



Bezoekadres:

M.H. Tromplaan 28
Enschede

Handelskade 75
Deventer

Postadres:

Postbus 70.000
7500 KB Enschede

Postbus 501
7400 AM Deventer



NIEUWE ENERGIE IN EEN VEILIGE LEEFGOMGEVING

LECTORALE REDE

MENSO MOLAG
SAXION HOGESCHOLEN

[LECTORALE REDE]

NIEUWE ENERGIE IN EEN VEILIGE LEEFOMGEGEVING

[COLOFON]

ISBN **9789080514256**
Titel: Nieuwe energie in een veilige leefomgeving
 lectorale rede, 1e druk, mei 2008
Auteur: M. Molag
Uitgever: Saxion Hogescholen
 Kenniscentrum Leefomgeving
 Reeks KCL Publicaties

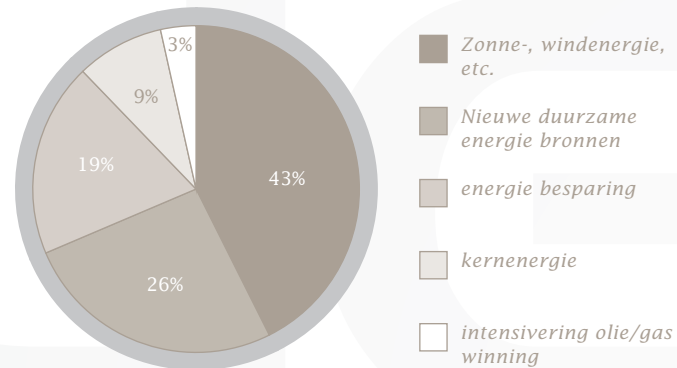


“Niets is zeker, dat is de enige zekerheid die we hebben”

[PIETER VAN GEEL, OUD-STAATSSECRETARIS VROM,
UIT: OPENINGSTOESPRAAK VAN DE CONFERENTIE 'OMGAAN MET ONZEKERHEID IN BELEID']

Het Intergovernmental Panel on Climate Change heeft in verschillende rapporten duidelijk gemaakt dat de klimaatverandering afgeremd kan worden als er sterk bespaard wordt op het fossiel energiegebruik en als het overblijvend energieverbruik duurzamer wordt [IPCC 2007].

Door de film 'An Inconvenient Truth' van Al Gore is dit ook tot een brede lage van de Nederlandse bevolking doorgedrongen. Uit een onderzoek van het Lectoraat Risicobeheersing onder een representatieve groep van de Nederlandse bevolking bleek dat bijna 70% van mening was dat hernieuwbare energie en nieuwe duurzame energiebronnen het belangrijkste zijn om onze toekomstige energievoorziening te garanderen [B&N panel 2008].



Figuur 1: mening van een representatieve groep uit de Nederlandse bevolking over welke maatregelen de toekomstige energievoorziening kunnen garanderen

De klimaatdoelstelling van de Nederlandse overheid is om in 2020 de CO₂ uitstoot met 30 % te reduceren ten opzichte van 1990. Diverse scenario's gaan uit van een reductie van de CO₂ met 50% in 2050 [o.a. Uytterlinde 2007]. Voor 2020 wil men de doelstelling bereiken door inzet van 20% duurzame energie en een aanzienlijke efficiencyverbetering in het energiegebruik. Maar als we in 2050 de CO₂ emissie met 50% verminderd willen hebben, zullen ook andere maatregelen moeten worden genomen. Hierbij wordt onder andere gedacht aan afvang van CO₂ bij de industrie en elektriciteitsopwekking, en ondergrondse opslag van het afgevangen CO₂. Ook het wegtransport zal veel efficiënter moeten gaan plaatsvinden. Een belangrijk middel hierbij is om auto's te laten rijden op een waterstof aangedreven brandstofcel. Alhoewel waterstof zelf geen duurzame brandstof is, kan het wel duurzaam geproduceerd worden met windenergie of uit fossiele energie met afvang van CO₂.

Tot nu toe is er weinig aandacht geweest voor de veiligheidsaspecten van de energietransitiemaatregelen. Als het CO₂ tijdens het transport van de afvanglocatie naar de ondergrondse opslag door een ongeval vrij zou komen, kan dit gevolgen hebben voor de gezondheid van mensen die in de nabijheid van de transportroute wonen of werken. Het tanken en het vervoeren van het zeer brandbare waterstof (bij een druk van 700 bar), zal zodanig moeten plaatsvinden dat de bestuurder en passa-

giers even veilig kunnen rijden als in een auto met conventionele brandstoffen.

In de volgende hoofdstukken zal worden ingegaan op hoe de overgang naar een klimaatneutrale energievoorziening met behoud van veiligheid in de leefomgeving kan worden uitgevoerd. Daarnaast wordt aangegeven dat de veiligheidsaspecten van het begin af aan bij de selectie van toe te passen energietransitiemaatregelen, uitvoeringsvarianten en locatievarianten moet worden betrokken om een zo optimaal mogelijke keuze te bereiken.

Na de vuurwerkramp in Enschede in 2000 heeft de centrale overheid in het Nationaal Milieubeleidsplan 4 de beleidsvernieuwing Externe Veiligheid in gang gezet [VROM 2001].

Belangrijke punten hierin zijn:

- Burgers in de woonomgeving krijgen een gegarandeerd beschermingsniveau tegen de risico's van activiteiten met gevaarlijke stoffen, uitgewerkt in vorm van een maximaal toelaatbaar plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar.
- De overheid is verplicht op om de aanvaardbaarheid van het groepsrisico te verantwoorden. In deze verantwoording moeten de maatschappelijk kosten en baten van de activiteit met gevaarlijke stoffen, beschikbare veiliger alternatieven en de mogelijkheid van een effectieve hulpverlening worden afgewogen. Daarnaast wordt de oriëntatiewaarde als ijkpunt voor het groepsrisico genoemd.

Gelijktijdig werden door de rijks, provinciale en gemeentelijke overheden ook ambities uitgesproken op het gebied van stedelijke verdichting, zoals grote stedenbouwkundige projecten bij stations en nabij andere transportroutes voor gevaarlijke stoffen. Het gevolg was dat al snel werd geconstateerd dat de stedenbouwkundige ambitie en externe veiligheid ambitie strijdig waren, dat er stagnatie in ruimtelijke ontwikkeling optrad en dat het externe veiligheidsbeleid dreigde te worden uitgehouden. Om

deze impasse te doorbreken brachten in 2003 de VROM-Raad en de Raad voor Verkeer en Waterstaat het rapport 'Verantwoorde risico's, veilige ruimte' uit [Hafkamp 2003]. In dit advies wordt onder andere geconstateerd dat de oriëntatiewaarde van het groepsrisico voor bestuurders een moeilijk te hanteren begrip is. Daarnaast constateren de raden dat er te weinig gebruik gemaakt is van de afwegingsruimte voor het groepsrisico die gegeven was in het NMP4.

Voorgesteld werd om een permanente veiligheidsverbetering te bereiken door een samenwerking van risicoveroorzakers, netwerkbeheerders en overheden. Deze partijen zouden, binnen hun eigen verantwoordelijkheid, moeten streven naar As Low As Reasonable Achievable. Om dit nader te concretiseren onderscheiden de Raden drie externe veiligheidsdomeinen:

1. Bronnen in ketens
2. Transport in netwerken
3. Veiligheid op locatie

Bronnen in ketens

De ketenstudies Ammoniak, Chloor en LPG hebben laten zien dat het beschouwen van bronnen in ketens leidt tot een optimalisatie van het externe veiligheidsniveau van alle leefgebieden rond de ketens. Dit in tegenstelling tot de benadering van de omgeving van één bron uit de keten: hierbij wordt bereikt dat de veiligheid in de omgeving van

deze bron juist wordt geoptimaliseerd (vaak tegen hoge kosten). Ook heeft dit meestal tot gevolg dat de veiligheid bij andere bronlocaties uit de keten afneemt.

Transport in netwerken

Aan transport in netwerken wordt getracht invulling te geven in de vorm van een basisnet voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. Het idee hierbij is om transportroutes met een verschillend extern veiligheidsniveau vast te stellen:

- a) Transportroutes waarover het vervoer gevaarlijke stoffen voorrang heeft en waarlangs de stedenbouwkundige invulling zich moet aanpassen aan de veiligheidsrisico's van het gevaarlijke stoffen vervoer.
- b) Een tussencategorie, waarover zowel aanzienlijk vervoer van gevaarlijke stoffen plaatsvindt, als waarlangs een behoorlijke stedenbouwkundige ontwikkeling mogelijk moet zijn.
- c) Transportroutes met zeer beperkt vervoer van gevaarlijke stoffen waarlangs de stedenbouwkundige invulling voorrang heeft op het transport van gevaarlijke stoffen.

Bij het railvervoer van gevaarlijke stoffen blijkt dat bijna alle spoorlijnen in Nederland in de tussencategorie vallen en waaraan juist de steden liggen die forse stedelijke verdichtingsprojecten in de stationsgebieden hebben, zoals: Breda, Deventer, Dordrecht, Eindhoven, Hengelo, Rotterdam,

Tilburg, Utrecht. Als de 'Marktverwachting vervoer gevaarlijke stoffen over spoor' [Prorail 2007] voor de spoorlijnen uit de tussencategorie wordt gehanteerd, dan leidt dat in deze steden tot forse overschrijding van de oriëntatiewaarde van het groepsrisico. De Minister van Verkeer en Waterstaat heeft invulling gegeven aan een permanente veiligheidsverbetering in de vorm van de implementatie van een Veiligheidszorgsysteem bij de vervoerders en infrabeheerders [Peijs 2007]. Deze implementatie zal echter, hoe wenselijk een dergelijk systeem ook is, slechts beperkt bijdragen aan het verkleinen van de externe veiligheidsproblematiek in deze steden. Dit omdat de meeste vervoerders en infrabeheerders al een (niet formele) vorm van veiligheidszorg hebben. Als de externe veiligheidsrisico's van deze spoorlijnen bij de (betrekkelijk lage) vervoersrealisatie gevaarlijke stoffen in het jaar 2002 als plafond zou worden genomen, zou er een veel grotere druk op permanente veiligheidsverbetering ontstaan. De toename van de externe risico's in de leefomgeving van de spoorlijnen uit de tussencategorie door een toename van het vervoer gevaarlijke stoffen of meer bebouwing, zou dan gecompenseerd moeten worden. Dit kan door extra veiligheidsmaatregelen bij het vervoer of in de leefomgeving.

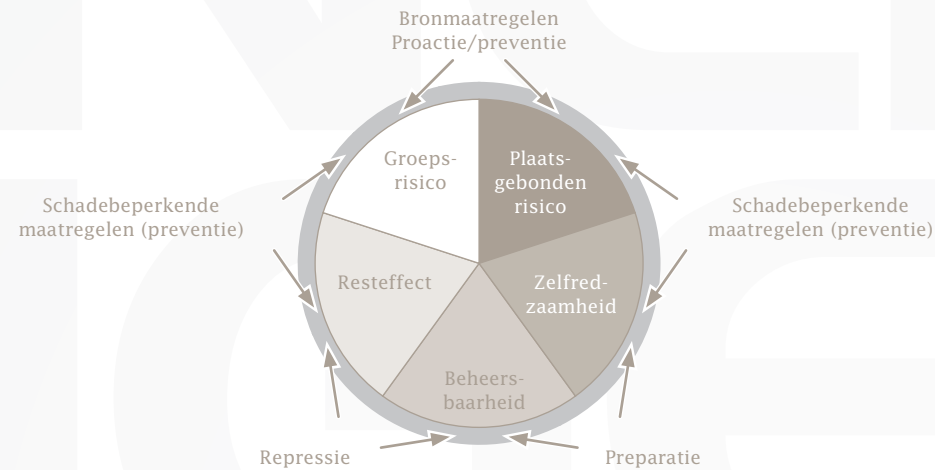
Veiligheid op locatie

Het toetsingskader 'externe veiligheid in bestemmingsplannen' heeft laten zien dat gemeentelijke overheden de veiligheid op locatie sterk kunnen

Hoofdstuk 2

beïnvloeden door het nemen van maatregelen op het gebied van zelfredzaamheid en beheersbaarheid [Wiersma 2004, Molag 2006b]. Deze maatregelen kan men vervolgens (naast het plaatsgebonden risico en groepsrisico) laten meewegen in het besluit om al dan niet een stedenbouwkundige ontwikkeling op te nemen in een bestemmingsplan nabij een activiteit met gevaarlijke stoffen.

Het probleem is dat het effect van maatregelen op het gebied van zelfredzaamheid en beheersbaarheid moeilijk te kwantificeren is, waardoor een afname van plaatsgebonden risico en groepsrisico niet aan te geven is. In een kwalitatieve verantwoording van het veiligheidsniveau kunnen deze maatregelen wel worden beschouwd.



Figuur 2: de invloed van veiligheidsmaatregelen op de veiligheidselementen uit het toetsingskader externe veiligheid

Met behulp van het toetsingskader externe veiligheid is het mogelijk gebleken om aanvullende veiligheidsmaatregelen bij gebouwen of in de omgeving te eisen. Dit betreft onder andere gevels die beschermen tegen een externe brand, vluchtwegen in gebouwen die beter zijn dan in het bouwbesluit wordt vereist, en betere voorzieningen voor operationeel optreden van de brandweer. Voorbeelden hiervan zijn te vinden in Dordrecht, Eindhoven en Rotterdam.

Zoals in de het eerste hoofdstuk is gemeld, is de reductie van de Europese CO2 emissie met circa 50% in 2050 een belangrijke doelstelling om de klimaatverandering af te remmen. Ook in Nederland wil men de CO2 emissie sterk reduceren. Om dit te bereiken worden allerlei mogelijkheden onderzocht om CO2 af te vangen en te benutten of op te slaan in ondergrondse uitgeputte aardolie en aardgas reservoirs of in diepe (brak) grondwater reservoirs.

CO2 is een stof die alleen in zeer hoge concentraties schadelijk voor de gezondheid kan zijn. Tot een concentratie van 5% in de lucht zullen geen schadelijke gezondheidseffecten optreden. Tussen 5 en 10% kan langdurige inhalatie tot gezondheidseffecten leiden. Boven 10 % kan langdurige inhalatie letale effecten hebben. Deze toxiciteit is zeer gering in vergelijking met stoffen als ammoniak of chloor, waarvan de giftigheid circa 100 keer hoger is. Niettemin wordt naar de veiligheid van de afvang en ondergrondse opslag van CO2 veel onderzoek gedaan. In het kader van de Milieuvergunning zal geanalyseerd moeten worden of de externe veiligheidsrisico's van de afvanginstallatie voldoen aan de veiligheidsnormen. Ook wordt onderzocht of de ondergrondse reservoirs geologisch voldoende stabiel zijn en of het risico van ongewenste uitstroming van CO2 voldoende klein is. Een veiligheidsaspect waar relatief weinig aandacht aan is besteed, betreft het transport van CO2 van de locatie waar het wordt afgevangen naar

de ondergrondse opslaglocatie. Afvang van CO2 zal plaatsvinden bij de grote gebruikers van fossiele energie zoals raffinaderijen, petrochemische bedrijven en elektriciteitscentrales. Deze bevinden zich hoofdzakelijk in de grote havengebieden (Eemmond, IJmond, Rijnmond) en in Limburg. De potentiële grote opslaglocaties voor CO2 worden de uitgeputte gasvelden, die in Noord-Nederland en in de Noordzee liggen. Transport van CO2 zal over grote afstand moeten plaatsvinden, waarbij de transportroutes gedeeltelijk ook door de leefomgeving zullen gaan. Rond de externe veiligheidsrisico's van het toekomstige transport van CO2 door de leefomgeving zijn nog onzekerheden.

CO2 opslag- en transportleiding Rotterdam-Amsterdam

In 2005 heeft de niet meer in gebruik zijnde NPM olieleiding van Rotterdam naar Amsterdam een nieuwe bestemming gekregen als opslag- en transportleiding van CO2. Het CO2 wordt afgevangen bij de Shell Raffinaderij en gebruikt door tuinbouwbedrijven in het Westland voor assimilatiebegassing in de kassen. De lengte van de opslag- en transportleiding bedraagt 83 km, de inwendige doorsnede is 0,65 m. De druk van de CO2 in de leiding varieert tussen 10 en 22 bar. Daarnaast is er nog circa 80 km transportleiding met een kleinere diameter naar de Westlandse tuinders. In figuur 1 is het tracé van de NPM leiding aangegeven. De leiding loopt door woon- en werkgebieden in de verschillende

gemeenten. In een aantal van deze gemeenten vindt nu nieuwbouw plaats in de nabijheid van de leiding, zoals de wijk Oosterheem in Zoetermeer (zie

figuur 3), Benthoeke in Benthuizen en in Hoofddorp. In de wijk Oosterheem zijn woningen gepland tot op 9 m van de leiding.



Figuur 3: tracé NPM kooldioxide opslag- en transportleiding met detail Zoetermeer

Hoofdstuk 3

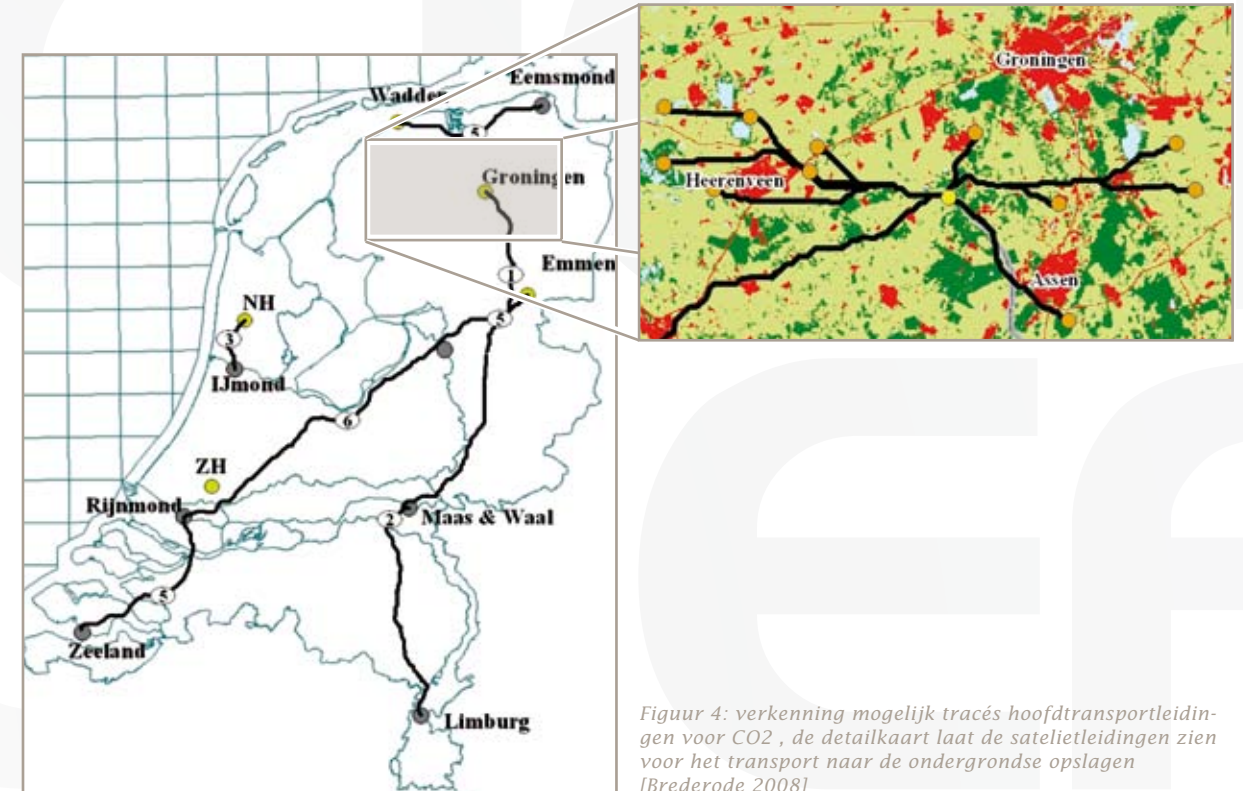
Om de gevolgen van een ernstige lekkage van CO₂ te beperken, is de opslag- en transportleiding door middel van zeven afsluiters in secties verdeeld. Als er een breuk of lek optreedt, kunnen deze afsluiters vanuit het controlecentrum op afstand worden gesloten en zal alleen het gedeelte tussen twee afsluiters leegstromen. De lengte van de sectie bij Zoetermeer bedraagt bijna 17 km. Voordat de leiding in gebruik werd genomen, is in opdracht van de beheerder een kwantitatieve risicoanalyses externe veiligheid uitgevoerd [OCAP 2005]. Deze studie laat zien dat de plaatsgebonden risicocontour van 10⁻⁶ per jaar 3,5 m uit het hart van de leiding ligt. Omdat de dichtstbijzijnde bebouwing in Oosterheem op 7 m uit het hart van de leiding ligt, maakte het gemeentebestuur van Zoetermeer geen bezwaar tegen het voornemen om de oude olieleiding voor opslag en transport van CO₂ te gebruiken. Enige tijd later liet de gemeente Hoofddorp een risicoanalyse verrichten. Deze risicoanalyse [Gasunie 2005] geeft afhankelijk van de heersende windsnelheid tijdens het ongeval een maximale effectafstand voor sterfte van 200 m tot 500 m uit het hart van de leiding. Dit vormde voor de Hulpverleningsregio Haaglanden aanleiding om het gemeentebestuur van Zoetermeer te verzoeken nader onderzoek in te stellen.

Het resultaat van deze onderzoeken [Molag 2006, 2008, Riedstra 2008] was dat er geen 10⁻⁶ per jaar plaatsgebonden risicocontour bij deze CO₂ leiding

is. Wel kan, afhankelijk van de gemaakte aannames ten aanzien van kraternvorming, horizontale of verticale uitstroming met een eventuele fase-overgang van gasvormig CO₂ naar vloeibaar CO₂ en de verspreiding in de omgeving een beperkt letaal effectgebied (maximaal 60 m) en een gebied waar gezondheidseffecten kunnen optreden (maximaal 200 m). In het kader van de rampenbestrijding zullen bewoners en hulpverleners van deze zones moeten worden voorbereid op hun handelingswijze als er een ongeval met de CO₂ leiding optreedt. Hierbij dient opgemerkt te worden dat deze afstanden betrekkelijk gering zijn in verhouding tot andere stoffen die door buisleidingen worden vervoerd. Voor een aardgasleiding met vergelijkbare diameter is de afstand waarbinnen letaliteit kan optreden circa 300m.

Externe veiligheid toekomstig CO₂ transport

De voorspellingen voor de afvang van CO₂ bedragen circa 10-15 megaton in 2020 tot circa 60 megaton in 2050 [Broek 2008, Damen 2007]. Het CO₂ zal over afstanden variërend van 50 tot 250 km vervoerd moeten worden naar de ondergrondse opslag in uitgeputte gas- en olievelden. In figuur 4 zijn de mogelijke afvanglocaties en de opslaglocaties weergegeven en een verkenning van de pijpleidingen die hiertussen moeten worden aangelegd.



Figuur 4: verkenning mogelijk tracés hoofdtransportleidingen voor CO₂, de detailkaart laat de satellietleidingen zien voor het transport naar de ondergrondse opslagen [Brederode 2008]

Hoofdstuk 3

Om het transport economisch te kunnen uitvoeren, zal het CO₂ als vloeistof onder druk worden getransporteerd. Rekening houdend met een drukval tijdens het transport, zal de druk in de leidingen variëren van 80 – 110 bar. Alhoewel alles gedaan zal worden om het optreden van een leidingbreuk of –lekkages zo veel mogelijk te voorkomen, valt een dergelijk ongeval nooit helemaal uit te sluiten. Onderzocht zal allereerst moeten worden wat het fysisch gedrag van CO₂ bij breuk of -lekkage van een lange leiding zal zijn, ten tweede welk type krater wordt gevormd, ten derde hoe en welk mengsel van vast, vloeibaar en gasvormig CO₂ zal ontstaan en ten vierde tot op welke afstand hoge CO₂ concentraties in de leefomgeving kunnen optreden. Dit om een betrouwbare risico-inschatting en risicoafweging mogelijk te maken. Onderzoek naar deze onzekerheden zal thans gestart moeten worden om te voorkomen dat later grote vertraging bij de vergunningverlening voor de aanleg van dit soort leidingen gaat optreden.

Waterstof zal vanaf 2020 een belangrijke rol als energiedrager voor motorvoertuigen gaan spelen. In de European Hydrogen Roadmap is een prognose gedaan dat het percentage motorvoertuigen dat op een op waterstof aangedreven brandstofcel zal rijden, zal stijgen van enkele procenten in het jaar 2020 tot circa 50% in het jaar 2050 [HyWays, 2008].

Als we dit groeicijfer op Nederland projecteren, betekent dit, uitgaande van 7 miljoen auto's met een gemiddeld jaarkilometrage van 14000 km en een gemiddeld verbruik van circa 7 gram per kilometer, de volgende jaarlijkse waterstofconsumptie:

jaar	Miljoen motorvoertuigen met waterstof brandstofcel	Waterstof consumptie miljoen kg per jaar
2020	0,2	20
2050	3,5	350

Tabel 1: prognose van het aantal motorvoertuigen met brandstofcellen en waterstofconsumptie.

Voor dit waterstofgebruik door het wegverkeer zal een nieuwe distributie-infrastructuur moeten worden opgebouwd. Deze wordt gekoppeld aan de huidige tankstations voor motorbrandstoffen. Op dit moment zijn er 4.300 tankstations voor motorbrandstoffen in Nederland. Bij 3,5 miljoen motorvoertuigen op waterstof mag verwacht worden dat

het merendeel van deze tankstations waterstof gaat verkopen. Veel tankstations bevinden zich in of nabij gebieden met woningen, scholen, kantoren en bedrijven. De vraag rijst op welke wijze dit de veiligheid van deze woon- en werkgebieden gaat beïnvloeden.

In opdracht van de gemeente Arnhem heeft een groep Saxion-studenten, die de minor fysieke veiligheid volgden, een onderzoek gedaan. Ze keken daarbij naar de externe veiligheidsaspecten van een demonstratie waterstoftankstation ,dat geïntegreerd wordt in een bestaand tankstation met verkoop van LPG [Saxion 2008]. Dit waterstofstation is bedoeld als demonstratieproject en zal drie auto's voorzien van waterstof. De waterstof wordt geproduceerd met behulp van een aardgasreformer. Er wordt maximaal 6 kg waterstof opgeslagen bij een druk van 450 bar. Als verkenning naar de toekomst is ook een station met een opslag van 150 kg waterstof geanalyseerd. Het externe veiligheidsonderzoek had als doel om te bepalen of er door de externe veiligheidsaspecten van het tankstation beperkingen aan de stedenbouwkundige invulling van de omgeving van het tankstation zouden kunnen ontstaan. Daarom is een locatie in de stedelijke omgeving onderzocht en twee locaties op een industrieterrein buiten de stad. In de volgende tabel zijn de afstanden gegeven voor het 10⁻⁶ per jaar plaatsgebonden risico, evenals de afstanden waarbinnen 100 % en 1 % letaliteit kan optreden bij ongevallen.

	Maximale afstand tot afleverzuil (waterstof) of vulpunt (LPG)		
	10 ⁻⁶ per jaar Plaatsgebonden Risico	100% letaliteit	1% letaliteit
Waterstof Opslag 6 kg Opslag 150 kg	13 m 18 m	15 m 38 m	15 m 38 m
Benzine	20 m	20 m	50 m
LPG	35 m	160 m	310 m

Tabel 2 : risico- en effectafstanden voor waterstof, benzine en LPG bij een tankstation.

Uit bovenstaande tabel valt af te leiden dat de afstand tot het 10⁻⁶ per jaar plaatsgebonden risico voor LPG groter is dan voor benzine en waterstof. Dit wordt vooral veroorzaakt door de kleinere schadeafstanden bij ongevallen met waterstof en benzine dan bij LPG. Hierdoor is ook het groepsrisico voor waterstof en benzine lager dan voor LPG.

De vraag is of de lagere externe veiligheidsrisico's van waterstof ook nog opgaan als we naar veel grotere tankstations gaan kijken. Uitgaande van 3.000 tankstations met verkoop van waterstof in 2050 betekent dit dat een tankstation dan gemiddeld ruim 300 kg per dag moet gaan afleveren. Dergelijke hoeveelheden kunnen alleen per buisleiding of per tankauto in de vorm van vloeibaar waterstof worden aangevoerd.

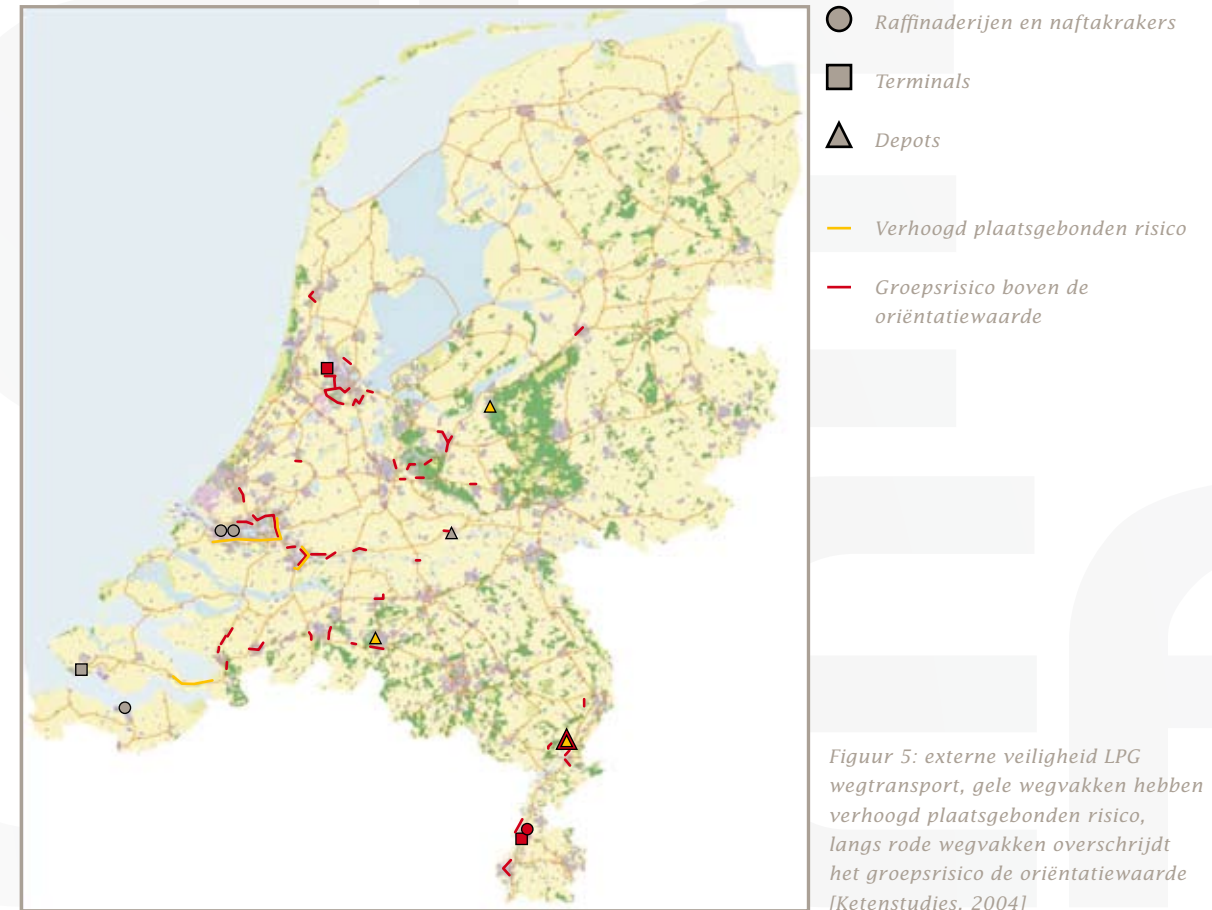
Als de aanvoer per buisleiding plaatsvindt, zal er een kleine buffervoorraad van circa 100-200 kg tot circa 700 bar gecompriemd waterstof bij het tankstation aanwezig moeten zijn. Daarnaast zal een buisleidingennetwerk voor het transport van waterstof van de producenten (bv. raffinaderijen) naar de tankstations moeten worden aangelegd. Deze buisleidingen zullen ook door woongebieden gaan. Dit betekent dat er externe veiligheidsrisico's in de leefomgeving ontstaan.

In een 50-60 m³ tankauto kan circa 3.500 kg vloeibaar waterstof vervoerd worden. Dit gebeurt in een isolerende dubbelwandige tank onder een druk van 4 bar bij een temperatuur van rond -250 °C. In de European Hydrogen Roadmap wordt geschat dat 25% van de omzet van de tankstations als vloeibaar

waterstof per tankauto wordt aangevoerd. Dit betekent dat er circa 30.000 tankauto transporten per jaar in Nederland zullen plaatsvinden. Ter vergelijking: er vinden op dit moment circa 20.000 tankauto transporten per jaar met LPG plaats. De distributieroutes van LPG en waterstof zijn vergelijkbaar. Figuur 5 laat zien dat dit LPG wegtransport langs de wegen bij Rotterdam tot een verhoogd plaatsgebonden risico leidt en bij relatief veel stedelijke passages van wegen tot een verhoogd groepsrisico. De energie-inhoud van een 3.500 kg vloeibaar waterstof tankauto is ongeveer de helft van een 60 m³ LPG tankauto, de reactiviteit van waterstof is echter veel groter dan van LPG. Daarom zou onderzocht moeten worden of bij het grootschalig transport van vloeibaar waterstof per tankauto externe veiligheidsrisico's kunnen optreden, die van vergelijkbare omvang zijn als die bij het huidige LPG transport en hoe deze risico's verlaagd of beheerst kunnen worden.

Een tankstation dat niet per pijpleiding bevoorraadt wordt, zal een buffervoorraad van circa 3 dagen moeten aanhouden, dat wil zeggen circa 1.000 kg. Een dergelijke hoeveelheid zal als vloeibaar waterstof worden opgeslagen. De externe veiligheidsrisico's van de overslag van de tankauto naar de voorraadtank van het tankstation en de opslag in deze voorraadtank zullen daardoor hoger zijn dan bij het demo waterstoftankstation in Arnhem. Het is niet uit te sluiten dat dit type waterstof tankstation wel beperkingen aan de ruimtelijke ontwikkelin-

gen in de omgeving van tankstation gaat stellen. Aangezien tankstations een lange levensduur hebben, zou nu al bij de vestiging van nieuwe tankstations onderzocht moeten worden of in de toekomst grootschalige verkoop van waterstof niet leidt tot te hoge veiligheidsrisico's in de leefomgeving van het station. Hiermee worden desinvesteringen en vertraging in de opbouw van de waterstofinfrastructuur voorkomen.



De voorgaande paragrafen hebben laten zien dat er beleidsontwikkelingen zijn om de interne en externe veiligheid in de leefomgeving te vergroten en beter te beheersen, en dat er ontwikkelingen in de samenleving zijn die tot meer onveiligheid kunnen leiden.

De energietransities, die zich in de komende decennia gaan voltrekken, kunnen tot meer onveiligheid leiden of zullen vertraagd worden doordat omwonenden de risico's van bijvoorbeeld waterstoftankstations of CO₂ leidingen niet zullen accepteren. Het Saxion lectoraat risicobeheersing zal in de komende jaren veel energie steken in onderzoek naar een fysiek veiligere leefomgeving. De volgende onderzoeksvragen zullen hierbij centraal staan:

- Wat zijn de fysieke veiligheidseffecten van energietransities in de leefomgeving (transport, opslag en gebruik van nieuwe energiedragers, lokale veiligheidseffecten van grootschalige introductie duurzamere energieproductie)?
- Welke technische, bouwkundige, stedenbouwkundige en bestuurlijke maatregelen zijn er om ongewenste veiligheidseffecten van energietransities in de leefomgeving te beperken.?

Deze onderzoeksvragen moeten in samenhang gezien worden. Bij de eerste onderzoeksvraag komt de ketenbenadering aan de orde om te bepalen hoe de externe veiligheid van bijvoorbeeld de introductie van waterstof of CO₂ voor heel Nederland geoptimaliseerd kan worden. Dit zou kunnen door

toepassing van andere technologieën, gebruik van een andere transportmodaliteit of vestiging van risicovolle inrichtingen op andere locaties. Uit dit onderzoek wordt duidelijk welk veiligheidsniveau er op lokaal niveau bereikt kan worden.

De tweede onderzoeksvraag kan onderzocht worden met bijvoorbeeld het toetsingskader externe veiligheid of vergelijkbare methoden. Dit zal inzichtelijk maken welke aanvullende maatregelen er op lokaal niveau genomen kunnen worden, zodat mensen minder worden blootgesteld aan de onveiligheid, beter beschermd zijn en beter verzorgd na een calamiteit.

Bij de uitvoering van dit onderzoek worden de lectoraten duurzame energievoorziening en duurzame ontwikkeling van het Saxion Kenniscentrum Leefomgeving betrokken. Daarnaast zullen de academies Ruimtelijke Ordening en Bouw, Life Sciences en Bestuur & Recht een belangrijke rol in het onderzoek krijgen. Buiten Saxion zal de samenwerking met universiteiten en kennisinstituten worden geïntensiveerd.

Het uiteindelijke doel van het onderzoek is om bij belangrijke maatschappelijke veranderingen zoals de energietransities, de veiligheid van de leefomgeving bewust in de besluitvorming over alternatieven mee te nemen en duurzaam te beheersen. De huidige Saxion studenten zijn de aankomende

professionals die mee gaan bepalen hoe Nederland er in de toekomst gaat uit zien. Er zal vanuit het lectoraat veel energie worden gestoken om hen op te leiden en te trainen in het doen van toegepast onderzoek en fysiek veiligheidsonderzoek in het bijzonder.

Dankwoord

Met dank aan mijn collega Wilbert Rodenhuis en de (oud)collega's die hebben meegewerkt aan de verschillende onderzoeken en figuren die in deze rede zijn verwerkt Dirk Jan de Boer, Evelien Brederode, Ingrid Raben, Tineke Wiersma en de studenten van de minor projectgroep waterstof-tankstation Arnhem.
Voor het becommentarieren van concept versies van deze rede bedank ik Ellen Bagerman, Wim Gilijamse Koos Ham, Joris Koornreef, Henk Miedema, Nils Rosmuller, Mark Spruit, Pascal Winthaeagen.

Referenties

B&N panel, 2008. *Onderzoek naar de risicobeleving onder een representatieve groep in Nederland* in opdracht van Saxion lectoraat risicobeheersing, Enschede april 2008.

Brederode E.K., Broek M. van den, 2008. *Tuning the design of a large scale CO2 infrastructure to the development of the energy supply system in the Netherlands*, Copernicus Institute, Utrecht University, in press.

Broek M. van den, Faay A., Turkenburg W., 2008. *Planning for an electricity sector with carbon capture and storage, Case of the Netherlands*, Int. J. of Greenhouse gas control 2 (2008) 105-129.

Damen Kay, 2007. *Reforming fossil fuel use, The Merits, Costs and Risks of Carbon Dioxide Capture and Storage*, PhD Thesis, Copernicus Institute, Utrecht University, Utrecht

Gasunie, 2005. *Risicoberekening CO2 leiding ter hoogte van Nieuw Vennep en Hoofddorp*, rapport: R03.R.0538, versie 1.0, status concept, Gasunie Engineering, Groningen 3 oktober 2005.

IPCC, 2007. *Climate Change 2007, Summary for policy makers*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Valencia 12-17 November 2007.

Hafkamp W.A., 2003. *Verantwoorde risico's, veilige ruimte*, Raad voor verkeer en Waterstaat en VROM-Raad, advies 037, Den Haag juni 2003.

HyWays 2008, *The European Hydrogen Road Map*, www.HyWays.de, 2008

Ketenstudies 2004. *Ketenstudies ammoniak, chloor en LPG, gedeelde risico's externe veiligheid productieketens ammoniak, chloor en LPG*, KPMG/TNO/Ecorys, Amsterdam november 2004.

Molag M., Reinders J.E.A., 2006a. *Interne en externe veiligheidstoets voorontwerp Rotterdam CS*, TNO rapport 2006, Apeldoorn maart 2006.

Molag M., Raben I.M.E., 2006b. *Externe veiligheid onderzoek CO2 buisleiding bij Zoetermeer*, TNO rapport 2006-A-R0144/B, Apeldoorn mei 2006.

Molag M., 2008. *Actualisatie externe veiligheid onderzoek CO2 buisleiding bij Zoetermeer*, TNO rapport 2008-U-R0190/B, Utrecht februari 2008.

ProRail, 2007. *Marktverwachting vervoer gevaarlijke stoffen per spoor*, ProRail, Utrecht 26 september 2007.

OCAP CO2 v.o.f., 2005. *CO2 Greengas project, Risicoanalyse NPM-leiding* document 042282 rev.3, Raadgevend Ingenieursbureau Lievense B.V., Breda, 24 maart 2005.

Riedstra, D., 2007. *RIVM standpunt modellering CO2 leiding Zoetermeer*, kenmerk 219/07 CEV/Rie/am-1636, Bilthoven 20 augustus 2007.

Uyterlinde M.A., Ybema J.R., Brink R.W. van den, 2007. *De belofte van een duurzame Europese energiehuishouding*, Energievisie ECN en NRG, ECN-E-07-061, Petten, augustus 2007.

Saxion 2008, *Externe veiligheid waterstoftankstation Arnhem*, studenten rapport Saxion Hogescholen, Enschede februari 2008.

VROM 2001, *Nationaal Milieubeleidsplan 4*, Ministerie VROM, Den Haag juni 2001.

Wiersma T., Molag M., 2004a. *Advies structurele veiligheidsmaatregelen railtransport gevaarlijke stoffen bij het Piazza Centre*, TNO rapport 2004/074, Apeldoorn februari 2004.

Wiersma T., Molag M., Ekelenkamp J.W., 2004b. *Toetsingskader externe veiligheid in Spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht*, TNO rapport 2004/105, Apeldoorn maart 2004.