
M.e.r.-beoordeling CO₂-leiding, Zoetermeer

September 2012

Verantwoording

Titel	M.e.r.-beoordeling CO ₂ -leiding, Zoetermeer
Opdrachtgever	Gemeente Zoetermeer
Projectleider	Gosewien van Eck
Auteur(s)	Gosewien van Eck
Projectnummer	1206584
Aantal pagina's	22 (exclusief bijlagen)
Datum	September 2012
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale versie. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

Tauw bv
afdeling Ruimte
Handelskade 11
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon +31 57 06 99 91 1
Fax +31 57 06 99 66 6

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom.
De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

Inhoud

Verantwoording en colofon	3
1 Inleiding.....	7
1.1 Aanleiding.....	7
1.2 M.e.r.-beoordeling	8
1.3 De procedure.....	9
1.4 Betrokken partijen	10
1.5 Deze notitie	10
1.5.1 Leeswijzer	10
2 Karakteristieken van CO₂ en de buisleiding	11
2.1 Wat is CO ₂ ?.....	11
2.2 De karakteristieken van de buisleiding.....	11
2.3 Waar ligt de leiding in Zoetermeer?	12
3 Gevolgen voor het milieu.....	15
3.1 Te verwachten milieueffecten.....	15
3.1.1 Bodem, water, flora en fauna en landschap, cultuurhistorie en archeologie	15
3.1.2 Geluid en luchtkwaliteit.....	15
3.1.3 Klimaat	15
3.1.4 Externe veiligheid	16
4 Conclusies en toetsing	21
4.1 Beoordeling belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu	21
4.1.1 Wanneer kan er sprake zijn van belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu?.....	21
4.1.2 Kenmerken van de activiteit	21
4.1.3 Plaats van de activiteit.....	22
4.1.4 Samenhang met andere activiteiten ter plaatse	22
4.1.5 Kenmerken van de belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu	22
4.2 Conclusie belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu.....	22

Bijlage(n)

1. Onderzoeken CO₂-leiding Zoetermeer

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Door de Vinex-wijk Oosterheem en langs de oostelijke gemeentegrens van Zoetermeer ligt een buisleiding. Deze leiding is oorspronkelijk ontworpen en aangelegd voor het transport van aardolie onder druk van de haven van Rotterdam naar Amsterdam. In de periode 1980 - 2005 is de buisleiding buiten gebruik geweest. In 2005 is de leiding weer in gebruik genomen voor transport van CO₂ ten behoeve van tuinders in Zuid- en Noord-Holland. Hiervoor heeft het Ministerie van Economische Zaken bij Koninklijk Besluit van 11 oktober 2004 een concessie verleend aan OCAP CO₂ (hierna OCAP) en NPM (Stcrt. 25 oktober 2011, nr. 205). Voor deze leiding heeft de Minister van Verkeer en Waterstaat bij Koninklijk Besluit van 16 december 2004 (Stcrt. 17 januari 2005, nr. 11) het openbaar belang van de leiding erkend door het Besluit houdende erkenning van het openbaar belang van werken tot aanleg en instandhouding van een leidingendistributienet en bijbehorende werken voor het transport CO₂. Op 25 januari 2005 heeft het college van burgemeesters en wethouders van Zoetermeer ingestemd met het actualiseren van de gebruiksvergunning en het wijzigen van het zakelijk recht voor het transport van CO₂ in de buisleiding. De gemeente Zoetermeer is nu voornemens het gewijzigde gebruik van de leiding ten behoeve van het transport van CO₂ te regelen in de volgende bestemmingsplannen:

- Oosterhage en Businesspark Oosterheem
- Kwadrant / Van Tuyllpark sportpark / Brinkhage / Lansinghage
- Oosterheem / Zegwaartseweg-Noord
- Aanleg Verbindingsweg N209 - N470 (Laan van Mathenesse)



Figuur 1.1 Luchtfoto met CO₂-buisleiding geprojecteerd (rode lijn)

Voor het deel van de leiding dat ligt in het plangebied van het bestemmingsplan Verlengde Oosterheemlijn 2007 is het gewijzigde gebruik reeds geregeld.

1.2 M.e.r.-beoordeling

Op 10 september 2011 is het Besluit milieueffectrapportage (hierna: Besluit m.e.r.) gewijzigd door inwerkingtreding van het 'Besluit van 29 augustus 2011, houdende wijziging van het Mijnbouwbesluit en twee andere besluiten in verband met bepalingen voor het permanent opslaan van CO₂'. Met deze wijziging wordt de Europese richtlijn 2009/31/EG betreffende de geologische opslag van kooldioxide geïmplementeerd in de Nederlandse wetgeving.

Middels die wijziging is in onderdeel D, onder 8.1, van de bijlage bij het Besluit m.e.r. onder meer de activiteit de aanleg, wijziging of uitbreiding van een buisleiding voor CO₂-stromen ten behoeve van geologische opslag opgenomen.

Op grond van kolom 2 van onderdeel D, onder 8.1, van de bijlage bij het Besluit m.e.r. is er enkel sprake van een m.e.r.-beoordelingsplichtig besluit in die gevallen waarin de activiteit betrekking heeft op een buisleiding die over een lengte van 1 kilometer of meer is gelegen of geprojecteerd in een gevoelig gebied als bedoeld onder a, b (tot 3 zeemijl uit de kust) of d, van punt 1 van onderdeel A van de bijlage bij het Besluit m.e.r. Ingevolge kolom 4 van onderdeel D, onder 8.1, van deze bijlage is een eventuele m.e.r.-beoordelingsplicht gekoppeld aan onder meer het bestemmingsplan.

De totale leiding heeft een lengte van circa 85 kilometer met een diameter van circa 66 cm. De leiding over het grondgebied van Zoetermeer heeft een lengte van circa 5 kilometer. De leiding ligt grotendeels ondergronds, daar waar de leiding de A12 kruist ligt de leiding bovengronds in een duiker. Het transport in deze CO₂-leiding is niet gericht op geologische opslag, maar ten behoeve van de glastuinbouw in Noord- en Zuid-Holland.

De bestemmingsplannen liggen niet in een 'gevoelig gebied' als bedoeld in kolom 2 van onderdeel D, onder 8.1, van de bijlage bij het Besluit m.e.r. Daarnaast gaat het om een reeds lang bestaande buisleiding die in het verleden met overheidstoestemming is aangelegd voor de transport van aardolie en in 2005 in gebruik is genomen voor wat betreft het CO₂-transport.

Aangezien de CO₂-leiding door bebouwd gebied, onder meer door de woonwijk Oosterheem, loopt, heeft de gemeente Zoetermeer (zowel initiatiefnemer als bevoegd gezag voor het bestemmingsplan) vanuit het oogpunt van zorgvuldigheid toch besloten een m.e.r.-beoordeling op te stellen. Dit ten behoeve van het actualiseren van de bestemmingsplannen die betrekking hebben op het gebied waarin de CO₂-buisleiding ligt.

In de m.e.r.-beoordeling staat de vraag centraal of de realisatie van het project tot belangrijke nadelige milieugevolgen kan leiden, waardoor het opstellen van een volwaardig milieueffectrapport wenselijk of noodzakelijk is. Deze beoordeling vindt plaats op basis van het 'nee, tenzij-principe': het opstellen van een MER is in principe niet nodig, tenzij er sprake is van belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu.

1.3 De procedure

M.e.r.-beoordeling

Hoewel op vrijwillige grondslag is besloten een m.e.r.-beoordeling te verrichten, wordt gehandeld conform de regels zoals die in de Wet milieubeheer voor de m.e.r.-beoordelingsprocedure zijn opgenomen. De gemeenteraad van Zoetermeer neemt diensgevolge een beslissing of bij de voorbereiding van het betrokken besluit voor de activiteit een milieueffectrapport moet worden gemaakt.

Dit gebeurt op basis van hetgeen verwoord is in paragraaf 7.6 Wet Milieubeheer (Wm), met name artikel 7.19. In artikel 7.19 eerste lid wordt onder meer verwezen naar artikel 7.17 derde lid waarin is bepaald dat het bevoegd gezag bij zijn beslissing rekening moet houden met de in bijlage III bij de EEG-richtlijn milieueffectbeoordeling aangegeven criteria.

Deze m.e.r.-beoordeling gaat in op deze criteria, waarbij wordt onderzocht of wel / geen sprake is van belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu. Hiermee is het mogelijk om een gefundeerd besluit te nemen omtrent de wenselijkheid tot het opstellen van een milieueffectrapport.

Besluit

Als de gemeenteraad Zoetermeer beslist dat geen MER opgesteld hoeft te worden, kan besloten worden tot de terinzagelegging van het (voor)ontwerpbestemmingsplan. Als de gemeenteraad besluit tot het opstellen van een MER, start de m.e.r.-procedure, waarbij de regels zoals neergelegd in hoofdstuk 7 van de Wet milieubeheer worden gevolgd.

1.4 Betrokken partijen

De leiding is eigendom van de Nederlandse Pijpleidingmaatschappij (NPM) en wordt gebruikt door OCAP (joint venture tussen gassenleverancier Gas Benelux en bouwconcern VolkerWessels). Het bedrijf Pipeline Control beheert en controleert de leiding. Het college van burgemeester en wethouders heeft op het verzoek van het Rijk ingestemd met het actualiseren van de gebruiksvergunning en de wijzigingen van het zakelijk recht voor het transport van CO₂ in de buisleiding.

1.5 Deze notitie

Onderliggende notitie is de m.e.r.-beoordeling voor het voornemen het veranderende gebruik van de leiding tot CO₂-transportleiding te verankeren in de bestemmingsplannen. Deze m.e.r.-beoordeling is de basis voor het besluit om wel of niet een MER te laten opstellen. De opbouw van deze notitie is als volgt samen te vatten:

- Beschrijving van het plan, wat is het voornemen?
- Welke milieueffecten zijn er te verwachten?
- Toetsing aan de 'eventuele belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu'
- Conclusie wel / geen MER noodzakelijk

1.5.1 Leeswijzer

Deze notitie is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 worden de voorgeschiedenis en kaders van het initiatief en de voorgenomen activiteit (aard en omvang) zelf beschreven. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de milieueffecten van het voornemen. Op basis van de beschikbare informatie en het inzicht in de te verwachten milieueffecten wordt in hoofdstuk 4 aangegeven of het doorlopen van een m.e.r.-procedure voor de herziene plannen noodzakelijk is.

2 Karakteristieken van CO₂ en de buisleiding

Dit hoofdstuk bevat een toelichting op de karakteristieken van de voorgenomen activiteit.

2.1 Wat is CO₂?

CO₂ is een niet-explosief en (op zich) niet giftig gas dat vrij in de omgevingslucht voorkomt. Een explosie als gevolg van CO₂ is uitgesloten. Wanneer CO₂ in hele grote hoeveelheden tegelijk vrijkomt, wordt de normaal aanwezige lucht (inclusief zuurstof) verdreven, aangezien CO₂ een gas is dat zwaarder is dan zuurstof. Hierdoor ontstaat de kans op verstikkingsgevaar. Daarnaast kan CO₂ bij hele hoge concentraties ook invloed hebben op het zenuwstelsel.

2.2 De karakteristieken van de buisleiding

De CO₂-leiding die door de wijk Oosterheem en langs de oostelijke gemeentegrens van Zoetermeer loopt, maakt onderdeel uit van een leiding die loopt van Rotterdam naar Amsterdam. OCAP neemt CO₂ af van Shell en Abengoa (een producent van bio-ethanol). CO₂ wordt in gasvorm per leiding getransporteerd naar glastuinbouwgebieden in Noord- en Zuid-Holland. Sinds 2005 is de leiding in gebruik als CO₂-leiding.

De CO₂-leiding (diameter circa 66 cm en een wanddikte van 7,14 mm) is oorspronkelijk ontworpen als een olieleiding met een werkdruk van 56 bar. Op dit moment varieert de druk in de leiding tussen de 10 en 20,5 bar¹, afhankelijk van het moment van de dag. De maximaal toegestane druk in de leiding bedraagt 22 bar. Indien er bij de tuinders of de gebruiker van de leiding (OCAP) behoefte ontstaat om deze druk te verhogen, moet hiervoor formeel toestemming worden gevraagd bij de omliggende betreffende gemeenten. Op jaarbasis wordt 0,4 Mton CO₂ afgenomen door de afnemers.

De leiding is, door middel van afsluiters, opgedeeld in verschillende secties. Bij een (extreem) ongeval worden deze afsluiters gesloten, waardoor er maximaal één component met CO₂ kan leeglopen. Omdat CO₂ een niet-explosief gas is, is een ontploffing niet mogelijk. Wanneer de leiding breekt zal er wel sprake zijn van een soort schokgolf veroorzaakt door de druk waarmee het gas door de leiding wordt getransporteerd.

¹ Vanwege momentane verschillen in aanbod en afname van CO₂ varieert de druk in de buisleiding. Deze variaties in druk veroorzaken wisselende belastingen. De NEN3650 geeft aan hoe om te gaan met wisselende belastingen bij buisleidingen

De leiding ligt minimaal 1,2 meter onder maaiveld (ter hoogte van het bedrijventerrein Lansinghage). In Oosterheem ligt de leiding minimaal 1,3 meter onder maaiveld. Door bouwprojecten in de nabije omgeving, waarbij de grond is opgehoogd ten behoeve van andere kabels en leidingen ligt de leiding nu op veel plekken op circa 3,5 meter onder maaiveld. Het deel van leiding ter hoogte van de Verlengde Oosterheemlijn ligt op een diepte van 15 tot 20 meter onder maaiveld. Ter hoogte van de A12 ligt de leiding bovengronds in een duiker onder de A12 door.

2.3 Waar ligt de leiding in Zoetermeer?

Op het grondgebied van Zoetermeer is de leiding gelegen in gebieden met diverse functies. Van noord naar zuid doorsnijdt of grenst de CO₂-leiding aan de volgende gebieden / functies.



Figuur 2.1 Ligging CO₂-leiding door Zoetermeer

Woningbouwlocatie Oosterheem

Het meest noordelijke deel van het leidingentracé ligt in de Vinex-wijk Oosterheem. De wijk is grotendeels gerealiseerd. De leiding ligt in deze woonwijk deels parallel aan de RandstadRail. Ter hoogte van de Florence Nightingalelaan buigt de RandstadRail af naar het westen. De leiding loopt door in noordelijke richting parallel aan de Orinoccostroom, de Merwedestroom en Dinkelstroom. Gelijktijdig met de ontwikkeling van deze woonwijk is het gebruik van de transportleiding gewijzigd. Op dat moment zijn in opdracht van de gemeente Zoetermeer en het Rijk diverse onderzoeken uitgevoerd voor het aspect externe veiligheid om de effecten, risico's en randvoorwaarden van het veranderende gebruik van deze leiding inzichtelijk te maken. Deze informatie is betrokken bij de verdere ontwikkeling van Oosterheem. De uitgevoerde onderzoeken de resultaten hiervan zijn beschreven in hoofdstuk 3 van deze m.e.r.-beoordeling.

Bedrijventerrein Oosterhage / Businesspark Oosterheem

De CO₂-leiding doorkruist het bedrijventerrein Oosterhage dat de zuidelijke en zuidoostelijke rand vormt van de Vinex-wijk Oosterheem. Het bedrijventerrein is een regulier bedrijventerrein. Er zijn geen BRZO- of Bevi-bedrijven gevestigd. Op grond van het huidige bestemmingsplan mogen er bedrijven tot met milieucategorie 2 gevestigd worden. Voor het nieuwe bestemmingsplan is het voornemen ook bedrijven die vallen in milieucategorie 3.1 bij recht toe te staan. Verder zal in het nieuwe bestemmingsplan de vestiging van Bevi-bedrijven expliciet worden uitgesloten. Op grond van het huidige bestemmingsplan geldt een belemmeringsstrook van 5 meter aan weerszijden van de buisleiding.

Het Businesspark Oosterheem betreft kleinschalige kantoren, bedrijven en maatschappelijke en commerciële voorzieningen aan weerszijden van de Willem Dreeslaan, Aletta Jacobslaan en Hugo de Grootlaan. De CO₂-leiding doorkruist dit gebied niet.

Van Tuyllpark sportpark

In het Van Tuyllpark sportpark zijn naast wandel- en fietsvoorzieningen diverse sportvoorzieningen aanwezig (schaatsbaan, sportvelden, et cetera). De leiding ligt ten oosten van het park en ter hoogte van de Verlengde Oosterheem. Hier ligt de leiding heel diep onder de grond (15 tot 20 meter).

Bedrijventerreinen Lansinghage en Brinkhage

De CO₂-leiding ligt ten oosten van de bedrijventerreinen Lansinghage en Brinkhage in een groenzone ter plaatse van de oude landscheiding. Deze bedrijventerreinen zijn terreinen met gemengde bedrijvigheid. Op deze terreinen zijn in de directe nabijheid van de leiding geen BRZO- en Bevi-inrichtingen aanwezig. In het huidige bestemmingsplan is reeds een milieuzonering opgenomen.

Het voornemen is om een vergelijkbare milieuzonering op te nemen in het nieuwe bestemmingsplan. Tevens is het voornemen Bevi-bedrijven expliciet uit te sluiten in het te actualiseren bestemmingsplan voor Lansinghage en Brinkhage.

A12

Tussen de bedrijventerreinen Lansinghage en Brinkhage ligt de A12. Ter hoogte van de A12 ligt de CO₂-leiding niet meer ondergronds, maar in een duiker onder de A12.

3 Gevolgen voor het milieu

3.1 Te verwachten milieueffecten

In de komende paragrafen worden de te verwachten milieueffecten van de voorgenomen ontwikkeling beschreven. Hierbij wordt gekeken naar de aspecten:

- a. Bodem
- b. Water
- c. Flora en fauna
- d. Landschap, cultuurhistorie en archeologie
- e. Geluid
- f. Luchtkwaliteit
- g. Klimaat
- h. Externe veiligheid

3.1.1 Bodem, water, flora en fauna en landschap, cultuurhistorie en archeologie

Met het actualiseren van de bestemmingsplannen wordt het veranderende gebruik van de leiding geregeld. Doordat de leiding al in de bodem aanwezig is en er geen wijzigingen aan deze leiding noodzakelijk zijn, zijn graafwerkzaamheden en dergelijke niet aan de orde. De te verwachten milieueffecten als gevolg van de verandering van het gebruik beperken zich daardoor tot de gevolgen van het veranderende gebruik van de leiding, te weten het transport van CO₂.

De wijziging van het gebruik van de leiding heeft geen gevolgen voor de fysieke omgeving van de leiding. Voor de aspecten bodem, water, flora, fauna, landschap, cultuurhistorie en archeologie geldt dat er geen sprake is van fysieke aantasting door het veranderende gebruik van de leiding. Daarom zijn er voor deze milieuaspecten geen bijzondere nadelige gevolgen voor het milieu te verwachten.

3.1.2 Geluid en luchtkwaliteit

Het veranderende gebruik van de leiding heeft geen gevolgen voor de aspecten geluid en luchtkwaliteit omdat het transport geen uitstoot veroorzaakt. Bijzondere nadelige effecten zijn uit te sluiten.

3.1.3 Klimaat

Met het transport van CO₂ naar de tuinders wordt een milieuvoordeel behaald. Hoe meer CO₂ een plant krijgt (tot op zekere hoogte) hoe beter en sneller de plant groeit. Dit is dan ook de reden dat tuinders ook in de zomer aardgas stoken. Door aanvoer van CO₂ van Shell via de pijpleiding, hoeft er niet meer gestookt te worden. Dit met aardgasbesparing als resultaat en minder CO₂-uitstoot in het milieu. Dit zal een bijdrage leveren voor het tegengaan van de klimaatverandering.

Met het gebruik van CO₂ voor de glastuinbouw in plaats van aardolie wordt een forse milieuwinst geboekt. Bijzondere nadelige gevolgen voor het milieu zijn daarom niet te verwachten.

3.1.4 Externe veiligheid

Wettelijk kader

Voor gebruik, opslag en transport van CO₂ is verder geen specifieke nationale wet- en regelgeving bekend. Wel is er in het kader van het vervoer van gevaarlijke stoffen middels buisleidingen het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen en de Regeling Externe Veiligheid Buisleidingen opgesteld. CO₂ wordt hierin niet als te beschouwen stof benoemd.

Te verwachten effecten

Belangrijk is om goed inzicht te geven in de risico's die verbonden zijn met het transport van CO₂. Risico's ontstaan op het moment dat de leiding kapotgaat, bijvoorbeeld door scheurvorming of een breuk. Door TNO en het RIVM is voor de leiding in Zoetermeer in diverse onderzoeken onderzocht:

- Wat de kans is dat dit gebeurt
- Wat er op dat moment gebeurt, en
- Welke risico's dat met zich meebrengt

Voor de gehanteerde uitgangspunten van het uitgevoerde onderzoeken wordt verwezen naar de in de bijlage 1 opgenomen rapporten van TNO en RIVM.

TNO en het RIVM hebben de risico's van de CO₂-leiding in Oosterheem onderzocht. In deze onderzoeken is gewerkt met theoretische modellen. TNO en het RIVM verschilden op een aantal punten van mening. Het verschil in resultaten van de effectberekening van TNO en het RIVM wordt grotendeels veroorzaakt door de modellering van de uitstroming en verspreiding van de CO₂. Door het ministerie van VROM (thans het ministerie I&M) is aangegeven het RIVM-rapport als uitgangspunt te nemen. De conclusie is dan ook dat er bij een ongeval met de CO₂-leiding te Zoetermeer op basis van de huidige inzichten geen letale effecten te verwachten zijn buiten de zakelijke rechtzone van 4 tot 5 meter, ongeacht van welke hoeveelheid luchtinmenging wordt uitgegaan.

In 2010 is er door de gemeente Zoetermeer nagevraagd bij het RIVM of er nog nieuwe inzichten waren en is er speciaal aandacht gevraagd voor een gedeelte van het tracé waarbij de leiding de A12 kruist door middel van een duiker. Het RIVM heeft naar aanleiding van deze vraag opnieuw berekeningen uitgevoerd en kwam eind 2010 met de volgende conclusie: "Voor de ondergrondse gelegen CO₂-leiding nabij station Bleizo is een PR 10⁻⁶ contour van 5 meter redelijk te noemen. Wanneer de leiding bovengronds komt in de duiker, neemt de PR 10⁻⁶ contour ter plaatse toe tot 15 meter. Het scenario breuk is bepalend voor zowel de effecten als de risico's. Het scenario lek geeft in alle gevallen geen letale effecten op grondniveau".

In een brief van 27 april 2012 heeft het RIVM aangegeven dat bij ontwikkelingen binnen een afstand van 450 meter van het bovengrondse deel van de leiding rekening gehouden moeten worden met de aanwezigheid van de CO₂-leiding. In de huidige situatie liggen er in deze zone van 450 meter geen kwetsbare objecten, alleen enkele bedrijven gelegen op het bedrijventerrein Lansinghage en Brinkhage. Bij de ontwikkeling van nieuwe functies in deze zone zal er een berekening van het groepsrisico uitgevoerd moeten worden.

Ter hoogte van de kruising met de A12 ligt de leiding bovengronds. Voor dit deel is in het huidige bestemmingsplan geen belemmeringenstrook vastgelegd. Ter plaatse van het ondergronds gelegen gedeelte van de buisleiding is in de thans geldende bestemmingsplannen het in de directe nabijheid van de buisleiding bouwen en het uitvoeren van werken en/of werkzaamheden gereguleerd. Dit betekent, dat er nadrukkelijk rekening moet worden gehouden met de leiding.

Bij de actualisering van de bestemmingsplannen zal voor het gehele tracé van de buisleiding een belemmeringenstrook worden opgenomen. Dit houdt in 5 meter aan weerszijden van de buisleiding. Binnen deze strook zal in beginsel een bouwverbod gelden en een vergunningvereiste voor het uitvoeren van bepaalde werken en/of werkzaamheden, zoals het verrichten van graafwerkzaamheden. Het bouwen en het uitvoeren van werken en/of werkzaamheden is binnen de strook alleen maar toegestaan wanneer dit geen gevolgen heeft voor de leiding, in de zin van mogelijke beschadiging et cetera. Bovendien zal de leidingbeheerder in dit verband moeten worden gehoord. Daarnaast zal in de regels van de nieuwe bestemmingsplannen de maximaal toegestane leidingdruk van 22 bar worden opgenomen. Ten slotte zal voor het bovengrondse deel van de leiding in het bestemmingsplan de PR-contour van 15 meter opgenomen worden. Binnen deze contour mogen geen kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten worden opgericht.

Advies CO₂-leiding van de Veiligheidsregio Haaglanden

Naar aanleiding van het TNO-onderzoek van 2006 heeft de toenmalige Hulpverleningsregio Haaglanden (thans opgevolgd door de Veiligheidsregio Haaglanden) op 19 januari 2007 een advies uitgebracht met betrekking tot de te treffen aanvullende maatregelen in het kader van zelfredzaamheid en een veilige exploitatie van de buisleiding. Er heeft op 21 februari 2012 afstemming plaatsgevonden tussen de gemeente Zoetermeer en de Veiligheidsregio Haaglanden met als doel te beoordelen of het in 2007 uitgebrachte advies nog actueel is. Hierbij is door de VRH aangegeven dat de maatregelen genoemd in het advies voor het merendeel nog steeds actueel zijn.

In onderstaand overzicht worden alle relevante maatregelen voor de gemeente en de exploitant van de buisleiding samengevat weergegeven, inclusief de wijze waarop deze maatregelen zijn dan wel zullen worden uitgevoerd. Wanneer een maatregel niet meer actueel is, is deze niet opgenomen. De nummering van de maatregelen komt overeen met de nummering in het hiervoor genoemde advies.

Tabel 3.1 Korte termijn maatregelen

Nummer	Omschrijving maatregel	Verantwoordelijke	Stand van zaken
1	Vaststelling en handhaving grondroerdersregeling door het vastleggen van een belemmeringenstrook	Gemeente	In de bestemmingsplannen is / wordt voor de buisleiding een belemmeringenstrook vastgelegd
2 t/m 3	Inbouwen risicomaneagementsysteem CO ₂ -buisleiding Effect van fluctuerende druk in de buisleiding	Exploitant buisleiding	Risicomaneagementsysteem aanwezig. Daarnaast zijn er verschillende maatregelen ter beperking van het falen van de leiding, waaronder: • 1 x per 2 weken fysieke controle van het leidingtracé • Actieve kathodische bescherming • Monitoring drukverval in de leiding • Aanwezigheid ESD-sluiters • CO₂ Kwaliteitscontrolesystemen welke de kwaliteit van het CO₂ controleren zodat interne corrosie uitgesloten kan worden Druk wordt geleidelijk opgebouwd / afgebouwd zoals ook bij andere buisleidingen het geval is. Hierdoor geen nadelige effecten op de leiding zelf
4	Aanbrengen markering buisleiding in het open veld	Exploitant buisleiding	Is aanwezig
6	Risicocommunicatie	Gemeente	De gemeente heeft uitgebreid gecommuniceerd over de aanwezigheid van de CO ₂ -leiding, door onder meer een informatiefolder

Tabel 3.2 Middellange termijnmaatregelen

Nummer	Omschrijving maatregel	Verantwoordelijke	Stand van zaken
2	Registrerende voorziening voor het aflezen van drukverschillen	Exploitant buisleiding	Is aanwezig

Conclusie

Voor het aspect externe veiligheid zijn er op basis van bovenstaande conclusies geen bijzondere nadelige gevolgen voor het milieu te verwachten.

4 Conclusies en toetsing

4.1 Beoordeling belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu

4.1.1 Wanneer kan er sprake zijn van belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu?

Zoals beschreven is het doel van de m.e.r.-beoordeling om in beeld te krijgen of er 'belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu optreden' die het maken van een MER noodzakelijk maken. Dit op basis van paragraaf 7.6 van de Wet Milieubeheer (Wm), met name artikel 7.17 lid 3 waarin wordt verwezen naar de selectie criteria opgesomd in Bijlage III van de EEG-richtlijn Milieueffectbeoordeling. De belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu kunnen betrekking hebben op:

- a. De kenmerken van de activiteit
- b. De plaats waar de activiteit plaatsvindt
- c. De samenhang met andere activiteiten ter plaatse (cumulatie)
- d. De kenmerken van de belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu die de activiteit kan hebben

De vraag is of er als gevolg van de voorgenomen ontwikkeling sprake is van belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu. In het voorgaande hoofdstuk zijn de milieueffecten beschreven, in de volgende paragrafen vindt de toetsing plaats die is uitgevoerd aan de criteria voor de belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu.

4.1.2 Kenmerken van de activiteit

Bij de kenmerken van de activiteit dient in het bijzonder in overweging te worden genomen:

- De omvang van het project
- Het gebruik van natuurlijke hulpbronnen
- De productie van afvalstoffen
- Verontreiniging en hinder
- Risico van ongevallen, met name gelet op de gebruikte stoffen of technologieën

De voorgenomen activiteit betreft het gebruiken van een bestaande leiding voor het transport van CO₂. Dit CO₂ is een restproduct dat van de Shell-raffinaderij dat ingezet wordt voor de glastuinbouw in Noord- en Zuid-Holland. Door CO₂ in te zetten wordt het verstoken van aardgas voorkomen. Het transport door de leiding veroorzaakt geen hinder voor omwonenden. Uit de toetsing aan het aspect externe veiligheid voor het ondergrondse gedeelte van de buisleiding blijkt dat de te verwachten effecten zich binnen de belemmeringsstrook van 5 meter voordoen.

De conclusie van het onderzoek van RIVM is dat er bij een ongeval met de CO₂-leiding te Zoetermeer op basis van de huidige inzichten geen letale effecten te verwachten zijn buiten de zakelijke rechtzone van 5 meter, ongeacht van welke hoeveelheid luchtinmenging wordt uitgegaan.

Voor het bovengrondse gedeelte geldt een PR 10⁻⁶ contour van 15 meter. Binnen deze genoemde afstand bevinden zich geen (beperkt) kwetsbare objecten. Binnen een afstand van 450 meter van het bovengrondse deel van de leiding moet rekening gehouden worden met de aanwezigheid van de CO₂-leiding. Bij ontwikkelingen dient er een berekening van het groepsrisico uitgevoerd te worden.

4.1.3 Plaats van de activiteit

De betreffende transportleiding ligt in het stedelijk gebied van de gemeente Zoetermeer ter plaatse van zowel de Vinex-wijk Oosterheem als bedrijventerreinen, de A12 en het Van Tuyllpark sportpark. Uit de toetsing aan het aspect externe veiligheid voor het ondergrondse gedeelte van de buisleiding blijkt dat de te verwachten effecten zich binnen de belemmeringsstrook van 5 meter voordoen. Voor het bovengrondse deel van de leiding, ter plaatse van de A12, moet rekening gehouden worden met een effectafstand van 450 meter.

4.1.4 Samenhang met andere activiteiten ter plaatse

Het gewijzigde gebruik van de transportleiding heeft geen samenhang met andere ontwikkelingen in de omgeving.

4.1.5 Kenmerken van de belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu

Voor de beoordeling van eventuele belangrijke nadelige milieugevolgen moet gekeken worden naar:

- Het bereik van het effect
- Het grensoverschrijdende karakter van het effect
- De orde en grootte en de complexiteit van het effect
- De waarschijnlijkheid van het effect
- De duur, frequentie en de onomkeerbaarheid van het effect

Uit het externe veiligheidsonderzoek van het RIVM komt naar voren dat de kans dat er zich een calamiteit voordoet zeer gering is.

4.2 Conclusie belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu

De toetsing aan de in paragraaf 4.1.1 benoemde criteria heeft aan het licht gebracht dat er geen sprake is van belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu die het opstellen van een MER noodzakelijk maken.

Bijlage

1

Onderzoeken CO₂-leiding Zoetermeer

- TNO, Externe veiligheid onderzoek CO₂ buisleiding bij Zoetermeer, mei 2006
- Ministerie VROM, Risico's van de CO₂ leiding, augustus 2007 / RIVM, RIVM standpunt modellering CO₂ buisleiding Zoetermeer, augustus 2007
- TNO, Externe veiligheid onderzoek CO₂ buisleiding bij Zoetermeer, februari 2008
- Ministerie I&M, Risico's CO₂ leiding, december 2010



Laan van Westenenk 501
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn

www.tno.nl

T 055 549 34 93
F 055 549 98 37

TNO-rapport

2006-A-R0144/B

**Externe Veiligheid onderzoek CO₂ buisleiding
bij Zoetermeer**

Datum	mei 2006
Auteur(s)	M. Molag I.M.E. Raben
Projectnummer	64123
Trefwoorden	
Bestemd voor	Gemeente Zoetermeer Projectbureau Oosterheem T.a.v. Mevr. E. Kokx Stephensonstraat 54 2723 RN Zoetermeer

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Samenvatting

OCAP CO₂ vof gebruikt de voormalige NPM leiding van Rotterdam naar Amsterdam voor opslag en transport van CO₂. Deze leiding is oorspronkelijk ontworpen voor transport van aardolie onder druk van de Rotterdamse haven naar de Mobil raffinaderij in Amsterdam. Na de sluiting van de Mobil raffinaderij is de leiding buiten gebruik gesteld. Thans is een nieuwe bestemming voor deze leiding gevonden in de vorm van opslag en transport van CO₂. Hierbij wordt de leiding vanuit de Shell raffinaderij continu gevuld met CO₂ en wordt het gas tijdens perioden van daglicht en kunstlicht door de tuinbouw afgenomen. Hierdoor varieert de druk in de leiding tussen 10 en 22 bar.

De CO₂ leiding loopt langs de geplande nieuwbouw in de wijk Oosterheem in de gemeente Zoetermeer. Vanaf 9 meter van de leiding worden woningen gepland. Op verzoek van de gemeente Zoetermeer heeft de afdeling Industriële en Externe Veiligheid van TNO Bouw en Ondergrond een quick scan uitgevoerd op de verschillende risicoanalyses en effectberekeningen die zijn uitgevoerd voor de CO₂ leiding door Ingenieursbureau Lievense [2] in opdracht van OCAP en Gasunie Engineering [10] in opdracht van de gemeente Haarlemmermeer. Op 22 december 2005 is deze notitie besproken met vertegenwoordigers van de Gemeente Zoetermeer en is besloten dat de gemeente een eigen onafhankelijk extern veiligheidsonderzoek zal laten uitvoeren om een definitief beeld voor de externe veiligheidssituatie rond de CO₂ leiding te krijgen. Over dit veiligheidsonderzoek wordt in dit rapport gerapporteerd.

Plaatsgebonden risico en groepsrisico

Het Plaatsgebonden Risico (PR) geeft de kans per jaar dat een hypothetische persoon die zich 24 uur per dag, 365 dagen per jaar, buiten en onbeschermd op een bepaalde plaats bevindt, slachtoffer wordt door een ongeval met gevaarlijke stoffen. Het PR is dus geen werkelijk overlijdensrisico omdat mensen niet 24 uur per dag op een plaats buiten blijven. In werkelijkheid verblijft men korte tijd op één plaats buiten en zal men ook vluchten bij een dreiging.

De ééns in de miljoen jaar (10^{-6} per jaar) Plaatsgebonden Risicocontour contour ligt, onder de in dit rapport beschreven omstandigheden, op 21 m van het hart van de leiding. Het groepsrisico, dat wil zeggen de kans dat een groep personen gelijktijdig het slachtoffer zal worden tengevolge van een breuk van de CO₂ leiding, heeft een kans van ééns in de miljard jaar (10^{-9} /jaar) op maximaal 2 slachtoffers.

Het extern veiligheidsrisico kan gereduceerd worden indien additionele veiligheidsmaatregelen worden genomen die de kans breuk van de CO₂ leiding verlagen en / of het aantal slachtoffers bij het vrijkomen van CO₂ beperken. De volgende additionele veiligheidsmaatregelen zijn beschouwd:

- Het toevoegen van een extra afsluiter in de leiding resulteert in een 10^{-6} /jaar contour op 13 meter en een groepsrisico van 2 slachtoffers met een kans van 10^{-9} per jaar.
- Indien de gemeente een grondroerdersregeling rond de CO₂ leiding invoert zal er geen 10^{-6} per jaar PR contour meer zijn.
- Indien de maatregel extra afsluiter gecombineerd met de grondroerdersregeling wordt toegepast is er ook geen 10^{-6} per jaar PR contour.
- Bij een fysieke bescherming van de leiding met betonplaten zal de ongevalsfrequentie zeker 10 keer lager worden. Er is dan geen 10^{-6} per jaar

plaatsgebonden risico meer. Het groepsrisico wordt dan ook 10 keer lager namelijk: een kans van 10^{-10} per jaar op 2 slachtoffers.

- Door vergroting van de gronddekking van de leiding wordt de kans op beschadiging van de leiding ook 10 keer lager.
- De 10^{-6} per jaar PR contour komt op 90 m uit het hart van de leiding te liggen indien de bedrijfsdruk van de CO₂ leiding wordt verhoogd tot 40 bar. Bij verdere verhoging tot 55 bar wordt het CO₂ vloeibaar en komt de 10^{-6} per jaar PR contour op nog grotere afstand te liggen.

De kosten effectiviteit van bovenstaande maatregelen is niet onderzocht.

Zelfredzaamheid

Binnen de invloedssfeer van een ongeval met de CO₂ leiding bevinden zich mensen met een normale zelfredzaamheid, maar ook mensen met een verminderde zelfredzaamheid. Indien leidingbreuk optreedt, zullen de aanwezigen binnen het invloedsgedebied, voor zover zij buiten verblijven, snel worden blootgesteld. Mensen die binnen gebouwen verblijven nauwelijks zullen worden blootgesteld. De beste zelfredzaamheid is dan ook de mensen snel te alarmeren en op te dragen om naar binnen te gaan.

Beheersbaarheid

De Brandweer zal, gezien de relatief korte tijd waarin het CO₂ vrijkomt, niets kunnen doen om de blootstelling van aanwezigen in de omgeving van de leiding te beperken. Alarmering van de bevolking door middel van de alarmsirenes gevolgd door een radioadvies om naar binnen te gaan en ramen en deuren te sluiten zal gezien de relatief lange opstarttijd voor sirenes en radiobbericht niet effectief zijn. Bij lekkage van de leiding is snelle alarmering en advisering van de bevolking wel zinvol. De beheersbaarheidstaken van de hulpverleningsdiensten zijn hierdoor bij leiding breuk beperkt tot het verlenen van hulp aan eventuele slachtoffers.

Restrisico

Het restrisico is het aantal slachtoffers waar de hulpverleningsdiensten zich op te dienen prepareren. Bij lekkage van de CO₂ leiding worden geen slachtoffers verwacht. Bij breuk van de leiding maximaal 2 letale slachtoffers. Het aantal gewonden zal circa 10-20 keer zoveel bedragen.

Onzekerheden in het veiligheidsonderzoek

Tijdens de uitvoering van de risicoanalyse is gebleken dat er door het ontbreken van casuïstiek, experimenten en toxiciteitsgegevens over kooldioxide een aantal onzekerheden zijn die het uiteindelijke resultaat van de risicoanalyse sterk beïnvloeden. Deze onzekerheden betreffen:

Vorm van de veronderstelde krater

Als oorzaak voor het falen van de leiding is beschadiging van de leiding tijdens werkzaamheden aangenomen. Indien het openscheuren van de leiding zeer snel gebeurt dan zal het vrijkomende gas instantaan (ogenblikkelijk) expanderen en kan ook een drukgolf in de omgeving optreden. Aangenomen is dat dit gebeurt door werkzaamheden in een kuil met een oppervlakte van 4 bij 4 meter, een diepte van 2 m en een talud van 60° ten opzichte van het maaiveld. Deze afmetingen zijn arbitrair bepaald, met als achtergrond dat bij een diepte van 2 meter de leiding bloot ligt (gronddekking minimaal 1,3 meter). Een kleinere hoek zal de overdruk effecten als gevolg van het explosief vrijkomen van het kooldioxide doen toenemen in het horizontale vlak. Hoe steiler de wand van de kuil, hoe kleiner de effectafstanden in horizontale richting. Als gevolg van

het explosief vrijkomen van het kooldioxide zal een grote krater ontstaan. Aangenomen is dat een leidingsectie van 10 meter faalt en dat aan de uiteinden van het leidingstuk 5 m grond wordt weggeblazen, waardoor de krater een lengte krijgt van 20 m en aan weerszijden van de leiding ook 5 meter wordt weggeblazen, resulterend in een breedte van 10 meter.

Uitstroming en dispersie modellering

Na het falen van de leiding zal van weerskanten een straal kooldioxide naar buiten stromen. Aangenomen is dat de twee stralen elkaar raken en hun impuls grotendeels kwijt raken. Het kooldioxide zal tijdens het vrijkomen uitzetten en afkoelen. Dit, gecombineerd met het feit dat kooldioxide onder atmosferische omstandigheden al een zwaar gas is, heeft het geleid tot het gebruik van het zwaar gas model voor de dispersie. Vanwege de aanname dat de twee stralen hun impuls grotendeels verliezen, kan het verder verspreiden van het kooldioxide uit de krater beschouwd worden als een “emissie uit een oppervlakte bron” en niet als een jet. Het verspreidingsmodel heeft echter de beperking dat het onder bepaalde omstandigheden (o.a. afhankelijk van de windklasse) geen of onbetrouwbare resultaten levert.

Probit relatie CO₂

Sterfte door blootstelling aan kooldioxide wordt niet alleen veroorzaakt door zuurstof verdringing, maar ook door effecten van CO₂ op de ademhaling. Helaas is er geen Probit-relatie bekend op basis van (dierexperimentele) gegevens over de relatie tussen blootstellingsduur, -concentratie en letaliteit. TNO heeft, op basis van gegevens betreffende blootstellingsconcentraties en effecten (geen letaliteit), een probit relatie afgeleid. Nieuw afgeleide probit relaties moeten bij het RIVM gemeld worden, waar deze beoordeeld worden en eventueel officieel worden vastgesteld. Ten tijde van het uitvoeren van dit onderzoek is de Probit relatie nog niet gemeld aan het RIVM. Het trekken van conclusies op basis van dit rapport kan slechts geschieden nadat het RIVM een uitspraak heeft gedaan over de hier voorgestelde Probit functie.

Aanbevelingen

Om te voorkomen dat in de wijk Oosterheem geplande kwetsbare bestemmingen zich binnen de 10⁻⁶ per jaar plaatsgebonden risicocontour van de CO₂ leiding bevinden, wordt aan bevolen om een verbeterd leidingbeheer ter voorkoming van beschadiging van de leiding door graafwerkzaamheden toe te passen. Dit kan door de grondroedersregeling rond de CO₂ leiding in te stellen. Ook door vergroting van de gronddekking verlaagt het plaatsgebonden risico.

Gezien het beperkte risicoreducerende effect wordt niet aanbevolen om ingrijpende maatregelen zoals bijvoorbeeld het plaatsen van een extra snelafsluiter in de leiding in de nabijheid van Oosterheem te eisen.

Risicoanalyses voor de bepaling van het externe veiligheidsniveau worden uitgevoerd volgens richtlijnen uit het Paarse Boek.[3]. Voor de vorming van een krater bij de breuk van de CO₂, de uitstroming en dispersie van CO₂ en de toxiciteit van CO₂ bestaan geen specifieke richtlijnen. TNO heeft daarom in dit onderzoek ten aanzien van deze punten onderbouwde aannames gemaakt. Om die reden beveelt TNO aan om dit onderzoek te laten toetsen door het Centrum voor Externe Veiligheid van het RIVM.

Inhoudsopgave

	Samenvatting.....	2
1	Inleiding.....	7
2	Beschrijving CO₂ leiding en omgeving.....	8
2.1	De CO ₂ leiding.....	8
2.2	De omgeving.....	9
3	Faalscenario's CO₂ leiding, faalfrequenties en toxische gegevens.....	10
3.1	Faalscenario's	10
3.2	Faalfrequenties.....	11
3.3	Toxiciteit.....	11
4	Effectafstanden bij optreden van de ongevalsscenario's	13
4.1	Volledige breuk van de leiding- dispersie.....	13
4.1.1	Bepaling uitstroomdebiet.....	13
4.1.2	Bepaling effectafstanden.....	13
4.2	Volledige breuk van de leiding- overdruk	14
4.3	Lek in de leiding	14
4.4	Verhoogde bedrijfsdruk	14
5	Risicoanalyse	16
5.1	Invoerparameters	16
5.1.1	Faalfrequenties.....	16
5.1.2	Meteorologische gegevens.....	16
5.1.3	Bevolkingsgegevens	17
5.1.4	Bescherming binnenshuis	17
5.2	Plaatsgebonden risico	17
5.3	Groepsrisico	18
5.4	Risico's bij verhoogde bedrijfsdruk.....	18
6	Analyse zelfredzaamheid, beheersbaarheid en restrisico.....	19
6.1	Zelfredzaamheid	19
6.2	Beheersbaarheid.....	19
6.3	Restrisico	20
7	Invloed aanvullende veiligheidsmaatregelen	21
7.1	Voorkomen leidingbreuk	21
7.2	Extra afsluiters	22
8	Conclusies en aanbevelingen.....	25
8.1	Conclusies.....	25
8.2	Onzekerheden in deze risicoanalyse	26
8.3	Aanbevelingen	27
9	Referenties	28
10	Verantwoording	30

A	Samenstelling Begeleidingsgroep onderzoek externe veiligheid NPM-leiding	31
B	Afleiding toxiciteitsmodel CO₂.....	32
C	Bepaling effectafstanden	36
C.1	Volledige breuk van de leiding-dispersie.....	36
C.2	Volledige breuk van de leiding-overdruk	38
C.2.1	Geometrisch model	38
C.2.2	Het stromingsmodel	39
C.2.3	Berekeningsresultaten.....	41
C.3	Lek in de leiding	43
D	Paarse Boek aanpak voor bepaling debiet.....	44
E	Standaard meteo file Rotterdam	45
F	Invloed extra afsluiter	46

1 Inleiding

OCAP CO₂ vof gebruikt de voormalige NPM leiding van Rotterdam naar Amsterdam voor opslag en transport van CO₂. Deze leiding is oorspronkelijk ontworpen voor transport van aardolie onder druk van de Rotterdamse haven naar de Mobil raffinaderij in Amsterdam. Na sluiting van de Mobil raffinaderij is de leiding buiten gebruik gesteld. Thans is een nieuwe bestemming voor deze leiding gevonden in de vorm van opslag en transport van CO₂. Hierbij wordt de leiding vanuit de Shell raffinaderij continu gevuld met CO₂ en wordt het gas tijdens perioden van daglicht en kunstlicht door de tuinbouw afgenomen. Hierdoor varieert de druk in de leiding tussen 10 en 22 bar.

De CO₂ leiding loopt langs de geplande nieuwbouw in de wijk Oosterheem in de gemeente Zoetermeer. Vanaf 9 meter van de leiding worden woningen gepland. Op verzoek van de gemeente Zoetermeer heeft de afdeling Industriële en Externe Veiligheid van TNO Bouw en Ondergrond een quick scan uitgevoerd op de verschillende risicoanalyses en effectberekeningen die zijn uitgevoerd voor de CO₂ leiding door Ingenieursbureau Lieveense [2] in opdracht van OCAP en Gasunie Engineering [10] in opdracht van de gemeente Haarlemmermeer. Op 22 december 2005 is deze notitie besproken met vertegenwoordigers van de Gemeente Zoetermeer en is besloten dat de gemeente een eigen onafhankelijk extern veiligheidsonderzoek zal laten uitvoeren om een definitief beeld voor de externe veiligheidssituatie rond de CO₂ leiding te krijgen. Deze opdracht is door de Gemeente Zoetermeer verleend aan de afdeling Industriële en Externe Veiligheid van TNO Bouw en Ondergrond. Het onderzoek is begeleid door een begeleidingsgroep. De samenstelling van deze begeleidingsgroep is weergegeven in bijlage A .

In dit rapport komen achtereenvolgens aan de orde:

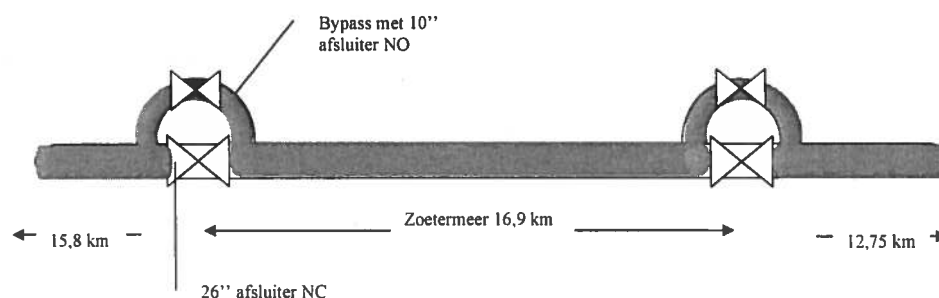
- In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de CO₂ leiding en de omgeving waarin deze ligt.
- Hoofdstuk 3 behandelt de scenario's waarbij de leiding kan falen. Tevens komen in dit hoofdstuk de faalfrequenties aan de orde en wordt ingegaan op de toxiciteit van CO₂.
- De afstanden tot waarop schade kan optreden voor de verschillende faalscenario's worden behandeld in hoofdstuk 4. De hieraan ten grondslag liggende berekeningen zijn gedocumenteerd in de bijlagen B t/m D
- De kwantitatieve risicoanalyse voor de berekening van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico wordt beschreven in hoofdstuk 5.
- Naast het plaatsgebonden en groepsrisico zijn ook de zelfredzaamheid, beheersbaarheid en restrisico bij het optreden van de faalscenario's bepaald in hoofdstuk 6.
- In hoofdstuk 7 wordt ingegaan op een aantal maatregelen die het plaatsgebonden risico, groepsrisico en resteffect reduceren en de zelfredzaamheid verhogen.
- Tenslotte worden in hoofdstuk 8 de conclusies en aanbevelingen van het onderzoek gegeven.

2 Beschrijving CO₂ leiding en omgeving

2.1 De CO₂ leiding

De NPM leiding van Rotterdam naar Amsterdam is oorspronkelijk ontworpen voor transport van aardolie onder druk van de Rotterdamse haven naar de Mobil raffinaderij in Amsterdam. Na sluiting van de Mobil raffinaderij is de leiding buiten gebruik gesteld. Thans is een nieuwe bestemming voor de leiding gevonden in de vorm van opslag en transport van CO₂. Hierbij wordt de leiding vanuit de Shell raffinaderij continu gevuld met CO₂ en wordt het gas tijdens perioden van daglicht en kunstlicht door de tuinbouw afgenomen. Hierdoor varieert de druk in de leiding tussen 10 en 22 bar.

Gebaseerd op [2] is hieronder de configuratie van de leiding beschreven. De leiding is ontworpen volgens de Pijpleidingcode Zuid-Holland, de voorloper van de NEN 3650 en is niet gelegen in een leidingstraat. De totale leiding is circa 82,75 km lang. Er bevinden zich 7 niet-automatische 26'' afsluiters in het tracé. Deze zullen permanent gesloten worden. Over deze afsluiters zijn 10'' bypass leidingen geplaatst met op afstand bediende 10'' afsluiters¹. In onderstaande tekening is dit schematisch aangegeven.



Figuur 1 Schematische weergave leiding

De bypasses hebben een diameter van 10'' (254 mm), met uitzondering van afsluiter 1, nabij de Shell Raffinaderij. Deze afsluiter heeft een diameter van 16'' (406,4 mm). Zoetermeer ligt tussen de afsluiters 2 en 3. De sectie tussen deze afsluiters is 16,9 km lang en beide afsluiters zijn 10''.

¹ In [2] wordt gesproken over volautomatische afsluiters. Echter in [2] wordt aangenomen dat het 10 minuten duurt om de bypass afsluiters te sluiten. De afsluiters reageren op het wegvallen van de druk.

Tabel 1 Gegevens CO₂ leiding- sectie Zoetermeer

Parameter	
Uitwendige diameter leiding	660,4 mm
Min. nominale wanddikte	7,14 mm
Gronddekking	1,3 m
Stof	Koolstofdioxide
Fase	Gas
Gemiddelde procesdruk	16,5 bar
Temperatuur	10 °C
Lengte sectie	16,9 km
Diameter afsluiters	254 mm
Nominale wanddikte afsluiters	4,55 mm

2.2 De omgeving

De CO₂ leiding loopt langs de oostelijke bebouwing van de gemeente Zoetermeer. Langs de leiding wordt thans de wijk Oosterheem gerealiseerd. De inmiddels gerealiseerde bebouwing bevindt zich vanaf 9 meter van het hart van de leiding. Ook is hoogbouw gepland op 10 m van de leiding. De bij dit rapport gevoegde kaart van de Gemeente Zoetermeer geeft het aantal woningen weer. Naast “gewone” woonbebouwing is er ook een woongroep voor personen met een autisme spectrum stoornis in het gebied gepland. Dit bijzondere object is op de kaart in de bijlage weergegeven. Op basis van deze kaart is een bevolkingsfile aangemaakt.

3 Faalscenario's CO₂ leiding, faalfrequenties en toxische gegevens

3.1 Faalscenario's

Ondergrondse leidingen kunnen falen door interne oorzaken (corrosie, leidingdruk boven de ontwerpdruk) en door externe oorzaken (beschadiging bij grondwerkzaamheden). Uit onderzoek van de West Europese aardgasbedrijven blijkt dat ongeveer 90 % van alle leiding falen wordt veroorzaakt door grondwerkzaamheden. In risicoanalyses wordt conform de richtlijnen uit het Paarse Boek [3] rekening gehouden met twee scenario's voor het falen van ondergrondse leidingen:

1. Een lek in de leiding met een gatdiameter van 20 mm
2. Een volledige breuk van de leiding

Deze faalscenario's zijn onderstaand nader uitgewerkt.

Een lek in de leiding met een lekdiameter van 20 mm

Een klein lek kan ontstaan door corrosie of grondwerkzaamheden. De uitstroming zal relatief gering zijn.

Een volledige breuk van de leiding

Met name door grondwerkzaamheden kan een groot gat in de leiding ontstaan. Hierbij wordt aangenomen dat de grootte van het gat waardoor CO₂ kan vrijkomen gelijk is aan de leidingdiameter, dat wil zeggen 660 mm. Ook zal CO₂ dan vanuit beide zijden van de breuk uitstromen. Bij onderzoek naar het falen van hoge druk aardgasleidingen is gebleken dat totaal falen van de leiding vaak ontstaat door een lokale beschadiging waarna scheurvorming in de langsrichting ontstaat. Tegenwoordig worden de lassen tussen leidingstukken zo gemaakt dat de uitbreiding van de scheur (scheurpropagatie) stopt bij de las. Dit betekent dat in feite bij totaal falen van de leiding een leidingstuk instantaan openscheurt en er uitstroming van het gas uit beide leidingdelen zal plaatsvinden (tweezijdige uitstroming). Na de uitstroming verspreidt (dispersie) het CO₂ zich in de omgeving en kan het schadelijk zijn voor mensen die zich binnen de gaswolk bevinden.

Indien het openscheuren van de leiding zeer snel gebeurt dan zal het vrijkomende gas instantaan expanderen en kan ook een drukgolf in de omgeving optreden. Men spreekt dan van explosief vrijkomen. Ook zal hierbij een explosiekrater worden gevormd. De aangenomen afmetingen van de krater bedragen de grootte van de lengte van het leidingdeel (aangenomen is leidingdeel van 10 m) plus 5 m aan de uiteinden van de leiding en een breedte van circa 10 m (5 m aan beide zijden van de leiding). Vervolgens verspreidt de gaswolk zich in de omgeving. Hier is dus sprake van twee schadelijke effecten: een drukgolf en een schadelijke gaswolk.

3.2 Faalfrequenties

Het Paarse Boek [3] geeft de volgende faal frequenties (breuk + lek samen) voor ondergrondse leidingen:

Tabel 2 Faalfrequenties voor ondergrondse leidingen

	Faalfrequentie (1/km.jaar)
Leidingen in leidingstraat	$7,0 \cdot 10^{-5}$
NEN 3650 leiding	$6,1 \cdot 10^{-4}$
Overige leidingen	$2,0 \cdot 10^{-3}$

De CO₂ leiding is ontworpen voor aardolie transport onder een druk van 55 bar volgens de voorloper van de NEN 3650. De leiding ligt niet in een leidingstraat en heeft een wanddikte van 7,14 mm en 1,3 m gronddekking. Gasunie geeft voor een 26 inch aardgasleiding, druk 66,6 bar, diepte 1,20 m en wanddikte 7,4 mm een faalfrequentie van $1,5 \cdot 10^{-4}$ /km.jaar (voor een volledige breuk). Deze waarde komt overeen met de faalfrequentie voor NEN 3650 leidingen, rekening houdend met een volledige breuk ($1,52 \cdot 10^{-4}$, zie ook hieronder).

Het is bekend dat CO₂ waarin zich waterdamp bevindt corrosief voor metaal is. Er wordt vanuit gegaan dat het CO₂ geen water bevat voordat het in de leiding wordt gepompt en dat het vochtgehalte wordt gecontroleerd. Daarnaast moet er regelmatige inspectie op interne corrosie van de leiding plaatsvinden. Om deze reden wordt geen correctie op bovenstaande faalkans toegepast.

In de risicoanalyse van Lieveense [2] is dezelfde frequentie toegepast. Gasunie [10] hanteert daarentegen een faalfrequentie op basis van het Pipesafe model van $5,13 \cdot 10^{-5}$ /jaar.km.

Volgens het Paarse Boek is de kansverdeling van falen van pijpleidingen

Breuk : Lek = 0,25 : 0,75.

Dit levert de volgende faalfrequenties op:

- Volledige breuk : $1,52 \cdot 10^{-4}$ /km.jaar
- Lek : $4,58 \cdot 10^{-4}$ /km.jaar

Er is onvoldoende casuïstiek om vast te stellen hoe groot de kans is op het instantaan explosief vrijkomen van CO₂ bij volledig falen van de leiding. Conservatief wordt daarom in de kwantitatieve risicoanalyse aangenomen dat bij volledig falen altijd een fysische explosie door het snel expanderen van het vrijgekomen CO₂ gas zal optreden.

3.3 Toxiciteit

Kooldioxide is van zichzelf niet erg toxisch. Wel heeft het een invloed op de ademhalingregulatie en verdringt het de zuurstof uit de lucht, waardoor een zuurstof tekort kan ontstaan. In de concept-versie van "Handleiding risicoanalyse" [15], het "nieuwe Paarse Boek", wordt vermeld dat kooldioxide niet uitsluitend als een inerte stof beschouwd kan worden vanwege de toxische effecten. Een probitrelatie voor de toxiciteit wordt in het Paarse boek niet gegeven. Om die reden is ten behoeve van dit onderzoek in bijlage A het volgende toxiciteitsmodel afgeleid:

$$Pr = -63,3 + \ln (C^{5,2} \cdot t)$$

Hierbij moet wel opgemerkt worden dat een nieuw afgeleide Probit relatie gemeld moet worden aan het RIVM. Het RIVM beoordeelt vervolgens de nieuwe Probit relatie en bepaalt of de Probit relatie officieel vastgesteld wordt. Ten tijde van het uitvoeren van dit onderzoek is de Probit relatie nog niet gemeld aan het RIVM. Het trekken van conclusies op basis van dit rapport kan slechts geschieden nadat het RIVM een uitspraak heeft gedaan over de hier voorgestelde Probit functie.

In de volgende tabel is op basis van bovenstaande probit relatie voor verschillende blootstellingstijden en letaliteitspercentage de bijbehorende concentratie berekend.

Tabel 3 Letaliteitspercentages als functie van blootstellingstijd en concentratie op basis van Probit afgeleid in bijlage A

Blootstellingstijd (min)	Letaliteit (%)	C (mg/m ³)	Vol% CO ₂
1	1	381.000	21
	50	596.000	32
	99	932.000	51
5	1	279.000	15
	50	437.000	24
	99	684.000	37
60	1	173.000	9
	50	217.000	15
	99	424.000	23
240	1	133.000	7
	50	208.000	11
	99	325.000	18

Behalve naar de letaliteit is er ook gekeken naar interventiewaarden, te weten de levensbedreigende waarde (LBW) en de alarmeringsgrenswaarde (AGW) [4]. Deze waarden zijn vooral van belang voor de hulpverlening. Bij de LBW treedt nog geen sterfte van mensen op. De LBW bedraagt 100.000 mg/m³ en de AGW 50.000 mg/m³, beide voor een blootstellingsduur van 60 minuten [4].

Onderstaande tabel vat de interventie waarden samen zoals deze in dit onderzoek gebruikt zijn.

Tabel 4 Interventiewaarden kooldioxide

	Concentratie (mg/m ³)- blootstellingsduur 60 minuten	Vol% CO ₂	Effect
AGW	50 000 [4]	3	Afnemende oriëntatie
LBW	100 000 [4]	6	Hoofdpijn, duizeligheid

4 Effectafstanden bij optreden van de ongevalsscenario's

In dit hoofdstuk worden de effectafstanden gepresenteerd zoals deze voor de risicoanalyse gebruikt zijn. De gedetailleerde beschrijving van de bepaling van de effectafstanden is beschreven in de bijlagen C en D.

4.1 Volledige breuk van de leiding- dispersie

De gedetailleerde beschrijving van dit scenario is gegeven in bijlage C.1.

4.1.1 Bepaling uitstroomdebiet

Voor het scenario volledige breuk van de leiding is uitgegaan van een breuk in het midden van de leidingsectie Zoetermeer met een tweezijdige uitstroming bij de gemiddelde druk van 16,5 bar. Onderstaande tabel toont het uitstroomdebiet en de uitstroomtijd.

Tabel 5 Uitstroming bij volledige breuk- rekening houdend met tweezijdige uitstroming

Uitstroomsnelheid (kg/s)	408
Uitstroomtijd (s)	465 ¹

¹ De gegeven uitstroomtijd is gebaseerd op de totale leidinginhoud ($6146 \text{ m}^3 = 189.540 \text{ kg}$) en middeling van het debiet volgens [3].

4.1.2 Bepaling effectafstanden

Als gevolg van het falen van de leiding en het uitstromen van het kooldioxide onder druk zal er een krater ontstaan. Aangenomen is een kraterafmeting van 10 bij 20 m, dat wil zeggen 5 meter aan beide zijden van de leiding over een lengte van 20 m. Het uitstromende kooldioxide zal een groot deel van zijn impuls verliezen doordat de twee horizontale jets tegen elkaar op botsen. Vanuit de gevormde krater zal het kooldioxide gaan dispergeren. De dispersie vanuit de krater is als een plasverdamping gemodelleerd met het zwaar gas model. De verkregen effectafstanden staan samengevat in de volgende tabel, voor drie representatieve weerklassen. De breedte zoals weergegeven is de totale breedte van de effectcontour.

Tabel 6 Resultaten - dispersie kooldioxide bij volledige breuk

Grenswaarde	B3		D5		F1,5	
	Lengte (m)	Breedte (m)	Lengte (m)	Breedte (m)	Lengte (m)	Breedte (m)
40% letaal	-	-	25	15	-	-
20% letaal	-	-	30	40	55	110
10% letaal	-	-	35	50	75	140
1% letaal	17	16	45	65	100	180
LBW	55	100	115	110	165	260
AGW	95	135	200	145	390	625

4.2 Volledige breuk van de leiding- overdruk

De overdruk effecten zijn bepaald door middel van numerieke simulaties uitgevoerd met het TNO software pakket BLAST3D [16], zie ook bijlage C.2. In deze berekeningen is er van uit gegaan dat de leidingbeschadiging ontstaat door graafwerkzaamheden. Daarbij is een kuil voor de werkzaamheden aangebracht met een diepte van 2 m, grondoppervlak van 4 m x 4 m en een talud van 60 graden². Onderstaande tabel toont de rekenparameters en de verkregen effectafstanden.

Tabel 7 Parameters en resultaten- Overdruk bij instantaan falen leidingsectie (16,5 bar bedrijfsdruk)

Schade	Afstand tot leiding
100% letaliteit (0,3 bar)	3 m
2,5% letaliteit (0,1 bar)	5 m
Ruitbreuk met fragmentatie (0,03 bar)	10 m
Ruitbreuk (0,01 bar)	17,5 m

Bij deze berekeningen wordt opgemerkt dat de overdrukken op maaiveld sterk afhankelijk zijn van de veronderstelde vorm van de kuil van waaruit de leiding wordt beschadigd. Indien de talud-helling kleiner is dan zal de overdruk zich meer lateraal spreiden.

4.3 Lek in de leiding

De gedetailleerde beschrijving van effectafstandsbepaling is opgenomen in bijlage C.3. Hierbij is uitgegaan van een lek met een diameter van 20 mm. Het vrijkomende kooldioxide komt turbulent vrij met een debiet van 0,9 kg/s. Als conservatieve aanpak is aangenomen dat de leiding op het maaiveld ligt (er is dus geen sprake van gronddekking). Dit levert een effect afstand voor de AGW op van 0,8 m. De grenzen voor letaliteit of LBW worden niet bereikt.

4.4 Verhoogde bedrijfsdruk

De CO₂ leiding is ontworpen op een druk van 55 bar. De huidige bedrijfsdruk bedraagt gemiddeld 16,5 bar. In de toekomst kan overwogen worden om de bedrijfsdruk op te voeren. In deze paragraaf zijn de effectafstanden berekend voor een hogere bedrijfsdruk. Omdat bij circa 45 bar en 10 °C CO₂ vloeibaar wordt is in deze berekening uitgegaan van een bedrijfsdruk van 40 bar. Bij breuk levert dit de in de tabel gegeven effectafstanden op. Ten opzichte van de bedrijfsdruk van 16,5 bar (Tabel 6) nemen de effectafstanden sterk toe.

Opgemerkt wordt dat wanneer de druk verder wordt verhoogd tot 55 bar het CO₂ vloeibaar wordt. Bij een uitstroming zal dan nog meer CO₂ vrijkomen, hetgeen tot nog hogere concentraties in de omgeving zal leiden. Daarnaast worden door de veel hogere vloeistofdichtheid de leiding en de afsluiters zwaarder mechanisch belast.

² Als gevolg van de explosie zal een grotere krater ontstaan, vandaar dat in de dispersieberekeningen is uitgegaan van een explosiekrater van 10 m x 20 m.

Tabel 8 Resultaten - dispersie kooldioxide bij volledige breuk en 40 bar bedrijfsdruk

Grenswaarde	B3		D5		F1,5	
	Lengte (m)	Breedte (m)	Lengte (m)	Breedte (m)	Lengte (m)	Breedte (m)
99% leetaal	-	-			70	160
50% leetaal	-	-	40	30	105	210
10% leetaal	-	-	64	85	130	240
1% leetaal	40	60	85	105	140	250
LBW	95	180	195	185	360	425
AGW	160	240	340	245	670	885

5 Risicoanalyse

5.1 Invoerparameters

De effectafstanden die in voorgaand hoofdstuk zijn bepaald en de frequenties zoals deze in hoofdstuk 3.2 zijn vastgesteld, zijn gebruikt voor de risicoanalyse. In deze paragraaf staan de overige invoerparameters samengevat.

5.1.1 Faalfrequenties

Onderstaande tabel toont de faalfrequenties zoals deze gebruikt zijn voor de verschillende scenario's. Paragraaf 3.2 beschrijft de wijze waarop deze frequenties bepaald zijn.

Tabel 9 Faalfrequenties - Riskcurves

Faalfrequentie volledige breuk	$1,52 \cdot 10^{-4}$ / km*jaar
Faalfrequentie 20 mm lek	$4,58 \cdot 10^{-4}$ / km*jaar
Frequentie explosie	$1,52 \cdot 10^{-4}$ / km*jaar

5.1.2 Meteorologische gegevens

Zoals in voorgaand hoofdstuk beschreven zijn de effectafstanden bepaald voor drie windklassen, te weten B3, D5, en F1,5. Om hier rekening mee te houden bij de risicoanalyse is de standaard meteofile voor Rotterdam aangepast. Er is voor gekozen om de kansen voor het optreden van D1,5 en D9 bij D5 op te tellen omdat deze qua condities het dichtst bij elkaar liggen. Ook E5 en F1,5 zijn samengevoegd. Onderstaande tabel toont de gebruikte meteofile.

Tabel 10 Aangepaste meteofile Rotterdam

Stabiliteitsklasse	Windsnelheid	Dag (%)	Nacht (%)
B (Onstabiel)	3	10,8	0
D (Neutraal)	1,5	0	0
D (Neutraal)	5	33,2	35,3
D (Neutraal)	9	0	0
E (Stabiel)	5	0	0
F (Zeer stabiel)	1,5	0	20,7
Totaal		44	56

5.1.3 Bevolkingsgegevens

Als achtergrond voor de bevolkingsverdeling is de file overzicht-npm.jpg gebruikt zoals deze door de Gemeente Zoetermeer is aangeleverd. Op basis van deze kaart is een bevolkingsfile aangemaakt. Hierbij zijn onderstaande aanwezigheidspercentages gehanteerd. De percentages binnenshuis zijn gebaseerd op [15] en de aanwezigheidspercentages op [17]. Het aantal bewoners per woning en het aantal aanwezigen in de opvang voor mensen met autisme spectrum stoornis zijn aangeleverd door de Gemeente Zoetermeer.

Tabel 11 Bevolkingsparameters - Riskcurves

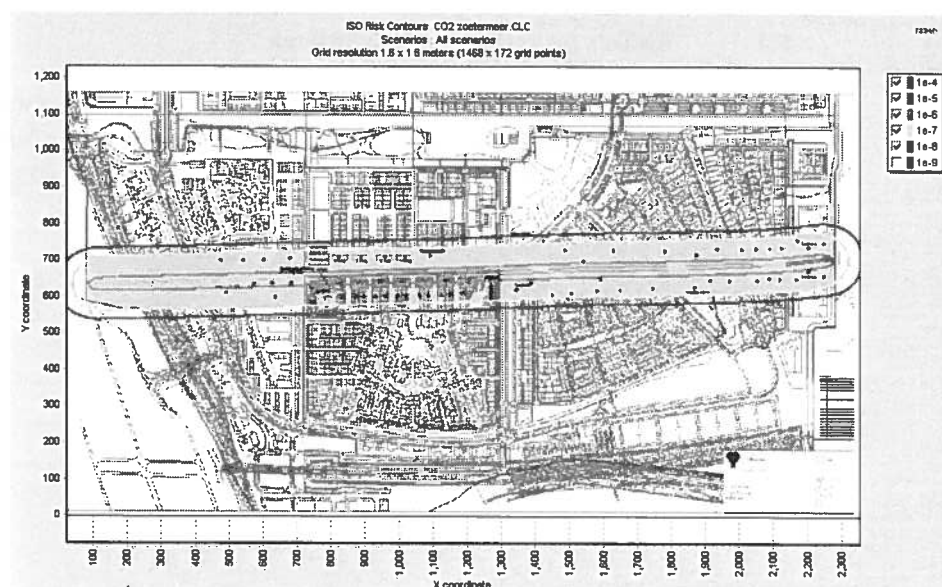
Percentage bevolking binnenshuis overdag	93%
Percentage bevolking binnenshuis 's nachts	99%
Aanwezigheidspercentage dag	50%
Aanwezigheidspercentage nacht	100%
Aantal bewoners per woning	2,7
Aantal aanwezigen in de opvang voor mensen met autisme spectrum stoornis	30

5.1.4 Bescherming binnenshuis

In de berekening van het groepsrisico wordt er rekening mee gehouden dat personen binnenshuis beschermd worden tegen de blootstelling aan vrijgekomen toxische gassen. Conform het Paarse Boek [3] is aangenomen dat de letaliteit binnenshuis 10 keer lager is dan buitenhuis.

5.2 Plaatsgebonden risico

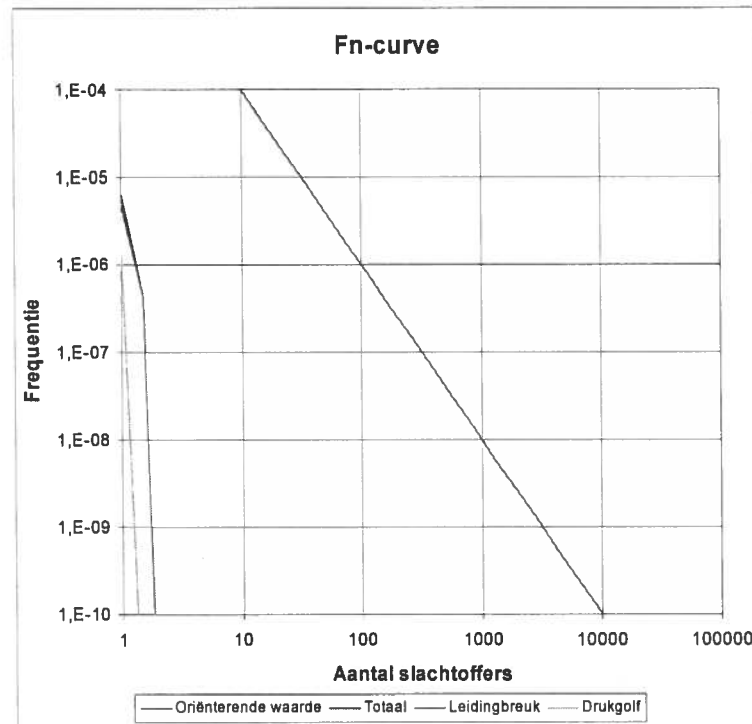
Gebaseerd op de situatie zoals voorafgaand beschreven levert het gebruik van de leiding voor het transport van kooldioxide een plaatsgebonden risico op van $1 \cdot 10^{-6}$ /jaar op 21 m van het hart de leiding.



Figuur 2 Risicocontouren voor alle scenario's

5.3 Groepsrisico

Zoals uit onderstaande grafiek valt op te maken kunnen er maximaal 2 (1,7) slachtoffers vallen, met een kans van $1 \cdot 10^{-9}$ /jaar, uitgaande van de situatie zoals deze in de vorige paragrafen is beschreven.



Figuur 3 Groepsrisico

5.4 Risico's bij verhoogde bedrijfsdruk

Indien de bedrijfsdruk in de CO₂ leiding wordt opgevoerd tot 40 bar dan zal de 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risico contour 90 m uit het hart van de leiding liggen. Het groepsrisico is niet berekend omdat de bevolking niet tot op grotere afstand van de leiding is geïnventariseerd.

6 Analyse zelfredzaamheid, beheersbaarheid en restrisico

6.1 Zelfredzaamheid

Binnen de invloedssfeer van een ongeval met de CO₂ buisleiding waarbinnen schadelijke effecten kunnen optreden, worden woonbestemmingen gerealiseerd. Hierbij is ook een opvang voor mensen met een autisme spectrum stoornis. Het invloedsg gebied waarin de LBW grenswaarde wordt overschreden bedraagt circa 200 m van de leiding en de AGW grenswaarde circa 400 m (Tabel 6).

Dit betekent dat binnen de invloedssfeer van een ongeval mensen met een normale zelfredzaamheid voorkomen, maar ook mensen met een verminderde zelfredzaamheid. Indien leidingbreuk optreedt, zullen de aanwezigen binnen het invloedsg gebied, voor zover zij buiten verblijven, snel worden blootgesteld. De concentraties zullen door het snel afnemende debiet echter ook snel afnemen. Dit betekent dat mensen die binnen verblijven nauwelijks zullen worden blootgesteld. De beste zelfredzaamheid is dan ook de mensen snel te alarmeren en op te dragen om naar binnen te gaan. Echter met de huidige alarmeringssystemen (zie ook hieronder: beheersbaarheid) duurt een dergelijke alarmering circa een half uur. Binnen deze tijdsduur zijn de schadelijke concentraties al verdwenen. Ook zal waarschijnlijk cell broadcast (waarschuwing per SMS) te lang duren. De meest reële optie om de zelfredzaamheid bij leidingbreuk te verbeteren is een goede voorlichting naar de bevolking gericht op het herkennen van de symptomen bij leidingbreuk (eventuele explosie gevolgd door bulderend lawaai) en dan naar binnen te gaan en ramen en deuren te sluiten.

6.2 Beheersbaarheid

Indien leidingbreuk optreedt, zal het CO₂ zich snel in de omgeving verspreiden. De uitstroming kan beperkt worden door de automatische snelafsluiters in de leiding. De Brandweer zal, gezien de relatief korte tijd waarin het CO₂ vrijkomt, niets kunnen doen om de blootstelling van aanwezigen in de omgeving van de leiding te beperken. Alarmering van de bevolking door middel van de alarmsirenes gevolgd door een radioadvies om naar binnen te gaan en ramen en deuren te sluiten zal gezien de relatief lange opstarttijd voor sirenes en radiobERICHT niet effectief zijn.

Bij lekkage van de leiding is snelle alarmering en advisering van de bevolking wel zinvol.

De beheersbaarheidstaken van de hulpverleningsdiensten zijn hierdoor bij leiding breuk beperkt tot het verlenen van hulp aan eventuele slachtoffers.

Deze hulpverlening kan worden geoptimaliseerd door:

- Snelle alarmering, evt. detectievoorzieningen
- Een goede bereikbaarheid van de ongevalslocatie
- Opstelplaatsen voor hulpverleningsdiensten

6.3 Restrisico

Bij lekkage van de CO₂ leiding worden geen slachtoffers verwacht. Bij breuk van de leiding vallen maximaal 2 slachtoffers. Het aantal gewonden zal circa 10-20 keer zoveel bedragen.

7 Invloed aanvullende veiligheidsmaatregelen

In dit hoofdstuk wordt het risicoreducerende effect van een aantal maatregelen beschouwd. Verbetering van het externe veiligheidsniveau kan op twee manieren worden bereikt, namelijk:

- Door de verlaging van de kans op breuk van de CO₂ leiding.
- Door het beperken van de uitstroming van CO₂ bij leidingbreuk waardoor het aantal slachtoffers door blootstelling aan hoge CO₂ concentraties kleiner wordt.

In het volgende zijn beide categorieën maatregelen onderzocht. Een onderzoek naar de kosten effectiviteit van de aanvullende maatregelen maakte geen deel uit van dit onderzoek.

7.1 Voorkomen leidingbreuk

De meest effectieve manier om het risico te verminderen is het voorkomen van leidingbreuk. Leidingbreuk kan veroorzaakt worden door externe beschadiging tijdens bijvoorbeeld werkzaamheden of door “interne” beschadiging, zoals corrosie van de leiding.

Het voorkomen van “interne” beschadiging van de leiding kan voorkomen worden door een goed onderhouds- en inspectieprogramma.

De meest waarschijnlijke oorzaak van leidingbreuk is echter beschadiging van de leiding tijdens werkzaamheden. Dit kan op verschillende manieren voorkomen worden, te weten fysieke bescherming van de leiding tegen beschadigingen en organisatorische maatregelen. Organisatorische maatregelen zullen vooral tot doel hebben het verhogen van het besef dat er een leiding ligt. Het Bestuurlijk Overleg Buisleidingen is momenteel bezig met het in kaart brengen van alle leidingen in de ondergrond en overweegt een procedure in te stellen waarbij, voordat er gegraven mag worden, bij de commissie navraag gedaan moet worden over de aanwezigheid van leidingen in de desbetreffende ondergrond waar werkzaamheden gepland zijn. Volgens de commissie neemt, door de invoering van deze zogenaamde “Grondroerdersregeling” de waarschijnlijkheid, dat er een leiding beschadigd wordt tijdens werkzaamheden, met een factor 2 af. Er is dan geen 10⁻⁶ per jaar PR contour meer.

Een andere optie is het vergroten van de gronddekking. Momenteel gaat het Bestuurlijk Overleg Buisleidingen uit van een factor 10 afname van de waarschijnlijkheid tot beschadiging per meter extra gronddekking. Ook het bedekken met beschermende betonplaten leidt vermoedelijk tot een even grote reductie van de ongevalskans. In dat geval is er ook geen 10⁻⁶ per jaar plaatsgebonden risico meer.

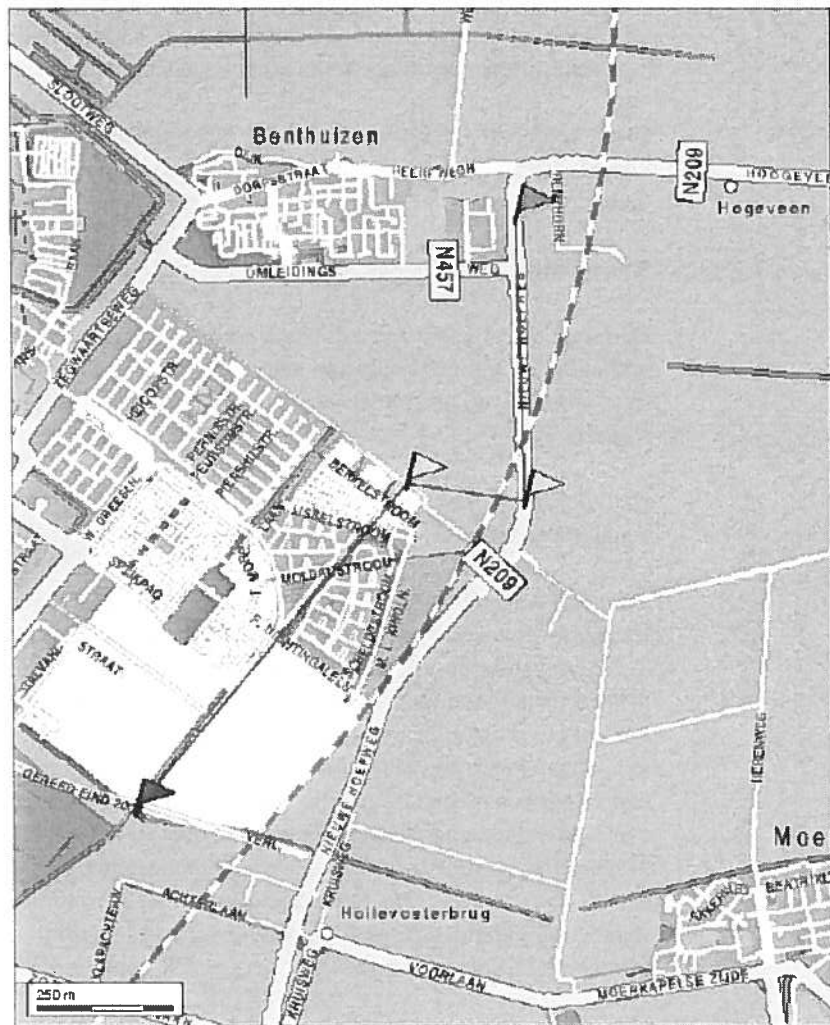
Daarnaast kan een tracé aanduiding langs de leiding, en in het bijzonder op kritische locaties (kruising van wegen, nabijheid van andere leidingen, etc) de kans op onbedoeld raken van de leiding verkleinen.

7.2 Extra afsluiters

Een aanvullende veiligheidsmaatregel die bestudeerd is, is het toevoegen van een extra afsluiter ten zuiden Oosterheem, zie onderstaande figuur.

Easy Travel Pro Europa 2005 Kaartafdrukstandaard

7-3-2006 19:11:45



© Copyright 2005 Falkplan, Eindhoven. © 2005 Navteq B.V. All rights reserved. France: source: Geoparc & IGN France & BD Carthage & IGN France. Germany: Die Grundlagendaten wurden mit Genehmigung der zuständigen Behörden entnommen. Great Britain: Based upon Ordnance Survey electronic data and used with the permission of The Controller of Her Majesty's Stationery Office. © Crown Copyright 1995-2000. Italy: Controlato ai sensi della legge N.66 del 2/2/1960. Nulla osta I.G.M. alla diffusione N.56 del 4/3/1995, N.295 del 31/7/1996, N.123 del 14/3/1997, N.50 del 25/3/1998, N.228 del 23/5/1998 e N.327 del 6/10/1997. Sweden: Based on electronic data © National Land Survey Sweden. Switzerland: Topografische Grundlage: © Bundesamt für Landestopographie.

Figuur 4 Tracé van de leiding tussen bestaande afsluiter (groene vlag) en extra afsluiter (rode vlag)

Het toevoegen van een extra afsluiter zorgt er voor dat de leidingsectie tussen twee afsluiters kleiner wordt, waardoor er minder kooldioxide vrij kan komen. De leidingsectie tussen de twee afsluiters bedraagt ongeveer 4 km. Echter, indien de reactietijd van de afsluiters niet verandert, zal de uitstroming gedurende tien minuten

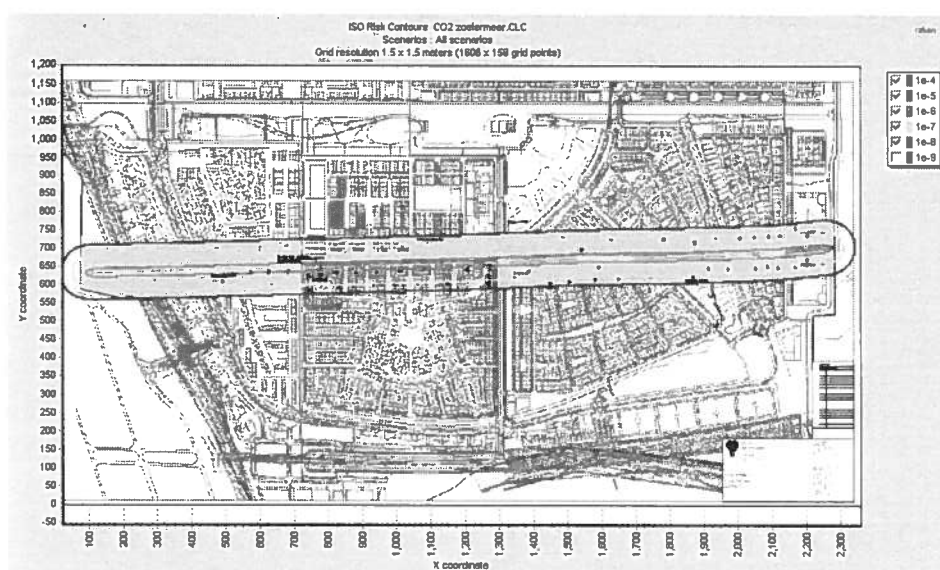
via de afsluiters nog steeds een bijdrage leveren, waardoor de effectieve lengte 5,8 km is.

Voor de bepaling van de effectafstanden is het zelfde uitstroomdebiet (408 kg/s) gebruikt als voor de volledige breuk van de leiding. De uitstroomtijd (145 s) is aangepast aan de leidinginhoud (59.099 kg). Onderstaande tabel toont hiervan de effectafstanden.

Tabel 12 Effect afstanden extra afsluiter.

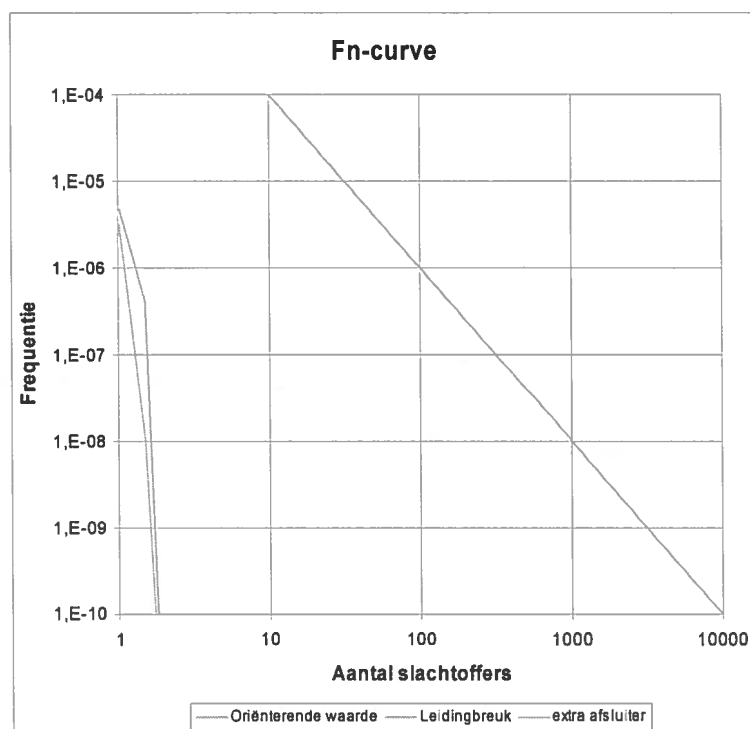
Grenswaarde	B3		D5		F1,5	
	Lengte (m)	Breedte (m)	Lengte (m)	Breedte (m)	Lengte (m)	Breedte (m)
Afsluiter						
99% leetaal	-	-	-	-	-	-
50% leetaal	-	-	-	-	-	-
10% leetaal	-	-	-	-	55	110
1% leetaal	-	-	35	45	75	150
LBW	55	100	115	110	180	290
AGW	95	135	200	145	220	330

Het plaatsgebonden risico van $1 \cdot 10^{-6}$ /jaar ligt op 13 m van het hart van de leiding.



Figuur 5 Risicocontouren - extra afsluiter

Zoals uit onderstaande grafiek valt af te lezen kunnen er maximaal 2 (1,6) slachtoffers vallen, met een kans van 10^{-9} / jaar, uitgaande van de situatie zoals hier boven beschreven.



Figuur 6 Groepsrisico- vergelijking tussen met en zonder extra afsluiter

8 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de conclusies en aanbevelingen van het onderzoek gegeven. In deze veiligheidsanalyse zijn door gebrek aan experimentele data en toxicologische gegevens over CO₂ een groot aantal aannames gemaakt. De berekende afstand tot de 10⁻⁶ per jaar PR contour is zeer gevoelig voor deze aannames. De geconstateerde onzekerheden worden ook in dit hoofdstuk vermeld.

8.1 Conclusies

Plaatsgebonden risico, groepsrisico

Zonder maatregelen ligt de 10⁻⁶ / jaar contour, onder de in dit rapport beschreven omstandigheden, op 21 m van het hart van de leiding en is er een kans van 10⁻⁹ / jaar op 2 (1,7) slachtoffers.

Het extern veiligheidsrisico kan gereduceerd worden indien additionele veiligheidsmaatregelen worden genomen die de kans breuk van de CO₂ leiding verlagen en / of het aantal slachtoffers bij het vrijkomen van CO₂ beperken. De volgende additionele veiligheidsmaatregelen zijn beschouwd:

- Het toevoegen van een extra afsluiter in de leiding resulteert in een 10⁻⁶ / jaar contour op 13 meter en een groepsrisico van 2 (1,6) slachtoffers met een kans van 10⁻⁹ per jaar.
- Indien de gemeente een grondroedersregeling rond de CO₂ leiding invoert zal er geen 10⁻⁶ per jaar PR contour meer zijn.
- Indien de maatregel extra afsluiter gecombineerd met de grondroedersregeling wordt toegepast is er ook geen 10⁻⁶ per jaar PR contour.
- Bij een fysieke bescherming van de leiding met betonplaten zal de ongevals-frequentie zeker 10 keer lager worden. Er is dan geen 10⁻⁶ per jaar plaatsgebonden risico meer. Het groepsrisico wordt dan ook 10 keer lager namelijk: een kans van 10⁻¹⁰ per jaar op 2 slachtoffers.
- Door vergroting van de gronddekking van de leiding wordt de kans op beschadiging van de leiding ook 10 keer lager.
- De 10⁻⁶ per jaar PR contour komt op 90 m uit het hart van de leiding te liggen indien de bedrijfsdruk van de CO₂ leiding wordt verhoogd tot 40 bar. Bij verdere verhoging tot 55 bar wordt het CO₂ vloeibaar en komt de 10⁻⁶ per jaar PR contour op nog grotere afstand te liggen.

Zelfredzaamheid

Binnen de invloedsfeer van een ongeval met de CO₂ leiding bevinden zich mensen met een normale zelfredzaamheid, maar ook mensen met een verminderde zelfredzaamheid. Indien leidingbreuk optreedt, zullen de aanwezigen binnen het invloedsgebied, voor zover zij buiten verblijven, snel worden blootgesteld. Mensen die binnen gebouwen verblijven nauwelijks zullen worden blootgesteld. De beste zelfredzaamheid is dan ook de mensen snel te alarmeren en op te dragen om naar binnen te gaan.

Beheersbaarheid

De Brandweer zal, gezien de relatief korte tijd waarin het CO₂ vrijkomt, niets kunnen doen om de blootstelling van aanwezigen in de omgeving van de leiding te beperken. Alarmering van de bevolking door middel van de alarmsirenes gevolgd door een radioadvies om naar binnen te gaan en ramen en deuren te sluiten zal gezien de relatief

lange opstarttijd voor sirenes en radiobericht niet effectief zijn. Bij lekkage van de leiding is snelle alarmering en advisering van de bevolking wel zinvol. De beheersbaarheidstaken van de hulpverleningsdiensten zijn hierdoor bij leiding breuk beperkt tot het verlenen van hulp aan eventuele slachtoffers.

8.2 Onzekerheden in deze risicoanalyse

Vorm van de veronderstelde krater

Als oorzaak voor het falen van de leiding is beschadiging van de leiding tijdens werkzaamheden aangenomen. Bij onderzoek naar het falen van hoge druk aardgasleidingen is gebleken dat totaal falen van de leiding vaak ontstaat door een lokale beschadiging waarna scheurvorming in de langsrichting ontstaat. Tegenwoordig worden de lassen tussen leidingstukken zo gemaakt dat de scheurpropagatie stopt bij de las. Dit betekent dat in feite bij totaal falen van de leiding een leidingstuk instantaan openscheurt en er uitstroming van het gas uit beide leidingdelen zal plaatsvinden (twee zijdelingse uitstroming).

Indien het openscheuren van de leiding zeer snel gebeurt dan zal het vrijkomende gas instantaan expanderen en kan ook een drukgolf in de omgeving optreden.

Hierbij is aangenomen dat de ontstane kuil tijdens de werkzaamheden een oppervlakte heeft van 4 bij 4 meter, een diepte van 2 m en een talud van 60° ten opzichte van het maaiveld. Deze afmetingen zijn arbitrair bepaald, met als achtergrond dat bij een diepte van 2 meter de leiding bloot ligt (gronddekking minimaal 1,3 meter). Een kleinere hoek zal de overdruk effecten als gevolg van het explosief vrijkomen van het kooldioxide doen toenemen in het horizontale vlak. Hoe steiler de wand van de kuil, hoe kleiner de effectafstanden in horizontale richting. Als gevolg van het explosief vrijkomen van het kooldioxide zal een grote krater ontstaan. Aangenomen is dat een leidingsectie van 10 meter faalt en dat aan de uiteinden van het leidingstuk 5 m grond wordt weggeblazen, waardoor de krater een lengte krijgt van 20 m en aan weerszijden van de leiding ook 5 meter wordt weggeblazen, resulterend in een breedte van 10 meter.

Discussie modellering

Na het falen van de leiding zal van weerskanten een straal kooldioxide naar buiten stromen. Aangenomen is dat de twee stralen elkaar raken en hun impuls grotendeels kwijt raken. Het kooldioxide zal tijdens het vrijkomen uitzetten en afkoelen. Dit, gecombineerd met het feit dat kooldioxide onder atmosferische omstandigheden al een zwaar gas is, heeft het geleid tot het gebruik van het zwaar gas model voor de dispersie. Vanwege de aanname dat de twee stralen hun impuls grotendeels verliezen, kan het verder verspreiden van het kooldioxide uit de krater beschouwd worden als een “emissie uit een oppervlakte bron” en niet als een jet. Het model heeft echter de beperking dat het onder bepaalde omstandigheden (o.a. afhankelijk van de windklasse) geen of onbetrouwbare resultaten levert.

Probit relatie CO₂

Sterfte door blootstelling aan kooldioxide wordt niet alleen veroorzaakt door zuurstof verdringing, maar ook door effecten van CO₂ op de ademhaling. Helaas is er geen Probit-relatie bekend op basis van (dierexperimentele) gegevens over de relatie tussen blootstellingsduur, -concentratie en letaliteit. TNO heeft, op basis van gegevens betreffende blootstellingsconcentraties en effecten (geen letaliteit), een probit relatie afgeleid. De aanbevolen methode (met aanname n=2) levert geen realistische waarden op. In de conceptversie van de Handleiding Risicoanalyse wordt een Probit relatie gegeven voor inerte stoffen. Door de n-waarde (5,2) van deze probit over te nemen en

deze te combineren met de blootstellingsconcentraties en effecten zoals genoemd in een document van Hoek Loos, is een nieuwe probit relatie afgeleid. Deze levert wel realistische resultaten op. Nieuw afgeleide probit relaties moeten bij het RIVM gemeld worden, waar deze beoordeeld worden en eventueel officieel worden vastgesteld. Ten tijde van het uitvoeren van dit onderzoek is de Probit relatie nog niet gemeld aan het RIVM. Het trekken van conclusies op basis van dit rapport kan slechts geschieden nadat het RIVM een uitspraak heeft gedaan over de hier voorgestelde Probit functie.

8.3 Aanbevelingen

Om te voorkomen dat in de wijk Oosterheem geplande kwetsbare bestemmingen zich binnen de 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour van de CO₂ leiding bevinden, wordt aan bevolen om een verbeterd leidingbeheer ter voorkoming van beschadiging van de leiding door graafwerkzaamheden toe te passen. Dit kan door de grondroedersregeling rond de CO₂ leiding in te stellen. Ook door vergroting van de gronddekking verlaagt het plaatsgebonden risico.

Gezien het beperkte risicoreducerende effect wordt niet aanbevolen om ingrijpende maatregelen zoals bijvoorbeeld het plaatsen van een extra snelafsluiter in de leiding in de nabijheid van Oosterheem te eisen.

Ter verbetering van de zelfredzaamheid van buiten verblijvende mensen, binnen de invloedssfeer van een ongeval met de CO₂ leiding, wordt aanbevolen om een goede voorlichting naar de bevolking te verzorgen, gericht op het herkennen van de symptomen bij leidingbreuk (eventuele explosie gevolgd door bulderend lawaai) en dan naar binnen te gaan en ramen en deuren te sluiten.

Deze hulpverlening bij een lek of breuk van de CO₂ leiding kan worden geoptimaliseerd door:

- Snelle alarmering, evt. detectievoorzieningen
- Een goede bereikbaarheid van de ongevalslocatie
- Opstelplaatsen voor hulpverleningsdiensten

Risicoanalyses voor de bepaling van het externe veiligheidsniveau worden uitgevoerd volgens richtlijnen uit het Paarse Boek [3]. Voor de vorming van een krater bij de breuk van de CO₂, de uitstroming en dispersie van CO₂ en de toxiciteit van CO₂ bestaan geen specifieke richtlijnen. TNO heeft daarom in dit onderzoek ten aanzien van deze punten onderbouwde aannames gemaakt. Om die reden beveelt TNO aan om dit onderzoek te laten toetsen door het Centrum voor Externe Veiligheid van het RIVM.

9 Referenties

- [1] Quick-scan risicoanalyses CO₂ leiding Zoetermeer, TNO ref. 2005/M&L/1629/59016/MOL/kgw, Apeldoorn 19 december 2005
- [2] OCAP CO₂ v.o.f. CO₂ GREENGAS PROJECT Risico analyse NPM-leiding document 042282 rev. 3 (24-03-2005) Raadgevend Ingenieursbureau Lieveense B.V., Breda.
- [3] Guidelines for quantitative risk assessment, CPR 18E, Den Haag, first edition 1999
- [4] Interventiewaarden gevaarlijke stoffen, VROM, 2000
- [5] Methoden voor het bepalen van mogelijke schade aan mensen en goederen door het vrijkomen van gevaarlijke stoffen, PGS 1, Den Haag, Maart 2005
- [6] Effectberekening Leidingbreuk CO₂-transportleiding, documentnummer 3331001 revisie 0 datum 29 juni 2005, Tebodin B.V., Den Haag.
- [7] Risicoberekening CO₂ leiding ter hoogte van Nieuw Venne en Hoofddorp Rapport: R 03.R.0538, Gereed: 3 oktober 2005, Versie: 1.0, Status: Concept, Gasunie Engineering, Groningen.
- [8] Chemiekaartenboek, 21^e editie 2006
- [9] NEN 3650/3651, Eisen voor buisleidingsystemen, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft 2003
- [10] Effecten bij breuk CO₂-leiding Rapport: DET 2005:R.0911, Datum: 7 november 2005, Projectnummer: W.25000.278-1, Gasunie Engineering, Groningen
- [11] OCAP CO₂ v.o.f. CO₂ GREENGAS PROJECT Notitie externe veiligheid nieuwbouw Overheem gemeente Zoetermeer document 052472 rev. 0 (02-08-2005) Raadgevend Ingenieursbureau Lieveense B.V., Breda.
- [12] Zuurstofgebrek- Veilig werken met gassen, Hoek Loos
- [13] <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/124389.html>
- [14] Air Products- Safetygram-18- Carbon Dioxide- Pub. No. 310-9407 (Rev 11/93)
- [15] Handleiding risicoanalyse- Hoofdstuk 6 Modelparameters, Versie 1.1, P.A.M. Uijt de Haag, Centrum voor Externe Veiligheid, RIVM, 14-11-2005
- [16] BLAST3D, An Euler solver for the numerical simulation of threedimensional blast effects, TNO Prins Maurits Laboratory internal report Van den Berg, A.C.

- [17] Voorstel te hanteren aanwezigheidspercentages voor verschillende bestemmingen ten behoeve van groepsrisico berekeningen externe veiligheid. Concept. TNO, A.W.T. van Blanken, M. Molag, september 2005

10 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

Gemeente Zoetermeer
Projectbureau Oosterheem
T.a.v. Mevr. E. Kokx
Stephensonstraat 54
2723 RN Zoetermeer

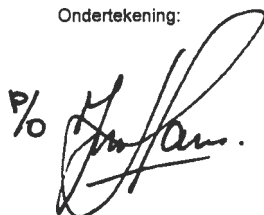
Namen en functies van de projectmedewerkers:

M. Molag
I.M.E. Raben

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:

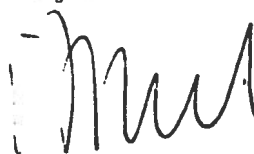
januari-mei 2006

Ondertekening:

% 

M. Molag
projectleider

Goedgekeurd door:



Ir. F. Smit
Team manager (a.i.)

A Samenstelling Begeleidingsgroep onderzoek externe veiligheid NPM-leiding

B.A. Boelema	Jurist ruimtelijke ordening Gemeente Zoetermeer
J. van den Bergh	Projectjurist Oosterheem gemeente Zoetermeer
J.P. Chatrou	Projectleider deelplan 3 Oosterheem gemeente Zoetermeer
E. Kokx-van Aalsburg	Projectmanager Oosterheem gemeente Zoetermeer
A. Hasper	Coördinator rampenbestrijding Brandweer Zoetermeer
H.J. Steenstra	Hulpverleningsregio Haaglanden, adviseur gevaarlijke stoffen
E.A.M. van der Graaf	Hulpverleningsregio Haaglanden, veiligheidsconsultant
A. Heugens	Communicatieadviseur gemeente Zoetermeer
S.I. Suddle	Adviseur externe veiligheid Stadsgewest Haaglanden

B Afleiding toxiciteitsmodel CO₂

Aangezien in het Paarse Boek geen toxiciteitsmodel voor kooldioxide is opgenomen is ten behoeve van dit onderzoek een toxiciteitsmodel afgeleid op basis van literatuurgegevens. Dit toxiciteitsmodel is in dit onderzoek gebruikt. Opgemerkt wordt dat het hier afgeleide toxiciteitsmodel ter goedkeuring aan het RIVM moet worden voorgelegd.

Beschikbare toxiciteitsgegevens

Er zijn weinig gegevens bekend betreffende de toxiciteit van kooldioxide en letaliteit. De laagste concentratie waarbij sterfte optreedt (LC_{Lo}) is 165 000 mg/m³ (90 000 ppm) [13]. Het bijbehorende letaliteitspercentage hierbij is in de literatuur niet gegeven; meestal wordt hierbij uitgegaan van een sterftefractie van 0,01 (1%). LC50 of LD50 waarden zijn niet bekend. Hieronder volgen de grenswaarden die voor CO₂ bekend zijn.

Tabel 13 Grenswaarden kooldioxide

Grenswaarde	Concentratie (mg/m ³) (ppm)	Blootstellingstijd (min)	Vol% CO ₂	Effect
AGW	50 000 (27 800) [4]	60	3	Afnemende oriëntatie
LBW	100 000 (55 700) [4]	60	6	Hoofdpijn, duizeligheid
MAC	9 000 (5 000)	-	0.5	-
IDLH	72 000 (40 000)	30	4	-

De maximale concentratie waaraan werknemers tijdens het werk mogen worden blootgesteld (MAC waarde) bedraagt 0,5 vol%.

Boven 10 volume % kooldioxide treedt er bewusteloosheid op en kan de dood intreden [8]. Bij 10% CO₂ in de lucht daalt het zuurstof percentage tot 18%. Het lagere zuurstof percentage zal leiden tot een snellere ademhaling maar nog geen bewusteloosheid veroorzaken. Bij nog lagere zuurstof percentages treedt tussen de 18% en 13% verminderde aandacht op en beneden 10 % bewusteloosheid. Bij zuurstof percentages lager dan 6% is er sprake van snel intredende dood [12]. Hierbij gaat het steeds enkel om zuurstof afname in de atmosfeer door verdringing door het kooldioxide. Echter, kooldioxide heeft zelf ook invloed op het menselijke organisme. Het effect van CO₂ op de ademhalingregulatie is belangrijker voor het optreden van gezondheidsschade.

Een concentratie van 5-10 volume % CO₂ kan leiden tot bewusteloosheid binnen enkele minuten. Bij concentraties boven de 10 % treedt bewusteloosheid snel op. Aanhoudende blootstelling aan hoge concentraties (50-100 %) kan leiden tot dood door zuurstoftekort [14].

Tot een kooldioxide concentratie van 2,5% neemt de ademsnelheid met 50 – 100% toe. Tussen 2,5 en 4% treedt hoofdpijn en duizeligheid op na 30 – 60 minuten blootstelling. De zelfredzaamheid begint dan af te nemen. Vanaf 7 – 10% treedt ernstige ademnood op en snelle bewusteloosheid. Dit kan door overlading van het bloed met CO₂ tot dodelijke afloop leiden binnen 4 uur. Tussen de 10 en 20% treedt verlamming van levensbelangrijke centra binnen seconden op. Blootgestelden zijn dan niet meer zelfredzaam. Boven 20% CO₂ treedt snel intredende dood op [12]. Deze laatste concentratie komt overeen met een zuurstof concentratie van 17%. Hieruit, en uit het

bovenstaande, blijkt dat de sterfte niet uitsluitend door zuurstoftekort wordt veroorzaakt.

Bepaling letaliteitsgrenzen

In [15] staat beschreven hoe een Probit relatie afgeleid kan worden indien er geen dierexperimentele gegevens bekend zijn over de acute inhalatie toxicologie. De levensbedreigende waarde (LBW) kan in een dergelijk geval gerelateerd worden aan 1% letaliteit. Dit levert onderstaande Probit relatie op, gebaseerd op een blootstelling van 1 uur aan 100 000 mg/m³ CO₂.

$$Pr = -24,5 + \ln (C^2 \cdot t)$$

Onderstaande tabel toont verschillende blootstellingstijden, concentratie en letaliteitspercentages.

Tabel 14 Letaliteitspercentages als functie van blootstellingstijd en concentratie op basis van LBW

Letaliteit	t (min)	C (mg/m ³)	Vol% CO ₂
1%	1	773.235	42
	5	345.801	19
	10	244.518	13
50%	1	2.478.932	135
	5	1.108.612	60
	10	783.907	43
99%	1	7.947.264	433
	5	3.554.125	194
	10	2.513.146	137

Dit levert echter voor 50 en 99% letaliteit concentraties op die niet realistisch zijn (> 100%). De oorzaak hiervan ligt in de keuze van de b- en n-waarden voor de probit functie (b=1, n=2). Deze zijn niet afgestemd op kooldioxide, maar zijn de standaard waarden indien er geen specifieke b of n bekend is. Een n-waarde voor een specifieke stof kan enkel afgeleid worden indien er, voor een zelfde letaliteitspercentage, minimaal twee doses bekend zijn. Voor kooldioxide is dit echter niet het geval, waardoor de standaard waarde n=2 gebruikt moet worden.

Op basis van de gegevens van Hoek Loos heeft TNO getracht andere Probit relaties af te leiden. Hierbij is uitgegaan van

- 1% letaliteit bij een blootstelling van 4 uur aan 10 Vol% CO₂. Dit levert de volgende Probit-relatie op: $Pr = -27 + \ln (C^2 \cdot t)$
- 99% letaliteit bij 20 Vol% CO₂ gedurende 5 minuten (snel intredende dood bij blootstelling aan concentratie > 20 Vol%): $Pr = -19,9 + \ln (C^2 \cdot t)$

Onderstaande tabel toont verschillende blootstellingsconcentraties als functie van de blootstellingsduur en het letaliteitspercentage.

Tabel 15 Letaliteitspercentages als functie van blootstellingstijd en concentratie op basis van gegevens van Hoek Loos

Brongegevens		1% let- 10 Vol% CO ₂ - 4 h Pr = -27 + ln (C ^{2.2} *t)	99% let- 20 Vol% CO ₂ - 5 min Pr = -19,9 + ln (C ^{2.2} *t)
Letaliteit	t (min)	Vol%	Vol%
1%	1	154	4
	5	109	2
	10	69	1
50%	1	494	14
	5	349	6
	10	221	4
99%	1	1.583	45
	5	1.119	20
	10	708	14

Uitgaande van 1% letaliteit bij 10 Vol% CO₂ gedurende 4 uur worden concentraties verkregen die niet realistisch zijn (> 100%). Wordt er gebruik gemaakt van 99% letaliteit bij 20 Vol% CO₂ gedurende 5 minuten, dan worden zeer conservatieve waarden gevonden.

Uit bovenstaande valt te concluderen dat het afleiden van een Probit relatie op basis van bestaande gegevens en vastgestelde methodes geen realistisch beeld oplevert. Er is daarom besloten een Probit relatie af te leiden op basis van de Probit relatie voor inerte gassen zoals deze in [15] wordt gegeven:

$$Pr = -17,8 + \ln(C^{5.2} * t)$$

Kooldioxide is echter geen inerte stof. Zoals hierboven aangegeven treden er ook toxische effecten op door opname van kooldioxide in het bloed. Om een Probit relatie af te leiden die meer toegespitst is op kooldioxide wordt de A-waarde van de Probit relatie ($Pr = A + B * \ln(C^n * t)$) afgeleid. Hiervoor zijn de n-waarde (n= 5,2) en B-waarde (b= 1) voor inerte stoffen overgenomen. Op basis van onderstaande gegevens is voor de twee situaties een A afgeleid, hierbij is de concentratie uitgedrukt in kg/m³ en de blootstellingstijd in seconden:

- 1% letaliteit bij een blootstelling van 4 uur aan 10 Vol% CO₂. Dit levert een A waarde op van -65,8
- 99% letaliteit bij 20 Vol% CO₂ gedurende 5 minuten (snel intredende dood bij blootstelling aan concentratie > 20 Vol%): A = -60,9

Vervolgens is het meetkundige gemiddelde bepaald: dit levert een A op van -63,3. De uiteindelijk verkregen probit functie voor kooldioxide is:

$$Pr = -63,3 + \ln(C^{5.2} * t), \text{ met C in [kg/m}^3\text{] en t in [s].}$$

Dit levert onderstaande relaties op:

Tabel 16 Letaliteitspercentages als functie van blootstellingstijd en concentratie op basis van de voorgestelde Probit relatie

Blootstellingstijd (min)	Letaliteit (%)	C (mg/m ³)	Vol% CO ₂
1	1	381.000	21
	50	596.000	32
	99	932.000	51
5	1	279.000	15
	50	437.000	24
	99	684.000	37
60	1	173.000	9
	50	217.000	15
	99	424.000	23
240	1	133.000	7
	50	208.000	11
	99	325.000	18

Vergelijking van bovenstaande tabel met de waarden zoals deze door Hoek Loos gegeven worden (dodelijke afloop bij 10 Vol% CO₂ gedurende 4 uur en snel intredende dood bij blootstelling aan meer dan 20 Vol% CO₂) toont aan dat de afgeleide Probit functie consistente resultaten oplevert.

Bovenstaande Probit functie wordt derhalve gebruikt voor de berekeningen. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat een nieuw afgeleide Probit relatie gemeld moet worden aan het RIVM. Het RIVM beoordeelt vervolgens de nieuwe Probit relatie en bepaalt of de Probit relatie officieel vastgesteld wordt. Ten tijde van het uitvoeren van dit onderzoek is de Probit relatie nog niet gemeld aan het RIVM. Het trekken van conclusies op basis van dit rapport kan slechts geschieden nadat het RIVM een uitspraak heeft gedaan over de hier voorgestelde Probit functie.

Behalve naar de letaliteit is er ook gekeken naar interventiewaarden, te weten de levensbedreigende waarde (LBW) en de alarmeringsgrenswaarde (AGW) [4]. Deze waarden zijn vooral van belang voor de hulpverlening. Bij de LBW treedt nog geen sterfte van mensen op. De LBW bedraagt 100.000 mg/m³ en de AGW 50.000 mg/m³, beide voor een blootstellingsduur van 60 minuten [4].

Onderstaande tabel vat de interventie waarden samen zoals deze in dit onderzoek gebruikt zijn.

Tabel 17 Interventiewaarden kooldioxide

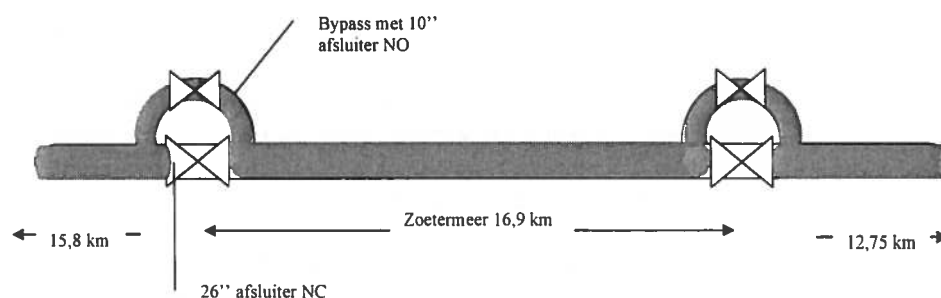
	Concentratie (mg/m ³)- blootstellingsduur 60 minuten	Vol% CO ₂	Effect
AGW	50 000 [4]	3	Afnemende oriëntatie
LBW	100 000 [4]	6	Hoofdpijn, duizeligheid

C Bepaling effectafstanden

Deze bijlage beschrijft de wijze waarop de effectafstanden voor de scenario's zijn bepaald. Hierbij gaat het om een volledige breuk van de leiding en een lek van 20 mm met zuurstofverdringing als gevolg.

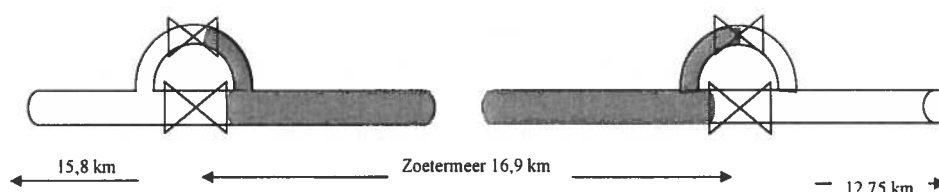
C.1 Volledige breuk van de leiding-dispersie

De leidingsectie bij Zoetermeer is 16,9 km lang. De leidingsectie voor Zoetermeer (tussen afsluiters 1 en 2) is 15,8 km lang en de sectie na Zoetermeer (tussen afsluiters 3 en 4) is 12,75 km lang [2], zie ook onderstaande figuur.



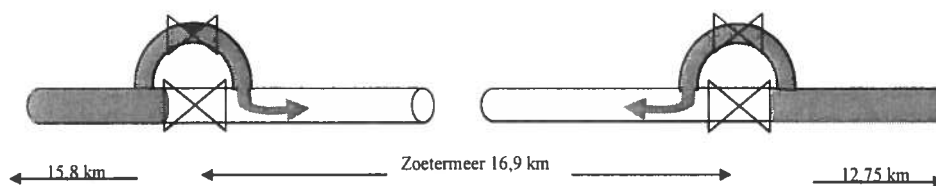
Figuur 7 Schematische weergave leidingsectie bij Zoetermeer

Bij een breuk in de leiding zal de inhoud van de leidingsectie, tussen de twee afsluiters, uitstromen.



Figuur 8 Schematische weergaven van uitstroming leidinginhoud van sectie Zoetermeer

De reactietijd van de afsluiters is 10 minuten [2]. Gedurende deze periode zal aan weerskanten van de breuk kooldioxide uitstromen via de afsluiters. Uitstroming uit beide zijden van de breuk zal optreden vanuit een leidinglengte van 15,8 km ten zuiden en 12,75 km ten noorden van de breuk, zoals aangegeven in onderstaande figuur.



Figuur 9 Schematische weergave uitstroming via de afsluiters

Onderstaande tabel toont de gegevens voor de bepaling van de uitstroomsnelheid via de afsluiters (afsluiter 2 en 3).

Tabel 18 Invoerparameters en resultaat- uitstroming bij volledige breuk via de afsluiters

		Afsluiter 2	Afsluiter 3
Model	EFFECTS : non-stationary gas release through a long pipeline		
Initiële temperatuur (°C)	10		
Initiële druk (bar)	16,5		
Leiding lengte (m)		15,8	12,75
Leiding diameter (mm)	244,9		
Uitstroming	Volledige breuk		
Ruwheidslengte (mm)	0,045		
Uitstroomcoëfficiënt	1		
Uitstroomtijd (s)	600		
Totale uitgestroomde hoeveelheid (kg)		9.320	9.310
Gemiddeld debiet (kg/s)		15,53	15,52

De hoeveelheden kooldioxide die via de afsluiters toestromen naar de gebroken sectie gedurende 10 minuten (9.320 en 9.310 kg) worden bij elkaar opgeteld (totaal 18.630 kg). Deze totale hoeveelheid (volume 604 m³) wordt bij de inhoud van de sectie Zoetermeer opgeteld (totaal 6145 m³). Voor de berekening is de lengte van de leiding aangepast zodat de totale hoeveelheid kooldioxide die uiteindelijk uitstroomt in de leidingsectie past (aangepaste leidinglengte 18,7 km). Vervolgens wordt het uitstroomdebiet hiervan bepaald. Hierbij is uitgegaan van een breuk in het midden van de leiding.

Tabel 19 Invoerparameters en resultaat- uitstroming bij volledige breuk

		Breuk in het midden
Model	EFFECTS : non-stationary gas release through a long pipeline	
Initiële temperatuur (°C)	10	
Initiële druk (bar)	16,5	
Leiding lengte (m)	9,35	
Leiding diameter (mm)	646,12	
Ruwheidslengte (mm)	0,045	
Uitstroming	Volledige breuk	
Uitstroomcoëfficiënt	1	
Uitstroomsnelheid maximaal (kg/s)- eenzijdige uitstroom		1555
Uitstroomsnelheid PB (kg/s)- eenzijdige uitstroom		204

Bovenstaande tabel toont de maximale uitstroomsnelheid en de uitstroomsnelheid volgens de Paarse Boek aanpak. Bij de Paarse Boek methode wordt gekeken naar de uitstroming gedurende de eerste 1800 seconden. Deze hoeveelheid wordt evenredig verdeeld over 5 tijdstappen. Voor de effectberekening wordt de representatieve uitstroming van de tweede tijdstap genomen (zie ook de grafiek in bijlage D).

Aangezien de breuk in het midden van de leiding optreedt, zal er tweezijdige uitstroming plaatsvinden. De debieten zoals vermeld in de tabel hierboven zijn gebaseerd op eenzijdige uitstroming. In onderstaande tabel zijn de gegevens

samengevat waarmee vervolgens verder gerekend wordt. Hierbij is het debiet verdubbeld.

Tabel 20 Uitstroming volledige bij breuk- rekening houdend met tweezijdige uitstroming

Uitstroomsnelheid (kg/s)	408
Uitstroomtijd (s)	465 ¹

¹ De gegeven uitstroomtijd is gebaseerd op de totale leidinginhoud ($6146 \text{ m}^3 = 189.540 \text{ kg}$) en het Paarse Boek debiet.

Als gevolg van het falen van de leiding en het uitstromen van het gas onder druk zal er een krater ontstaan. Aangenomen wordt een krater van 20 bij 10 meter. De horizontale jets zullen tegen elkaar op botsten en grotendeels hun impuls verliezen. Vanuit de gevormde krater zal het kooldioxide vervolgens dispergeren. Onderstaande tabel toont de invoerparameters voor het dispersie model. Dispersie vanuit de krater is gemodelleerd als een plasverdamping.

Tabel 21 Invoer parameters- Dispersie kooldioxide bij volledige breuk

Model	EFFECTS : Dense gas release, concentration
Bron	Plasverdamping
Uitstroomdebiet (kg/s)	408
Uitstroomduur (s)	465
Samenstelling bron	100% gasvormig
Oppervlakte plas (m^2)	200
Observatiehoogte (m)	1,5

Onderstaande tabel toont de effectafstanden voor twee atmosferische omstandigheden.

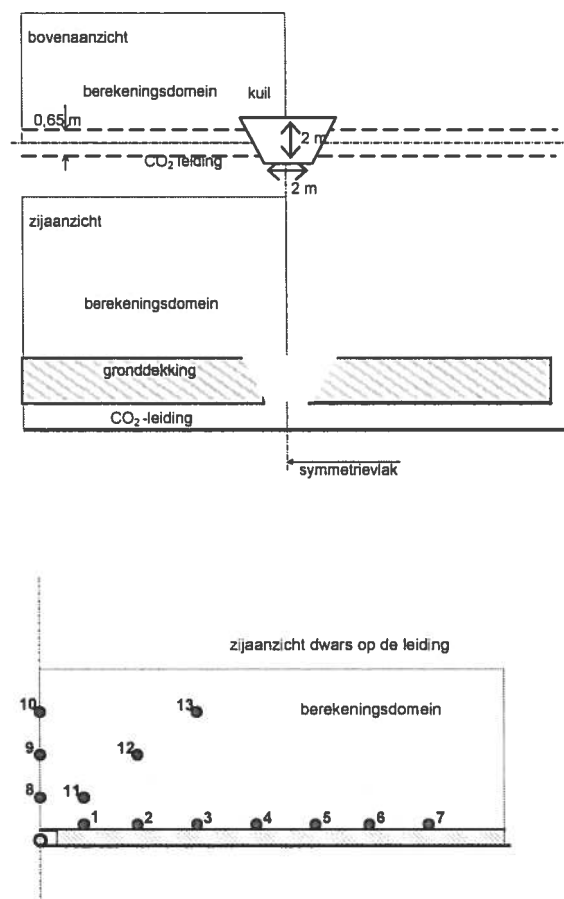
Tabel 22 Resultaten - dispersie kooldioxide bij volledige breuk

Grenswaarde	B3		D5		F1,5	
	Lengte (m)	Breedte (m)	Lengte (m)	Breedte (m)	Lengte (m)	Breedte (m)
40% letaal	-	-	25	15	-	-
20% letaal	-	-	30	40	55	110
10% letaal	-	-	35	50	75	140
1% letaal	17	16	45	65	100	180
LBW	55	100	115	110	165	260
AGW	95	135	200	145	390	625

C.2 Volledige breuk van de leiding-overdruk

C.2.1 Geometrisch model

In onderstaande figuur is de situatie waarin een leidingbreuk plaatsvindt in een kuil geschematiseerd weergegeven in een drietal aanzichten. Deze geometrie is in het software-pakket BLAST3D gespecificeerd als randvoorwaarden aan de gasdynamica.



Figuur 10 Schematische schets van de situatie mbt de bezwijkende CO₂-leiding inclusief ligging van de drukopnemers

Het verticale vlak door de hartlijn van de leiding en het verticale vlak dwars hierop door de hartlijn van de kuil en pijpbreuk vormen symmetrievlakken. Deze symmetrievlakken begrenzen een berekendingsdomein van 10 m in de langsrichting van de CO₂-leiding, 20 m dwars hierop en 10 m hoog. Dit domein is onderverdeeld in $100 \times 200 \times 100$ cellen van $0,1 \times 0,1 \times 0,1 \text{ m}^3$. Het berekendingsdomein is in Figuur 10 door middel van een rode markering aangegeven.

Als beginvoorwaarde voor de drie simulaties wordt een gasdynamische toestand in de leiding gespecificeerd die overeenkomt met kooldioxide bij een omgevingstemperatuur van 288 K en een druk van 16.5 bar.

C.2.2 *Het stromingsmodel*

Het softwarepakket BLAST3D berekent een tijdstapsgewijze oplossing van de vergelijkingen van Euler, d.w.z. de behoudsvergelijkingen voor massa, impuls en energie voor wrijvingsloze samendrukbare stroming, of wel:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(U_j \rho) &= 0 \\
\frac{\partial}{\partial t}(\rho U_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(U_j \rho U_i) + \frac{\partial P}{\partial x_i} &= 0 \\
\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \frac{\partial}{\partial x_j} U_j \rho E + \frac{\partial}{\partial x_j}(P U_j) &= 0 \\
\text{met: } E &= \rho e + \frac{1}{2} \rho U_i U_i = \frac{P}{\gamma - 1} + \frac{1}{2} \rho U_i U_i
\end{aligned}$$

waarin: ρ = dichtheid
 U = gassnelheid
 P = druk
 x = coördinaat
 t = tijd

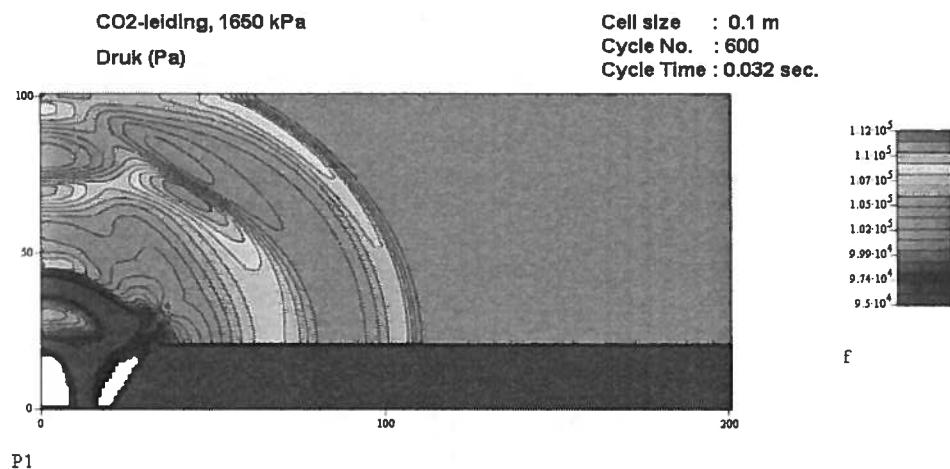
De praktijk heeft uitgewezen dat de modellering van de gasdynamica door middel van wrijvingsloze samendrukbare stroming een zeer bevredigende benadering is voor kortdurende sterk instationaire verschijnselen, zoals blasteffecten van explosies of bezwijkende drukvaten en leidingen. Hierbij zijn effecten van viscositeit en de ontwikkeling van turbulentie van ondergeschikt belang.

Bij het bezwijken van een drukleiding geeft alleen het opstarten van de gasdynamica aanleiding tot een blasteffect. De quasi-stationaire vrijstraal, die zich vervolgens instelt, wordt slechts gekenmerkt door hoge snelheden of wel een grote dynamische druk ($\frac{1}{2}\rho u^2$). Een object, dat door de vrijstraal getroffen wordt, brengt plaatselijk de snelheden in de vrijstraal tot nul terug. Hierdoor zet de dynamische druk zich om in een statische druk waarmee het object wordt belast (Bernoulli).

De quasi-stationaire stroming in de vrijstraal alsmede een eventuele interactie met objecten wordt in grote mate bepaald door de ontwikkeling van turbulentie. Omdat het stromingsmodel in het softwarepakket BLAST3D hierop niet is toegesneden, beperkt de berekening in dit rapport zich tot de initiële effecten na het bezwijken. De vrijstraal, die zich na het initiële blasteffect instelt, wordt buiten beschouwing gelaten.

C.2.3 Berekeningsresultaten

Onderstaande figuur geeft een beeld van de gasdynamica na het bezwijken van de drukleiding door visualisering van de drukverdeling in het symmetrievlak van de breuk loodrecht op de hartlijn van de pijp op een bepaald tijdstip. Deze visualisering bestaat enerzijds uit een kleurschakering die is gekoppeld aan een kleurenbalk en anderzijds uit een set isobaren. Waar isobaren zich ophopen, zijn schokverschijnselen zichtbaar. In de directe nabijheid van de CO₂-leiding, waar heftige gasdynamische effecten optreden, bestaan grote verschillen in druk. Gebieden waar in Figuur 11 de druk buiten het ingestelde bereik van de visualisering valt, zijn wit (te hoog) of paars (te laag) gekleurd. Visualisering van deze extreme waarden zou de drukverdeling in de blastgolf weer onzichtbaar maken.

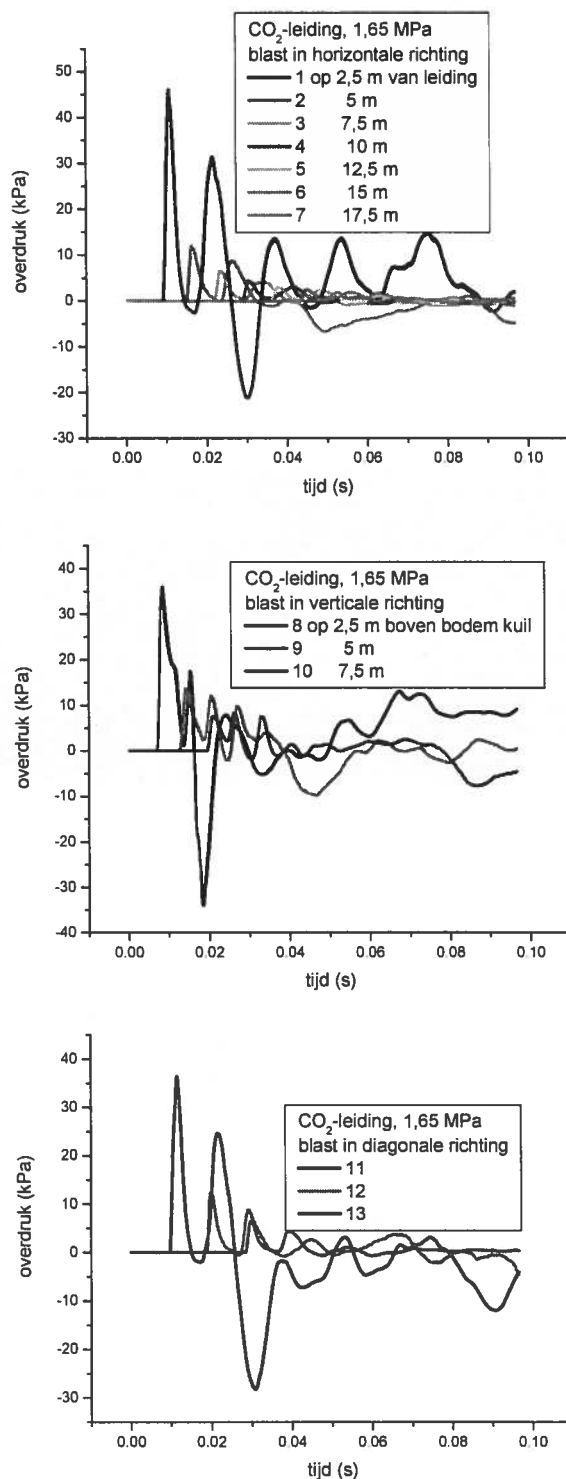


Figuur 11 Blastoverdruk van een bezwijkende CO₂ leiding in een vlak dwars op de leiding.

In het symmetrievlak van de breuk, loodrecht op de hartlijn van de pijp, is op 13 verschillende locaties (weergegeven in Figuur 10) de statische overdruk en de dynamische druk opgenomen als functie van de tijd.

- In horizontale richting op het aardoppervlak op respectievelijk 2,5, 5, 7,5, 10, 12,5, 15, en 17,5 m afstand van de leiding (de signalen 1 - 7).
- In verticale richting op 2,5, 5 en 7,5 m hoogte boven de bodem van de kuil (de signalen 8 - 10).
- In diagonale richting op drie locaties (de signalen 11 - 13).

De statische overdruk is in onderstaande figuren weergegeven.



Figuur 12 Blastoverdruk-tijdverlopen op 13 locaties in het symmetrievlak dwars op de leiding

Bestudering van het verloop van de gasdynamische parameters in de drie richtingen laat zien dat overdruk blast wordt waargenomen in de locaties die “in het directe zicht” liggen van de bezwijkende leiding.

Deze uitkomsten zijn sterk afhankelijk van de gedaante van de kuil waarin de leidingbreuk plaatsvindt. Bij een minder geleidelijk aflopend talud worden in zijdelingse richting lagere blasteffecten verwacht.

C.3 Lek in de leiding

De berekening van de uitstroming voor het scenario van een lek in de pijpleiding is hieronder samengevat. De berekening is uitgevoerd in een ander model dan de volledige breuk: gezien het relatief kleine gat in de leiding (20 mm vs 660,4 mm leiding diameter) wordt de stromingsweerstand vooral door het lek (gat) bepaald en is de drukval over de leiding gering. Het model “non-stationary release through a long pipeline” is dan niet bruikbaar. Voor het scenario van een lek wordt het model gebruikt voor gasuitstroming uit een gat in een vat. Met dit model zijn ook de temperatuur en de druk bepaald zodat de dichtheid van het kooldioxide bepaald kan worden.

Tabel 23 Invoerparameters en resultaat- uitstroming lek

Lek	
Model	EFFECTS : Gas release from vessel
Expansie	Adiabatisch
Soort uitstroming	Gat in een vat
Diameter gat (mm)	20
Initiële temperatuur (°C)	10
Initiële druk (bar)	16,5
Volume vat (m ³)	5789
Uitstroom coëfficiënt	0,62
Uitstroomsnelheid (kg/s)	0,9
Temperatuur (°C)	9,7
Druk (bar)	16,4
Dichtheid (kg/m³)	30,7

Ook hier is de uitstroomsnelheid bepaald aan de hand van de tweede stap van de Paarse Boek benadering. Het kooldioxide stroomt turbulent uit het gat (snelheid 93 m/s). Er is aangenomen dat het lek ontstaat tijdens werkzaamheden en dat de leiding op het maaiveld ligt. Dit is een conservatieve aanpak.

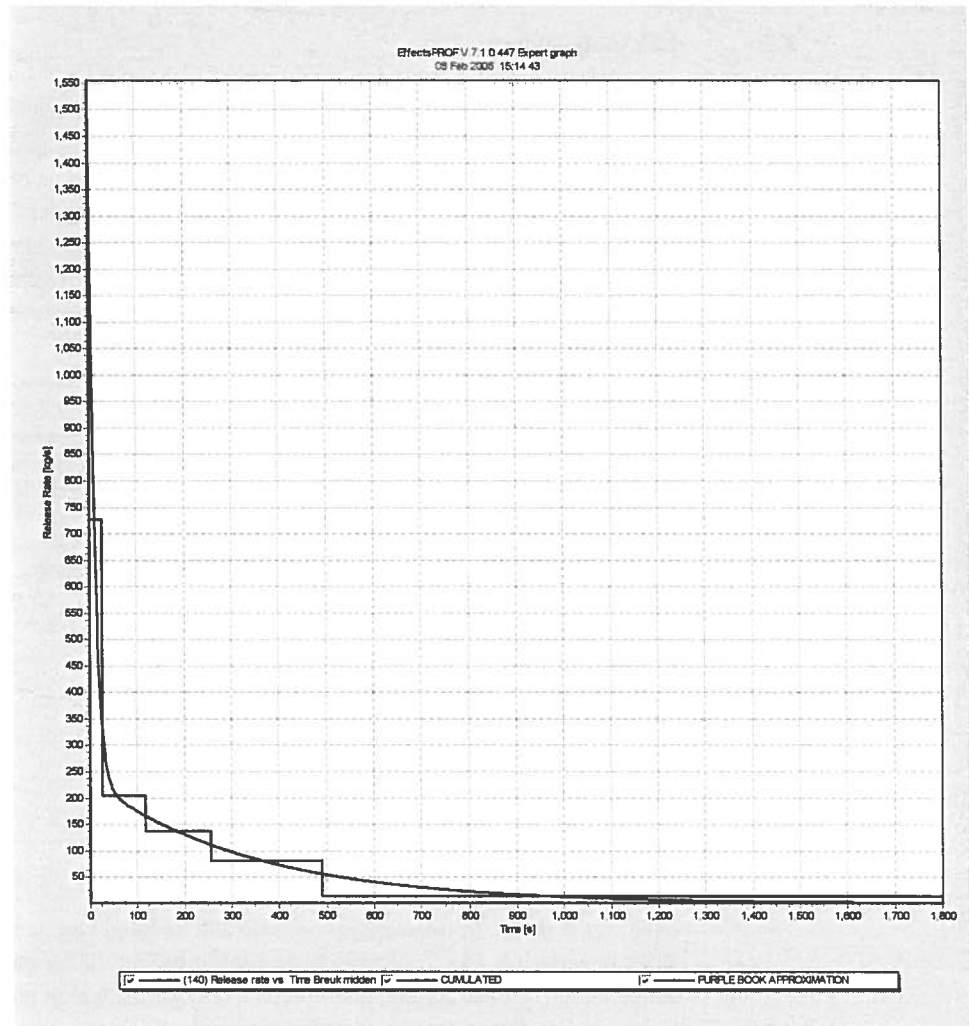
Onderstaande tabel toont de invoergegevens voor de bepaling van de effectafstanden.

Tabel 24 Invoerparameters - dispersie kooldioxide bij 20 mm breuk

Model	EFFECTS : Turbulent free jet
Uitstroomdebiet (kg/s)	0,9
Dichtheid (kg/m ³)	30,7
Volume fractie stof bij uitstroming (Vol%)	100
Gat diameter (mm)	20
Omgevingstemperatuur (°C)	10

De afstand die verkregen wordt voor de AGW is 0,8 meter.

D Paarse Boek aanpak voor bepaling debiet



Figuur 13 Uitstroomdebiet vs uitstroomtijd met de Paarse Boek aanpak (trapsgewijze curve)

E Standaard meteo file Rotterdam

Onderstaande tabel toont de waarschijnlijkheden dat voor Rotterdam bepaalde atmosferische omstandigheden optreden, zowel voor overdag als 's nachts.

Tabel 25 Standaard meteo file Rotterdam

Stabiliteitsklasse	Windsnelheid	Dag (%)	Nacht (%)
B (Onstabiel)	3	10,78	0
D (Neutraal)	1,5	4,92	8,50
D (Neutraal)	5	13,53	14,6
D (Neutraal)	9	14,76	12,24
E (Stabiel)	5	0	6,08
F (Zeer stabiel)	1,5	0	14,58
Totaal		44	56

Voor de uitgevoerde dispersieberekeningen is deze verdeling herleid tot onderstaande waarden (zie ook paragraaf 5.1.2).

Tabel 26 Aangepaste meteo file Rotterdam

Stabiliteitsklasse	Windsnelheid	Dag (%)	Nacht (%)
B (Onstabiel)	3	10,8	0
D (Neutraal)	1,5	0	0
D (Neutraal)	5	33,2	35,3
D (Neutraal)	9	0	0
E (Stabiel)	5	0	0
F (Zeer stabiel)	1,5	0	20,7
Totaal		44	56

F Invloed extra afsluiter

Een aanvullende veiligheidsmaatregel die bestudeerd is, is het toevoegen van een extra afsluiter ten zuiden van de verlengde Australiëweg. Het toevoegen van een extra afsluiter zorgt ervoor dat de leidingsectie tussen twee afsluiters kleiner wordt, waardoor er minder kooldioxide vrij kan komen. Echter, indien de reactietijd van de afsluiters niet verandert, zal de uitstroming gedurende tien minuten via de afsluiters nog steeds een bijdrage leveren.

De leidingsectie tussen de twee afsluiters bedraagt ongeveer 4 km. Voor de bepaling van de gecorrigeerde leidinglengte is dezelfde aanpak gevolgd als voor een volledige breuk van de leiding (zie bijlage C.1). De gecorrigeerde leiding lengte bedraagt 5,8 km. Voor de bepaling van de effectafstanden is het zelfde debiet (408 kg/s) gebruikt als voor de volledige breuk en is de uitstroomtijd (145s) afgestemd op de inhoud van de leiding (59.099 kg).

Onderstaande tabel toont de parameters voor een tweezijdige uitstroming.

Tabel 27 Uitstroming bij extra afsluiter- rekening houdend met tweezijdige uitstroming

Uitstroomsnelheid (kg/s)	408
Uitstroomtijd (s)	145

In de volgende tabel staan de gegevens voor de dispersie van het zwaar gas.

Tabel 28 Invoer parameters- Dispersie kooldioxide bij extra afsluiter

Model	EFFECTS : Dense gas release, concentration
Bron	Plasverdamping
Uitstroomdebiet (kg/s)	1116
Uitstroomduur (s)	145
Samenstelling bron	100% gasvormig
Oppervlakte plas (m ²)	200
Observatiehoogte (m)	1,5

Onderstaande tabel toont de berekende effectafstanden voor de situatie met een extra afsluiter.

Tabel 29 Effect afstanden extra afsluiter.

Grenswaarde	B3		D5		F1,5	
	Lengte (m)	Breedte (m)	Lengte (m)	Breedte (m)	Lengte (m)	Breedte (m)
Afsluiter						
99% letaal	-	-	-	-	-	-
50% letaal	-	-	-	-	-	-
10% letaal	-	-	-	-	55	110
1% letaal	-	-	35	45	75	150
LBW	55	100	115	110	180	290
AGW	95	135	200	145	221	330

Het College van Burgemeester
en Wethouders van Zoetermeer
Postbus 15
2700 AA Zoetermeer

Risico's van de CO₂ leiding

Datum

24 AUG. 2007

Kenmerk

DGM/EV2C07082986

Uw brief

28 juli 2007

Uw kenmerk

BU/SC/07/14665

Geacht College,

In uw brief d.d. 26 juli vraagt u mij een bestuurlijk standpunt in te nemen over het gebruik van de zogenaamde NPM leiding voor het transport van CO₂. Daarnaast verwacht u dat ik ook de consequenties zal dragen voor dit standpunt.

Sinds maart dit jaar is er intensief contact tussen mijn en uw medewerkers. Uit deze overleggen is duidelijk geworden dat de problematiek rondom de CO₂ leiding en de te bouwen wijk "Oosterheem" uit twee onderdelen bestaat.

Eenzijds is er een discussie geweest over de mate van vervorming van de leiding door de bouw van de gencemde nieuwbouwwijk. Ik ben van mening dat deze discussie met het afsluiten van het technisch overleg is afgerond. Naar ik begrijp is de conclusie van dit overleg een voor u werkbare oplossing. Anderzijds bestond een discussie over de mogelijke risico's voor de omgeving als gevolg van de CO₂-leiding. Na een uitgebreide discussie tussen het RIVM en TNO is het RIVM tot een conclusie gekomen (RIVM brief d.d. 20 augustus, bijgevoegd). Deze conclusies zijn dezelfde als de voorlopige conclusies die het RIVM 31 mei heeft gecommuniceerd en komen er in het kort op neer dat de effecten van deze CO₂ leiding (en daarmee ook de PR 10⁻⁸ contour) binnen de 4 meter blijven.

Aangezien de uitspraak van het RIVM inhoudt dat er geen letale gevolgen buiten de belemmerde strook zullen plaatsvinden is uw vraag om de consequenties van dit standpunt te dragen niet meer relevant.

Dit neemt niet weg dat op het gebied van hulpverlening en zelfredzaamheid nog een zekere voorbereiding gewenst is.

In samenwerking met mijn collega van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties scherp ik het beleid rondom het optreden van de hulpverlenende diensten bij buisleidingincidenten aan. Als onderdeel van bovengenoemd programma actualiseert het Nederlands Instituut voor Fysieke Veiligheid, in opdracht van het ministerie van BZK, de "Handreiking voor het optreden bij buisleidingincidenten". In het najaar van 2007 zal deze handreiking, die ook van toepassing is op CO₂ leidingen beschikbaar zijn voor de hulpverlenende diensten. Het is daarbij aan de gemeenten en veiligheidsregio's, die CO₂ leidingen binnen hun verzorgingsgebied hebben, zich goed voor te bereiden op incidenten waarbij deze leidingen betrokken zijn.

Hoogachtend,

De Minister van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer,
namens deze:
de wnd. directeur-generaal Milieu,



Mr. ing. J.H. Enter

Postbus 1
3720 BA Bilthoven

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven

Tel (030) 274 91 11

Fax (030) 274 29 71

info@rivm.nl

www.rivm.nl



Ministerie van VROM
Directie Externe Veiligheid (ipc 637)
T.a.v. de heer ir. M. van Leest
Postbus 30945
2500 GX DEN HAAG



Onderwerp

RIVM standpunt modellering CO2 buisleiding Zoetermeer

Geachte heer Van Leest,

Datum

20 augustus 2007

Ons kenmerk

219/07 CEV Ric/am-1636

Uw kenmerk

e-mail d.d. 3 augustus 2007

Blad

1/4

Behandeld door

ir. D. Riedstra

Tel 030-274 4583

Fax 030-274 4442

durk.riedstra@rivm.nl

Bijlagen

Verspreidingsberekeningen

Kopie aan

M. Molag, TNO

F. Kasel, VROM Inspectie ZW

Op 3 augustus 2007 heeft u het Centrum Externe Veiligheid (CEV) van het RIVM gevraagd duidelijkheid te geven over de mogelijke gevolgen van een ongeval met de voormalige, met CO₂ gevulde NPM leiding in Zoetermeer. Over dit onderwerp is de laatste tijd veel discussie geweest.

Op 31 mei 2007 heeft het CEV aan u het advies afgegeven dat zowel bij een leidingbreuk als bij een leidinglekage letale toxische effecten buiten de zakelijk recht zone van de hoge druk CO₂-leiding (4 tot 5 meter) niet waarschijnlijk zijn¹. In de notitie *Externe Veiligheid CO₂ leiding Oosterheem* van 15 juni 2007² reageert TNO op dit advies. TNO stelt dat uit een recent HSE onderzoek naar de toxiciteit van CO₂ blijkt dat letale effecten tot op een afstand van 180 meter van de leiding mogelijk zijn.

Standpunt RIVM/CEV

Wij vinden de modellering van TNO, die uitgaat van een impulsloze uitstroming zonder daarbij rekening te houden met luchtinmenging, niet realistisch. Wij blijven bij ons eerdere standpunt dat - op basis van de huidige inzichten - er bij een ongeval met de CO₂-leiding te Zoetermeer geen letale effecten te verwachten zijn buiten de zakelijk recht zone.

Het standpunt wordt in het vervolg van de brief toegelicht.

Het verschil in resultaten van de effectberekeningen van TNO en het CEV wordt grotendeels veroorzaakt door de modellering van de uitstroming en verspreiding van CO₂ en niet zo zeer door de aanname ten aanzien van de toxiciteit van CO₂³. Om die reden gaan wij uitsluitend in op de modellering van de uitstroming van CO₂ bij leidingbreuk.

TNO stelt dat het uitstromende CO₂ in het geval van een breuk in een ondergrondse leiding geen snelheid in verticale richting heeft en met de wind (horizontaal) wordt

¹ Voorlopige resultaten effectberekeningen hoge druk CO₂ leiding door Zoetermeer, RIVM brief d.d. 31 mei 2007 (kenmerk: 137/07 CEV Ric/pbz-1636).

² Externe Veiligheid CO₂ leiding Oosterheem, TNO notitie d.d. 15 juni 2007 (kenmerk: 034/64123/)

³ Uit een beoordeling van het Centrum voor Stoffen en Integratie Risicoschatting (SIR) van het RIVM blijkt dat de onderliggende toxiciteitsgegevens uit het betreffende HSE onderzoek de door TNO gebruikte dosis-effect relatie niet rechtvaardigen. De betreffende dosis-effect relatie is derhalve niet bruikbaar. Dit verklaart echter niet de grote onderlinge verschillen.

Datum

20 augustus 2007

Ons kenmerk

219/07 CEV Ric/am-1636

Blad

2/4

meegevoerd. De uitstroming is door TNO als een oppervlaktebron van 20 bij 10 meter gemodelleerd, zonder luchtinmenging bij het vrijkomen.

Daarvoor noemt TNO de volgende redenen⁴:

- bij instantaan vrijkomen treedt scheurpropagatie op (ongeval België en andere ongevallen), waardoor uitstroming uit twee leidingdelen plaats vindt;
- door de fysische explosie is de krater veel groter dan bij een jet release;
- de druk van de CO₂ (10 tot 20 bar) is betrekkelijk laag in vergelijking met een aardgasleiding;
- CO₂ is in tegenstelling tot aardgas een zwaar gas;
- fase overgang naar vloeistof en vaste stof bij uitstroming is mogelijk.

In de berekening die ten grondslag lag aan ons advies van 31 mei 2007¹ hebben wij eveneens rekening gehouden met kratervorming, uitstroming vanuit twee leidingdelen, een maximale leidingdruk van 22 bar en het feit dat kooldioxide een zwaar gas is. Alleen gaan wij er van uit dat de verticale snelheid van het uitstromende kooldioxide nog aanzienlijk is. Ten gevolge van tweezijdige uitstroming botsen de stromen uit de twee leidingdelen tegen elkaar aan, waardoor de uiteindelijke uitstroomsnelheid weliswaar lager zal zijn dan bij ongehinderde uitstroming, maar zeker niet impulsloos. Een impulsloze uitstroming wordt pas bereikt wanneer het vrijkomende CO₂ door de grote hoeveelheid ingemengde lucht zo wordt verdund dat geen letale concentraties zouden worden bereikt.

Wij zullen dit nader onderbouwen aan de hand van gegevens van ongevallen, door in te gaan op de modellering met behulp van PIPESAFE en aan de hand van verspreidingsberekeningen die wij met SAFETI-NL hebben uitgevoerd.

Ongevallen

Het enige bij ons bekende incident met een CO₂-leiding geeft geen uitsluitel ten aanzien van de uitstroomsnelheid, omdat het een bovengronds leidingdeel betrof⁵.

Uit de database van Gasunie Leidingen blijkt dat leidingbreuk bijna altijd wordt veroorzaakt door graafwerkzaamheden ('beschadiging door derden'), waarbij de ondergrondse leiding aan de bovenzijde openscheurt en het gas verticaal uitstroomt. Ook bij lagere leidingdrukken zoals 8 bar treedt dit op⁶. Bij het ongeval met een hoofdtransportleiding met aardgas in Gellingen (België) in 2004 waar TNO naar refereert⁴, was de uitstroming in verticale richting eveneens niet impulsloos. Dit ongeval heeft ook niet geleid tot aanpassing van de modellering. Integendeel: de waargenomen effecten stemden goed overeen met de huidige modellering.

Modellering met behulp van PIPESAFE

Gasunie gebruikt voor risicoberekeningen aan haar eigen aardgasleidingen met een werkdruk vanaf 16 bar het rekenpakket PIPESAFE. Dit pakket houdt bij leidingbreuk rekening met kratervorming: de snelheid van het uitstromende medium wordt berekend aan de hand van de hoeveelheid ingemengde lucht, die bepaald wordt door de afmeting van de krater. De grootte van de krater wordt beïnvloed door de procesdruk, leidingdiameter, diepteligging, grondsoort etc. Het ligt voor de hand om voor de 'overige leidingen' zoals CO₂-leidingen aansluiting te zoeken bij deze modellering voor

⁴ E-mail van de heer Molag aan de heer Riedstra van het RIVM d.d. 25 juli 2007 (met afschrift aan VROM).

⁵ Op 21 augustus 2006 heeft in Naaldwijk een lekkage plaatsgevonden vanuit een bovengronds deel van een 90 mm polyethyleenleiding, waarbij de leiding uit een knelfitting was getrokken nabij een afleverpunt van een afnemer. In verband met de druk van 8 bar ontstond direct een grote uitstroming met veel lawaai waardoor de omwonenden ('s nachts) op de lekkage werden geattendeerd.

⁶ Wanneer de jet in die gevallen niet ontsteekt, doet de brandweer dat meestal vanuit veiligheidsoverwegingen zelf alsnog en er ontstaat een fakkel. Bij een impulsloze uitstroming waarbij de vrijkomende aardgas volledig met de wind wordt meegevoerd, zou de brandweer een dergelijke veiligheidsmaatregel niet treffen.

Datum
20 augustus 2007
Ons kenmerk
219/07 CEV Ric/am-1636
Blad
3/4

aardgasleidingen, die de huidige kennis weergeeft (rekening houdend met de eigenschappen van CO₂).

Verspreidingsberekeningen CEV

Bij een breuk in een ondergrondse hoge druk leiding vindt volgens het 'Paarse Boek' (PGS 3) onder hoge druk uitstroming plaats in verticale richting. Hierin is niet voorgeschreven hoe moet worden omgegaan met een verlaging van de uitstroomsnelheid door luchtinmenging. Een voorstel hoe de 'overige leidingen' moeten worden gemodelleerd wordt later dit jaar verwacht.

Voor de kraterafmeting en de luchtinmenging voor de situatie in Zoetermeer zijn wij in overleg met Gasunie. Vanwege de urgentie van de problematiek zijn alvast effectberekeningen uitgevoerd met SAFETI-NL versie 6.51. Met behulp van het 'long pipeline'-model hebben wij voor twee blootstellingsduren de gemiddelde bronsterkte berekend, uitgaande van een 26 inch leiding, een druk van 22 bar en een temperatuur van 9°C (tabel 1). Daarbij zijn verschillende hoeveelheden ingemengde lucht gehanteerd (tabel 2).

Tabel 1: Resultaten bronsterkte bepaling en uitstroomsnelheid bij leidingbreuk

'Duration of interest'	Bronsterkte CO ₂	Uitstroomsnelheid	Eindtemperatuur CO ₂
10 minuten	574 kg/s	345 m/s	-9°C [#]
30 minuten	384 kg/s	288 m/s	-9°C [#]

#: Bij deze temperatuur vindt geen faseovergang plaats.

Vanwege de verticale uitstromingsrichting zijn wij bij de verspreidingsberekeningen uitgegaan van een gemiddelde uitstroming over een periode van 30 minuten, omdat bij die lagere bronsterkte en uitstroomsnelheid eerder letale effecten in de omgeving zijn te verwachten (dan bij 10 minuten).

Tabel 2: Uitgangspunten verspreidingsberekeningen bij leidingbreuk

Hoeveelheid luchtinmenging t.o.v. bronsterkte CO ₂	Bronsterkte CO ₂	Luchtinmenging	Verticale snelheid
- geen luchtinmenging	384 kg/s	0 kg/s	288 m/s
- 2x zoveel lucht als CO ₂	384 kg/s	768 kg/s	96 m/s
- 5x zoveel lucht als CO ₂	384 kg/s	1920 kg/s	48 m/s
- 10x zoveel lucht als CO ₂	384 kg/s	3840 kg/s	26 m/s
- 20x zoveel lucht als CO ₂	384 kg/s	7680 kg/s	14 m/s

De verspreidingsberekeningen die met SAFETI-NL zijn uitgevoerd, sluiten - wat bronsterkte, uitstroomsnelheid en luchtinmenging betreft - goed aan bij waarden die met PIPESAFE zouden worden berekend⁷.

Bij toename van de hoeveelheid ingemengde lucht daalt zowel de verticale snelheid als de CO₂-concentratie. Bij een lagere snelheid krijgt de wind eerder vat op het vrijkomende CO₂, waardoor deze sneller in de omgeving (op leefniveau) verspreidt. Aan de andere kant zorgt de ingemengde lucht ervoor dat de CO₂-concentratie al snel in een niet-letaal gebied van 5 tot 10 vol%⁸ komt te liggen. Deze effecten werken

⁷ In het rapport *Vergelijking PIPESAFE versus SAFETI* (rapport TR/T 99.R.5011, RIVM/Gasunie, 25 januari 2000) waarin de risicoberekeningspakketten PIPESAFE met SAFETI met elkaar worden vergeleken. De bronsterkte bleken aardig met elkaar overeen te komen (SAFETI 15 tot 30% lager). De uitstroomsnelheid was vergelijkbaar. Voor een 16 inch aardgasleiding (40 bar) werd een hoeveelheid ingemengde lucht berekend die een factor 7 tot 8 hoger was dan de bronsterkte van het aardgas (voor een 48 inch leiding en een leidingdruk van 60 bar was dit een factor 2 tot 2,5).

⁸ In de interne memo *Evaluation of acute toxicity of CO₂* van het Centrum voor Stoffen en Integrale Risicoschatting (april 2007) wordt een conservatieve schatting voor blootstelling van 1 uur aan CO₂ gegeven:

- no deaths are expected at CO₂ concentrations of up to 5-10 Vol%;
- serious effects and possible mortality may start to occur at about 10-15 Vol%;

Datum

20 augustus 2007

Ons kenmerk

219/07 CEV Rie/am-1636

Blad

4/4

teggengesteld: terwijl de pluim lager en breder wordt, daalt de CO₂-concentratie (zie bijlage). Bij een luchtinmenging die tien keer zo groot is als de CO₂-bronsterkte wordt een concentratie van 10 vol% CO₂ niet meer bereikt (bij een factor 20 ook een concentratie van 5 vol% CO₂ niet meer). In de bijlage zijn de resultaten van de verspreidingsberekeningen weergegeven.

Bij een zeer grote luchtinmenging zou de uitstroming - in theorie - min of meer impulsloos kunnen worden. In dat geval is de CO₂ echter zodanig verdund dat er geen letale effecten meer optreden.

Conclusie

Er zijn bij een ongeval met de CO₂-leiding te Zoetermeer op basis van de huidige inzichten geen letale effecten te verwachten buiten de zakelijk recht zone van 4 tot 5 meter, ongeacht van welke hoeveelheid luchtinmenging wordt uitgegaan. Wij vinden de modellering van TNO, die uitgaat van een impulsloze uitstroming zonder daarbij rekening te houden met luchtinmenging, daarom niet realistisch. Wij zien daarom geen aanleiding om ons eerdere standpunt te wijzigen¹.

Wij gaan er van uit dat met deze brief de onduidelijkheden rond de modellering van de risico's van de CO₂-leiding bij de gemeente Zoetermeer zijn weggenomen en dat de discussie hiermee is afgerond.

Wij sturen de VROM Inspectie een kopie van deze brief, zodat zij goed geïnformeerd zijn als er vragen over de CO₂-buisleiding te Zoetermeer worden gesteld. Indien u daar bezwaar tegen heeft, verzoeken wij u dit binnen 10 dagen na dagtekening aan ons te laten weten.

Ik vertrouw erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd. Voor vragen kunt u contact opnemen met de heer Riedstra, telefoonnummer 030 -274 4583.

Met vriendelijke groet,

ba. 

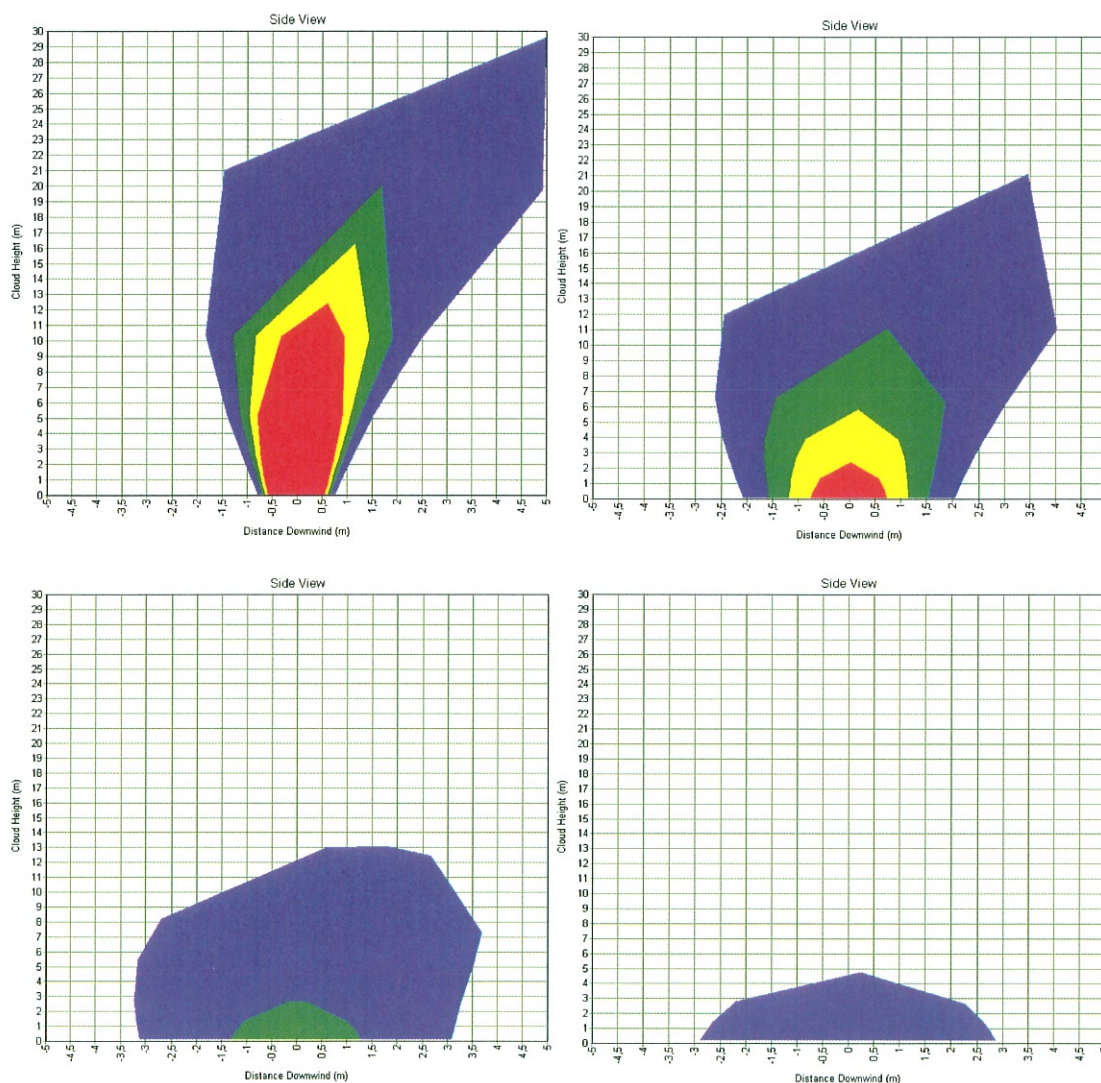
ir. C.M. van Luijk
Hoofd Centrum Externe Veiligheid

- a high level of mortality may occur at about 20-25 Vol%.

Bijlage: verspreidingsberekeningen

Opdrachtgever: Maarten van Leest, Ministerie van VROM
Datum: 20 augustus 2007
Briefnummer: 219/07 CEV Rie/am-1636
Uitvoerder: Durk Riedstra, Centrum Externe Veiligheid (RIVM)

Verspreiding van CO₂ na leidingbreuk bij het meest ongunstige weertype (D9): 5 vol% (blauw), 10 vol% (groen), 15 vol% (geel) en 20 vol% (rood). Bij CO₂-concentraties tussen 5 en 10 vol% worden geen letale effecten verwacht.



figuur 1: CO₂-concentratieniveaus bij verschillende hoeveelheden ingemengde lucht: geen luchtinmenging (linksboven) en een luchtinmenging die respectievelijk een factor 2 (rechtsboven), 5 (linksonder) en 10 (rechtsonder) keer de CO₂-bronsterkte.

Wanneer de hoeveelheid ingemengde lucht 20x zo groot is als de bronsterkte van CO₂ wordt de concentratie van 5 vol% niet meer bereikt.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport

> Retouradres Postbus 1 3720 BA Bilthoven

Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Afdeling Risicobeheer
T.a.v. dhr. E. Haan
Postbus 30945
2500 DEN HAAG

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

KvK Utrecht 30276683

T 030 274 91 11

F 030 274 29 71

info@rivm.nl

Ons kenmerk

308/10 CEV Spo/ani-2897

Behandeld door

Margreet Spoeistra
MEV-CEV

T 030 274 7558

F 030 274 4442

margreet.spoelstra@rivm.nl

Bijlagen

2

Datum 14 december 2010
Onderwerp Risico's CO₂-leiding

Geachte heer Haan,

In uw mail van 7 juli 2010 vraagt u het Centrum Externe Veiligheid (CEV) antwoord te geven op de vraag die de gemeente Zoetermeer het Ministerie van VROM heeft gesteld¹. Concreet vraagt de gemeente Zoetermeer of *"het incident in Mönchengladbach op 16 augustus 2008 het RIVM aanleiding geeft het standpunt inzake de risico's van de CO₂-leiding te heroverwegen, met name vanuit een oogpunt van de te volgen strategie bij ongevallen"*². Naar aanleiding van deze brief heeft CEV contact opgenomen met de gemeente Zoetermeer met het verzoek om een nadere omschrijving van de vraag³. Uiteindelijk is die omschrijving verkregen tijdens een telefoongesprek met mevrouw Roza van de gemeente Zoetermeer⁴. De vraag luidt nu in hoeverre de PR 10⁻⁶ contour van 5 m, geldend voor de CO₂-leiding in het Oosterheemgebied, ook geldt voor de CO₂-leiding nabij het te ontwikkelen station Bleizo. Speciale aandacht wordt hierbij gevraagd voor het gedeelte van het tracé waarbij de leiding de A12 kruist middels een zgn. duiker.

Conclusie

Voor de ondergronds gelegen CO₂-leiding nabij station Bleizo is een PR 10⁻⁶ contour van 5 m redelijk te noemen. Wanneer de leiding bovengronds komt in de duiker, neemt de PR 10⁻⁶ contour ter plaatse toe tot 15 m.

Het scenario breuk is bepalend voor zowel de effecten als de risico's. Het scenario lek geeft in alle gevallen geen letale effecten op grondniveau.

De effecten en de risico's worden bepaald door de ligging van de leiding, de uitstroomrichting van het vrijgekomen CO₂-gas en de mate van belemmering.

Algemeen

Met betrekking tot externe veiligheid vallen transportleidingen die CO₂ vervoeren in de categorie Overige Leidingen. Voor het berekenen van de risico's van leidingen uit deze categorie ontwikkelt CEV een methodiek in samenwerking met de

¹ E-mail E. Haan, Ministerie van VROM, dd. 7 juli 2010. Toegestuurd zijn de brief van de gemeente Zoetermeer en een herinneringsbrief van de gemeente Zoetermeer dd. 16 juni 2010.

² Brief Gemeente Zoetermeer, dd. 11 mei 2010, *Risico's CO₂-leiding*, kenmerk RU/SO/ROM/10/8991

³ E-mail mevrouw Spoeistra, CEV, dd. 9 juli 2010 aan de heer Boelema, gemeente Zoetermeer.

⁴ Telefoongesprek mevrouw Spoeistra, CEV, dd. 17 november 2010 met mevrouw Roza, gemeente Zoetermeer.

Datum
14 december 2010

Ons kenmerk
308/10 CEV Spo/ani-2897

leidingeigenaren⁵. Deze conceptmethodiek is door CEV gebruikt voor het beantwoorden van de gestelde vragen, omdat het de meest recente inzichten beschrijft en omdat geen verdere aanpassing in de modellering van CO₂-leidingen wordt verwacht.

Om antwoord te kunnen geven op de gestelde vragen, zijn verkennende berekeningen uitgevoerd. De berekeningen zijn uitgevoerd met Safeti-NL 6.54. De resultaten van de berekeningen moeten gezien worden als een indicatie, omdat de huidige methodiek niet aangeeft hoe om moet worden gegaan met transportleidingen op leidingbruggen of met transportleidingen die door tunnels of kunstwerken heengaan. De methodiek beschrijft ook niet het toepassen van maatregelen die de kansen op of de gevolgen van het falen van een transportleiding beperken. In de berekeningen zijn eventuele aanwezige of mogelijke maatregelen daarom niet meegenomen.

Parallel aan de door de gemeente Zoetermeer gestelde vraag, loopt momenteel een traject waarbij op verzoek van de VROM-Inspectie een bow-tie analyse is opgesteld voor het deel van de CO₂-leiding dat de A12 kruist⁶. Deze analyse is recentelijk ter beoordeling voorgelegd aan CEV, maar de uitkomsten van zowel de analyse als de beoordeling zijn niet meegenomen in de verkennende berekeningen.

Aanpak

- Bij de berekeningen is gelet op de uitstroomrichting van het vrijkomende CO₂-gas. Voor ondergronds gelegen transportleidingen wordt een verticale uitstroomrichting gemodelleerd en voor bovengronds gelegen leidingen een horizontale richting. Bij de kruising met de A12 komt de CO₂-leiding bovengronds, maar wordt daar overkapt door het wegdek van de A12. Een dergelijke situatie wordt in de concept methodiek niet beschreven. Om rekening te houden met een mogelijk verlaagde impuls ten gevolge van uitstroming tegen het wegdek aan, is in de verkennende berekeningen gekozen de volgende drie situaties door te rekenen⁷:
 1. Ondergrondse leiding met vrije verticale uitstroming
 2. Bovengrondse leiding met vrije horizontale uitstroming
 3. Bovengrondse leiding met belemmerde uitstroming, uitstroomrichting horizontaal
- Aangenomen is dat de wegdek van de A12 niet faalt onder invloed van de impuls van het vrijkomende CO₂.
- Voor de desbetreffende CO₂-leiding geldt vooralsnog een standaard faalfrequentie van 6×10^{-4} per kilometerjaar met een breuk:lek-verhouding van 0,25 – 0,75. Deze waarde is ook aangehouden voor de leiding ter hoogte van de duiker. Mogelijk dat op basis van de bow-tie analyse in de toekomst een andere faalkans gehanteerd kan worden.
- De berekeningen omvatten zowel effect- als risicoberekeningen. De effectberekeningen zijn uitgevoerd bij de windklasse die het meest voorkomt (D5) en bij de windklasse die veelal de grootste effectafstanden geeft (F 1.5). Bij de risicoberekeningen zijn alle windklassen meegenomen.

⁵ RIVM, *Handleiding Risicoberekening Bevb, Module Overige Leidingen*, versie 0.8 (september 2010)

⁶ Tebodin, *Bow-tie analyse NPM leiding - Kruising A12*, (september 2010).

⁷ Een situatie waarbij er sprake is van belemmerde uitstroming bij een ondergronds gelegen leiding, wordt niet realistisch geacht en is daarom niet beschouwd.

**Datum**

14 december 2010

Ons kenmerk

308/10 CEV Spo/anl-2897

- Omdat station Bleizo hoger ligt dan het maaiveld, zijn bij de effectberekeningen naast de standaardhoogte van 1 m ook de hoogtes 5 m en 10 m meegenomen.
- De effectafstanden zijn bepaald bij een CO₂-concentratie van 5 vol. %, omdat bij lagere concentraties geen dodelijke slachtoffers te verwachten zijn⁸. Dit is een conservatieve aanname. Voor de risicoberekeningen zijn probitwaarden gebruikt (zie Bijlage 1).
- De berekeningen zijn ter controle ook uitgevoerd met Phast Risk 6.6, omdat in deze versie eventuele vorming van vast CO₂ meegenomen kan worden in tegenstelling tot Safeti-NL 6.54⁹. Vast CO₂ wordt alleen gevormd wanneer vrijgekomen gasvormig CO₂ door expansie afkoelt tot -78°C.

Resultaten

De resultaten van de effectberekeningen zijn weergegeven in Tabel 1. Om de resultaten van de risicoberekeningen goed weer te geven, is er voor gekozen deze voor de drie situaties grafisch weer te geven. Hierbij is uitgegaan van een ondergrondse leiding van 1 kilometer lengte. In situatie 1 worden er geen risicocontouren op leefniveau gevonden, in situatie 2 wel (Figuur 1). In situatie 3 komt halverwege de leiding een stuk van 30 m bovengronds (Figuur 2). Voor de details van de berekeningen wordt verwezen naar de bijlage.

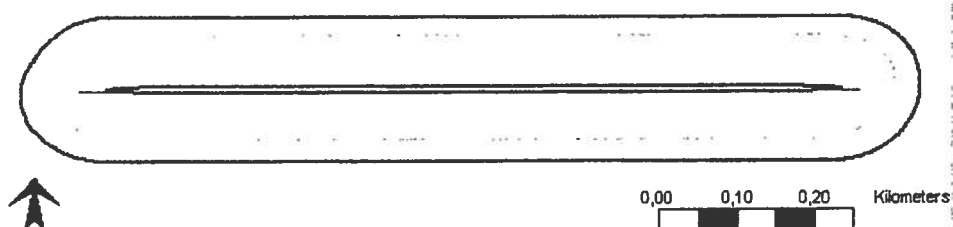
Tabel 1 - Resultaten van de effectberekeningen aan de CO₂-leiding.

Effectafstand bij 5 vol. % CO ₂						
	Hoogte 1 m		Hoogte 5 m		Hoogte 10 m	
	D5	F1.5	D5	F1.5	D5	F1.5
Vrije uitstroming						
<i>1. Verticale uitstroming</i>						
- Breuk	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
- Lek	< 2	< 2	-	-	-	-
<i>2. Horizontale uitstroming</i>						
- Breuk	145	155	55-90	35-120	-	-
- Lek	-	-	-	-	-	-
Gereduceerde impuls						
<i>3. Horizontale uitstroming</i>						
- Breuk	290	385	-	-	-	-
- Lek	< 2	< 2	-	-	-	-

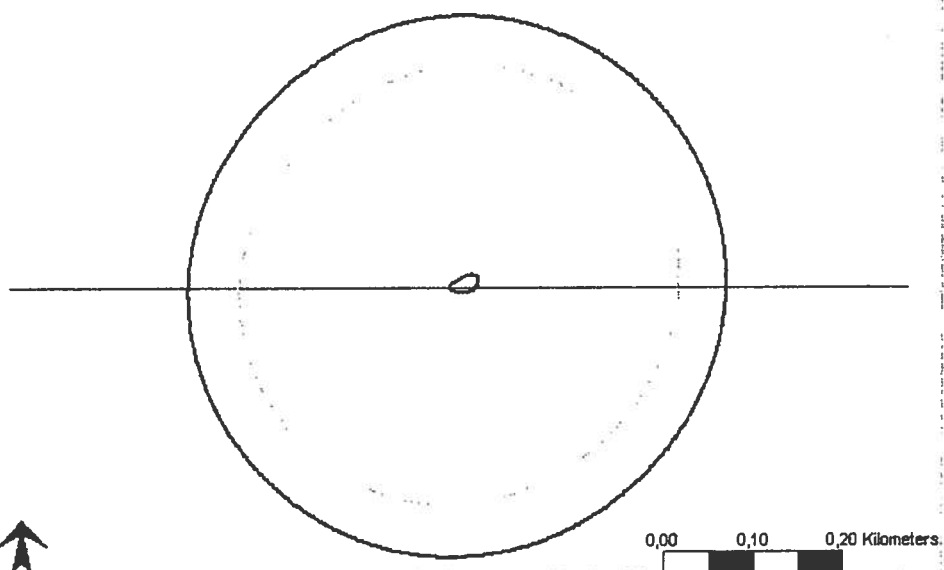
⁸ http://www.rivm.nl/milieuportal/images/20091002_Evaluation_toxicity_CO2.pdf

⁹ Safeti-NL is de Nederlandse benaming van het programma Phast Risk. Versie 6.6 staat momenteel alleen ter beschikking aan het RIVM en commerciële gebruikers.

Datum
14 december 2010
Ons kenmerk
308/10 CEV Spo/ani-2897



Figuur 1 - Resultaten van de risicoberekeningen aan een bovengrondse CO₂-leiding met een lengte van 1 kilometer.



Figuur 2 - Resultaten van de risicoberekeningen aan een ondergrondse CO₂-leiding met een lengte van 1 kilometer, waarbij de leiding over een lengte van 30 m bovengronds komt en daar sprake is van belemmerde uitstroming.

Op basis van de berekeningen kan voor de drie situaties het volgende worden geconcludeerd:

1. Leiding ondergronds met vrije uitstroming

Een dergelijke situatie doet zich voor in het vrije veld. In de berekeningen wordt de uitstroomrichting verticaal genomen¹⁰. Zolang de betreffende CO₂-leiding ondergronds ligt en er sprake is van vrije uitstroming, worden er geen effecten op grondniveau verwacht. Een PR 10⁻⁶-contour wordt niet berekend, omdat de CO₂-concentratie op grondniveau verwaarloosbaar is. Door de hoge uitstroomsnelheid is er sprake van turbulente luchtopmenging, waardoor de CO₂-concentratie op

¹⁰ Wanneer in de gegeven situatie CO₂-gas onder een hoek van 30° of 60° uitstroomt, worden er ook geen letale concentraties op grondniveau gevonden.



Datum

14 december 2010

Ons kenmerk

308/10 CEV Spo/ani-2897

hoogte snel lager wordt en er op grondniveau geen letale concentraties meer worden berekend (zie Bijlage 2). Het scenario lek blijkt niet bij te dragen aan het risico. Het hanteren van een PR 10^{-6} -contour van 5 m voor de betreffende leiding is op basis van deze bevindingen redelijk te noemen.

Vanwege de hoge uitstroomsnelheid worden ook op 5 m en 10 m hoogte geen letale effecten berekend.

2. Leiding bovengronds met vrije uitstroming

Deze situatie doet zich bijvoorbeeld voor wanneer een leiding op een leidingbrug ligt. Wanneer een leiding bovengronds komt, wordt de uitstroomrichting horizontaal genomen; dit is een conservatieve aanname. Het vrijgekomen CO₂-gas blijft laag bij de grond wat resulteert in relatief grote effectafstanden. Een PR 10^{-6} contour wordt nu wel berekend, maar deze is minder dan 5 m (zie Figuur 1).

Het scenario lek draagt niet bij aan het risico en op 5 m en 10 m hoogte worden geen letale effecten berekend.

3. Leiding bovengronds met belemmerde uitstroming

Dit is de situatie die zich voordoet bij de CO₂-leiding die de A12 passeert in een duiker. In verband met de verticale opening van de duiker wordt bij falen van de CO₂-leiding een horizontale uitstroming geforceerd. Door de grotere uitstroomopening stroomt het gas minder snel de duiker uit, waardoor er minder sprake is van turbulente opmenging en waarbij de gaswolk door de wind ver kan worden meegedragen. In deze situatie worden daarom forse effectafstanden berekend, maar de PR 10^{-6} contour blijft echter beperkt tot 15 m (zie Figuur 2).

Het scenario lek draagt ook hier niet bij aan het risico en op 5 m en 10 m hoogte worden geen letale effecten berekend.

Voor alle situaties geldt dat de resultaten in Phast Risk 6.6 vergelijkbaar zijn met de resultaten in Safeti-NL 6.54. Phast Risk 6.6 laat bovendien zien dat er geen vast CO₂ wordt gevormd, omdat het vrijgekomen CO₂ afkoelt tot -72°C en het sublimatiepunt bij -78°C niet wordt bereikt.

Wij sturen de VROM-inspectie een kopie van deze brief, zodat zij goed geïnformeerd is als er vragen over de CO₂-leiding bij de kruising met de A12 worden gesteld.

Ik vertrouw er op u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd. Voor vragen kunt u contact opnemen met mevrouw M. Spoelstra, telefoonnummer 030 - 274 7558.

Met vriendelijke groet,

Ir. C.M. van Luijk
Hoofd Centrum Externe Veiligheid

Bijlage 1

Datum

14 december 2010

Ons kenmerk

308/10 CEV Spo/ani-2897

De berekeningen zijn uitgevoerd in Safeti-NL 6.54. De aangehouden modellering staat hieronder weergegeven. In tegenstelling tot hetgeen in de conceptmethode staat vermeld, is bij de berekeningen gebruik gemaakt van een tijdsafhankelijke uitstroming. De resultaten zijn hierdoor nauwkeuriger.

Algemeen:

Probit CO₂: $a = -98,81$, $b = 1$ en $n = 9$ (ppm, min)¹¹

Surface roughness: 100 mm

Faalfrequentie: 6×10^{-4} per kilometerjaar

Breuk-Lek verhouding: 0,25 – 0,75

Uitstroomrichting ondergronds gelegen leiding: verticaal

Uitstroomrichting bovengronds gelegen leiding: horizontaal

Breuk:

Temperatuur: 9°C

Druk: 21 barg

Model: Long Pipeline

Pipelength: 50.000 m

Distance to break: 25.000 m

Relative aperture: 1 (gatgrootte = diameter leiding)

Pumped inflow: 0 kg/s

Internal diameter: 26"

Duration of Interest: 1800 s (average rates)

Elevation: 0 m of 1 m (bij horizontale uitstroming)

Direction: Vertical of Horizontal

Lek:

Als breuk met uitzondering van:

Model: leak

Hole diameter: 20 mm

Elevation: 0 m

Direction: Vertical of Horizontal

Voor het berekenen van het plaatsgebonden risico is gerekend aan een leidingdeel met een lengte van 1000 m. Ten behoeve van situatie 3 is de leiding verdeeld in drie delen, waarbij het middelste deel halverwege de leiding een lengte heeft van 30 m, overeenkomend met de lengte van de duiker.

Ongeacht de uitstroomrichting en de windsnelheid is bij breuk de uitstroomsnelheid 280 m/s en bij lek 387 m/s. Om de uitstroomsnelheid te kunnen verlagen, moet van het scenario een zgn. User Defined Source gemaakt worden. Bij de berekening is de worst-case situatie aangehouden, namelijk dat de uitstroming aan één kant van de duiker plaatsvindt. De verlaagde uitstroomsnelheid waarmee gerekend is, is bepaald met behulp van de volgende parameters:

¹¹ Omdat er vooralsnog geen geschikte probitrelatie voor CO₂ kan worden opgesteld, is gebruik gemaakt van de probit zoals Tebodin die heeft afgeleid voor de veiligheidsanalyse van de ondergrondse opslag van CO₂ in Barendrecht.

**Datum**

14 december 2010

Ons kenmerk

308/10 CEV Spo/ani-2897

Uitstroomhoeveelheid bij breuk = 400 kg/s (1a)

Uitstroomhoeveelheid bij lek = 2 kg/s (1b)

Dichtheid CO₂ bij 9°C en 1 atm. = 1,9 kg/m³ (2)

Oppervlak opening duiker geschat op 10 m² (3)

Combineren van (1a), (2) en (3) levert bij breuk een uitstroomsnelheid op van ongeveer 20 m/s. M.a.w. wanneer er 400 kg/s CO₂ vrijkomt door een opening van 10 m² dan gebeurt dit met een snelheid van 20 m/s. Voor lek is deze snelheid 0,1 m/s.

Bijlage 2

Datum

14 december 2010

Ons kenmerk

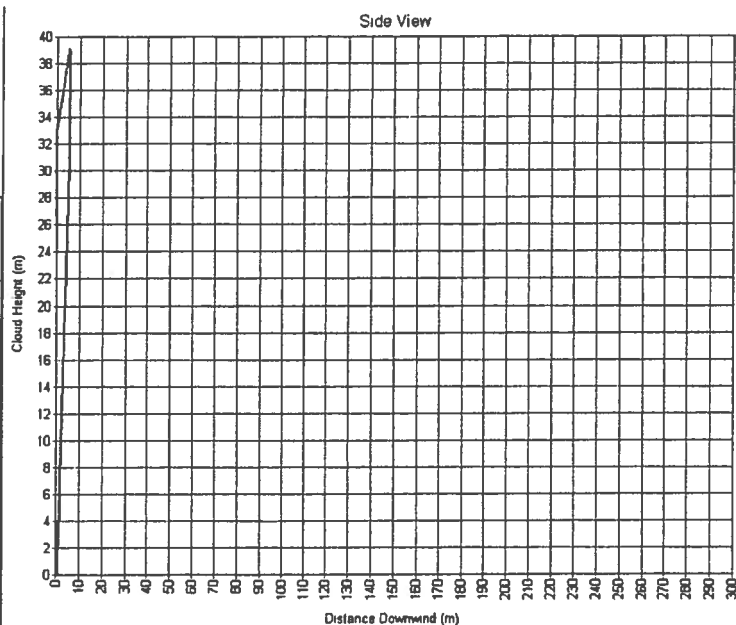
308/10 CEV Spo/ani-2897

Zijaanzichten van de wolk die ontstaat bij breuk van de CO₂-leiding (D5). De blauwe lijn geeft de 5%-concentratie aan. Buiten de wolk is de concentratie lager.

Situatie 1: Ondergrondse CO₂-leiding met vrije verticale uitstroming:

Study Folder: CO2-leiding
Zoetermeer niet corrupt
Run Row: Nacht
Audit No: 15317
Model: breuk vrij verticaal
Weather: 0.5 m/s
Material: CARBON DIOXIDE
Averaging Time: Toxic(600 s)
C/L Offset: 0 m
Concentration
Time: 0.95187497 s

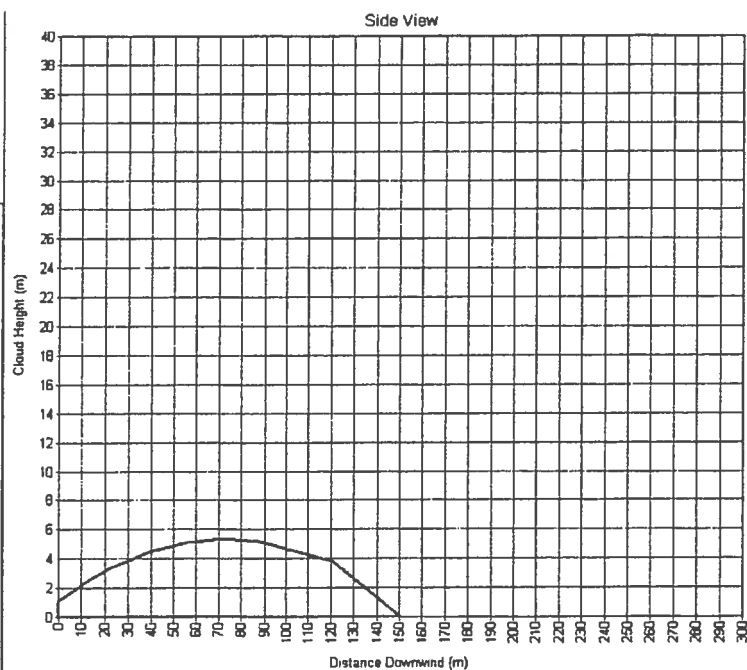
— 50000 ppm



Situatie 2: Bovengrondse CO₂-leiding met vrije horizontale uitstroming:

Study Folder: CO2-leiding
Zoetermeer niet corrupt
Run Row: Dag
Audit No: 11144
Model: breuk vrij horizontaal
Weather: 0.5 m/s
Material: CARBON DIOXIDE
Averaging Time: Toxic(600 s)
C/L Offset: 0 m
Concentration
Time: 5.8110795 s

— 50000 ppm





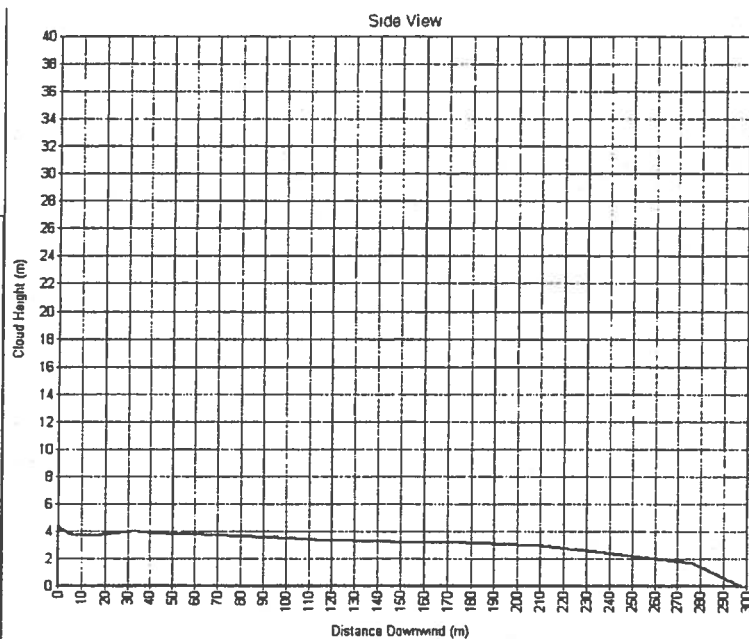
Datum
14 december 2010

Ons kenmerk
308/10 CEV Spo/ani-2897

**Situatie 3: Bovengrondse CO₂-leiding met belemmerde uitstroming, uitstroom-
richting horizontaal:**

Study Folder: CO₂-leiding
Zoetermeer niet corrupt
Run Row: Nacht
Audit No: 16008
Model: brauk beperkt
horizontaal
Weather: 0.5 m/s
Material: CARBON DIOXIDE
Averaging Time: Toxic(600 s)
CAL Offset: 0 m
Concentration
Time: 58,22654 s

— 50000,001 ppm





Princetonlaan 6
Postbus 80015
3508 TA UTRECHT

www.tno.nl

T 088 866 20 61
F 088 866 20 50

TNO-rapport

2008-U-R0190/B

**Actualisatie
Externe Veiligheid onderzoek CO₂ buisleiding
bij Zoetermeer**

Datum	februari 2008
Auteur(s)	M. Molag
Projectnummer	034.64123
Trefwoorden	- externe veiligheid - kooldioxide - leidingtransport
Bestemd voor	Gemeente Zoetermeer Projectbureau Oosterheem T.a.v. Mevr. E. Kokx Stephensonstraat 54 2723 RN Zoetermeer

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2008 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
2	Samenvatting onzekerheden in het TNO Externe Veiligheidonderzoek van de CO₂ leiding.	4
3	RIVM/CEV standpunt	6
4	Actualisatie conclusies en aanbevelingen.....	9
5	Referenties.....	10
6	Verantwoording.....	11

Bijlagen:

- A RIVM standpunt modellering CO₂ buisleiding Zoetermeer
- B Correcte tabel toxiciteit

1 Inleiding

In mei 2006 heeft TNO gerapporteerd over het Externe veiligheidsonderzoek CO₂ buisleiding bij de wijk Oosterheem [1]. In dat rapport had TNO aangegeven dat er onzekerheden zaten in de modellering van de uitstroming en toxiciteit van CO₂ en de gemeente Zoetermeer aangeraden om het rapport ter toetsing voor te leggen aan het Centrum voor Externe Veiligheid van het RIVM. Eind mei 2007 heeft TNO de voorlopige resultaten van het RIVM ontvangen [2]. In een memo van 15 juni 2007 heeft TNO op deze voorlopige resultaten gereageerd [3]. In deze reactie waren ook de resultaten van nieuw onderzoek van de Engelse Health and Safety Executive over de risico's van CO₂ transport en opslag [4] meegenomen. Eind augustus heeft het RIVM haar standpunt t.a.v. de modellering van de CO₂ leiding Zoetermeer uitgebracht [5]. De gemeente Zoetermeer heeft aan TNO gevraagd om een rapportage waarin de uitkomsten van de toetsing van RIVM zijn verwerkt. In dit memo wordt deze rapportage gegeven. Dit is als volgt gedaan:

- Allereerst wordt kort de TNO rapportage uit mei 2006 samengevat waarbij de onzekerheden worden aangegeven.
- Vervolgens wordt het standpunt van het RIVM gegeven t.a.v. van de door TNO geconstateerde onzekerheden.
- Tenslotte zijn de conclusies en aanbevelingen uit het TNO rapport van mei 2006, op basis van het RIVM standpunt en overig recent uitgevoerd onderzoek, geactualiseerd.

2 Samenvatting onzekerheden in het TNO Externe Veiligheidonderzoek van de CO₂ leiding

In het externe veiligheidsrapport over de CO₂ leiding in Zoetermeer [1] heeft TNO aangegeven dat er aantal belangrijke onzekerheden in de veiligheidsanalyse zaten namelijk:

- De veronderstelde vorm van de krater die ontstaat bij leidingbreuk
- De uitstroming en dispersie modellering
- De veronderstelde toxiciteitsmodellering van CO₂

Vorm van de veronderstelde krater

Als oorzaak voor het falen van de leiding werd beschadiging van de leiding tijdens werkzaamheden aangenomen. Indien het openscheuren van de leiding zeer snel gebeurt dan zal het vrijkomende gas instantaan (ogenblikkelijk) expanderen en kan ook een drukgolf in de omgeving optreden. Aangenomen is dat dit gebeurt door werkzaamheden in een kuil met een oppervlakte van 4 bij 4 meter, een diepte van 2 m en een talud van 60° ten opzichte van het maaiveld. Deze afmetingen zijn arbitrair bepaald, met als achtergrond dat bij een diepte van 2 meter de leiding bloot ligt (gronddekking minimaal 1,3 meter). Een kleinere hoek zal de overdruk effecten als gevolg van het explosief vrijkomen van het kooldioxide doen toenemen in het horizontale vlak. Hoe steiler de wand van de kuil, hoe kleiner de overdrukeffectafstanden in horizontale richting. Als gevolg van het explosief vrijkomen van het kooldioxide zal een grote krater ontstaan. Aangenomen is dat een leidingsectie van 10 meter faalt en dat aan de uiteinden van het leidingstuk 5 m grond wordt weggeblazen, waardoor de krater een lengte krijgt van 20 m en aan weerszijden van de leiding ook 5 meter wordt weggeblazen, resulterend in een breedte van 10 meter.

Uitstroming en dispersie modellering

Na het falen van de leiding zal van weerskanten een straal kooldioxide naar buiten stromen. Aangenomen is dat de twee stralen elkaar raken en hun impuls grotendeels kwijt raken. Het kooldioxide zal tijdens het vrijkomen uitzetten en sterk afkoelen. Hierbij is het niet uitgesloten dat vloeibaar en vast CO₂ wordt gevormd. Dit, gecombineerd met het feit dat kooldioxide onder atmosferische omstandigheden al een zwaar gas is, heeft het geleid tot het gebruik van het zwaar gas model voor de dispersie. Vanwege de aanname dat de twee stralen hun impuls grotendeels verliezen, kan het verder verspreiden van het kooldioxide uit de krater beschouwd worden als een “emissie uit een oppervlakte bron” en niet als een jet. Het verspreidingsmodel heeft echter de beperking dat het onder bepaalde omstandigheden (o.a. afhankelijk van de windklasse) geen of onbetrouwbare resultaten levert.

Schademodel voor CO₂ inhalatie

Sterfte door blootstelling aan kooldioxide wordt niet alleen veroorzaakt door zuurstof verdringing, maar ook door effecten van CO₂ op de ademhaling. Helaas was er geen Probit-relatie bekend op basis van (dierexperimentele) gegevens over de relatie tussen blootstellingsduur, -concentratie en letaliteit. TNO heeft, op basis van gegevens betreffende blootstellingsconcentraties en effecten (geen letaliteit), een probit relatie afgeleid.

Conservatieve benadering van de onzekerheden in de veiligheidsanalyse

In het externe veiligheidsonderzoek heeft TNO de verschillende onzekerheden conservatief ingeschat. Omdat deze onzekerheden grote invloed hebben op de omvang van het gebied waarbinnen letale gevolgen onder blootgestelde personen zouden kunnen optreden en daarmee op de hoogte van het plaatsgebonden en het groepsrisico en de mogelijkheden van zelfredzaamheid en beheersbaarheid heeft TNO in het rapport aanbevolen om het rapport te laten toetsen door het Centrum voor Externe Veiligheid van het RIVM.

3 RIVM/CEV standpunt

Het volledige RIVM standpunt [5] is als bijlage bij dit rapport gegeven. Hier wordt een samenvatting van het RIVM standpunt t.a.v. de onzekerheden gegeven. Cursief is de TNO reactie op het standpunt gegeven.

Kratervorming en uitstroming

RIVM baseert de kratervorming op het PIPESAFE model voor het vrijkomen van aardgas uit aardgastransportleidingen met een druk hoger dan 16 bar. Afmetingen van de krater worden niet gegeven. RIVM berekent een uitstroming in opwaartse richting van 384 kg/s.

TNO reactie:

Het PIPESAFE model is niet gepubliceerd. Daardoor kent TNO de fysisch mathematische modellering en validatie van het model niet en doet daarom ook geen uitspraken over de kwaliteit van het model. Uit de beschrijving in het RIVM standpunt [5] maakt TNO op dat het model uitgaat van een turbulente vrijstraal uitstroming (jet-release) in verticale (opwaartse) richting. Met een fysische explosie voorafgaand aan de uitstroming wordt geen rekening gehouden. Volgens TNO heeft het optreden van een turbulente vrijstraal in verticale richting ook de grootste waarschijnlijkheid. Omdat een fysische explosie, voorafgaand aan de uitstroming niet kan worden uitgesloten, had TNO in het onderzoek van mei 2006 [1] conservatief hiermee wel rekening gehouden. Deze fysische explosie zal de krater groter maken dan wanneer alleen een verticale turbulente vrijstraal optreedt. De grootte van de krater bepaalt mede of de uitstroming uit de krater impulsloos wordt. Bij volledig botsende turbulente vrijstralen in het horizontale vlak uit beide pijpuiteinden wordt de uitstroming impulsloos. Bij een door TNO berekende uitstroming van 408 kg/s zal het vrijgekomen gas in verticale richting uit de krater ontwijken met een verticale snelheid van ca. 1 m/s bij een krateroppervlakte van 200 m² (10m x 20 m) en ca. 10 m/s bij een krateroppervlakte 20 m² (4 m x 5 m). Deze snelheden liggen lager indien door de expansie en de daarmee gepaard gaande afkoeling van het uitstromende CO₂ vloeistof of vaste stof wordt gevormd. Naar de mening van TNO is de luchtinmenging bij botsende vrijstralen in het horizontale vlak in een krater nihil. Ook bij een verticale turbulente vrijstraal treedt dit afkoelend effect en de mogelijke vloeistof of vaste stof vorming op en de daarmee gepaard gaande snelheidsverlaging van het uitstromende gas/vloeistof/vaste stof mengsel. De stroomsnelheid zal vermoedelijk nog voldoende hoog blijven, gezien de hoge uittreesnelheid van het CO₂, om lucht in te mengen. Alleen op basis van uitstroomexperimenten met CO₂ uit leidingen zijn goed onderbouwde uitspraken over de uitstroming van CO₂ onder hoge druk te doen.

CO₂ dispersie

RIVM gaat in de dispersieberekeningen uit van de CO₂ dat met hoge snelheid in verticale richting uit de krater komt. Hierdoor wordt lucht ingemengd (zie uitstroming) en verlaagt de concentratie al in de vrijkomende straal. Er wordt rekening gehouden met afbuiging van deze straal door de wind. De concentraties komen binnen 4-5 m beneden de 5-10 vol % waardoor er geen letaliteit meer buiten de zone van zakelijk recht kan optreden.

TNO reactie:

De RIVM dispersie berekening is voor een verticale uitstroming zonder rekening te houden met de vorming van vloeistof of vaste stof. Indien hiermee rekening wordt gehouden zullen de concentraties vermoedelijk hoger worden. Of hierbij letale concentraties buiten de zone van zakelijk recht mogelijk zijn zullen aanvullende berekeningen of experimenten moeten laten zien. De kans op een horizontale uitstroming (na een fysische explosie) is veel kleiner dan een verticale uitstroming maar is niet uit te sluiten. Indien een horizontale uitstroming optreedt, zoals berekend in het TNO rapport [1], zullen letale concentraties buiten de zone van zakelijk recht optreden.

Toxiciteit CO₂

In een voorlopige studie gaat RIVM uit van de volgende toxiciteit bij een uur blootstelling [2]:

- 5-10 volume procent: geen doden verwacht
- 10-15 volume procent: ernstige effecten en mortaliteit kan optreden

De voorlopige conclusie van RIVM is dat beneden 10 volume procent CO₂ geen sterfte bij een blootstelling van 1 uur [2].

TNO reactie:

Door de Engelse Health and Safety Executive (HSE) is recentelijk onderzoek gepubliceerd betreffende de toxiciteit van CO₂[4]. In de onderstaande tabel zijnde door de HSE gepubliceerde toxiciteitswaarden vermeld. In deze tabel zijn voor dezelfde blootstellingsduren en letaliteitspercentages de CO₂ concentraties gegeven zoals bepaald met het door TNO afgeleide toxiciteitsmodel [1].

Tabel 3-1 Vergelijking toxiciteit CO₂ volgens HSE en TNO.

Blootstellingsduur [min]	1% letaliteit [vol. proc. CO ₂]		50% letaliteit [vol. proc. CO ₂]	
	HSE	TNO1	HSE	TNO1
1	11	18	15	28
10	8	11	11	18
30	7	9	9	15
60	6	8	8	13

Uit deze tabel kan worden geconcludeerd dat de HSE CO₂ meer toxisch acht dan TNO heeft gedaan in het onderzoek.

Het RIVM heeft de HSE toxiciteitsgegevens nader geanalyseerd en komt tot de conclusie dat de HSE gegevens onvoldoende basis hebben om een probit relatie voor kwantitatieve risicoanalyses af te leiden. Dezelfde conclusie trekt RIVM ten aanzien van de door TNO afgeleide Probit [5]. TNO heeft de toxiciteitsevaluatie van het RIVM nader bestudeerd en deelt de mening dat uit de beschikbare literatuurgegevens kan worden afgeleid dat bij een blootstelling kleiner dan 10% CO₂ geen sterfte valt te verwachten.

¹ Deze waarden zijn iets lager dan vermeld in tabel 3 en bijlage B tabel 16 van [1]. Per abuis is in [1] een oude rekentabel geplaatst. De correcte tabel is in bijlage 2 van dit rapport gegeven. Deze correcte waarden houden in dat volgens het door TNO afgeleide toxiciteitsmodel voor CO₂, CO₂ nog iets meer toxisch is dan in [1] aangenomen. Gezien de gehele onzekerheid in de toxiciteitsmodellering heeft dit geen gevolgen voor de in [1] vermelde conclusies van het onderzoek.

De bovenstaande tabel laat wel sterfte zien in het HSE en TNO model bij concentraties beneden 10%. Om die reden lijken beide toxiciteitsmodellen niet te voldoen. RIVM geeft aan dat boven 10% CO₂ wel sterfte kan optreden. Voor het scenario met horizontale uitstroming heeft TNO berekend dat concentraties hoger dan 10% buiten de zone van het zakelijk recht kunnen voorkomen. Onderstaande tabel laat dit zien. In deze tabel zijn ook de afstanden tot interventiewaarden (AGW en LBW) voor de hulpverlening opgenomen:

Tabel 3-2 Maximale afstand CO₂ concentraties bij een breuk van de leiding en horizontale uitstroming.

Grenswaarde	Volume Procent CO ₂	B3		D5		F1,5	
		Lengte (m)	Breedte (m)	Lengte (m)	Breedte (m)	Lengte (m)	Breedte (m)
AGW	3	90	130	200	150	400	600
LBW	6	50	100	110	110	160	260
grens letaliteit	10	30	60	60	70	< 4	-
	15%	< 4	-	40	50	< 4	-

Uit bovenstaande tabel blijkt dat bij de veel voorkomende atmosferische stabiliteit neutraal (D), windsnelheid 5 m/s tot op 40 m afstand 15 % CO₂ kan voorkomen. Binnen deze afstand kan sterfte optreden.

4 Actualisatie conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk wordt naar aanleiding van het RIVM standpunt [5] een actualisatie van de conclusies en aanbevelingen van het TNO onderzoek [1] gegeven.

Plaatsgebonden risico

In [1] werd berekend dat de 10^{-6} / jaar plaatsgebonden risicocontour op 21 m uit het hart van de leiding lag. Ten grondslag aan deze berekening lag een conservatief scenario waarbij eerst een fysische explosie van de CO₂ leiding optreedt en vervolgens horizontale uitstroming plaatsvindt. De kans van optreden van dit scenario was conservatief gelijk genomen aan de breukkans van de leiding. Bij breuk van de leiding zal echter in de meeste gevallen een verticale uitstroming optreedt. Dit scenario veroorzaakt geen letaliteit. Hierdoor is de kans op het scenario met horizontale uitstroming kleiner dan in [1] verondersteld. Door de lagere kans van optreden van het conservatieve scenario zal het plaatsgebonden risico beneden de 10^{-6} / jaar blijven.

Groepsrisico

In [1] werd een kans van 10^{-9} / jaar op 2 (1,7) slachtoffers berekend. Evenals bij het plaatsgebonden risico lag hieraan ook een conservatief scenario ten grondslag. Door de lagere kans van optreden van dit scenario is kans op dit aantal slachtoffers aanzienlijk lager dan in [1] berekend.

Optreden van letale slachtoffers

TNO blijft van mening dat onder blootgestelde personen in de buitenlucht (onbeschermde) afhankelijk van de weerscondities letale slachtoffers kunnen optreden. Dit kan alleen indien een grote krater wordt gevormd en het CO₂ bij lage snelheid uit de krater ontwijkt. Doordat CO₂ minder toxisch is dan in het eerder afgeleide toxiciteitsmodel is de maximale afstand waarbinnen sterfte kan optreden volgens de huidige inzichten beperkt tot circa 40 m. Niet letale gezondheidseffecten kunnen tot een afstand van circa 100 - 260 m optreden.

In het RIVM standpunt wordt dit conservatieve scenario uitgesloten. Naar de mening van TNO bestaat over de juiste modellering van het beschouwde scenario een zo grote onzekerheid dat de door RIVM aangehouden minder conservatieve benadering niet zonder aanvullend validerend (experimenteel) onderzoek te verantwoorden is.

Zelfredzaamheid en beheersbaarheid

Gezien het feit dat letaliteit en gewonden buiten de zone van zakelijk recht niet kunnen worden uitgesloten handhaaft TNO het advies om:

- Een goede voorlichting naar de bevolking in een zone van circa 200 m rond de CO₂ leiding te verzorgen, gericht op het herkennen van de symptomen bij leidingbreuk (eventuele explosie gevolgd door bulderend lawaai) en dan naar binnen te gaan en ramen en deuren te sluiten.
- De hulpverlening bij een lek of breuk van de CO₂ leiding te optimaliseren door:
 - Snelle alarmering, evt. detectievoorzieningen
 - Een goede bereikbaarheid van de ongevalslocatie
 - Opstelplaatsen voor hulpverleningsdiensten

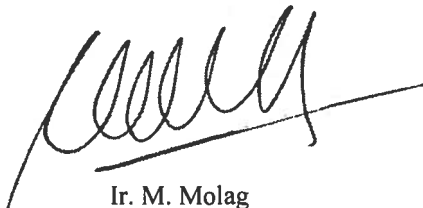
5 Referenties

- [1] Externe Veiligheidonderzoek CO₂ buisleiding bij Zoetermeer, TNO rapport 2006-A-R0144/B, Apeldoorn mei 2006.
- [2] Voorlopige resultaten effectberekeningen hoge druk CO₂ leiding door Zoetermeer, RIVM-CEV, Bilthoven 31 mei 2007.
- [3] Memo Externe Veiligheid CO₂ leiding Oosterheem, TNO Apeldoorn 17 juni 2007.
- [4] Hazards from high pressure carbon dioxide release during carbon dioxide sequestration processes, S. Connolly en L. Cusco, Proc. Int Symp. Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industry, Edinburgh, 22-24 May 2007.
- [5] RIVM standpunt modellering CO₂ leiding Zoetermeer, kenmerk 219/07 CEV Rie/am-1636, Bilthoven 20 augustus 2007.

6 Verantwoording

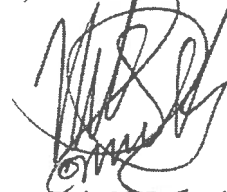
Naam en adres van de opdrachtgever:
Gemeente Zoetermeer
Projectbureau Oosterheem
T.a.v. Mevr. E. Kokx
Stephensonstraat 54
2723 RN Zoetermeer

Ondertekening:



Ir. M. Molag
projectleider

Goedgekeurd door:



Dr.ir. N. Rosmuller
team manager

A RIVM standpunt modellering CO₂ buisleiding Zoetermeer

Postbus 1
3720 BA Bilthoven

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven

Tel (030) 274 91 11
Fax (030) 274 29 71

info@rivm.nl
www.rivm.nl



Ministerie van VROM
Directie Externe Veiligheid (ipc 637)
T.a.v. de heer ir. M. van Leest
Postbus 30945
2500 GX DEN HAAG



Onderwerp
RIVM standpunt modellering CO₂ buisleiding Zoetermeer

Geachte heer Van Leest,

Datum
20 augustus 2007
Oms kenmerk
219/07 CEV Rief/zo-1636
Uw kenmerk
e mail d.d. 3 augustus 2007
Blad
1/4
Behandeld door
ir. D. Riedstra
Tel 030-274 4583
Fax 030-274 4442
durk.riedstra@rivm.nl

Bijlagen
Verspreidingsberekeningen

Kopie aan
M. Molag, TNO
P. Kavel, VROM Inspectie ZW

Op 3 augustus 2007 heeft u het Centrum Externe Veiligheid (CEV) van het RIVM gevraagd duidelijkheid te geven over de mogelijke gevolgen van een ongeval met de voormalige, met CO₂ gevulde NPM leiding in Zoetermeer. Over dit onderwerp is de laatste tijd veel discussie geweest.

Op 31 mei 2007 heeft het CEV aan u het advies afgegeven dat zowel bij een leidingbreuk als bij een leidinglekage letale toxische effecten buiten de zakelijk recht zone van de hoge druk CO₂-leiding (4 tot 5 meter) niet waarschijnlijk zijn¹. In de notitie *Externe Veiligheid CO₂ leiding Oosterheem* van 15 juni 2007² reageert TNO op dit advies. TNO stelt dat uit een recent HSE onderzoek naar de toxiciteit van CO₂ blijkt dat letale effecten tot op een afstand van 180 meter van de leiding mogelijk zijn.

Standpunt RIVM/CEV

Wij vinden de modellering van TNO, die uitgaat van een impulsloze uitstroming zonder daarbij rekening te houden met luchtinmenging, niet realistisch. Wij blijven bij ons eerdere standpunt dat - op basis van de huidige inzichten - er bij een ongeval met de CO₂-leiding in Zoetermeer geen letale effecten te verwachten zijn buiten de zakelijk recht zone.

Het standpunt wordt in het vervolg van de brief toegelicht.

Het verschil in resultaten van de effectberekeningen van TNO en het CEV wordt grotendeels veroorzaakt door de modellering van de uitstroming en verspreiding van CO₂ en niet zo zeer door de aanname ten aanzien van de toxiciteit van CO₂³. Om die reden gaan wij uitsluitend in op de modellering van de uitstroming van CO₂ bij leidingbreuk.

TNO stelt dat het uitstromende CO₂ in het geval van een breuk in een ondergrondse leiding geen snelheid in verticale richting heeft en met de wind (horizontaal) wordt

¹ Voorlopige resultaten effectberekeningen hoge druk CO₂ leiding door Zoetermeer, RIVM brief d.d. 31 mei 2007 (kenmerk: 137/07 CEV Rief/zo-1636).

² Externe Veiligheid CO₂ leiding Oosterheem, TNO notitie d.d. 15 juni 2007 (kenmerk: 034/641237)

³ Uit een beoordeling van het Centrum voor Stoffen en Integratie Risicoschatting (SIR) van het RIVM blijkt dat de onderliggende toxiciteitsgegevens uit het betreffende HSE onderzoek de door TNO gebruikte dosis-effect relatie niet rechtvaardigen. De betreffende dosis-effect relatie is derhalve niet bruikbaar. Dit verklaart echter niet de grote onderlinge verschillen.



Datum
20 augustus 2007
Oms kenmerk
219/07 CEV Rie/am-1636
Blad
2/4

meegevoerd. De uitstroming is door TNO als een oppervlaktebron van 20 bij 10 meter gemodelleerd, zonder luchtinmenging bij het vrijkomen.

Daarvoor noemt TNO de volgende redenen⁴:

- bij instantaan vrijkomen treedt scheurpropagatie op (ongeval België en andere ongevallen), waardoor uitstroming uit twee leidingdelen plaats vindt;
- door de fysische explosie is de krater veel groter dan bij een jet release;
- de druk van de CO₂ (10 tot 20 bar) is betrekkelijk laag in vergelijking met een aardgasleiding;
- CO₂ is in tegenstelling tot aardgas een zwaar gas;
- fase overgang naar vloeistof en vaste stof bij uitstroming is mogelijk.

In de berekening die ten grondslag lag aan ons advies van 31 mei 2007¹ hebben wij eveneens rekening gehouden met kratervorming, uitstroming vanuit twee leidingdelen, een maximale leidingdruk van 22 bar en het feit dat kooldioxide een zwaar gas is. Alleen gaan wij er van uit dat de verticale snelheid van het uitstromende kooldioxide nog aanzienlijk is. Ten gevolge van tweezijdige uitstroming botsen de stromen uit de twee leidingdelen tegen elkaar aan, waardoor de uiteindelijke uitstroomsnelheid weliswaar lager zal zijn dan bij ongehinderde uitstroming, maar zeker niet impulsloos. Een impulsloze uitstroming wordt pas bereikt wanneer het vrijkomende CO₂ door de grote hoeveelheid ingemengde lucht zo wordt verdund dat geen letale concentraties zouden worden bereikt.

Wij zullen dit nader onderbouwen aan de hand van gegevens van ongevallen, door in te gaan op de modellering met behulp van PIPESAFE en aan de hand van verspreidingsberekeningen die wij met SAFETI-NL hebben uitgevoerd.

Ongevallen

Het enige bij ons bekende incident met een CO₂-leiding geeft geen uitsluitsel ten aanzien van de uitstroomsnelheid, omdat het een bovengronds leidingdeel betrof.

Uit de database van Gasunie leidingen blijkt dat leidingbreuk bijna altijd wordt veroorzaakt door graafwerkzaamheden ('beschadiging door derden'), waarbij de ondergrondse leiding aan de bovenzijde openscheurt en het gas verticaal uitstroomt. Ook bij lagere leidingdrukken zoals 8 bar treedt dit op⁶. Bij het ongeval met een hoofdtransportleiding met aardgas in Gellingen (België) in 2004 waar TNO naar refereert⁴, was de uitstroming in verticale richting eveneens niet impulsloos. Dit ongeval heeft ook niet geleid tot aanpassing van de modellering. Integendeel: de waargenomen effecten stemden goed overeen met de huidige modellering.

Modellering met behulp van PIPESAFE

Gasunie gebruikt voor risicoberekeningen aan haar eigen aardgasleidingen met een werkdruk vanaf 16 bar het rekenpakket PIPESAFE. Dit pakket houdt bij leidingbreuk rekening met kratervorming: de snelheid van het uitstromende medium wordt berekend aan de hand van de hoeveelheid ingemengde lucht, die bepaald wordt door de afmeting van de krater. De grootte van de krater wordt beïnvloed door de procesdruk, leidingdiameter, diepteligging, grondsoort etc. Het ligt voor de hand om voor de 'overige leidingen' zoals CO₂-leidingen aansluiting te zoeken bij deze modellering voor

¹ E-mail van de heer Molag aan de heer Riedstra van het RIVM d.d. 25 juli 2007 (met afschrift aan VROM).

² Op 21 augustus 2006 heeft in Naaldwijk een lekkage plaatsgevonden vanuit een bovengronds deel van een 90 mm polyethyleenleiding, waarbij de leiding uit een knelfitting was getrokken nabij een afleverpunt van een afnemer. In verband met de druk van 8 bar ontstond direct een grote uitstroming met veel lawaai waardoor de inwonenden ('s nachts) op de lekkage werden geattendeerd.

⁴ Wanneer de jet in die gevallen niet ontsteekt, doet de brandweer dat meestal vanuit veiligheidsoverwegingen zelf alsnog en er ontstaat een fakkel. Bij een impulsloze uitstroming waarbij de vrijkomende aardgas volledig met de wind wordt meegevoerd, zou de brandweer een dergelijke veiligheidsmaatregel niet treffen.



Datum
20 augustus 2007
Oms kenmerk
219/07 CEV Ric/am-1636
Blad
3/4

aardgasleidingen, die de huidige kennis weergeeft (rekening houdend met de eigenschappen van CO₂).

Verspreidingsberekeningen CEV

Bij een breuk in een ondergrondse hoge druk leiding vindt volgens het 'Paarse Boek' (PGS 3) onder hoge druk uitstroming plaats in verticale richting. Hierin is niet voorgeschreven hoe moet worden omgegaan met een verlaging van de uitstroomsnelheid door luchtinneming. Een voorstel hoe de 'overige leidingen' moeten worden gemodelleerd wordt later dit jaar verwacht.

Voor de kraterafmeting en de luchtinneming voor de situatie in Zoetermeer zijn wij in overleg met Gasunie. Vanwege de urgentie van de problematiek zijn alvast effectberekeningen uitgevoerd met SAFETI-NL versie 6.51. Met behulp van het 'long pipeline'-model hebben wij voor twee blootstellingsduren de gemiddelde bronsterkte berekend, uitgaande van een 26 inch leiding, een druk van 22 bar en een temperatuur van 9°C (tabel 1). Daarbij zijn verschillende hoeveelheden ingemengde lucht gehanteerd (tabel 2).

Tabel 1: Resultaten bronsterkte bepaling en uitstroomsnelheid bij leidingbreuk

'Duration of Interest'	Bronsterkte CO ₂	Uitstroomsnelheid	Findtemperatuur CO ₂
10 minuten	574 kg/s	345 m/s	-9°C ^a
30 minuten	384 kg/s	288 m/s	-9°C ^a

^a: Bij deze temperatuur vindt geen faseovergang plaats.

Vanwege de verticale uitstromingsrichting zijn wij bij de verspreidingsberekeningen uitgegaan van een gemiddelde uitstroming over een periode van 30 minuten, omdat bij die lagere bronsterkte en uitstroomsnelheid eerder letale effecten in de omgeving zijn te verwachten (dan bij 10 minuten).

Tabel 2: Uitgangspunten verspreidingsberekeningen bij leidingbreuk

Hoeveelheid luchtinneming t.o.v. bronsterkte CO ₂	Bronsterkte CO ₂	Luchtinneming	Verticale snelheid
- geen luchtinneming	384 kg/s	0 kg/s	288 m/s
- 2x zoveel lucht als CO ₂	384 kg/s	768 kg/s	96 m/s
- 5x zoveel lucht als CO ₂	384 kg/s	1920 kg/s	48 m/s
- 10x zoveel lucht als CO ₂	384 kg/s	3840 kg/s	26 m/s
- 20x zoveel lucht als CO ₂	384 kg/s	7680 kg/s	14 m/s

De verspreidingsberekeningen die met SAFETI-NL zijn uitgevoerd, sluiten - wat bronsterkte, uitstroomsnelheid en luchtinneming betreft - goed aan bij waarden die met PIPESAFE zouden worden berekend⁷.

Bij toename van de hoeveelheid ingemengde lucht daalt zowel de verticale snelheid als de CO₂-concentratie. Bij een lagere snelheid krijgt de wind eerder vat op het vrijkomende CO₂, waardoor deze sneller in de omgeving (op leefniveau) verspreidt. Aan de andere kant zorgt de ingemengde lucht ervoor dat de CO₂-concentratie al snel in een niet-letaal gebied van 5 tot 10 vol%⁸ komt te liggen. Deze effecten werken

⁷ In het rapport *Vergelijking PIPESAFE versus SAFETI* (rapport TR/T 99.R 5011, RIVM/Gasunie, 25 januari 2000) waarin de risicoberekeningspakketten PIPESAFE met SAFETI met elkaar worden vergeleken. De bronsterkte bleken aardig met elkaar overeen te komen (SAFETI 15 tot 30% lager). De uitstroomsnelheid was vergelijkbaar. Voor een 16 inch aardgasleiding (40 bar) werd een hoeveelheid ingemengde lucht berekend die een factor 7 tot 8 hoger was dan de bronsterkte van het aardgas (voor een 48 inch leiding en een leidingdruk van 60 bar was dit een factor 2 tot 2,5).

⁸ In de interne memo *Evaluation of acute toxicity of CO₂* van het Centrum voor Stoffen en Integrale Risico's (april 2007) wordt een conservatieve schatting voor blootstelling van 1 uur aan CO₂ gegeven:

- no deaths are expected at CO₂ concentrations of up to 5-10 Vol%;
- serious effects and possible mortality may start to occur at about 10-15 Vol%.



Datum
20 augustus 2007
Ons kenmerk
21907 CEV Rie/am-1636
Blad
4/4

tegengesteld: terwijl de pluim lager en breder wordt, daalt de CO₂-concentratie (zie bijlage). Bij een luchtinmenging die tien keer zo groot is als de CO₂-bronsterkte wordt een concentratie van 10 vol% CO₂ niet meer bereikt (bij een factor 20 ook een concentratie van 5 vol% CO₂ niet meer). In de bijlage zijn de resultaten van de verspreidingsberekeningen weergegeven.

Bij een zeer grote luchtinmenging zou de uitstroming - in theorie - min of meer impulsloos kunnen worden. In dat geval is de CO₂ echter zodanig verdund dat er geen letale effecten meer optreden.

Conclusie

Er zijn bij een ongeval met de CO₂-leiding te Zoetermeer op basis van de huidige inzichten geen letale effecten te verwachten buiten de zakelijk recht zone van 4 tot 5 meter, ongeacht van welke hoeveelheid luchtinmenging wordt uitgegaan. Wij vinden de modellering van TNO, die uitgaat van een impulsloze uitstroming zonder daarbij rekening te houden met luchtinmenging, daarom niet realistisch. Wij zien daarom geen aanleiding om ons eerdere standpunt te wijzigen¹.

Wij gaan er van uit dat met deze brief de onduidelijkheden rond de modellering van de risico's van de CO₂-leiding bij de gemeente Zoetermeer zijn weggenomen en dat de discussie hiermee is afgerond.

Wij sturen de VROM Inspectie een kopie van deze brief, zodat zij goed geïnformeerd zijn als er vragen over de CO₂-buisleiding te Zoetermeer worden gesteld. Indien u daar bezwaar tegen heeft, verzoeken wij u dit binnen 10 dagen na dagtekening aan ons te laten weten.

Ik vertrouw erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd. Voor vragen kunt u contact opnemen met de heer Riedstra, telefoonnummer 030-274 4583.

Met vriendelijke groet,

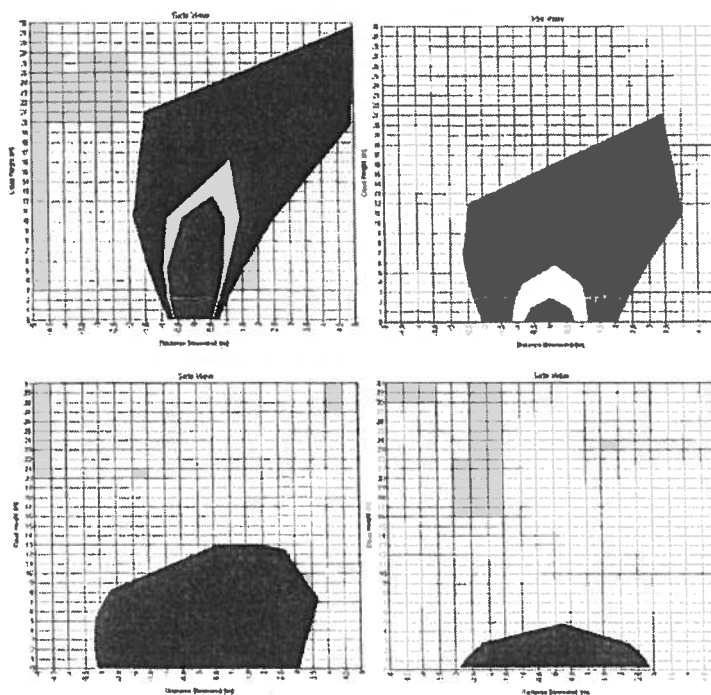
ir. C.M. van Luijk
Hoofd Centrum Externe Veiligheid

¹ a high level of mortality may occur at about 20-25 Vol%.

Bijlage: verspreidingsberekeningen

Opdrachtgever: Maarten van Leest, Ministerie van VROM
 Datum: 16 augustus 2007
 Briefnummer: xxx/07 CEV Rie/xxx-1636
 Uitvoerder: Durk Riedstra, Centrum Externe Veiligheid (RIVM)

Verspreiding van CO₂ na leidingbreuk bij het meest ongunstige weertype (19): 5 vol% (blauw), 10 vol% (groen), 15 vol% (geel) en 20 vol% (rood). Bij CO₂-concentraties tussen 5 en 10 vol% worden geen letale effecten verwacht.



figuur 1: CO₂-concentratievlakken bij verschillende hoeveelheden ingemengde lucht: geen luchtinmenging (linksboven) en een luchtinmenging die respectievelijk een factor 2 (rechtsonder), 5 (linksboven) en 10 (rechtsboven) keer de CO₂-bronsterkte.

Wanneer de hoeveelheid ingemengde lucht 20x zo groot is als de bronsterkte van CO₂ wordt de concentratie van 5 vol% niet meer bereikt.

B Correcte tabel toxiciteit

In [1] is tabel 3 en bijlage B tabel 16 opgenomen. Per abuis is in [1] een oude tabel geplaatst. De correcte tabel is hieronder gegeven.

Gecorrigeerde tabel: Letaliteitspercentages als functie van blootstellingstijd en concentratie obv Probit afgeleid voor kooldioxide obv probit inerte stoffen en gegevens HoekLoos [1].

Blootstellingstijd (min)	Letaliteit (%)	Volume procent CO ₂
1	1	18
	50	28
	99	44
5	1	13
	50	21
	99	32
60	1	8
	50	13
	99	20
240	1	6
	50	10
	99	15

Nota van beantwoording overlegreacties Vrijwillige m.e.r.-beoordeling “CO2- leiding Zoetermeer”

1. Overlegreacties

In het kader van artikel 7.19 Wm is de concept vrijwillige m.e.r.-beoordeling “CO₂-leiding” gestuurd naar de volgende overlegpartners:

1. Provincie van Zuid-Holland
2. Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard
3. Inspectie van de Leefomgeving en Transport
4. Ministerie van Economie, Landbouw en Innovatie
5. Gemeente Pijnacker-Nootdorp
6. Gemeente Lansingerland
7. Gemeente Rijnwoude
8. Gemeenschappelijke regeling BleiZo
9. Stadsgewest Haaglanden
10. Tennet TSO B.V.
11. OCAP CO₂
12. Pipeline Control
13. Veiligheidsregio Haaglanden

De volgende instanties hebben niet inhoudelijk gereageerd op het verzoek om overleg:

1. Provincie Zuid-Holland
2. Inspectie van de Leefomgeving en Transport
3. Ministerie van Economie, Landbouw en Innovatie
4. Gemeenschappelijke regeling BleiZo

De volgende instanties hebben meegedeeld geen opmerkingen op de concept vrijwillige m.e.r.-beoordeling “CO₂-leiding” te hebben:

1. Stadsgewest Haaglanden
2. Gemeente Lansingerland

De volgende instanties hebben een inhoudelijke reactie gegeven op de concept vrijwillige m.e.r.-beoordeling “CO₂-leiding”:

1. Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard
2. Gemeente Pijnacker-Nootdorp
3. Veiligheidsregio Haaglanden
4. Gemeente Rijnwoude
5. Tennet TSO B.V.
6. OCAP CO₂ en Pipeline Control (gezamenlijke reactie)

De inhoudelijke overlegreacties zijn hieronder samengevat en beantwoord.

1. Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard	
Het Hoogheemraadschap geeft aan geen bezwaar te hebben tegen het plan. Zij wijzen erop dat het wel van belang is dat tijdig een watervergunning wordt aangevraagd.	De vrijwillige m.e.r.-beoordeling voorziet niet in wijzigingen aan de leiding. Op dit moment is dan ook geen watervergunning nodig. Mocht in de toekomst de buisleiding wel aangepast worden door de leidingbeheerder, dan zal de initiatiefnemer hierover contact op nemen met het Hoogheemraadschap.
Het Hoogheemraadschap geeft aan dat de wijze waarop de buisleiding is bevestigd aan de wand van de duiker onder de A12 vanuit waterstaatkundig oogpunt als onwenselijk wordt beschouwd.	De wijze waarop de buisleiding is bevestigd aan de wand van de duiker is in eerste instantie een verantwoordelijkheid van de beheerder van de leiding. Er zijn op dit moment geen plannen om de buisleiding aan te passen. Mocht in de toekomst de buisleiding aangepast worden, zal het Hoogheemraadschap hierbij betrokken worden.
Tot slot vraagt het Hoogheemraadschap op de hoogte te worden gehouden en te betrekken bij de uitwerking van het plan.	Het Hoogheemraadschap zal op de gebruikelijke wijze op de hoogte gehouden van de verdere procedure van de vrijwillige m.e.r.-beoordeling.
2. Gemeente Pijnacker-Nootdorp	
De inhoud van de vrijwillige m.e.r.-beoordeling levert geen bezwaren op.	Ter kennisgeving aangenomen.
De gemeente pleit ervoor teksten op te nemen in de hoofdtekst in plaats van verwijzingen naar teksten. In dit verband wordt met name genoemd de verwijzing naar Kolom 2 van onderdeel D, onder 8.1. van de bijlage bij het Besluit m.e.r.	Omwille van de leesbaarheid is geen citaat opgenomen van kolom 2 van onderdeel C, onder 8.1, van de bijlage bij het Besluit m.e.r.. De daarin opgenomen drempelwaarden zijn wel beschreven in het kader op bladzijde 9 van het rapport.
De gemeente vraagt wat de gevolgen van onderzoek zijn, behalve dan de conclusie dat er geen MER hoeft te worden uitgevoerd.	Het onderzoek is uitgevoerd om te beoordelen of er belangrijke nadelige gevolgen te verwachten zijn voor het milieu. De conclusie van de vrijwillige m.e.r.-beoordeling is dat hiervan geen sprake is. Het gevolg is dat er dus geen volledige MER opgesteld hoeft te worden alvorens verder gegaan kan worden met het opstellen van de bestemmingsplannen, waarin het gebruik van de leiding zal worden bestemd.
3. Veiligheidsregio Haaglanden	
De Veiligheidsregio Haaglanden (VRH) constateert dat de uitkomsten van het overleg tussen de gemeente Zoetermeer en de Veiligheidsregio op 21 februari 2012 zijn verwerkt in de concept vrijwillige m.e.r.-beoordeling. De VRH heeft op basis van de ontvangen documenten geen nadere aanvullingen.	Ter kennisgeving aangenomen.
4. Gemeente Rijnwoude	
De concept vrijwillige m.e.r.-beoordeling geeft voor de gemeente Rijnwoude geen aanleiding tot het maken van opmerkingen.	Ter kennisgeving aangenomen.
De gemeente Rijnwoude wijst op verschillende bestemmingsplannen voor haar grondgebied waarin de CO ₂ -leiding	Dank voor de nadere informatie.

planologisch-juridisch is verankerd.	
5. Tennet TSO B.V.	
De CO ₂ -buisleiding kruist het tracé van de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding (Randstad 380 Noordring). De CO ₂ -leiding loopt tussen twee geplande hoogspanningsmasten door op een zodanig afstand (circa 125 respectievelijk 200 meter) dat de masten in ieder geval niet aangemerkt kunnen worden als risicoverhogende objecten voor de CO ₂ -buisleiding. Het project Randstad 380 Noordring en de CO ₂ -leiding hebben dan ook geen invloed op elkaar.	Ter kennisgeving aangenomen.
4. OCAP CO₂ mede ingediend namens Pipeline Control	
OCAP geeft aan dat het gestelde op pagina 9 van de concept vrijwillige m.e.r.-beoordeling aanvulling zou behoeven. OCAP merkt in dat verband op dat nu de drempelwaarden in kolom 2 in de D-lijst indicatief zijn geworden, er een wettelijke verplichting bestaat tot het uitvoeren van een vormvrije m.e.r.-beoordeling.	Het standpunt van OCAP wordt niet gedeeld. In kolom 1 van onderdeel D, onder 8.1, van de bijlage bij het thans vigerende Besluit milieueffectrapportage (Besluit mer) is als de m.e.r.-(beoordelings)plichtige activiteit aangemerkt “de aanleg, wijziging of uitbreiding van een buisleiding voor het transport van gas (met uitzondering van een buisleiding voor het transport van aardgas), olie of CO₂-stromen ten behoeve van geologische opslag of de wijziging of uitbreiding van een buisleiding voor het transport van chemicaliën”. Voor wat betreft buisleidingen voor het transport van CO₂-stromen geldt er derhalve uitsluitend een m.e.r.-(beoordelings)plicht als er sprake is van transport ten behoeve van geologische opslag. Deze laatste toevoeging is nadrukkelijk niet per abuis in de activiteitenomschrijving terechtgekomen. Integendeel, dit is in lijn met het reeds langere tijd bij de rijksoverheid bestaande streven om in de nationale wet- en regelgeving geen koppen op de Europese richtlijnen te creëren. De verplichting om voor CO₂-buisleidingen ten behoeve van geologische opslag te voorzien in een m.e.r.-(beoordeling)-plicht vloeit voort uit richtlijn 2009/31/EG (Pb. EU L 140) betreffende de geologische opslag van kooldioxide. In artikel 31 van die richtlijn (die voorziet in een wijziging van de m.e.r.-richtlijn) is in lijn met de reikwijdte van die richtlijn expliciet en uitsluitend voorzien in een m.e.r.-(beoordelings)plicht voor CO₂-stromen ten behoeve van geologische opslag. Aldus is eveneens geschied bij de implementatie van voornoemd artikel 31 in het Besluit m.e.r. (zie Besluit van 29 augustus 2011, houdende wijziging van het Mijnbouwbesluit en twee andere besluiten in verband met bepalingen voor het permanent opslaan van CO₂, Stb. 2011, 406). Evident is dat in casu geen CO₂-transport plaatsvindt ten behoeve van de geologische opslag van CO₂. Aldus wordt niet voldaan aan de omschrijving van kolom 1 van onderdeel D, onder 8.1, van de bijlage bij het Besluit m.e.r. Dat impliceert dat er in absolute zin gesteld kan worden dat er voor de in de conceptnotitie vermelde bestemmingsplannen geen m.e.r.-(beoordelings)plicht bestaat. Daaraan brengt de indicativiteit van de drempelwaarden in onderdeel D

	van de bijlage bij het Besluit m.e.r. geen verandering. Immers de drempelwaarden zijn opgenomen in kolom 2 van onderdeel D, aan de toetsing waarvan uitsluitend wordt toegekomen als een aan de orde zijnde activiteit valt binnen de reikwijdte van de activiteitsomschrijving in kolom 1. Wij verwijzen in dat verband naar analogie naar de uitspraak AbRvS 7 maart 2012, nr. 201106311/1/T1/4 (zie r.o. 2.8.3). Daarnaast zij erop gewezen dat de aan de orde zijnde buisleiding reeds is aangelegd ver voor de inwerkingtreding van de m.e.r.-richtlijn en dat de verankering van die buisleiding (ten behoeve van CO₂-transport) in de desbetreffende bestemmingsplannen niet impliceert dat er sprake is van enige werkzaamheid of ingreep die de materiële toestand van de plaats van de buisleiding zal veranderen. Onder die omstandigheden is er geen sprake van een project in de zin van de m.e.r.-richtlijn, aldus is door de Afdeling bestuursrechtspraak (onder verwijzing naar relevante jurisprudentie van het Hof van Justitie van de Europese Unie) overwogen in AbRvS 27 juni 2012, nr. 201101874/1/A4 (r.o. 2.4.2). Dat betekent dat de m.e.r.-richtlijn in deze casus toepassing mist en direct noch indirect kan verplichten tot het verrichten van een (vormvrije) m.e.r.-beoordeling). Gelet op het vorenstaande moge duidelijk zijn dat wij ons niet kunnen vinden in de redenering dat het gestelde op pagina 9 van de concept vrijwillige m.e.r.-beoordeling moet worden aangevuld, in die zin dat er in het kader van de desbetreffende bestemmingsplannen een plicht zou bestaan tot het verrichten van een vormvrije m.e.r.-beoordeling. Die verplichting is niet aanwezig. De reden om in de onderhavige casus desalniettemin een m.e.r.-beoordelingsprocedure te doorlopen, is uiteengezet in onder meer paragraaf 1.2 van de m.e.r.-beoordeling.
OCAP CO₂ heeft een extern ingenieurbureau gevraagd de berekeningen in de brief van het RIVM van 14 december 2010 te reproduceren. Dit is niet gelukt. De indruk bestaat dat het RIVM niet de juiste aannames/invoer heeft gebruikt. Berekeningen van het ingenieurbureau tonen aan dat bij het scenario leidingbreuk de effectafstand 800 meter bedraagt in plaats van door het RIVM genoemde 450 meter.	De opmerkingen van OCAP betreffen berekeningen aangaande het bovengrondse deel van de leiding. De resultaten van de berekeningen door het RIVM met betrekking tot het ondergrondse deel van de leiding worden niet ter discussie gesteld. Bij brief van 5 juli 2012 heeft de gemeente de berekeningen waarover OCAP in haar overlegreactie stelt te beschikken opgevraagd, die in opdracht van OCAP zijn uitgevoerd. Ondanks herhaaldelijk verzoek heeft OCAP deze niet overhandigd. In een brief van 22 augustus 2012 heeft de gemeente daarom OCAP nogmaals verzocht deze berekeningen uiterlijk 31 augustus 2012 te overleggen. OCAP heeft de berekeningen niet tijdig kunnen overleggen. In een e-mail van 31 augustus 2012 wordt aangegeven dat de berekeningen nog niet zijn afgerond door het ingenieurbureau en dat hierover nog overleg met het RIVM moet plaatsvinden. Vastgesteld kan dan ook worden dat OCAP, anders dan in de overlegreactie is aangegeven, niet beschikt over berekeningen die aantonen dat het invloedsgebied van de leiding geen 450 meter bedraagt maar 800 meter. Aangezien er geen gewijzigde informatie voorhanden

	is, wordt het m.e.r.-beoordelingsbesluit gebaseerd op de verschillende rapportages van het RIVM die zijn uitgevoerd in 2007 en 2010. Uit de berekening van 2010 volgt dat het invloedsgebied 450 meter bedraagt. Overigens heeft OCAP tot voor kort, alhoewel OCAP erbij betrokken is geweest, nooit aangegeven dat de uitkomsten van de berekeningen van het RIVM uit 2010 niet juist zouden zijn. Dit betekent dat er geen reden is om de m.e.r.-beoordeling op dit punt aan te passen.
OCAP CO₂ pleit ervoor dat de buisleiding op een juiste manier wordt meegenomen bij de afweging van andere ruimtelijke plannen waaronder de plannen voor BleiZo.	BleiZo is een ontwikkeling die deels ligt binnen het invloedsgebied van 450 meter van het bovengrondse deel van de buisleiding. Bij de planvorming van BleiZo zal de buisleiding betrokken worden bij de besluitvorming. In de m.e.r.-beoordeling is opgenomen dat bij ontwikkelingen binnen het invloedsgebied van de leiding een berekening van het groepsrisico uitgevoerd moet worden.
OCAP CO₂ heeft de volgende tekstuele opmerkingen: • paragraaf 2.2, eerste alinea: OCAP CO₂ neemt naast van Shell ook CO₂ af van Abengoa (bio-ethanol producent); • paragraaf 2.2, derde alinea: "tussenschotten" vervangen door "afsluiters"; • tabel 3.1, nummer 2 t/m 3, eerste bullet: 1x per 2 weken fysieke controle van het leidingtracé; • Tabel 3.1., nummer 2 t/m 3, vierde bullet: ESD-afsluiters in plaats van EDS-sluiters; • Tabel 3.1, nummer 2 t/m 3, vijfde bullet: druk wordt geleidelijk op- en afgebouwd in plaats van stapsgewijs.	Deze tekstuele aanpassingen zullen worden overgenomen in de m.e.r.-beoordeling.