

Vloeibaar aardgas op de Maasvlakte

Grote fluctuaties in het gebruik van aardgas in Nederland zijn de aanleiding geweest voor de bouw van opslagtanks voor vloeibaar aardgas op de Maasvlakte. Vanwege de lagere kosten bij aanleg kreeg deze oplossing de voorkeur boven uitbreiding van het leidingnet. In onderstaand artikel gaan de auteurs in op de risico's die verbonden zijn aan de opslag op de Maasvlakte. Zij menen dat er bij het nemen van de beslissing hierover onvoldoende discussie is geweest en vragen zich af of de lagere kosten van het gekozen alternatief wel opwegen tegen de risico's.

DRS. J.J. VAN DIJK – DR. K.E. ROSING*

Inleiding

De (negatieve) externe effecten van economische activiteiten genieten momenteel grote maatschappelijke belangstelling. Hierbij is de aandacht vooral gericht op effecten, zoals zure regen, die ontstaan door een min of meer continue uitstoot van bepaalde stoffen. Een andere vorm van aantasting van het milieu kan ontstaan door activiteiten die mogelijk bedreigend zijn. Onder normale omstandigheden kunnen de externe effecten van deze bedrijfsvoering zeer gering zijn maar ze kunnen bij een ongeval soms enorme afmetingen aannemen. Naast het risico van een calamiteit bestaat er meestal ook onzekerheid over aard en omvang van de gevolgen. Een bekend voorbeeld van beide vormen van externe effecten is de elektriciteitsvoorziening. Een kolencentrale veroorzaakt een continue emissie van schadelijke stoffen, terwijl bij een kerncentrale de mogelijkheid van een ramp bestaat.

In Nederland is aardgas de belangrijkste bron van energie. Sinds de jaren zeventig wordt meer dan de helft van de nationale energiebehoefte gedekt door aardgas¹. Ten opzichte van andere fossiele brandstoffen is aardgas de minst vervuilende. Een belangrijk probleem met aardgas is dat de opslag in grote hoeveelheden moeilijk is. Deze opslag is nodig om grote periodieke schommelingen in het verbruik op te kunnen vangen. De Nederlandse Gasunie, die verantwoordelijk is voor het transportsysteem van aardgas in Nederland, heeft gekozen voor de opslag van vloeibaar aardgas (lng). Deze keuze heeft weinig aandacht getrokken, maar het lijkt gerechtvaardigd om nader in te gaan op de mogelijke externe effecten van de gemaakte keuze en de beschikbare alternatieven.

Noodzaak

In 1958 is door de NAM het grote aardgasveld in Groningen ontdekt. Hierna is men in Nederland op grote schaal

aardgas als bron van energie gaan toepassen, zowel huishoudelijk als industrieel. Halverwege de jaren zeventig is de jaarlijkse productie gestegen tot meer dan 100 miljard kubieke meter, waarbij de gemiddelde jaarlijkse groei meer dan 6 procent bedroeg². Deze omstandigheden maakten grote investeringen om de voorziening te kunnen garanderen noodzakelijk. Een belangrijk aspect hierbij is de mogelijkheid om grote fluctuaties in het verbruik van aardgas te kunnen opvangen. De veranderingen in verbruik doen zich per dag en per week voor, maar de belangrijkste schommeling wordt veroorzaakt door seizoensinvloeden: in januari is het gasverbruik ongeveer drie maal zo hoog als in juli. Een zeer hoog gasverbruik doet zich voor op extreem koude dagen (-15 graden Celsius); het is dan bijna tien maal zo hoog als op een zomerdag (20 graden Celsius)³.

Voor een gegeven leidingnet is de bezettingsgraad, de verhouding van feitelijk en maximaal getransporteerd volume, het bepalende element voor de transportkosten per geleverde eenheid⁴. Als de bezettingsgraad één wordt, zijn de transportkosten per eenheid geminimaliseerd. Het bouwen van een leidingnet met een capaciteit voor de koudste dagen zal een lage gemiddelde bezettingsgraad geven. Door de fluctuaties in het transport zullen de kosten per geleverde eenheid voor zo'n systeem relatief hoog zijn.

Ten einde de pieken van het gastransport te nivelleren is er door de Nederlandse Gasunie in 1977 een installatie gerealiseerd die vanuit een opslag aardgas kan toevoegen aan het bestaande net. Deze zogenaamde 'peakshaving'-installatie moet aan twee eisen voldoen. Ten eerste moet de locatie niet ver van de gebruikers zijn. Om die reden is

* Drs. Van Dijk is verbonden aan de vakgroep micro-economie en economische orde, dr. Rosing is werkzaam bij het Economisch Geografisch Instituut, Erasmus Universiteit Rotterdam.

1. United Nations, *Yearbook of energy (Series J)*, 1950, 1967, 1978, 1979, 1984, 1985, 1986.

2. Ministerie van Economische Zaken, *Aardgas en aardolie in Nederland 1987*, Den Haag, mei 1988.

3. Gasunie, *Gasunie jaarverslag 1987*, Groningen, 1988.

4. I.M. Sheskin en J.P. Osleeb, Mexican natural gas: implications for the US market, *Energy Policy*, jg. 10, 1982, blz. 27-41.

de Maasvlakte als vestigingsplaats gekozen. Ten tweede moet de installatie voldoende capaciteit bezitten om een langere periode van koude te overbruggen. Het opslaan van aardgas gebeurt dan ook in vloeibare vorm, Ing, daar dit een reductie van volume geeft met een factor 600. Door het hoge gasverbruik in Nederland moet de installatie vrij groot zijn⁵.

De peakshaving-installatie op de Maasvlakte bestaat uit twee Ing-opslag tanks, elk met een capaciteit van 57.500 m³, een tank met een capaciteit van 19.000 m³ voor vloeibaar stikstof en apparatuur voor het scheiden, vloeibaar maken, verdampen en mengen van de genoemde gassen⁶. In gasvormige toestand is er dus sprake van een voorraad van ruim 75.000.000 m³ Groningse kwaliteit aardgas. Gronings aardgas is van relatief lage kwaliteit (minder dan 90 procent methaan) met 13 procent stikstof. Methaan wordt vloeibaar bij -163 graden Celsius en stikstof bij -191 graden Celsius. Om deze reden moeten de twee gescheiden zijn alvorens af te koelen en apart bewaard worden.

Het vullen van de tanks neemt ruim 200 dagen in beslag bij een vulsnelheid van 13.000 m³ aardgas per uur. Het is duidelijk dat bij de opslag van een dergelijke hoeveelheid aardgas ook de nodige voorzorgsmaatregelen genomen moeten worden. Iedere opslagruimte bestaat uit een binnentank van staal met nikkel-legering, een isolatie van perliet en een stalen buitentank. Als extra veiligheidsmaatregel is er een keerwand van kyrogeen beton dat bestand is tegen extreme koude. De fundatieplaat is ook van dit materiaal. Voor het handhaven van de zeer lage temperatuur is geen aparte voorziening getroffen, maar wordt gebruik gemaakt van de verdamping van het vloeibare gas. Verdamping onttrekt uiteraard warmte en het vrijgekomen gas, boiled off gas, wordt aan het leidingnet toegevoegd⁷.

Mogelijke effecten

In de literatuur wordt een beperkt aantal ongelukken met vloeibaar aardgas vermeld⁸. De bekendste voorbeelden worden genoemd in een werk van Davis⁹ en hebben vooral betrekking op de Verenigde Staten waar de Ing-techniek het meest toegepast wordt. Het ongeluk in Cleveland (Ohio) met de ontploffing van een opslagtank waar ruim 4.000 m³ bewaard werd, veroorzaakte 130 doden en de totale verbranding van een gebied met een doorsnee van 600 meter. Deze verbranding ontstaat door de uitstraling van warmte. Tijdens de werkzaamheden aan een lege tank op Staten Island (New York) kwamen door een ontploffing 40 mensen om het leven en werd het dak van de tank afgeblazen. Dit soort ongelukken kan ontstaan door resterende gasmoleculen en het vrijkomen van gas uit de isolatielaag.

Er bestaan twee verschillende vormen van onzekerheid over de effecten van een ongeluk met een opslagtank van Ing. Ten eerste zijn er diverse scenario's voor de wijze waarop het vrijgekomen gas zal verbranden. Hierbij wordt gedacht aan langzame verbranding, de vorming van een zogenaamde 'fireball' en als laatste een werkelijke detonatie¹⁰. Van deze drie mogelijkheden wordt de fireball het meest waarschijnlijk geacht¹¹. De langzame verbranding zal door warmte de opslagtank doen barsten waarna de fireball gevormd wordt. Detonatie in de open lucht is theoretisch mogelijk, maar is in de praktijk niet waargenomen vanwege de stringente voorwaarden waaraan voldaan moet zijn. De tweede vorm van onzekerheid over de effecten wordt gevormd door de invloeden van de wind: de windsnelheid voor de turbulentie en uiteraard de windrichting.

Een fireball kan bestaan uit een mengsel van gas en lucht of uit zuiver gas waarbij de buitenkant brandt. Bij iedere fireball is de brandstof in een tiental seconden verbruikt. Er doet zich geen drukverhoging voor en de vrijgekomen ener-

gie wordt als warmte uitgestraald. Initieel neemt de fireball een halfronde vorm aan en door de verwarming stijgt deze op en wordt bolvormig. Als het meeste gas verbrand is, zal door convectie de bekende paddestoelvorm ontstaan. Het gevaar van een fireball is dus niet een verhoging van de luchtdruk maar verbranding door de uitgestraalde warmte. Het is nu van groot belang om te weten hoe ver deze straling kan reiken. In het artikel van Hardee e.a. wordt een formule afgeleid die maximale warmte-uitstraling, hoeveelheid gas en afstand aan elkaar relateert¹²:

$$Q = 7785W_f^{5/6} / d^2$$

waarin:

Q = warmtestraling in kJ/m²

d = afstand in meters

W_f = hoeveelheid gas in kg.

Met behulp van deze vergelijking kan berekend worden op welke afstand 2e en 3e graads verbranding kan optreden. De maximale hoeveelheid Ing op de Maasvlakte correspondeert met 5,25 x 10⁷ kg, verdeeld over twee opslag tanks. Hierbij moet opgemerkt worden dat deze hoeveelheid vrijwel permanent aanwezig is en het niet aannemelijk is dat zich een ongeluk voordoet met slechts één opslagtank¹³. Door nu waarden voor de variabele Q in te vullen, kan de maximale afstand berekend worden. Verbrandingen van 2e en 3e graad doen zich binnen een aantal seconden voor bij Q = 23 kJ/m² respectievelijk Q = 113 kJ/m². De bijbehorende maximale afstanden zijn dan 30,3 km en 13,7 km. Om een aantal redenen¹⁴ zullen in werkelijkheid deze maximale afstanden niet gehaald worden, maar moet rekening gehouden worden met een reductie van 35 procent, zodat de respectieve afstanden voor 2e en 3e graads verbranding 19,7 km en 8,9 km worden. Op de kaart worden deze afstanden tot de peakshaving-installatie op de Maasvlakte weergegeven als gestippelde lijnen. Binnen de straal van 19,7 km zijn ruim 500 duizend inwoners. Tevens bevindt zich ook een aantal grote brandgevaarlijke installaties binnen een afstand van bijna 9 km, waaronder de MOT met 27 miljoen vaten (à 159 liter) ruwe olie. Bij een warmte die 3e graads verbranding doet ontstaan, is het aannemelijk dat deze installaties eveneens in brand raken. Het opranden van de fireball voltrekt zich in een tiental seconden, maar een resulterende brand bij de petrochemische bedrijven zal dagen duren.

In de voorafgaande formules is geen rekening gehouden met de invloed van de wind. De berekende afstanden gelden dan ook in alle richtingen. Onder invloed van de wind kunnen de effecten zich concentreren in een bepaalde richting. De reikwijdte van de warmtestraling hangt dan

5. Ph. Bijl, De LNG peakshaving-installatie op de Maasvlakte, GAS, jg. 95, juni 1975, 173-181.

6. Opening LNG-installatie, GAS, jg. 97, juli 1977, 259-263.

7. Idem.

8. De voorlopige versie van dit artikel was voor discussie aan een aantal deskundigen gestuurd, nog voor het ongeluk met vloeibaar gas in Rusland. De gebeurtenis tussen de plaatsen Ufa en Asha toont het gevaar opnieuw aan (BBC World News, 16.00 uur GMT, 4 juni 1989; Radio Moskou, 19.00 uur GMT, 4 juni 1989).

9. L.N. Davis, *Frozen fire*, Friends of the Earth, San Francisco, 1979.

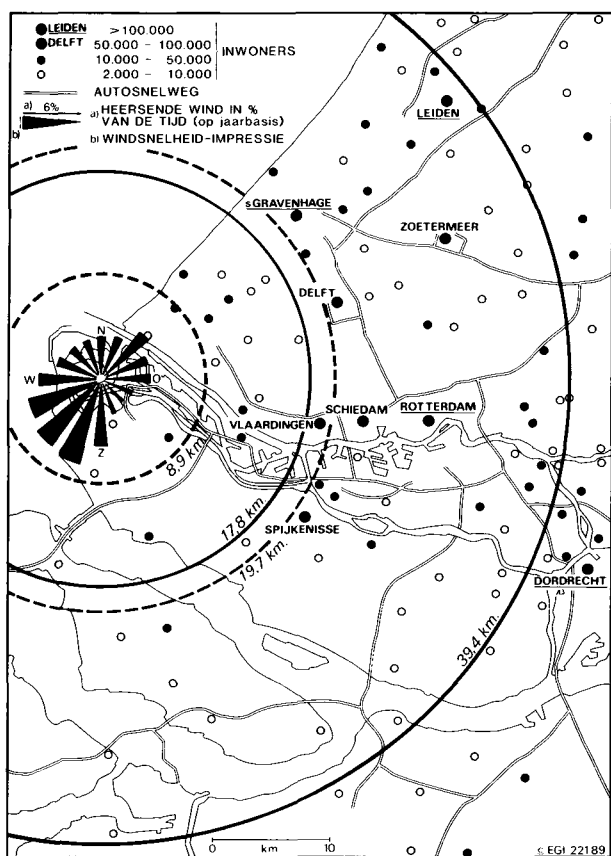
10. H. C. Hardee, D. O. Lee en W. B. Benedick, Thermal hazard from LNG fireballs, *Combustion Science and Technology*, jg. 17, 1978, blz. 189-197.

11. S.M. Magill, Liquefied energy gases in the UK: what price public safety?, *Environment and Planning A*, jg. 13, 1981, blz. 339-354.

12. H.C. Hardee e. a., op. cit., blz. 191.

13. M.A. Elliot et. al., *Report on the investigation of the fire at the liquefaction, storage and regassification plant of the East Ohio Gas Co.*, Cleveland, Ohio, 20 oktober 1944, Bureau of Mines, *Report of Investigations 3867*, 30 mei 1945.

14. H.C. Hardee e. a., op. cit., blz. 193.



mede af van de windsnelheid. In de literatuur bestaat geen eenduidigheid over de maximale afstanden bij wind. Er is een aantal modellen dat aangeeft hoe ver van de bron het gas nog zal branden. De afstanden voor 25.000 m³ lng variëren van 1,2 km tot 80,4 km¹⁵, met een gemiddelde van ruim 27 km over alle modellen en ruim 23 km als de hoogste en laagste schatting niet meetellen. Voor een hoeveelheid van 100.000 m³ lng bestaan schattingen van 5,2 km en 203 km¹⁶. Er bestaat dus enorme onzekerheid over de begrenzing van de brand zelf. Bovendien zal gelet moeten worden op de afstand waarop 2e en 3e graads verbranding nog optreedt. Indien verondersteld wordt dat onder invloed van de wind een cirkelsegment van 90 graden geraakt wordt¹⁷, waarbij de warmte zich over een even grote grondoppervlakte verspreidt, worden de afstanden voor 2e en 3e graads verbranding 39,4 km respectievelijk 17,8 km. Deze afstanden gelden dan slechts in één richting, bepaald door de wind. De kaart geeft deze afstanden weer; hieruit blijkt dat grote bevolkingsconcentraties bereikt kunnen worden, vooral bij de, vaak heersende, zuidwestelijke windrichtingen. In totaal bestaat er een gevaar voor bijna 2 miljoen inwoners bij een straal van 39,4 km. De lengte van de lijnen bij de windroos geeft de tijd weer dat een bepaalde windrichting over een jaar voorkomt¹⁸.

De resultaten van de berekeningen maken twee aspecten duidelijk. Ten eerste blijkt dat een ongeval met een peakshaving-installatie zeer grote gevolgen kan hebben. Zowel grote steden als petrochemische bedrijven kunnen geraakt worden met enorme gevolgen. Ten tweede bestaat er een grote spreiding in de schattingen omtrent de omvang van een ongeluk met lng. De theoretische modellen kunnen onmogelijk alle factoren in beschouwing nemen, zoals luchtvochtigheid of aard van het oppervlak. Toch lijken de hier berekende afstanden redelijk overeen te komen met het gemiddelde van andere studies.

Afweging

De bouw van de peakshaving-installatie op de Maasvlakte lijkt vooral gebaseerd te zijn op een verlaging van de transportkosten van aardgas. Uitbreiding van het leidingnet vanuit Slochteren zou ongeveer 250 miljoen gulden gekost hebben¹⁹, terwijl de peakshaving-installatie een investering van 160 miljoen gulden heeft gevegd²⁰. Over de onderhoudskosten van beide alternatieven zijn geen gegevens beschikbaar, maar het vloeibaar maken van aardgas vergt in totaal 16-18 procent van de aangevoerde hoeveelheid energie²¹. Als op grond hiervan gesteld wordt dat de jaarlijkse kosten van beide mogelijkheden gelijk zijn, dan is er sprake van een besparing van 90 miljoen gulden ten tijde van de realisatie²². De vraag is nu of het risico op de beschreven externe effecten deze besparing rechtvaardigt. Een antwoord hierop vergt zeker een politiek oordeel en het is daarom bevreemdend dat er weinig discussie is gevoerd over de genomen beslissing. Pas bij de kwestie over de import van lng uit het buitenland werd over risico-analyse gesproken²³.

Het is gebruikelijk om bij deze beslissingen ook aandacht te schenken aan de kans op een calamiteit. De beschikbare studies verschillen echter met een factor 10⁸, zodat weinig houvast geboden wordt voor een zinvolle vergelijking²⁴. Bovendien zal door de locatie op de Maasvlakte ook rekening gehouden moeten worden met invloeden van buitenaf. Een grote brand bij een van de omliggende bedrijven kan gevaar betekenen voor de opslagtanks van lng. De vraag is dus meer of men bereid is, tegen welke kans dan ook, het risico op een ramp te nemen bij een besparing van 90 miljoen gulden. Daar de beslissing reeds in het verleden is genomen, kunnen de geïnvesteerde bedragen als 'sunk costs' gezien worden. Toch kan opnieuw de vraag gesteld worden of de opslag van lng op de Maasvlakte wenselijk is. Als tweede keus bestaat nog steeds de mogelijkheid om tijdens een koude periode met grote vraag naar aardgas een aantal grootverbruikers tijdelijk af te sluiten. Deze verbruikers, zoals elektriciteitscentrales, kunnen dan vaak eenvoudig overschakelen op een andere brandstof. Het verbruik van aardgas is in Nederland sinds de jaren zeventig met ongeveer 20 procent gedaald²⁵. De verwachte groei voor de komende twintig jaar is maximaal nul procent²⁶. Dit zal het nut van de peakshaving-installatie niet doen toenemen.

J.J. van Dijk
K.E. Rosing

15. L.N. Davis, op. cit., blz. 26-31.

16. Idem, blz. 30.

17. J. Karkazis en C. Papadimitriou, Optimal location of facilities causing atmospheric pollution, in: B. Pelegrin (red.), *Proceedings of the 3rd meeting of the Euro working group on locational analysis*, Sevilla, Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 1988.

18. Gebaseerd op gegevens van het meetstation bij Vlissingen, zie: KNMI, *Klimaatatlas van Nederland*, Den Haag, Staatsuitgeverij, 1972, blad 30.

19. Ph. Bijl, op. cit., blz. 180.

20. Opening LNG-installatie, *GAS*, jg. 97, juli 1977, blz. 259.

21. J.D. Davis, *Blue gold: the political economy of natural gas*, George Allen & Unwin, Londen, 1984, blz. 215.

22. Ook voor het vloeibaar maken moet sprake zijn van transport van Slochteren naar de Maasvlakte, zodat dit geen effect heeft op de vergelijking.

23. De aanvoer van vloeibaar aardgas uit het buitenland, *GAS*, jg. 97, december 1977, blz. 568-572.

24. H.C. Kunreuther en J. Linnerooth, *Risk analysis and decision processes: the siting of liquefied energy gas facilities in four countries*, Springer-Verlag, Berlijn, 1983, blz. 160-161.

25. Gasunie, op. cit., 1988, blz. 11.

26. Gasunie, *Plan van gasafzet 1988*, Groningen, 1988, blz. 5.