden bereikbaar voor import/grotere afzetmarkt voor producenten
- Flexibilisering van gasmarkt
- Vermindering afhankelijkheid van Rusland en Midden-Oosten (politisering)

Continuum of LNG qualities vs pipeline gases



LNG is a relatively consistent product compared to pipeline gas:

- 5% range of Wobbe Index from leanest to richest LNG
- 12 % range of High Heating Value



Programme Committee D
Amsterdam 5-9 June 2006



Study Group D1



Gassamenstelling

- H-gas kan naar (pseudo) G-gas worden getransformeerd door toevoeging van stikstof (N_2)
- Naarmate het Groningenveld steeds verder wordt uitgeput, raken we steeds meer aangewezen op H-gas uit de kleine velden en uit andere landen, onder meer LNG
- **Wat betekent dat voor de toekomst?**

Toekomst Nederlandse aardgaswinning

Groningenveld:

- Behoort (nog steeds) tot de 10 grootste gasvelden ter wereld
- Balansfunctie!
- Productieplafond op 425 miljard m³ voor 2006-2015
- Voorrang voor aardgas uit de “kleine” velden
- De NAM zal nog zo’n 50 jaar gas uit het Groningenveld blijven produceren, maar
- ... rond 2020 kan dat niet meer in wisselende hoeveelheden: de balansfunctie van het Groningenveld gaat verloren
- **Wat dan?**

Uitdagingen in aardgasinfrastructuur

Hoe handhaven we de balans tussen vraag en aanbod?

- Eindgebruiker wil constante kwaliteit (en druk)
- Verschillende eindgebruikers vragen niet dezelfde kwaliteit
- De vraag fluctueert in kwantiteit
- De bronnen hebben verschillende productiekarakteristieken in kwantiteit en kwaliteit
- Het Nederlandse aanbod neemt af
- De vraag neemt toe (bijv. rijden op aardgas)

... op de korte en op de lange termijn?

Gasopslag

- Opslag van gas is nodig om fluctuaties in gasconsumptie en gasproductie op te kunnen vangen
- Hoe groter de afstand tussen opslag en afname van gas, des te lastiger is het opvangen van fluctuaties in vraag en aanbod.
- Door opslag kunnen handelaren rendabelere contracten afsluiten
- Opslag maakt commerciële diensten mogelijk, zoals speculatieve handel en het leasen van opslagruimte

Kenmerken van de Nederlandse ondergrondse gasopslagen (UGS)

	Norg	Grijpskerk	Alkmaar
Max. dagproductie (Mm ³ /d)	51	56	36
Min. dagproductie (Mm ³ /d)	4	4	2,4
Max. dag. injectie (Mm ³ /d)	12	12	3,6
Min. dag. injectie (Mm ³ /d)	10	10	?
Tot. gasvolume (Mm ³)	28.000	13.100	3.600
Werkvolume (Mm ³)	3.000	1.500	500
Kussenvolume (Mm ³)	25.000	11.600	3.100
Werk/totaal (%)	10,7	11,5	13,9
Bedrijfstijd (dagen)	69	29	14

Kenmerken van de Nederlandse UGS en de peak shaver op de Maasvlakte

	Norg	Grijpskerk	Alkmaar	LNG Maasvlakte
Max. dagproductie (Mm ³ /d)	51	56	36	30
Min. dagproductie (Mm ³ /d)	4	4	2,4	
Max. dag. injectie (Mm ³ /d)	12	12	3,6	0,2
Min. dag. injectie (Mm ³ /d)	10	10	?	
Tot. gasvolume (Mm ³)	28.000	13.100	3.600	
Werkvolume (Mm ³)	3.000	1.500	500	75
Kussenvolume (Mm ³)	25.000	11.600	3.100	0
Werk/totaal (%)	10,7	11,5	13,9	100
Bedrijfstijd (dagen)	69	29	14	2

Gasopslag

- Essent gebruikt voor de Nederlandse markt Duitse zoutcavernes bij Epe voor gasopslag.
- Essent werkt aan plannen om het Waalwijk gasveld om te bouwen tot gasopslag.
- Nuon-GTS-Akzo Nobel hebben een project gestart om nieuwe zoutcavernes bij Zuidwending te creëren voor (de functie van) gasopslag:



Gasunie neemt 27 januari (2011) de ondergrondse gasopslag Zuidwending officieel in gebruik.

De gasopslag vindt plaats in een viertal voormalige zoutcavernes van AkzoNobel. Per caveerne is ruim 50 miljoen m³ aardgas voor de markt beschikbaar (werkgasvolume) onder een maximale druk van 180 bar. Uit de vier cavernes kan maximaal 1,6 miljoen m³ gas per uur geproduceerd worden en er kan maximaal 0,8 miljoen m³ per uur worden geïnjecteerd. De constructie van een vijfde caveerne is in volle gang. Deze zal ongeveer anderhalf keer zo groot zijn als de grootste van de vier huidige cavernes en wordt in 2013 in gebruik genomen. Met de realisatie van de Zuidwending gasopslag is een investering gemoeid van ruim € 500 miljoen.

Kenmerken van de Nederlandse ondergrondse gasopslagen (UGS)

	Norg	Grijpskerk	Alkmaar	Bergermeer
Max. dagproductie (Mm ³ /d)	51	56	36	
Min. dagproductie (Mm ³ /d)	4	4	2,4	
Max. dag. injectie (Mm ³ /d)	12	12	3,6	
Min. dag. injectie (Mm ³ /d)	10	10	?	
Tot. gasvolume (Mm ³)	28.000	13.100	3.600	8.700
Werkvolume (Mm ³)	3.000	1.500	500	4.100
Kussenvolume (Mm ³)	25.000	11.600	3.100	4.600
Werk/totaal (%)	10,7	11,5	13,9	
Bedrijfstijd (dagen)	69	29	14	

Toegankelijk voor derden
Kussenvolume geleverd door Gazprom

Inspelen op fluctuaties in eindgebruik

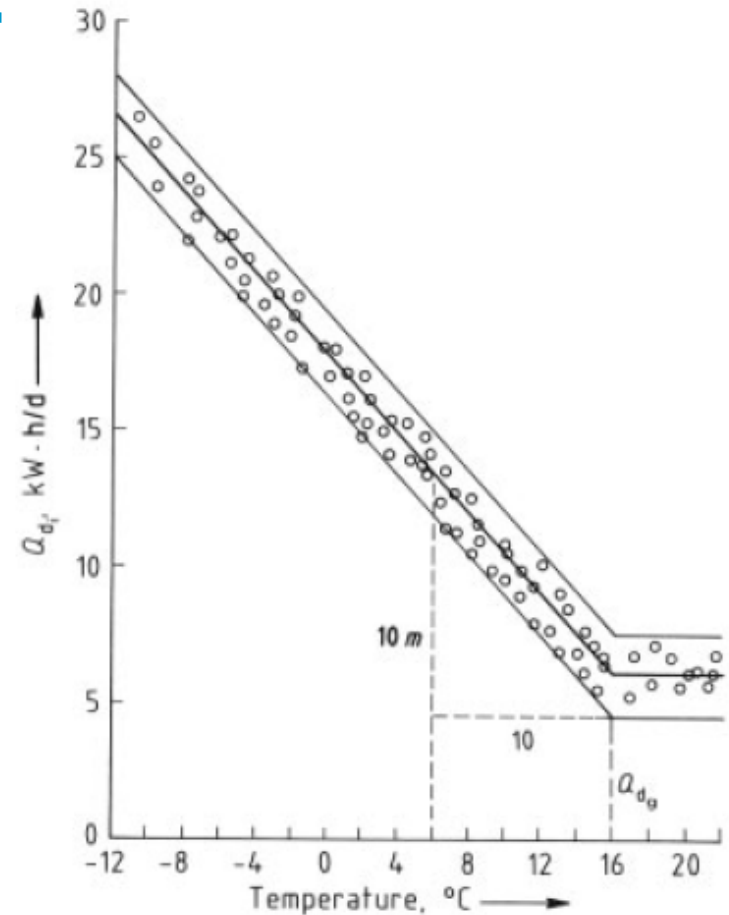
- Per dag
- Per week
- Per seizoen
- Met buitentemperatuur



Op lange termijn: sterke groei van vraag naar aardgas, want relatief schone brandstof

Aardgasconsumptie afhankelijkheid temperatuur

- Belangrijkste factor gasconsumptie is buitentemperatuur
- Gasconsumptie neemt lineair toe bij afname van temperatuur, boven bepaalde temperatuur is gasconsumptie constant

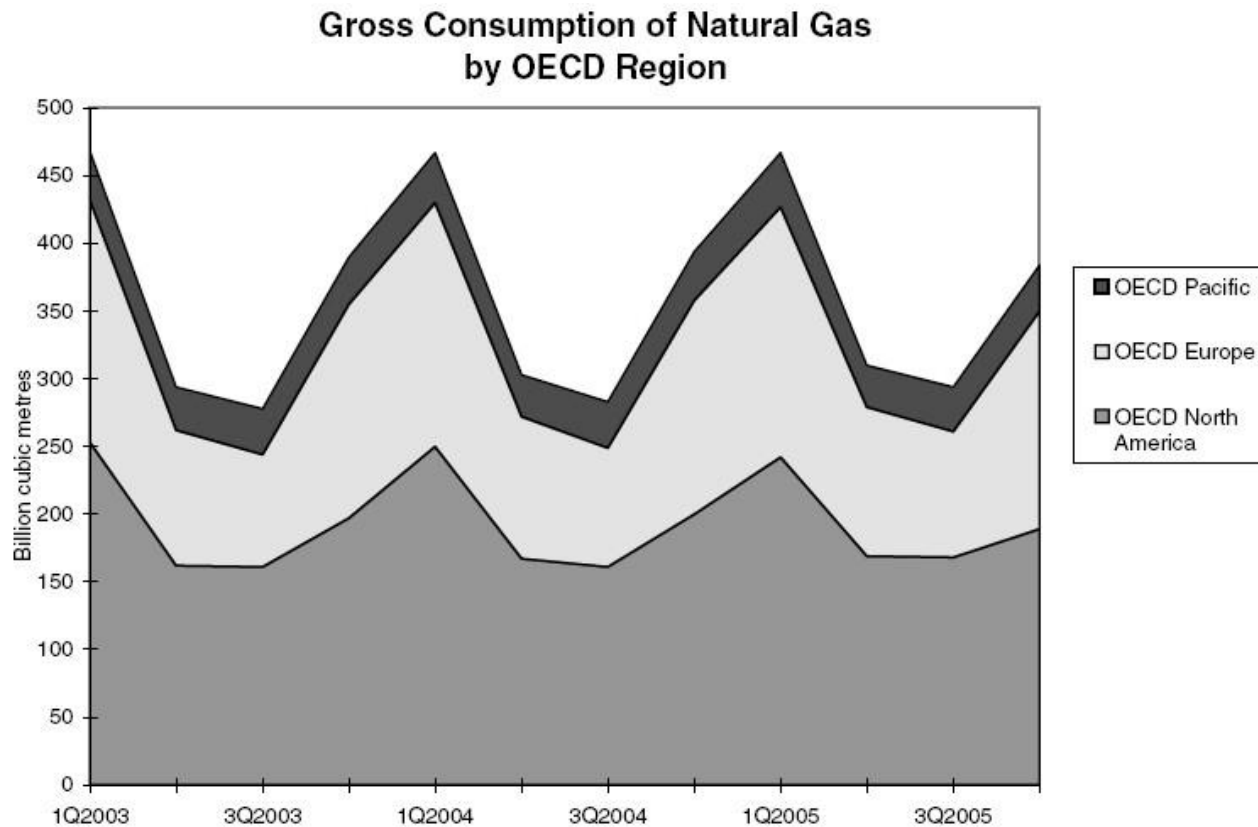


Bron: Ullmann's encyclopediā of industrial chemistry: Natural gas

Aardgasconsumptie

Seizoensschommelingen

- In de wintermaanden is de gasconsumptie aanmerkelijk hoger dan in de zomermaanden



Bron: IEA, 2005

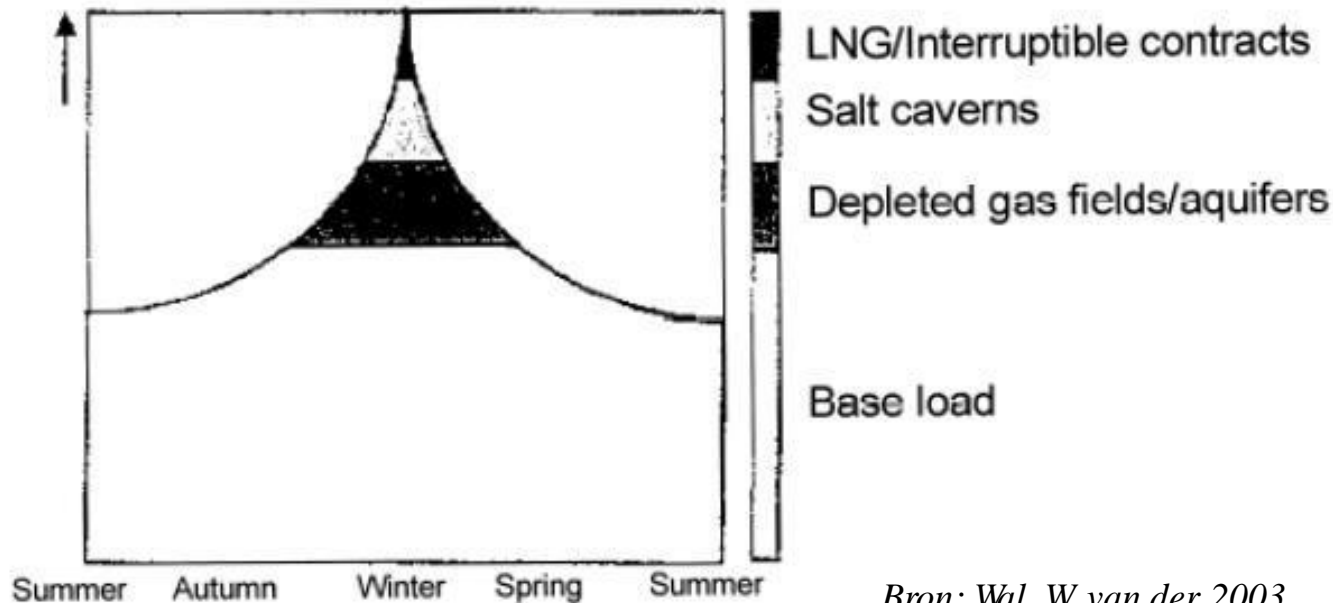
Afstemming van vraag en aanbod gasopslag

	Dagelijkse pieken	Wekelijkse pieken	Seizoens variatie
Lagedrukcontainers (weinig meer gebruikt)	+		
Hogedrukcontainers (bijv. gasbollen)	+	+	
Line packing (opslag in leidingen)	+	beperkt	
Lege gasvelden, aquifers, zoutcavernes	beperkt	+	+

Afstemming van vraag en aanbod

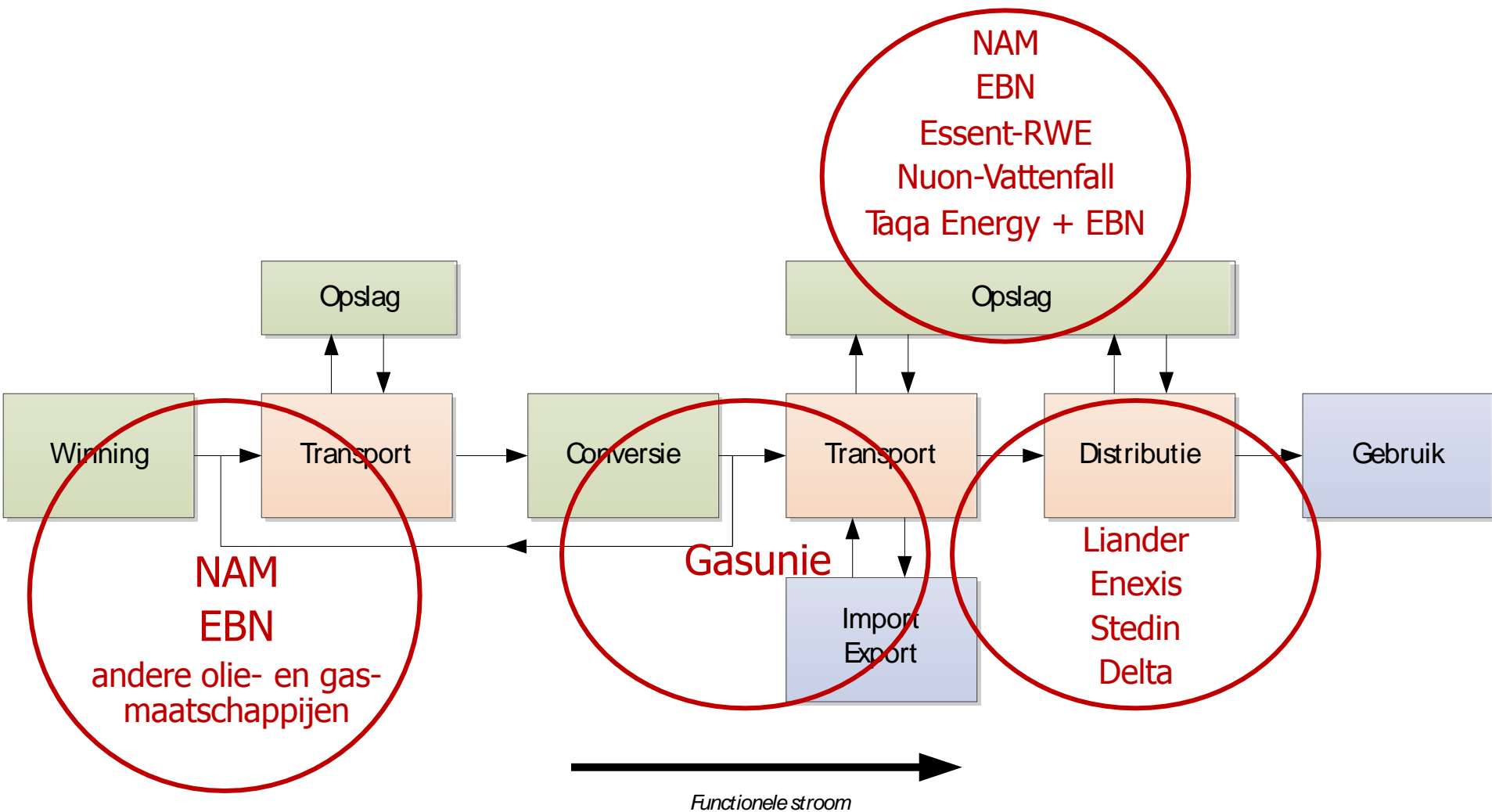
Bij dreigende onbalans

- Opslag uit lege velden en zoutcavernes
- Injecties uit LNG-terminals
- Afschakeling industriële verbruikers



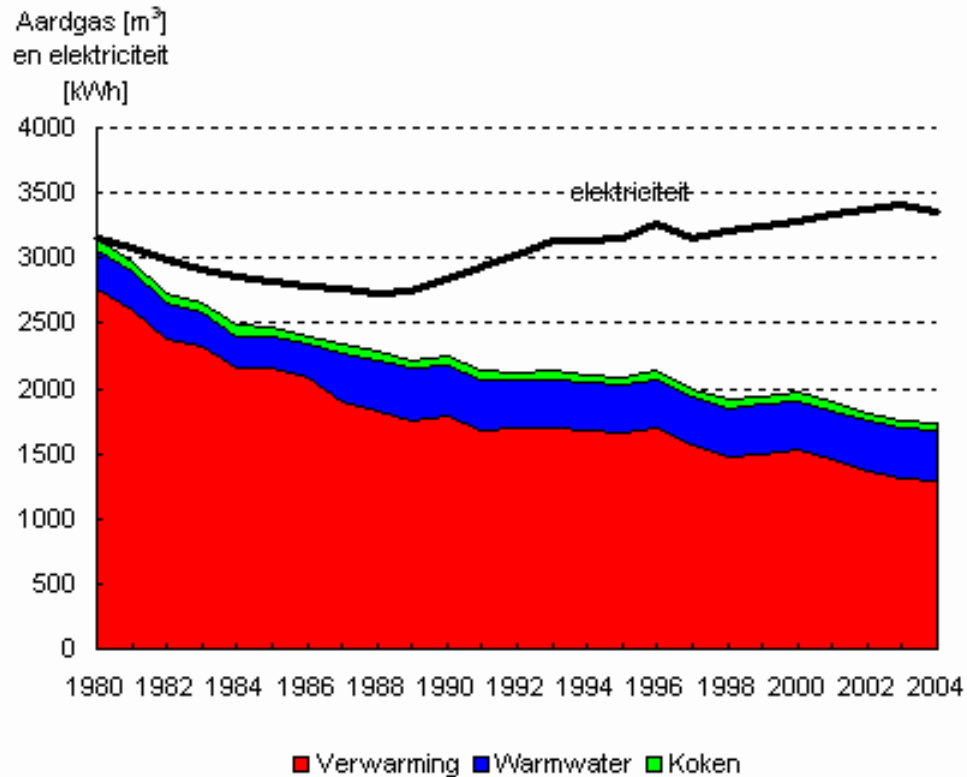
Afstemming van vraag en aanbod

- Gasunie Transport Services B.V. is verantwoordelijk voor de balans van het gasnet (netintegriteit)
- Balans:
het verschil tussen entrygas en exitgas is binnen tolerantiegrenzen



Gemiddeld energiegebruik per huishouden 1980 – 2004

(ECN)



March 10, 2014

46

Gasvoorziening voor de toekomst?

- Nieuwe toepassingen? (bijv. als transportbrandstof)
- Nieuwe bronnen/landen?
- Nieuw gas – alternatieven voor aardgas?



Onderdelen transport- en distributienetwerk (Gasunie)

- Voedingsstations (feeder station)
 - entree van gas in netwerk
- Exportstations of grensstations
 - gas verlaat Nederland of komt binnen
- Meet- en regelstations (M&R)
 - omslag van hogedruk transportnet naar regionaal transportnet, drukbeveiliging en odorisatie
- Gasontvangststations (GRS)
 - ontvangst gas uit regionaal transportnet om het verder te verspreiden
- Compressorstations
 - regelen druk in leidingen
- Gescheiden leidingen voor H, G en L-gas
- Stikstofinjecties
 - voor conversie H-gas naar G-gas
- Mengstations (blending station)
 - gas wordt naar G-kwaliteit geconverteerd
- Ondergrondse opslag (UGS)
- Opslag van vloeibaar aardgas (LNG)

Totaal rendement gasinfrastructuur?

Factoren energiegebruik (excl. eindgebruik):

- **Kwaliteit van het gas** (gasconversies, extra transport vanwege extra N₂ en omwegen naar conversieinstallaties)
- **Fluctuaties in het debiet** (extra depletie- en transportcompressie, stand-by apparatuur, suboptimaal gebruik van apparatuur)
- **Druk** (depletiecompressie, transportcompressie, hogere eisen aan gasbehandeling door hogere condensatie)
- **Transportafstand** (aantal compressoren en depletiecompressie)

Energiegebruik in gasinfrastructuur

Energiefunctie	Totaal gebruik (PJ/jaar)	Totaal gebruik (%)	Specifiek gebruik (kJ/Nm ³ gas) ⁴
Productie			
• Depletie-compressie	16	43%	230
• gasbehandeling	10	27%	140
• fakkelen en venting	2	5%	30
<i>Totaal productie</i>	29	78%	400
Transport			
• transport-compressie	4	11%	50
• GOS-gebruik	1	3%	20
• N ₂ -productie	3	8%	50
<i>Totaal transport</i>	9	22%	120
Totaal	37	100%	520

- Standaard Nederlands aardgas heeft een energetische waarde van 31,65 MJ/Nm³
- Depletie-compressie: het op de gewenste druk brengen van gas uit reservoirs
- **Nota bene: Rendement eindgebruik niet beschouwd!**

Wat hebben we geleerd?

- Lay-out van de Nederlandse aardgasinfrastructuur: verschillende netten voor verschillende gaskwaliteit
- Functionele eenheden in de aardgasinfrastructuur
- Welke factoren zijn relevant voor de aardgaskwaliteit aan de bron en bij de eindgebruiker?
- Hoe kan aardgas naar een ander kwaliteitsniveau worden geconverteerd?
- Wat is het belang van LNG?
- Waarom kun je bij ondergrondse opslag niet het hele opslagvolume benutten?
- Hoe wordt de balans in het aardgasnet gehandhaafd ondanks fluctuaties (met verschillende tijdconstanten) in het eindgebruik?
- Wat is LNG, NGL en CNG?