

Basisinzichten aardgaswinning en aardbevingen

De kwetsbare gasvoorziening

Herman Damveld, hdamveld@xs4all.nl

Groningen, 30 maart 2015

Samenvatting en aanleiding

De kwetsbaarheid van de Nederlandse aardgasvoorziening neemt toe. Als we de winning van aardgas op de oude voet voortzetten is het Nederlandse gas over 15 jaar op. Nu is er nog maar een kwart over van de gasvoorraad die aanvankelijk in de grond zat. Bovendien zijn steeds meer pompen nodig om het gas uit de grond te halen. Die pompen werken op stroom. Ze gebruiken voor de gaswinning jaarlijks evenveel elektriciteit als zo'n 200.000 huishoudens.

Niet alleen ondergronds maar ook bovengronds neemt de kwetsbaarheid toe. De gaswinning in Groningen veroorzaakte vanaf 1990 tot begin maart 2015 maar liefst 862 aardbevingen. Aardbevingen geven schade. Vanaf medio 2012 tot begin maart jl. zijn er 35.500 schademeldingen binnengekomen, waarvan er 29.000 zijn geaccepteerd door de NAM. Grotere schade is mogelijk. Het Staatstoezicht op de Mijnen heeft in 2013 uitgerekend dat bij een ernstige aardbeving 118 doden kunnen vallen en 1200 huizen kunnen instorten. De kracht van zo'n aardbeving wordt dan weergegeven op de schaal van Richter. De schade wordt echter niet zozeer bepaald door de kracht van de beving, maar meer door het schudden van de grond tijdens een aardbeving. Dat heet de grondversnelling. Er zijn gegevens bekend over de grondversnelling bij aardbevingen in het buitenland. Bij een grondversnelling die we in Groningen kunnen verwachten vielen in het buitenland enkele tientallen tot 90.000 doden. Dat kwam niet zozeer door de aardbeving zelf, maar doordat mensen bedolven werden onder instortende huizen en gebouwen.

In de informatievoorziening over de aardbevingen in Groningen geeft het KNMI de grondversnelling echter niet aan, alleen maar de kracht op de schaal van Richter. Daardoor is de informatie onvolledig en ontstaat er een onjuiste beeldvorming.

We kennen geen Nederlandse industrie die jaarlijks met instemming van de regering schade aan duizenden huizen mag veroorzaken. Tegelijkertijd krijgt de regering per dag 25 miljoen euro aan aardgasbaten door de gaswinning. Vanaf 1963 tot en met vorig jaar waren de aardgasbaten voor de overheid 277 miljard euro. Deze situatie is voor ons de aanleiding om dit artikel te maken.

Inhoudsopgave

1 Inleiding

2 Gasvelden en gasbeleid

3 Einde gasvoorraad komt naderbij

4 Groningen-gas uniek en laagcalorisch

5 Aardgaswinning tot nu toe te land en ter zee

6 Winningsplan volgens minister Kamp

7 NAM gebruikt evenveel stroom als 185.000 - 455.000 huishoudens

8 Groningen-veld met 862 aardbevingen

9 Grondversnelling maatgevend, niet de schaal van Richter

10 35.500 schademeldingen en 118 doden of meer mogelijk

11 Leveringszekerheid: 21 miljard m³ gas; veiligheid: 12 miljard m³ gas

12 Aardgasbaten 277 miljard euro

13 Veiligheid bevolking ondergeschikt

14 Conclusie: gevangen in het gasnet

1 Inleiding

Het Centraal Bureau voor de Statistiek heeft op 9 februari 2015 gegevens uitgebracht over het elektriciteitsgebruik in Nederland. Dat verbruik is nu maar liefst 16 keer hoger dan in 1950, een groei van gemiddeld 4,5% per jaar.¹ Nu hoeft dat in beginsel geen probleem te zijn. Immers, we krijgen in Nederland van de zon gemiddeld per jaar 35 keer zoveel energie als we nodig hebben voor verwarming, industrie, auto's en de opwekking van elektriciteit.² Maar de Nederlandse energievoorziening draait niet op de zon. Aardgas vervult een belangrijke rol voor de opwekking van elektriciteit en de verwarming van huizen en gebouwen. Jarenlang was aardgas onomstreden omdat het minder vervuילend is dan kolen of kernenergie. Milieuorganisaties kenden aan aardgas een belangrijke rol toe totdat Nederland omgeschakeld zou zijn naar duurzame energie.

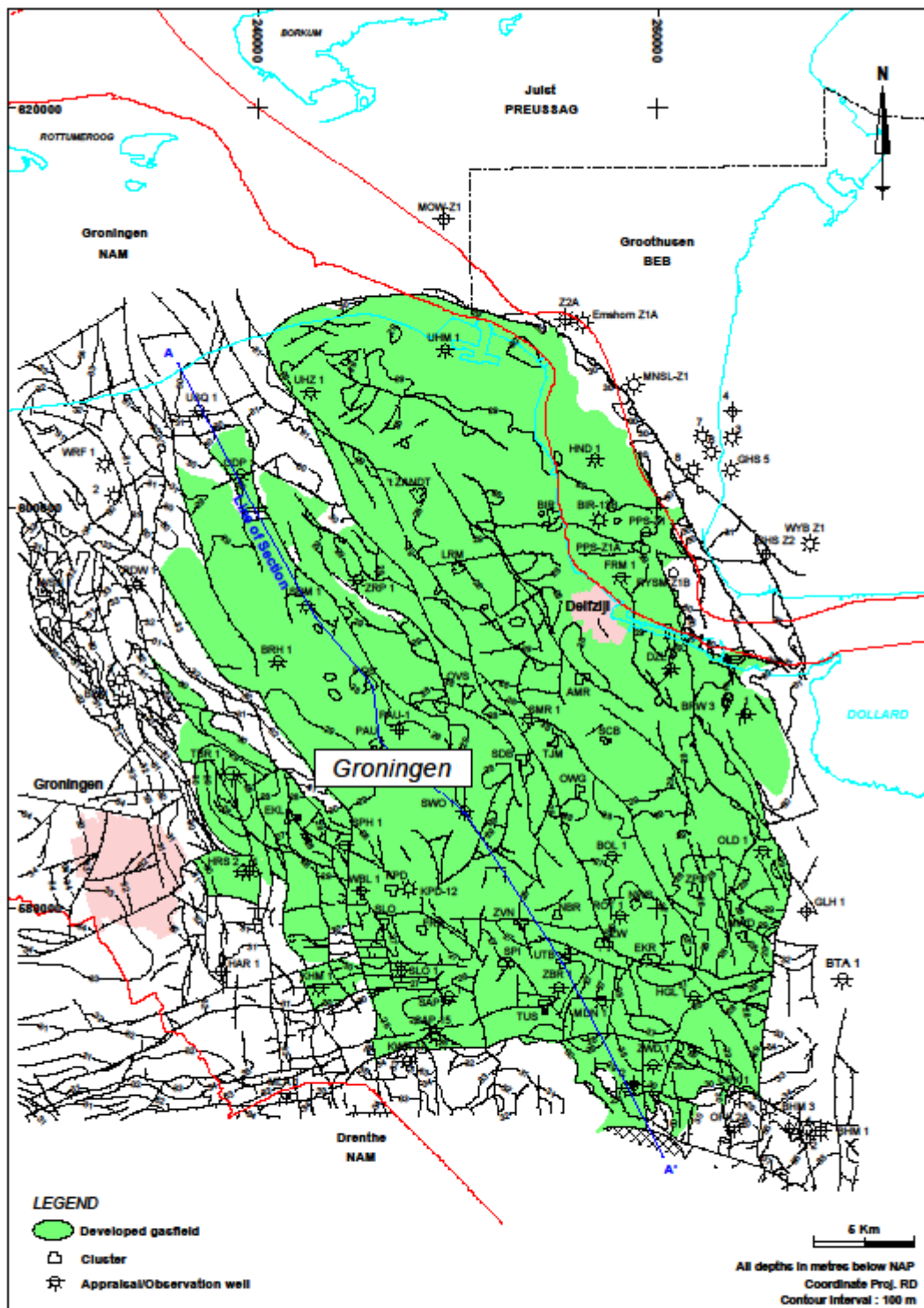
De afgelopen jaren komt de keerzijde van de aardgaswinning meer en meer naar voren. Noord-Nederland is letterlijk geschokt door de aardbevingen als gevolg van de winning van aardgas. De afgelopen periode ontstond de roep om minder aardgas uit de Groninger grond te halen. De milieuvoordelen van aardgas worden niet meer genoemd. Ook zijn er protesten tegen winning uit kleine gasvelden, zoals bij Terschelling door het bedrijf Tulip Oil.³ Maar waar gaat het dan om, wat zijn de belangrijkste feiten over aardgas? En hoe zit het met de aardbevingen? Daarover willen wij met dit artikel uitleg en inzichten geven, zonder volledig te zijn.⁴ We beginnen bij de basis. Een voorbeeld. Wat is een kubieke meter (m^3) gas? In het Groningen-veld zat 2700 miljard m^3 gas. Maar wat zegt dat? 2700 miljard m^3 is een oppervlakte van 52 bij 52 kilometer en dan 1 kilometer hoog. Het is een gebied zoals op figuur 1. Het gas zit op 3000 meter diepte in een zandsteenlaag van zo'n 100 tot 200 meter dikte.⁵ Hoge druk perst het gas samen. Het gas dat is opgesloten in 1 m^3 op 3000 meter diepte zal aan het aardoppervlak een volume van ongeveer 50 m^3 innemen.⁶ We hebben bij de NAM navraag gedaan over de juistheid van dit getal, maar kregen geen antwoord.

Figuur 1
Groningen-gas: 52 bij 52 kilometer en 1 kilometer hoog



Bron: <http://www.gezinsbode.nl/in-beeld-een-kilometer-gas-en-wie-betaalt-na-faillissement-nam/>, 4 maart 2015.

Figuur 2
Het Groningen-gasveld



 NAM	Depth Contour Map Groningen - Top Slochteren (ROSL) Scale 1 : 250 000			
	NEDERLANDSE AARDOLIE M.I. B.V.	Project: ARPR	Author: ELG-DVC	Date: Jan. 2003

2 Gasvelden en gasbeleid

Nederland is de grootste aardgasproducent van de Europese Unie. Dat begon met de ontdekking van het grote Groningen-veld in 1959 (zie figuur 2), maar er zijn ook kleine gasvelden op land en onder het Nederlandse deel van de Noordzee. De NAM haalt het gas uit het Groningen-veld, maar bij de kleine velden zijn ook andere bedrijven actief.⁷

De gasvelden

Naast het grote Groningen-veld zijn er nog meer dan 265 gasvelden in Nederland, op land en in de Noordzee, waaruit aardgas wordt gewonnen: 113 daarvan bevinden zich op het vasteland en de rest op het Nederlandse deel van de Noordzee. Daarnaast zijn er 125 gasvelden waarvan er volgens de planning van de energiebedrijven 53 waarschijnlijk binnen vijf jaar in productie worden genomen; van 72 kleine gasvelden is het onzeker wat ermee gaat gebeuren.⁸

Gasopslag in bijna lege velden en een zoutkoepel

In twee lege velden wordt gas opgeslagen: Grijskerk en Norg (exploitant NAM), terwijl de Gasunie gas opslaat in de zoutkoepel Zuidwending.^{9 10}

TAQA exploiteert sinds 1997 de Piekgasinstallatie Alkmaar en heeft in december 2014 een vergunning aangevraagd voor opslag in het gasveld Bergermeer bij Alkmaar. Het gaat hierbij om 4,1 miljard m³, dat is ongeveer 10% van het totale jaarlijkse gasverbruik in Nederland.¹¹

Kleine-veldenbeleid

Om het Groningen-veld te sparen besloot de regering in 1974 om winning van gas uit de kleine velden voor de bedrijven aantrekkelijk te maken. Gas uit de kleine velden kreeg sindsdien voorrang op het gasnet. Het Groningen-veld werd gebruikt om aan de resterende vraag te voldoen: wanneer de gasvraag hoger was dan het totaalaanbod uit de kleine velden, dan werd het gas aangevuld met dat van het Groningen-veld. Dit kreeg daarmee de zogeheten balansfunctie, het werd een 'balansveld'.^{12 13} Zo hangen de kleine velden en het Groningen-veld samen. Als er bij gelijkblijvende vraag minder gas uit het Groningen-veld gewonnen wordt moet er in de visie van de regering meer uit de kleine velden komen. Dat betekent ook de ontwikkeling van nieuwe kleine velden, zoals bij Terschelling, of meer import uit Noorwegen of Rusland.

Importeren

Bij import komt de vraag naar voren of er in het buitenland aardbevingen voorkomen door de winning van aardgas. Als we in Nederland minder gas winnen vanwege de aardbevingen, hoe beoordelen we dan eventuele aardbevingen in het buitenland? Deze vraag is tot nu toe niet gesteld.

3 Einde gasvoorraad komt naderbij

3.a Aangetoonde gasvoorraad 930 miljard m³

Het Groningen-veld bevatte aanvankelijk een aangetoonde en economisch winbare voorraad van 2800 miljard kubieke meter (m³) aardgas. Daarvan is tot nu toe bijna 2115 miljard m³ gewonnen, zodat er begin maart 2015 nog 680 miljard m³ overblijft.¹⁴ Dat is 25% van wat oorspronkelijk in de grond zat. De productie neemt vooral na 2020 sterk af, zie figuur 3. Het is niet precies bekend hoeveel m³ gas er aanvankelijk in de kleine velden zat. Wel weten we dat de afgelopen 50 jaar zo'n 800 miljard m³ gas uit kleine velden is gewonnen.¹⁵ De winning vanaf 1990 staat weergegeven in figuur 4.

De aangetoonde en economisch winbare aardgasvoorraad per 1 januari 2014 was 143 miljard m³ onder het vasteland en 133 miljard m³ onder het Nederlandse deel van de Noordzee.¹⁶ Sindsdien is zo'n 25 miljard m³ gas gewonnen uit deze kleine velden, zodat nog een voorraad resteert van zo'n 250 miljard m³. Dat is eveneens 25% van wat oorspronkelijk aanwezig was. De jaarlijkse productie van de nu aangetoonde en economisch winbare voorraad in de kleine velden zal volgens figuur 5 overigens aanzienlijk dalen.

De nu aangetoonde en economisch winbare voorraad aardgas uit het Groningen-veld en de kleine velden samen is derhalve 930 miljard m³.

3.b Vraag 960 miljard m³ gas tot 2029

Het Nederlandse gasverbruik is ongeveer 40 miljard m³ per jaar.¹⁷ De export van Groningengas is voorlopig nog 28 miljard m³ per jaar om daarna te dalen naar 1,5 miljard m³ in 2029.

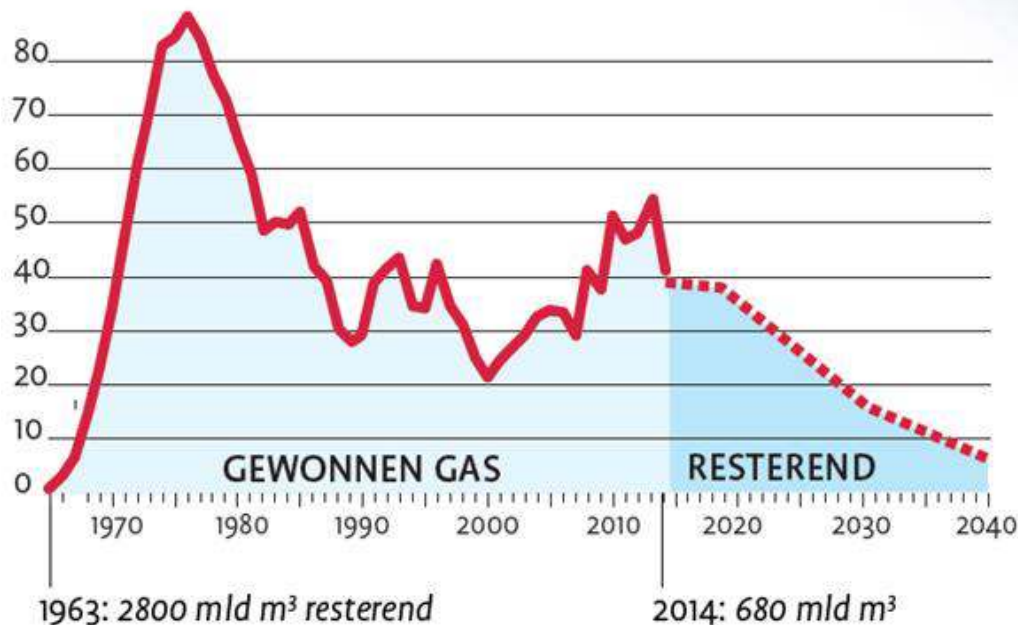
De som van de export tot eind 2029 bedraagt zo'n 300 miljard m³. Daar komt nog 60 miljard m³ uit kleine gasvelden bij.¹⁸

Tot eind 2029 is daarom voor het binnenland 600 miljard m³ gas nodig en voor de export 360 miljard m³, samen 960 miljard m³. De aanwezige voorraad bedraagt 930 miljard m³. In 2029 treden dan de eerste tekorten op.

De regering kent deze gegevens uiteraard en bevordert daarom dat er meer kleine velden in productie komen, zoals bijvoorbeeld bij Terschelling. Ook is de regering voor de toepassing van nieuwe technieken als fracken en het winnen van schaliegas. Zo wil de regering het aardgastijdperk verlengen. Of daarmee de veiligheid van Groningers en de overige inwoners van Nederland gediend is, blijft de vraag.

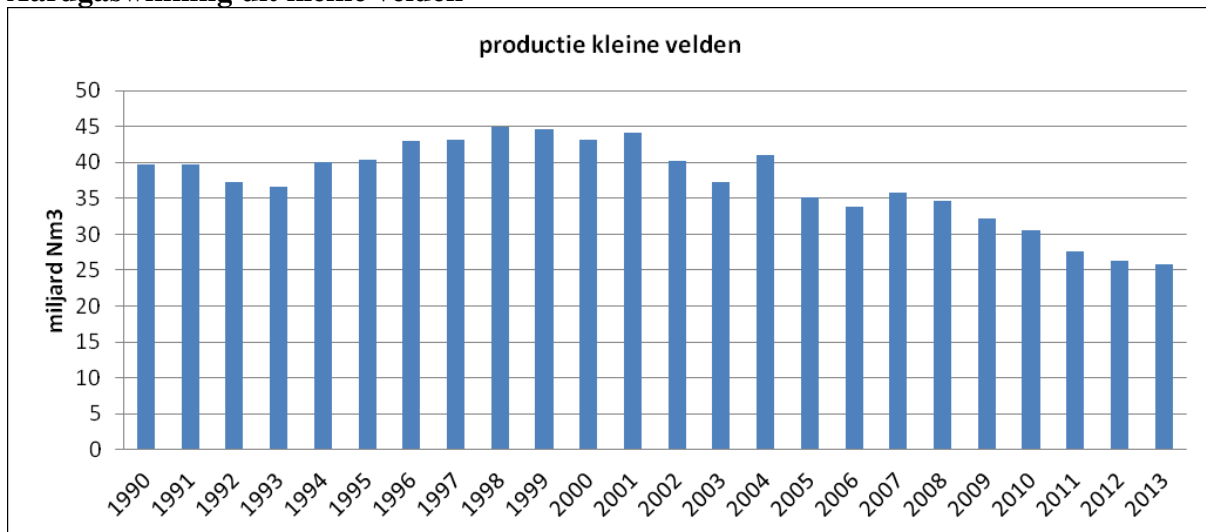
Figuur 3
Aardgaswinning uit het Groningen-veld tot 2040

De hoeveelheid Groningengas neemt af



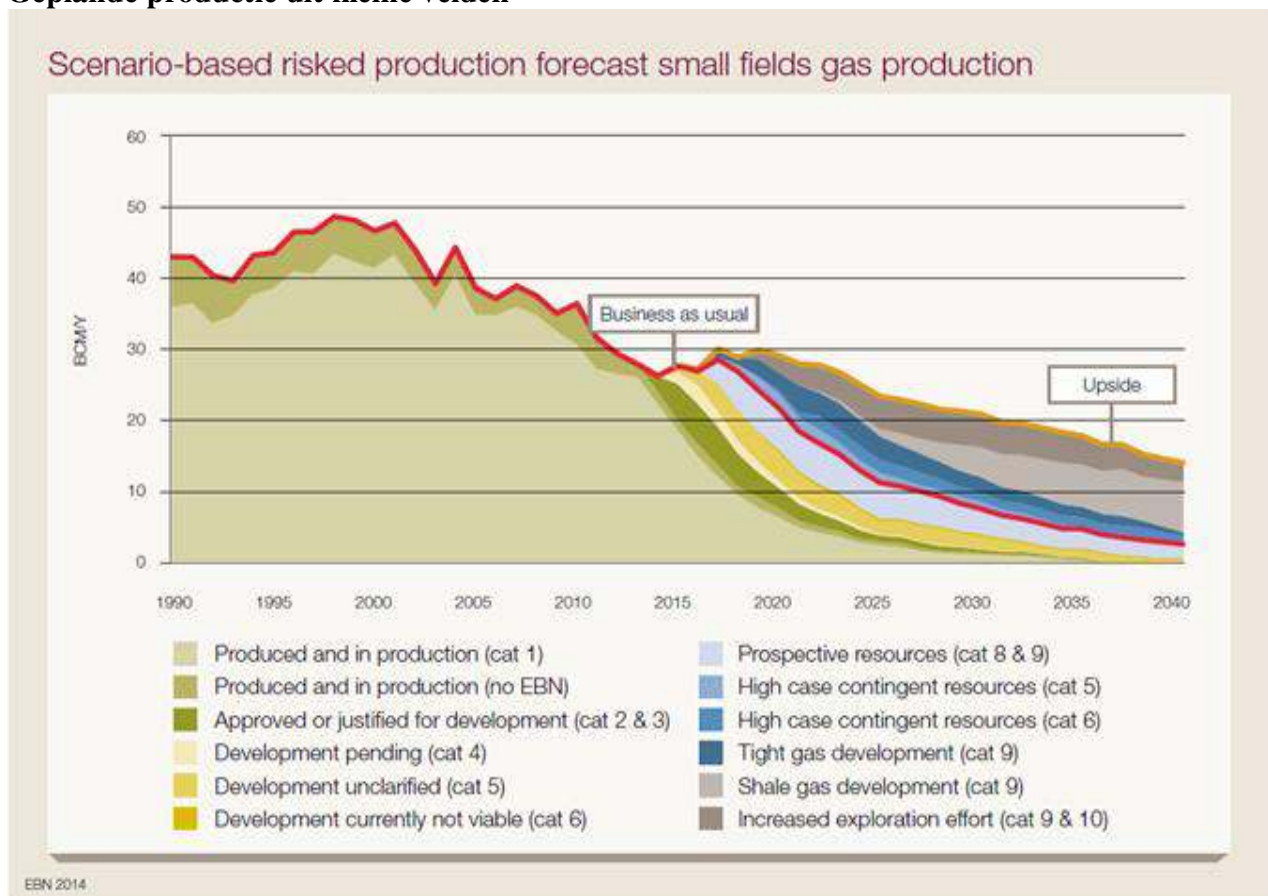
<http://www.gasunie.nl/uploads/bestanden/f556639b-3f3d-4a2c-8635-f035cc221025>, 20 maart 2015.

Figuur 4
Aardgaswinning uit kleine velden



Bron: <https://milieudefensie.nl/publicaties/rapporten/verkenning-haalbaarheid-en-consequenties-verlaging-gasproductie-30-miljard-m3>, 4 februari 2015.

Figuur 5
Geplande productie uit kleine velden



Bron: https://www.ebn.nl/wp-content/uploads/2014/11/ebn_focus_on_dutch_oil_gas_2014.pdf

Toelichting: de rode lijn in figuur 5 geeft de gaswinning uit kleine velden aan als het huidige beleid voortgezet wordt: over 10 jaar gaat het dan om 10 miljard m³ per jaar. Door uit meer kleine velden te winnen, nieuwe technieken als fracken toe te passen en de winning van

schaliegas kan de productie over 10 jaar zo'n 25 miljard m³ bedragen om daarna weer te dalen.

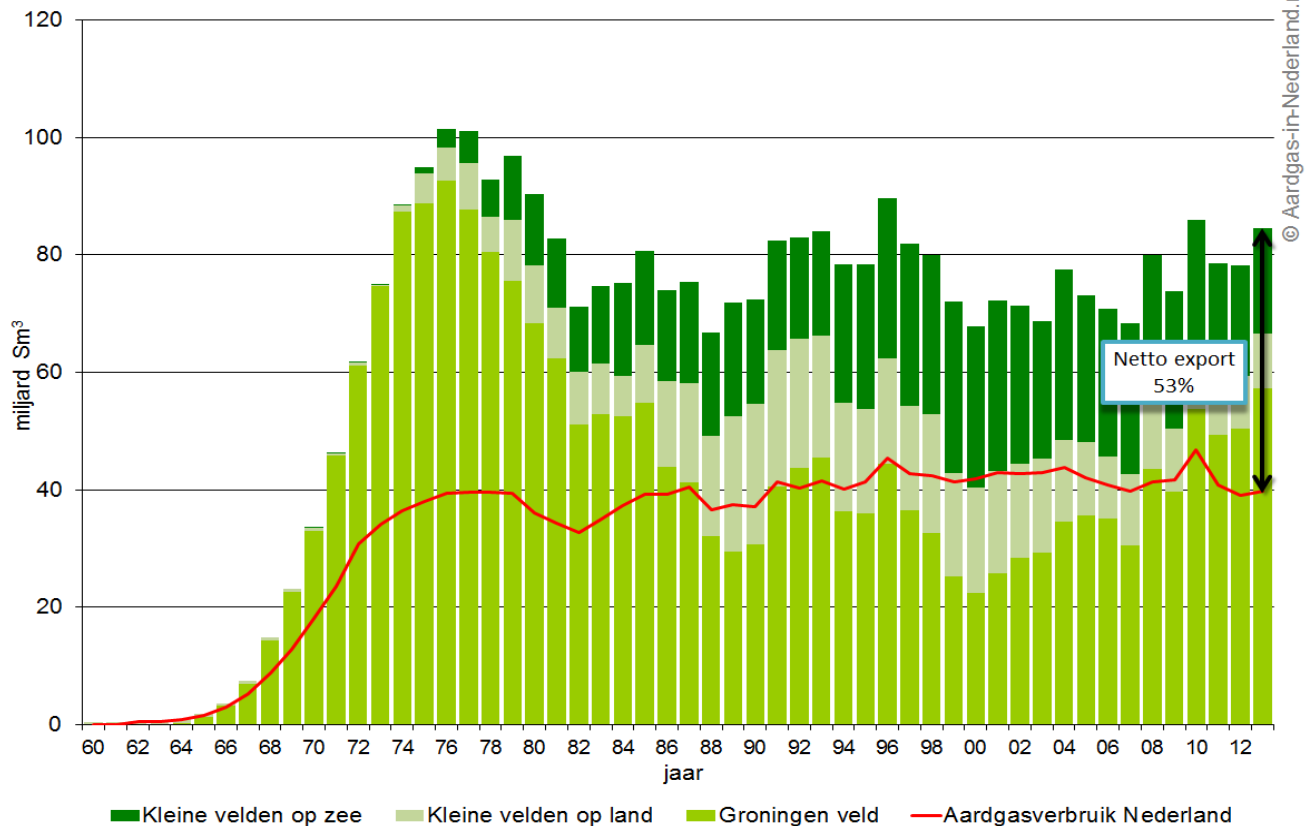
4 Groningen-gas uniek en laagcalorisch

Een uniek kenmerk van het Groningen-gas is de verbrandingswaarde van dit gas. Deze waarde ligt lager dan de verbrandingswaarde van vrijwel alle gas dat elders in Nederland of in het buitenland wordt gewonnen. Dit zorgt ervoor dat Groningen-gas niet zonder meer kan worden ingewisseld voor gas dat uit andere bronnen afkomstig is. Vanwege deze verschillen in verbrandingswaarde wordt het Groningen-gas vaak aangeduid als laagcalorisch gas (L-gas). Dit om het te onderscheiden van het uit andere bronnen afkomstige hoogcalorische gas (H-gas). Dit onderscheid dient ook te worden gemaakt bij de aflevering van het gas, want gastoestellen zijn in het algemeen slechts toegerust voor een van beide kwaliteiten. Het Nederlandse gastransportnet kent om die reden gescheiden netwerken voor hoog- en laagcalorisch gas. Onze huishoudens zijn ingericht op L-gas.

Het Groningen-gas kan worden 'vervangen' door hoogcalorisch gas dat wordt omgezet naar laagcalorisch gas door toevoeging van stikstof. Het gas dat dan ontstaat wordt aangeduid als pseudo L-gas. De beheerder van het landelijk gastransportnet, GTS, beschikt daartoe over zogenaamde conversie-installaties te Ommen, Wieringermeer en Pernis en een stikstof-caverne te Heiligerlee met een daaraan gekoppelde menginstallatie in Zuidbroek.^{19 20 21}

Figuur 6

Aardgasproductie en -verbruik in Nederland



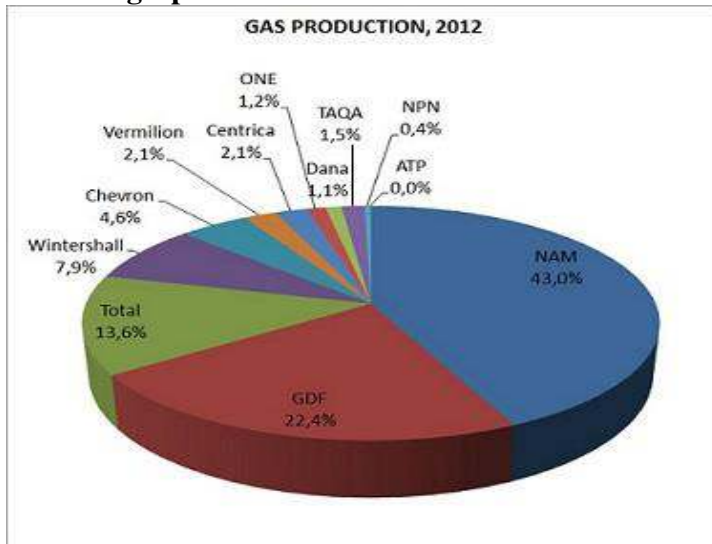
(Productievolumes: TNO, 2014. Verbruik: CBS 2014; 1mrd Sm³ ≈ 35,17 PJ)

Bron: <http://aardgas-in-nederland.nl/de-toekomst-van-aardgas/aardgasreserves-en-verbruik/#3b>

5 Aardgaswinning tot nu toe te land en ter zee

In figuur 6 staat de aardgaswinning van alle gasvelden in Nederland weergegeven tot en met 2013. De afgelopen jaren steeg het aandeel van het Groningen-veld in de totale gaswinning. Terwijl de winning uit kleine velden in 2004 nog 33 miljard m³ was, is die teruggelopen naar 26 miljard m³ in 2012, waarvan 7,1 miljard m³ van kleine velden op land en 18,9 miljard m³ van velden op zee, verdeeld over een aantal bedrijven, zie figuur 7.

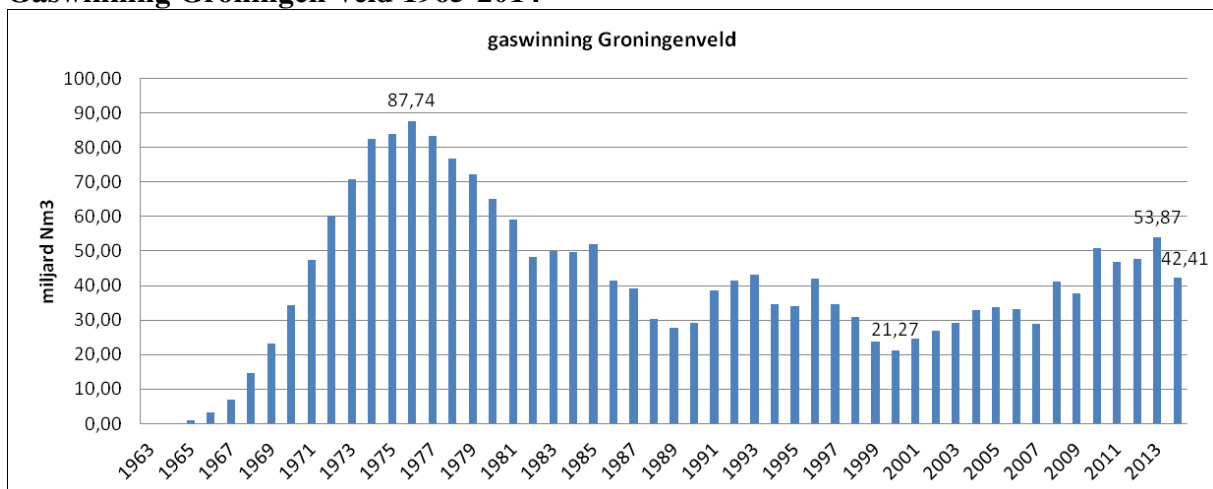
Figuur 7
Aandeel gasproductenten kleine velden in 2012



Bron: <http://www.nlog.nl/nl/production/production.html>.

Toegesplitst op het Groningen-veld geven we hier eerst figuur 8 met de hoeveelheid gas die vanaf het begin gewonnen is en daarna tabel 1 met de winning van de afgelopen jaren in delen van het Groningen-veld.

Figuur 8
Gaswinning Groningen-veld 1965-2014



Bron: : <https://milieudefensie.nl/publicaties/rapporten/verkenning-haalbaarheid-en-consequenties-verlaging-gasproductie-30-miljard-m3>, 4 februari 2015.

Tabel 1
Aardgaswinning uit het Groningen-veld

	2010	2011	2012	2013	2014
Loppersum	13,76	15,30	15,39	17,13	2,59
Eemskanaal	2,39	1,62	1,69	2,55	2,09
Regio Zuidwest	12,54	9,38	9,88	12,88	13,58
Regio Oost	22,17	20,49	20,81	21,30	24,15
Totaal	50,86	46,79	47,77	53,86	42,41

Bron: <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/01/15/beantwoording-schriftelijke-vragen-over-gaswinning-groningen.html>, 15 januari 2015, antwoord 36.

6 Winningsplan volgens minister Kamp

Minister Kamp van Economisch Zaken heeft in maart 2014 het maximum voor de gaswinning uit het Groningen-veld bepaald op 42,5 miljard m³ zowel in 2014 als in 2015.²² In december 2014 stelde de minister het maximum voor 2015 op 39,4 miljard m³ en dat liet hij de NAM weten via het zogeheten instemmingsbesluit.

Op 9 februari 2015 kwam Kamp met een nieuw besluit. Voor de eerste helft van 2015 is het maximum 16,5 miljard m³ en hij besluit in juli van dit jaar of de totale winning voor 2015 naar beneden kan.^{23 24} Formeel geldt echter nog het instemmingsbesluit met de 39,4 miljard m³, omdat Kamp de Tweede Kamer op 12 februari 2015 heeft geschreven dat “het niet nodig (is) nu het instemmingsbesluit te wijzigen.”²⁵ Dat roept de vraag op of de NAM zich op het instemmingsbesluit met 39,4 miljard m³ zal beroepen als de minister in juli kiest voor een lagere winning.

7 NAM gebruikt evenveel stroom als 185.000 - 455.000 huishoudens

Om aardgas uit het Groningen-veld te halen is steeds meer energie nodig omdat de druk in het gasveld afneemt. Het gas dat de NAM wint moet met voldoende druk in het netwerk van de Gasunie gebracht worden. Dat gebeurt met behulp van 20 compressoren. Ook zijn er vier compressoren nodig voor de ondergrondse gasopslag bij Grijpskerk en Norg. Die 24 compressoren vroegen in 2014 veel elektriciteit: volgens de NAM was het 612 miljoen kilowattuur en volgens minister Kamp 1500 miljoen kilowattuur.^{26 27} Een gemiddeld huishouden gebruikt in Nederland volgens het Centraal Bureau voor de Statistiek pakweg 3300 kilowattuur.²⁸ Dan kunnen we een simpele rekensom maken en het gebruik van de NAM delen door het gebruik per huishouden. Resultaat is dat de NAM voor de gaswinning evenveel elektriciteit gebruikt als 185.000 - 455.000 huishoudens. Hoeveel elektriciteit nodig is voor de piekgasinstallatie in Alkmaar en de gasopslag in Zuidwending is ons niet bekend.

Invoer van gas uit Rusland vraagt 7,5 keer zoveel energie als gas uit Nederland. Twee procent van het gas dat in Nederland uit de grond wordt gehaald gaat naar genoemde compressoren.²⁹ Transport van Rusland naar Nederland vergt 15% van de getransporteerde energiehoeveelheid.³⁰

Het overheidsbedrijf Energie Beheer Nederland (EBN) heeft in 2014 een studie uitgebracht over dit onderwerp.³¹ Daarbij maakt EBN gebruik van een rapport van Royal Haskoning DHV.³²

Gas dat we importeren uit Rusland wordt over een lengte van 6000 kilometer vervoerd via pijpen. Er zijn pompen nodig om het gas door de leidingen te laten lopen. Die pompen draaien op elektriciteit die in het onderstaande rekenvoorbeeld opgewekt wordt in een gascentrale, waarbij CO₂ vrijkomt. Ook gaat er volgens EBN onderweg gas verloren via

lekkages en zo komen broeikasgassen in de lucht. EBN rekent ons voor dat het niet om geringe hoeveelheden gaat.

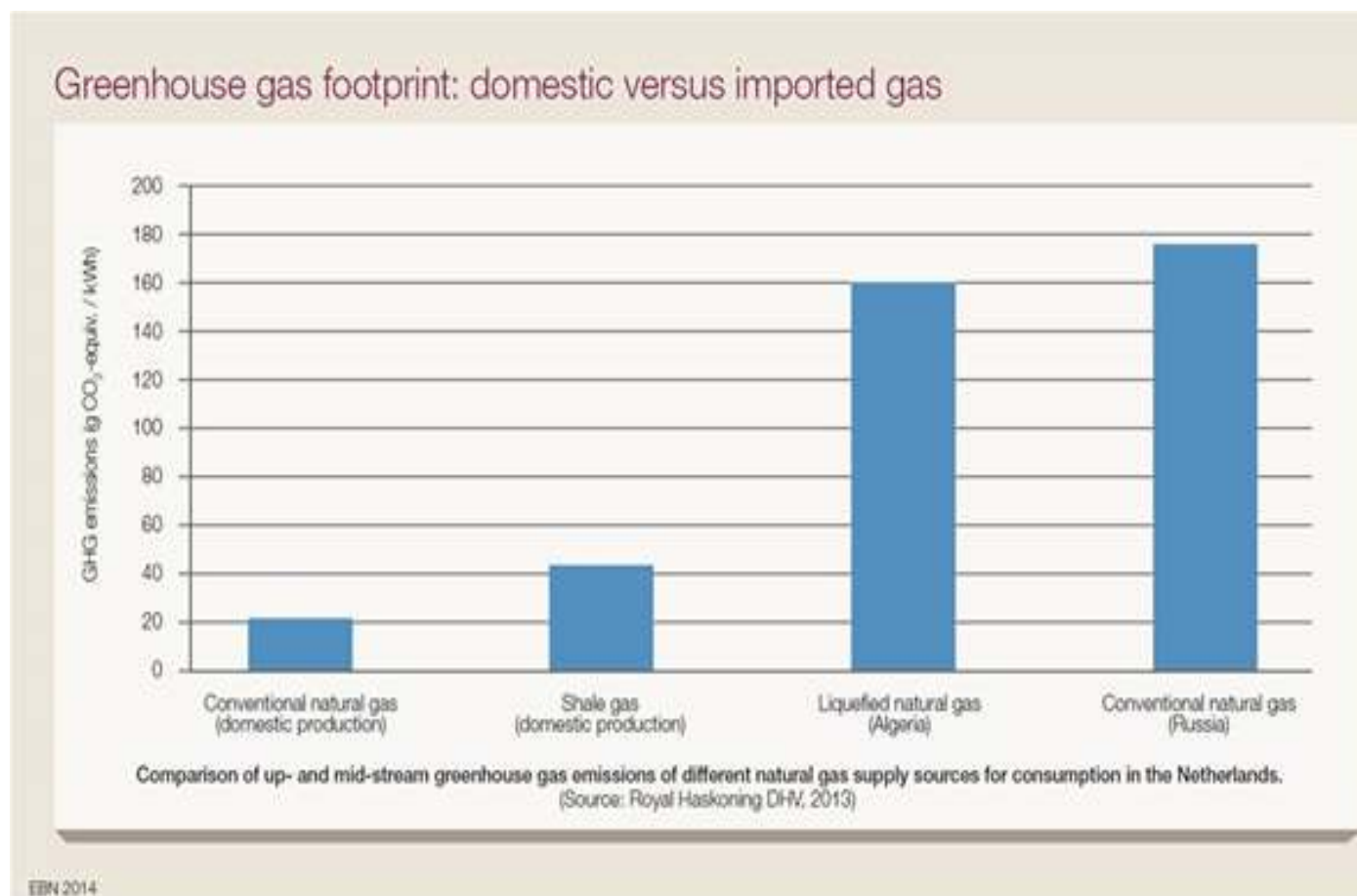
De CO₂-uitstoot door winning en transport van gas uit Groningen is acht keer zo gering in vergelijking met gas uit Rusland (22 versus 177 gram CO₂ per kilowattuur). En dan gaat het hier alleen om winning en transport, zie figuur 9.

Bij de verbranding van aardgas komt ook CO₂ vrij. Dit is een belangrijk broeikasgas en hoe meer van dergelijke gassen vrijkomen, hoe groter de kans dat het klimaat verandert. EBN heeft zich de vraag gesteld hoeveel CO₂ of andere broeikasgassen vrijkomen bij verschillende energievormen. Dat is dan uitgerekend per eenheid elektriciteit, de kilowattuur. Zo komt EBN tot een klimaatvoetafdruk per kilowattuur.

Windenergie heeft volgens EBN een klimaatvoetafdruk van 11. Bij kolencentrales is die het grootst: 985. Gascentrales zitten ertussenin, maar hoe groot die voetafdruk is hangt weer af van welk gas we gebruiken: gas uit Nederland heeft een voetafdruk van 464 en gas uit Rusland van 619.

Conclusie: louter en alleen gezien vanuit de klimaatdoelen is het beter om Nederlands gas te gebruiken. Maar nog veel beter is het om windenergie toe te passen, want die heeft volgens EBN verreweg de kleinste voetafdruk.

Figuur 9
CO₂-uitstoot gas uit binnen- en buitenland



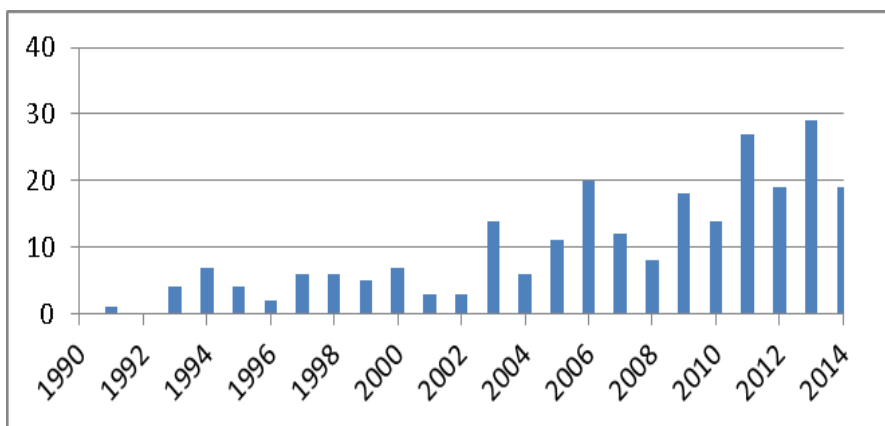
Bron: https://www.ebn.nl/wp-content/uploads/2014/11/ebn_focus_on_dutch_oil_gas_2014.pdf.

8 Groningen-veld met 862 aardbevingen

Vanaf 1990 tot en met 2014 zijn er 840 aardbevingen geweest in het Groningen-veld.³³ Tussen 1 januari 2015 en 1 maart 2015 waren er 22 aardbevingen. Het totaal komt daarmee op 862 aardbevingen, zie figuur 10 en 11. Het gaat hier om aardbevingen als gevolg van menselijk handelen, aardbevingen die ophouden als dat handelen stopt. Dergelijke bevingen komen wereldwijd voor, onder meer door aardgaswinning.³⁴ Dit in tegenstelling tot aardbevingen door verschuivende gesteentemassa's diep in de ondergrond: die noemt men natuurlijke aardbevingen.

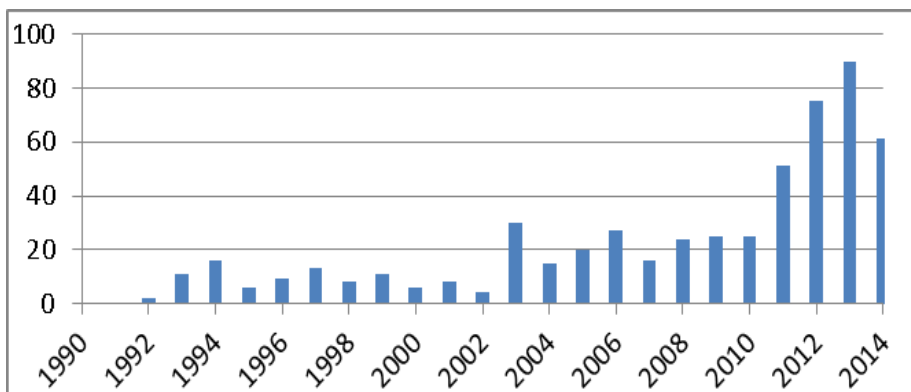
In 1990 stelden de NAM en de regering overigens dat aardbevingen niet sterker zouden zijn dan 3 op de schaal van Richter en waarschijnlijk niet tot schade zouden lijden.³⁵ In 1994 schreef het KNMI dat de maximale beving 3.3 op deze schaal zou zijn.³⁶

Figuur 10
Overzicht van 252 aardbevingen sterker dan 1.5 op de schaal van Richter



Bron: <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/01/15/beantwoording-schriftelijke-vragen-over-gaswinning-groningen.html>, 15 januari 2015, antwoord 90.

Figuur 11
Overzicht van 588 aardbevingen minder sterk dan 1.5 op de schaal van Richter



Bron: <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/01/15/beantwoording-schriftelijke-vragen-over-gaswinning-groningen.html>, 15 januari 2015, antwoord 90.

9 Grondversnelling maatgevend, niet de schaal van Richter

De sterkte van aardbevingen wordt meestal weergegeven door de *schaal van Richter*. Deze schaal geeft door middel van een getal (bijvoorbeeld 3.6) aan hoe sterk de aardbeving is geweest. Het gaat hier alleen om de sterkte en niet over de gevolgen van de aardbeving. De gevolgen hangen samen met de samenstelling van de ondergrond. De slappe Groninger bodem zorgt voor versterking van de trillingen vanuit de diepe ondergrond. Dat heet de *grondversnelling*, de belangrijkste maat voor de schade.^{37 38}

De schaal van Richter is niet lineair, maar logaritmisch. Een korte uitleg. Tot nu toe waren de meeste aardbevingen in Noord-Nederland minder krachtig dan 3.0 op de schaal van Richter. Een beving van 4.0 is tien keer zo krachtig als een beving van 3.0. En een beving van 5.0 is weer tien keer zo sterk als die van 4.0 en honderd keer zo sterk als die van 3.0 op de schaal van Richter. Bij een eerste oogopslag lijkt het of een beving van 5.0 zestig procent sterker is dan die van 3.0, maar in feite is die beving honderd keer zo sterk. En Noord-Nederland moet rekening houden met aardbevingen die tien tot honderd keer zo sterk zijn als in het verleden. De aardbevingen ontstaan meestal op zo'n drie kilometer diepte, want daar ligt het gasveld. Op andere plekken ter wereld ontstaan de aardbevingen veel dieper, in de orde van 10 tot 20 kilometer. Die aardbevingen zijn weliswaar vaak krachtiger op de schaal van Richter, maar de aardbevingsenergie moet een veel grotere afstand afleggen tot de aardoppervlakte. Dit verschil in diepte verklaart samen met de bodemgesteldheid, waarom de bevingen in Groningen die vaak minder krachtig zijn dan elders, toch duidelijk worden gevoeld en schade veroorzaken. De "schade wordt immers niet zozeer bepaald door de kracht van de beving, maar meer door de versnelling van de grond", stelt de NAM, "door het schudden van de grond tijdens een aardbeving."³⁹

De grondversnelling wordt vaak afgekort als PGA (Peak Ground Acceleration). We vinden verschillende getallen voor de PGA bij mogelijke aardbevingen in Groningen - uiteenlopend van 0,3 tot 0,5 - want de uitkomsten hangen af van de gebruikte rekenmodellen.⁴⁰ De Gasunie beheert het leidingnetwerk dat tegen aardbevingen bestand moet zijn. Daarbij gaat de Gasunie uit van een PGA van 0,5.⁴¹

10 35.500 schademeldingen en 118 of meer doden mogelijk

Vanaf medio 2012 tot begin maart jl. zijn er bij de NAM 35.500 schademeldingen binnengekomen, waarvan er 29.000 zijn geaccepteerd door de NAM.⁴² De ernstigste aardbeving tot nu toe was die bij Huizinge in 2012 met een kracht van 3.6 op de schaal van Richter.⁴³ Alle schade in Groningen is derhalve veroorzaakt door bevingen die hooguit 3.6 waren.

NAM OVER VERGOEDEN VAN SCHADE:

"Schadecontourlijn

NAM vergoedt elke schade die veroorzaakt werd door een aardbeving. Om dit goed te kunnen vaststellen, werken we met de zogenoemde schadecontourlijn. Na elke aardbeving bepalen we met hulp van wetenschappelijke modellen (Bommer) de zogenoemde schadecontourlijn. Deze contour wordt per beving vastgesteld als cirkel rondom het epicentrum van de beving. De sterkte van de aardbeving bepaalt waar de contourlijn loopt. Voor alle aardbevingen die tot nu toe plaatsvonden is een schadecontourlijn opgesteld. De contourlijnen van alle bevingen worden opgeteld en vormen zo een 'overall contour'. Deze totale contourlijn (...) geeft het gebied aan waar binnen redelijkerwijs nog schade kan zijn ontstaan. Vervolgens geven we met een ruime marge een tweede (...) lijn aan, buiten deze schadecontourlijn. Schademeldingen uit dit 'margegebied' worden ook door een schade-expert bezocht, met name om veiligheidsrisico's uit te sluiten.⁴⁴

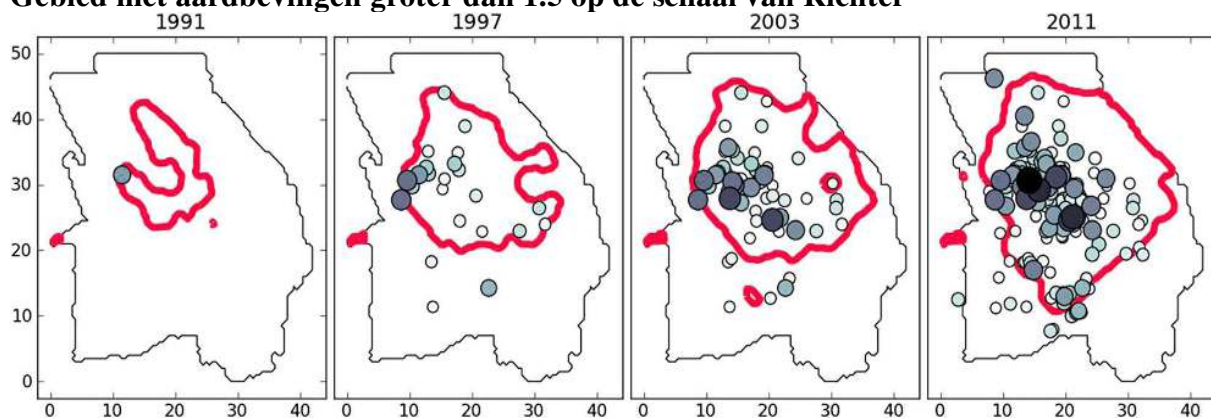
Het gaat hier dus om het gebied waar schade ontstaan kan zijn en dat staat los van waar het Groningen-veld precies ligt. Zo kan het dus gebeuren dat plaatsen onder een deel van het Groningen-veld zoals Woldendorp - waar tot nu toe volgens de NAM geen aardbevingen zijn geweest - geen schade vergoed krijgen, maar een deel van de stad Groningen wel, ook al ligt het gasveld niet onder deze stad.

Zwaardere aardbevingen zijn echter mogelijk. Met elke m³ gas die gewonnen wordt uit het Groningen-veld neemt het aantal en de ernst van de aardbevingen toe. In het vaktijdschrift “Journal of Geophysical Research: SolidEarth” is een artikel verschenen van S. J. Bourne, S. J. Oates, J. van Elk en D. Doornhof; de eerste twee auteurs werken bij Shell Nederland en laatste twee bij de NAM. Het concept van het artikel is voorgelegd aan andere organisaties die bij de aardbevingen betrokken zijn: KNMI, TNO en het Staatstoezicht op de Mijnen. Daarom kunnen we aannemen dat de visie die naar voren komt in het artikel breed gedragen wordt. De auteurs gaan uit van een winning van 40 miljard m³ gas per jaar, iets meer dan minister Kamp heeft goedgekeurd voor dit jaar, maar naar onze verwachting zal dat nauwelijks invloed hebben op de resultaten van het rapport. Uit het artikel vermelden we drie conclusies. Tot 2023 is een kans van 50% op een aardbeving die anderhalf keer zo ernstig is als de aardbeving in Huizinge in augustus 2012 (zie tabel 2). Het gebied met aardbevingen zwaarder dan 1.5 op de schaal van Richter is toegenomen (zie figuur 12), terwijl ook het aantal aardbevingen per vierkante kilometer toe zal nemen tot 2023. De hoeveelheid aardbevingsenergie - ook wel seismisch moment genoemd - die jaar op jaar vrijkomt zal toenemen, zolang er jaarlijks ongeveer 40 miljard kubieke meter aardgas gewonnen wordt. Omdat rond 2030 de gaswinning af zal nemen omdat er minder gas in de bodem zit, zal de aardbevingsenergie daarna weer dalen (zie figuur 13).⁴⁵

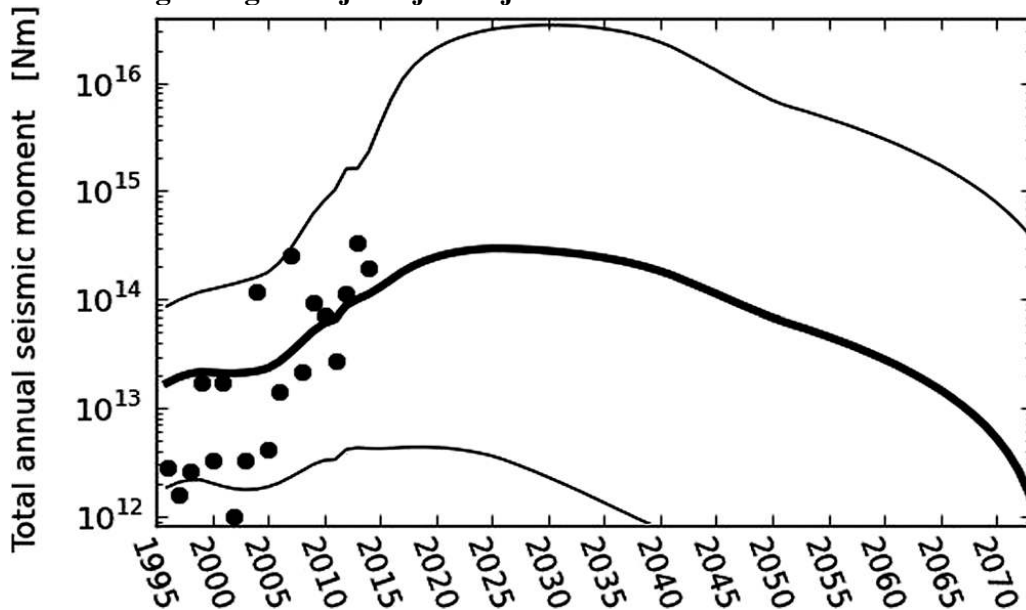
Tabel 2
Kans groter dan 50%, 10% of 2% op schaal van Richter tot 2023

periode	kans groter 50% op beving van	kans groter 10% op beving van	Kans groter 2% op beving van
2013–2016	3.30	4.10	4.50
2013–2018	3.50	4.30	4.70
2013–2023	3.80	4.60	5.10

Figuur 12
Gebied met aardbevingen groter dan 1.5 op de schaal van Richter



Figuur 13
Aardbevingsenergie die jaarlijks vrijkomt



Toelichting bij figuur 13. De stippen staan voor de gemeten aardbevingsenergie tussen 1995 en 2013. De middelste lijn geeft de meest waarschijnlijke aardbevingsenergie weer en de andere twee de bandbreedte die mogelijk is vanwege onzekerheden in de berekeningen.

Ook kan een aardbeving voorkomen met een kracht van 5 op de schaal van Richter. Het Staatstoezicht op de Mijnen heeft in 2013 het rapport “Risico Analyse Aardgasbevingen Groningen” uitgebracht over de gevaren van gaswinning. Het rapport bespreekt de gevolgen van een aardbeving met een kracht van 5.0 op de schaal van Richter bij Huizinge. De conclusie is dat bij zo’n aardbeving “meer dan 1200 huizen zouden kunnen instorten waarbij overdag 118 dodelijke slachtoffers en ’s nachts 106 dodelijke slachtoffers te betreuren zouden kunnen zijn. (...) Er kan ook een aardbeving (...) plaatsvinden nabij een dichtbevolkt gebied waarbij meer slachtoffers vallen.” Maar hoeveel is niet onderzocht, in de woorden van het SodM: “Het verloop van de curve voor meer dan 118 dodelijke slachtoffers is daardoor niet bekend.”⁴⁶

Een belangrijk gegeven kunnen we echter niet vinden in het rapport van het SodM of in rapporten waarop het SodM zich baseert. Het gaat dan om de omvang van het gebied waar de doden vallen. In Huizinge wonen 130 mensen. Als het aantal doden beperkt zou zijn tot alleen Huizinge, dan is dat een percentage van 90%, maar daar staan geen 1200 huizen. Het moet dus om een groter gebied gaan. Stel dat een beving met een kracht van 5.0 zich zou voordoen bij een gemeente met enkele duizenden inwoners, hoeveel slachtoffers vallen er dan? Met de ons ter beschikking staande gegevens kunnen we dat niet uitrekenen. We vinden deze gegevens ook niet in het Incidentbestrijdingsplan Aardbevingen van de Veiligheidsregio Groningen, het samenwerkingsverband van hulpdiensten.^{47 48} Daarom is het van belang dat alsnog de nauwkeurige omvang van het gebied waar slachtoffers zullen vallen aangegeven wordt.

Hierboven ging het over bevingen, gemeten op de schaal van Richter, maar hoe zit het met aardbevingen gemeten volgens de grondversnelling? De Veiligheidsregio Groningen stelde op 12 maart 2015 over een grondversnelling van meer dan 0,2: “Het verspreidingsgebied van een ondiepe beving is minder groot, maar de schade is groter dan bij een vergelijkbare natuurlijke

beving. (...) Daarmee zijn de effecten van de aardbevingen in Groningen van gelijke orde als de effecten van zware natuurlijke bevingen in Italië, Griekenland en Turkije.”⁴⁹ Er zijn wereldwijd verschillende aardbevingen geweest met een PGA-grondversnelling van 0,3 tot 0,5. Dat waren bevingen tussen 13 en 44 kilometer diepte, waarbij doden vielen doordat mensen bedolven werden onder instortende huizen en gebouwen. Enkele voorbeelden.

In 1960 was er een beving in Chili op 33 kilometer diepte met een kracht van 9.5 op de schaal van Richter; de PGA was 0,3 en er vielen 1650 doden. In 1978 was er bij Sendai in Japan op 44 kilometer diepte een beving met 7.7 op de schaal van Richter; de PGA was 0,44 en er vielen 27 doden. De aardbeving op 12 januari 2010 op 25 kilometer van Port-au-Prince, de hoofdstad van Haïti, was op 13 kilometer diepte, was 7.0 op de schaal van Richter en had een PGA van exact 0,5. Bij deze beving kwamen zo'n 90.000 mensen om.⁵⁰

Uit deze voorbeelden kunnen we concluderen dat bij aardbevingen niet zozeer de kracht op de schaal van Richter als de grondversnelling (PGA) van belang is. Dit laatste getal ontbreekt tot nu toe in de berichtgeving van de overheid en het KNMI over aardbevingen in het Groningen-veld. Daardoor is de informatie onvolledig en ontstaat er een onjuiste beeldvorming.

11 Leveringszekerheid: 21 miljard m³ gas; veiligheid: 12 miljard m³ gas

Het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) heeft in rapporten van januari 2013 gesteld dat de aardbevingen die schade veroorzaken snel ophouden als er jaarlijks niet meer dan 12 miljard m³ gas uit het Groningen-veld wordt gepompt.⁵¹ De kans op zware aardbevingen neemt duidelijk af als er minder dan 30 miljard m³ wordt gewonnen.⁵²

In het Besluit leveringszekerheid Gaswet van 13 april 2004, dat nog steeds van kracht is, staat: “De netbeheerder van het landelijk gastransportnet zorgt voor alle voorzieningen op het gebied van gasinkoop, flexibilitiediensten en gastransport op het landelijke gastransportnet, nodig om vergunninghouders in staat te stellen de pieklevering te verzorgen voor alle kleinverbruikers in Nederland. Deze voorzieningen moeten volstaan om pieklevering te kunnen verzorgen op een dag met een gemiddelde effectieve etmaal-temperatuur in De Bilt van – 17 °C (graden Celsius).”⁵³

Jan de Jong, voormalig inspecteur-generaal van het SodM, stelde hierover op 17 februari 2015: “Voor Groningen is de optie van 21 miljard kuub het beste scenario. Hiermee kan een optimale veiligheid voor de Groningers worden gegarandeerd en kan iedereen toch het gas krijgen dat nodig is. Financiële overwegingen spelen daarbij geen rol.” In afwachting van meer onderzoek zegt de minister dat hij minimaal 35 miljard m³ aardgas per jaar moet oppompen, om ook in strenge winters voldoende aardgas te kunnen leveren aan binnen- en buitenland. “Maar alleen in een winter met een dagtemperatuur van -9 graden Celsius en nachtvorst van -17 is er een hoeveelheid van 35 miljard m³ aardgas nodig,” zegt De Jong. Hij voegt eraan toe: “Zo'n winter hebben we al decennia niet meer gehad.”⁵⁴

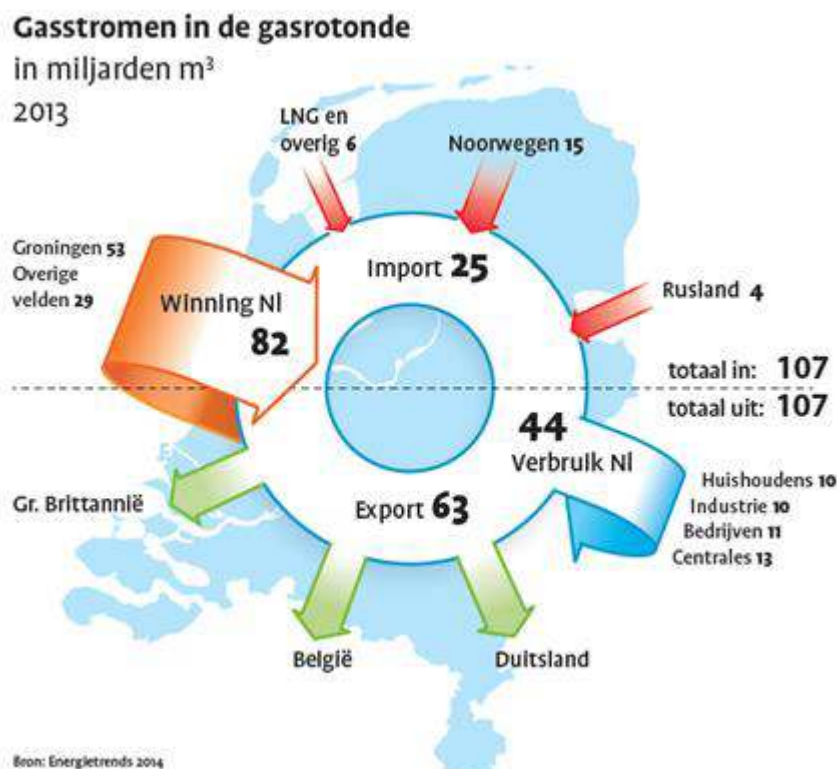
Het gaat hier om verschillende definities van veiligheid. Veiligheid voor de Groningers voorop betekent 12 miljard m³ per jaar; optimale veiligheid waarbij leveringszekerheid gegarandeerd is vraagt 21 miljard m³; leveringszekerheid voorop met veiligheid daaraan ondergeschikt betekent 35 miljard m³ per jaar. Bij winning van 39,5 miljard m³ of meer raakt de veiligheid steeds meer uit beeld.

Waarom 21 miljard m³ optimaal is, wordt uit de beschikbare gegevens niet duidelijk. Wel is bekend dat er tot 2021 jaarlijks gemiddeld 28 miljard m³ Gronings gas geleverd moet worden aan het buitenland. Nederland gebruikte in 2014 zo'n 17 miljard m³ Gronings gas. In binnen- en buitenland gaat het dan om 45 miljard m³. Er zou dan 24 miljard m³ pseudo-L-gas gemaakt moeten worden, waarvoor bijna alle gas uit de kleine velden omgezet zou moeten worden. Maar er moet ook zo'n 15 miljard L-gas geëxporteerd worden.^{55 56}

Volgens GasTerra liggen de grenzen van de productie van pseudo-L-gas tot 2019 tussen 19 en 23 miljard m³ per jaar. Er moet dan H-gas geïmporteerd worden, volgens GasTerra zijn “de meest waarschijnlijke bronnen” daarvoor “Rusland en wellicht Noorwegen.”⁵⁷ Halbe Zijlstra, fractievoorzitter van de VVD in de Tweede Kamer, noemde op 16 maart ook deze import: “De invoer van Russisch gas is een serieuze optie om de gaswinning in de provincie Groningen naar beneden te krijgen.”⁵⁸ Dat roept de vraag op of Nederland gas uit Rusland gaat invoeren om het vervolgens gemengd met stikstof weer uit te voeren. We hebben hier te maken met allerlei cijfers die geen goed beeld geven van de gasmarkt en daarom hebben we het bij betrokkenen nagevraagd. Helaas kregen we onvolledige antwoorden of werden we naar andere gasbedrijven doorverwezen die ook weer doorverwezen. Het lukt ons daarom niet om een goed inzicht te geven in de markt van het Groningen-gas. Wel is het totaal van invoer, uitvoer en gebruik bekend (zie figuur 14).

In het bovenstaande gaat het om veiligheid van Groningers. Maar de rest van Nederland gebruikt ook gas, terwijl er daarnaast geleverd wordt aan Duitsland, België, Frankrijk, Zwitserland en Italië.⁵⁹ Met enige regelmaat wordt opgeroepen om de export meteen stop te zetten. Het is niet precies bekend hoeveel huishoudens in het buitenland Groningen-gas gebruiken, maar we kunnen schatten dat het om enkele miljoenen gaat. Onmiddellijk stopzetten van gaslevering aan het buitenland betekent dat een paar miljoen huishoudens geen verwarming meer hebben. Dat kan zorgen voor een onveilige situatie. De keuze voor veiligheid in Groningen heeft gevolgen voor veiligheid elders, gevolgen die tot nu toe nauwelijks in de discussie zijn betrokken.

Figuur 14
Gaswinning en gebruik

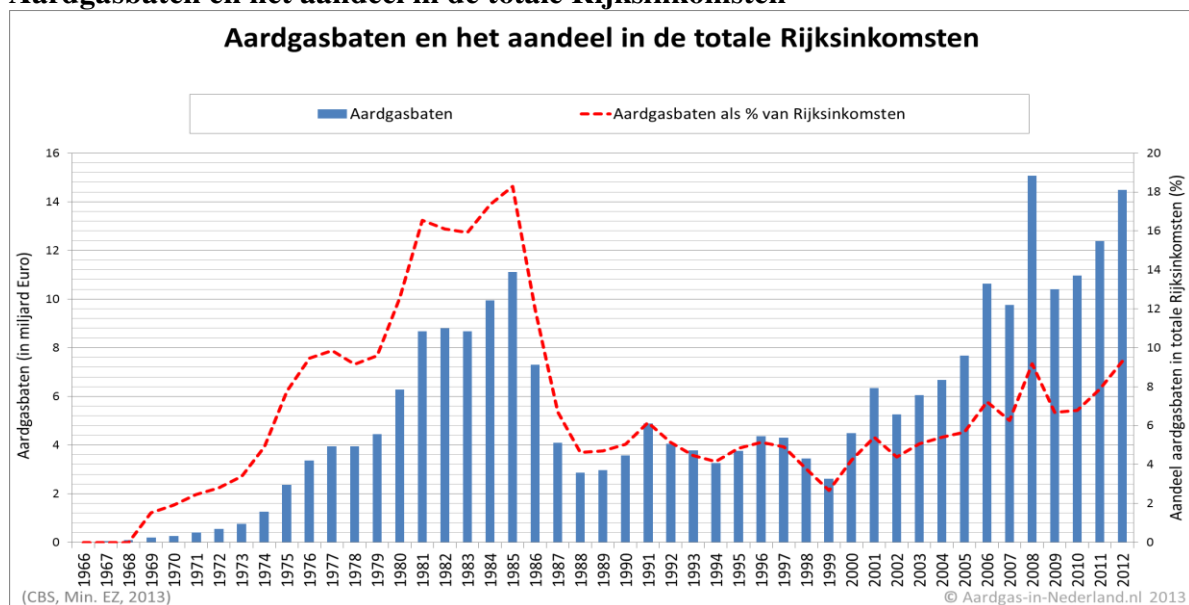


Bron: <http://www.gasunie.nl/uploads/bestanden/f556639b-3f3d-4a2c-8635-f035cc221025>, 20 maart 2015.

12 Aardgasbaten 277 miljard euro

In de periode 1963 tot en met 2013 waren de aardgasbaten voor de regering 265 miljard euro.⁶⁰ In 2013 ging het om 12 miljard euro uit het Groningen-veld en 2,5 miljard euro uit de kleine velden.⁶¹ De schatting voor 2014 komt uit op 12 miljard euro.⁶² Tot en met 2014 waren de aardgasbaten derhalve 277 miljard euro, zie figuur 15. Als de provincie Groningen 2 miljard euro krijgt als vergoeding voor de schade van de aardbevingen is dat minder dan 1% van de aardgasbaten. Deze overheidsinkomsten staan los van de aardgasinkomsten van de NAM uit het Groningen-veld. Die bedroegen volgens minister Kamp in de periode 2006 tot en met 2013 in totaal 9 miljard euro. Over de periode daarvoor zijn volgens de minister geen gegevens beschikbaar.⁶³ Wel is bekend dat de NAM jaarlijks 1 miljard m³ gas verbruikt voor de gaswinning en daarvoor zoals dat heet “geen afdracht verschuldigd is” aan de overheid, dus in feite gratis gas krijgt.⁶⁴

Figuur 15
Aardgasbaten en het aandeel in de totale Rijksinkomsten



Bron: <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2014/10/07/aardgasbeleid-in-nederland-actuele-ontwikkelingen.html>

13 Veiligheid bevolking ondergeschikt

Hoe de overheid en de NAM zijn omgegaan met de veiligheid van de bevolking wordt goed omschreven in een persbericht van 18 februari 2015 van de Onderzoeksraad voor Veiligheid: “Bij de besluitvorming over de winning van het aardgas uit Groningen is tot 2013 niet zorgvuldig omgegaan met de veiligheid van de inwoners in relatie tot aardbevingen. Risico’s voor inwoners werden niet onderkend: de bij gaswinning betrokken partijen beschouwden het met name als schaderisico dat vergoed kon worden, het veiligheidsrisico achtten zij verwaarloosbaar. In de besluitvorming stond het belang van winning op de eerste plaats: een maximale opbrengst, optimaal gebruik van de Nederlandse bodemschatten en continuïteit in de gasvoorziening. Dat staat in het rapport ‘Aardbevingsrisico’s in Groningen’. (...) Uit het onderzoek blijkt dat veiligheid in relatie tot aardbevingen niet van invloed is geweest op de besluitvorming over gaswinning. De Maatschap Groningen en de bij gaswinning betrokken partijen - het Ministerie van Economische Zaken, SodM, EBN, NAM, Shell, ExxonMobil, en GasTerra - vormden samen een gesloten bolwerk, gericht op consensus. Deze partijen hebben jarenlang hecht samengewerkt met wederzijds begrip voor elkaar en elkanders belangen.”⁶⁵

Minister Kamp reageerde op 2 maart 2015 als volgt: “Uiteindelijk gaat het om de veiligheid en ik erken dat alle betrokkenen bij de gaswinning - en zeker ook het ministerie van Economische Zaken - meer aandacht hadden moeten hebben voor de veiligheid van de Groningse burgers. Dat dit zo is gegaan betreurt ik. Het spijt mij zeer dat de veiligheidsbelangen van de Groningers niet de aandacht kregen die ze verdienden. De veiligheid staat nu voorop en ik zal er alles aan doen om de verbeteringen waar de Groningers terecht om vragen te realiseren.”⁶⁶

De minister zei desgevraagd dat de regering in juli zal besluiten of er vanwege de veiligheid al dan niet minder gas uit Groningen gehaald zal worden. Ook sluit hij meer import uit Rusland niet uit: “Nederland ontkomt er de komende jaren niet aan om meer gas uit het buitenland te importeren, ook uit Rusland. Dat gas dient als compensatie voor het eventueel nog verder dichtdraaien van de eigen gaskraan in Groningen,” zei minister Kamp in een interview met het Algemeen Dagblad op 3 maart 2015.⁶⁷

De Groninger Bodem Beweging vindt dat de minister de oorzaak niet aanpakt: “Wèl zeggen dat de veiligheid van de Groningers nu de hoogste prioriteit heeft, maar niet daadwerkelijk de oorzaak van de aardbevingen aanpakken, namelijk het verlagen van de gaswinning tot het niveau dat het echt veilig is.”⁶⁸

14 Conclusie: gevangen in het gasnet

Aardgas als belangrijke energiebron staat onder druk. Het einde van de voorraad komt in zicht. Omdat de druk van het Groningen-veld afneemt zijn hulpmiddelen nodig om voldoende gas uit de grond te kunnen halen. Daarnaast zijn de kleine gasvelden op het vasteland en onder de Noordzee belangrijk om aan de vraag naar gas te voldoen. Om de winning uit de kleine gasvelden op peil te houden zijn eveneens hulpmiddelen nodig. Daarbij komen nog de aardbevingen, de toegenomen schade en de onveiligheid. De vraag naar aardgas neemt echter niet af. Door de contracten met het buitenland moet de komende jaren meer gas gewonnen worden dan voor de veiligheid van de Groningers minimaal noodzakelijk is. Maar is het wel aanvaardbaar om van vandaag op morgen enkele miljoenen huishoudens in het buitenland geen gas meer te leveren? Er is daarom geen gemakkelijke oplossing voor de hier geschetste problemen. We zijn gevangen in het gasnet.

¹ <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/industrie-energie/publicaties/artikelen/archief/2015/elektriciteitsverbruik-16-keer-hoger-dan-in-1950.htm>, 9 februari 2015.

² <http://www.technischweekblad.nl/rubrieken/energieserie/kunnen-we-overschakelen-op-duurzame-energie.130162.lynkx>, 24 mei 2011;

http://www.knmi.nl/klimatologie/achtergrondinformatie/Zonnestraling_in_Nederland.pdf;

<http://www.allesoverzonnepanelen.nl/voorwaarden/zonnestraling/>

³ <http://tulipoil.com/terschelling-noord-m10am11-2/>.

⁴ We gebruiken vooral gegevens van de overheid en de gaswereld. We zijn op de hoogte van kritiek op bijvoorbeeld de gebruikte rekenmodellen, maar behandelen die hier niet omdat we dan in plaats van een zo leesbaar mogelijk artikel een wetenschappelijk boek zouden schrijven. En dat is niet onze inzet. Ook bespreken we bijvoorbeeld kwesties als de waardedaling of het aardbevingsbestendig maken van woningen niet.

⁵ <http://www.nlog.nl/nlog/requestData/nlogp/olgField/metaData.jsp?type=FIELD&id=GRO>, winningsplan 2003.

⁶ Prisma Techniek in woord en beeld. Een volledig overzicht van wat ons aan techniek omringt, 1994, p 524.

⁷ <http://aardgas-in-nederland.nl/nederland-aardgasland/nederlands-aardgas/>.

⁸ <http://aardgas-in-nederland.nl/de-toekomst-van-aardgas/aardgasreserves-en-verbruik/#3b>.

⁹ <http://aardgas-in-nederland.nl/nederland-aardgasland/de-gasrotonde/>.

¹⁰ <http://www.namplatform.nl/gaswinning/het-groningen-gasveld.html>.

¹¹ <http://www.gasopslagbergermeer.nl/>.

¹² <http://www.namplatform.nl/gaswinning/het-groningen-gasveld.html>.

-
- ¹³ <http://www.agbzw.nl/aardgasbuffer/aardgasreserves>.
- ¹⁴ <http://www.namplatform.nl/gaswinning/het-groningen-gasveld.html>.
- ¹⁵ <http://www.co2ntramine.nl/aardgasproductie-onveilig-en-eindig/>, 2 maart 2015.
- ¹⁶ <http://www.nlog.nl/nl/oilGas/oilGas.html>.
- ¹⁷ <http://aardgas-in-nederland.nl/nederland-aardgasland/aardgas-in-de-nederlandse-energievoorziening/>.
- ¹⁸ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/01/15/beantwoording-schriftelijke-vragen-over-gaswinning-groningen.html>, 15 januari 2015, antwoord 124 over exportcontracten.
- ¹⁹ <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/projectbureau-nieuw-aardgas/laagcalorisch-gas-g-gas>.
- ²⁰ <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/documenten-en-publicaties/rapporten/2014/01/17/Groningen-gas-op-de-noordwest-europese-gasmarkt.html>.
- ²¹ <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/documenten-en-publicaties/rapporten/2014/01/17/Groningen-gas-op-de-noordwest-europese-gasmarkt.html>.
- ²² <http://www.namplatform.nl/gaswinningsplan/besluit-nieuw-winningsplan.html>.
- ²³ <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/nieuws/2015/02/09/versneld-veiliger-wonen-groningen-compensatie-voor-bewoners-gaswinning-tot-1-juli-beperkt.html>, 9 februari 2015.
- ²⁴ <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/02/09/beantwoording-vragen-schriftelijk-overleg-over-de-gaswinning-in-groningen.html>, 9 februari 2015.
- ²⁵ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/02/12/kamerbrief-over-wijziging-instemmingsbesluit-gaswinning-groningen.html>, 12 februari 2015.
- ²⁶ Email Afdeling communicatie NAM aan Herman Damveld, 9 maart 2015.
- ²⁷ <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/02/09/beantwoording-vragen-schriftelijk-overleg-over-de-gaswinning-in-groningen.html>, 9 februari 2015, antwoord 199.
- ²⁸ <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/bouwen-wonen/publicaties/artikelen/archief/2012/2012-energieverbruik-woningtype-art.htm>, 16 januari 2012.
- ²⁹ <http://aardgas-in-nederland.nl/nederland-aardgasland/aardgas-in-de-nederlandse-energievoorziening/>.
- ³⁰ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/01/15/beantwoording-schriftelijke-vragen-over-gaswinning-groningen.html>, 15 januari 2015, antwoord 129.
- ³¹ https://www.ebn.nl/wp-content/uploads/2014/11/ebn_focus_on_dutch_oil_gas_2014.pdf, juni 2014.
- ³² <http://www.cuadrillaresources.nl/wp-content/uploads/2013/04/R0001-Klimaatvoetafdruk-schaliegas-in-Nederlands-perspectief.pdf>, 23 april 2013.
- ³³ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/01/15/beantwoording-schriftelijke-vragen-over-gaswinning-groningen.html>, 15 januari 2015, antwoord 90.
- ³⁴ <http://www.co2ntramine.nl/wereldwijd-meer-aardbevingen-door-winning-grondstoffen-zoals-aardgas/>, 15 december 2013.
- ³⁵ <http://www.onderzoeksraad.nl/nl/onderzoek/1991/aardbevingsrisico-s-in-groningen/publicatie/1620/veiligheid-geen-rol-bij-gaswinning-groningen#fasen>, 18 februari 2015, pagina 36..
- ³⁶ www.knmi.nl/bibliotheek/knmipubTR/TR167.pdf, november 1994.
- ³⁷ <http://www.namplatform.nl/bouwkundig-versterken/de-sterkte-van-gebouwen.html>.
- ³⁸ <http://www.sodm.nl/sites/default/files/redactie/risico%20analyse%20aardgasbevingen%20groningen.pdf>.
- ³⁹ <http://www.namplatform.nl/bouwkundig-versterken/de-sterkte-van-gebouwen.html>.
- ⁴⁰ <http://www.sodm.nl/sites/default/files/redactie/risico%20analyse%20aardgasbevingen%20groningen.pdf>, pagina 1.
- ⁴¹ www.rijksoverheid.nl/...en...groningen/gaswinning-in-groningen.pdf, Effecten geïnduceerde aardbevingen op het Gasunienetwerk in Groningen. Studie naar de robuustheid van het gasleidingennetwerk, Deltares, 2013, B.
- ⁴² <http://feitenencijfers.namplatform.nl/schadeafhandeling/>.
- ⁴³ <http://www.namplatform.nl/aardbevingen/ervaren-van-aardbevingen.html>.
- ⁴⁴ <http://www.namplatform.nl/actueel/schadeprotocol-en-schadecontourlijn-scheppen-duidelijkheid.html>
- ⁴⁵ <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2014JB011663/full>, 19 december 2014;
- <http://www.co2ntramine.nl/aantal-en-ernst-aardbevingen-door-gaswinning-stijgt/>.
- ⁴⁶ <http://www.sodm.nl/sites/default/files/redactie/risico%20analyse%20aardgasbevingen%20groningen.pdf>, .
- ⁴⁷ De veiligheidsregio Groningen valt geografisch samen met de provincie Groningen. Een veiligheidsregio is in Nederland een samenwerkingsverband van de hulpverleningsdiensten op basis van de Wet Gemeenschappelijke Regelingen en de Wet veiligheidsregio's, ten behoeve van fysieke veiligheid.
- ⁴⁸ <http://risicowijzer.groningen.nl/risico-s/20140221IBPaardbevingenversie102.pdf>, 21 februari 2014.

-
- ⁴⁹ <http://www.veiligheidsregiogroningen.nl/nieuws/BEROEPSCHRIFTRaadvanStatedefinitiefinclbijlagen.pdf>, 12 maart 2015.
- ⁵⁰ http://en.wikipedia.org/wiki/Peak_ground_acceleration.
- ⁵¹ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2013/01/16/reassessment-of-the-probability-of-higher-magnitude-earthquakes-in-the-groningen-gas-field.html>, 16 januari 2013, p 4.
- ⁵² <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/gaswinning-en-infrastructuur/documenten-en-publicaties/brieven/2013/01/22/brief-van-sodm-over-groningen-veld.html> pagina 8 en 9.
- ⁵³ http://wetten.overheid.nl/BWBR0016605/geldigheidsdatum_19-03-2015.
- ⁵⁴ <http://www.nrc.nl/nieuws/2015/02/17/oud-toezichthouder-pleit-voor-halvering-gasproductie-groningen/>, 17 februari 2015.
- ⁵⁵ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/01/15/beantwoording-schriftelijke-vragen-over-gaswinning-groningen.html>, 15 januari 2015, antwoorden 124 en 131.
- ⁵⁶ <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/02/09/beantwoording-vragen-schriftelijk-overleg-over-de-gaswinning-in-groningen.html>, 9 februari 2015, antwoord 8.
- ⁵⁷ <http://jaarverslag2014.gasterra.nl/2014/gas/marktontwikkeling>, 18 februari 2015.
- ⁵⁸ <http://www.rtvnoord.nl/artikel/artikel.asp?p=146538>, 16 maart 2015.
- ⁵⁹ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/01/15/beantwoording-schriftelijke-vragen-over-gaswinning-groningen.html>, 15 januari 2015, antwoord 126.
- ⁶⁰ <http://aardgas-in-nederland.nl/nederland-aardgasland/aardgas-en-de-economie/>.
- ⁶¹ http://www.rekenkamer.nl/Publicaties/Onderzoeksrapporten/Introducties/2014/10/Besteding_van_aardgasbaten_feiten_cijfers_en_scenario_s, 7 oktober 2014.
- ⁶² http://www.rijksbegroting.nl/2014/voorbereiding/miljoenennota,kst186728_2.html; www.rijksoverheid.nl/.../kamerbrief-over-de-verwerking-van-de-aflopen.
- ⁶³ <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2014/02/05/kamerbrief-inkomsten-uit-groningengas.html>, 5 februari 2015.
- ⁶⁴ <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/02/09/beantwoording-vragen-schriftelijk-overleg-over-de-gaswinning-in-groningen.html>, 9 februari 2015, antwoord 200 en 201.
- ⁶⁵ <http://www.onderzoeksraad.nl/nl/onderzoek/1991/aardbevingsrisico-s-in-groningen/publicatie/1620/veiligheid-geen-rol-bij-gaswinning-groningen#fasen>, 18 februari 2015.
- ⁶⁶ <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/nieuws/2015/03/02/kabinet-erkent-en-betreurt-te-weinig-aandacht-veiligheid-groningers.html>, 2 maart 2015.
- ⁶⁷ <http://www.ad.nl/ad/nl/5596/Planet/article/detail/3879673/2015/03/03/Kamp-Gas-uit-Rusland-dat-is-een-optie.dhtml>, 3 maart 2015.
- ⁶⁸ <http://www.groninger-bodem-beweging.nl/index.php/nieuwsarchief/540-spijtbetuyging-minister-kamp>, 3 maart 2015.