

Kwantitatieve risicotoetsing locatie Zelzate

Door
B.K. Slim
S.A. Huitema
A. van Vliet (RIVM)

Afdeling
DET

Rapport
Kwantitatieve risicotoetsing locatie Zelzate

Gereed
3 juli 2008

Document
QRA ES Zelzate DET 2008 R0403nieuw.doc

Datum, versie
3 juli 2008, 1.0

Ons kenmerk
DET 2008.R.0403

Status
Definitief

Samenvatting

Gasunie voorziet in de nabije toekomst een uitbreiding van haar gastransportsysteem, met name om de transport- en leveringszekerheid in de toekomst te kunnen waarborgen. De uitbreiding betreft de aanleg van circa 450 kilometer ondergrondse gastransportleiding van Noordoost- naar Zuidwest-Nederland, alsmede de bouw van een aantal compressorstations en de aanpassing van een aantal bestaande installaties waaronder exportstation Zelzate.

Dit rapport betreft een beschrijving van de kwantitatieve risicostudie die is uitgevoerd voor de voorziene uitbreiding van exportstation Zelzate. Het rapport is geschreven naar aanleiding van een verzoek van de werkgroep van de commissie m.e.r. en kan dienen voor de aanvraag van een milieuvergunning in het kader van de Wet Milieubeheer.

In de huidige situatie bevinden zich binnen de inrichting het exportstation van Gasunie en een afsluiterlocatie van Zebra. De uitbreiding zal zich aan de noordwest kant gaan bevinden en zal worden aangesloten op de nog aan te leggen leiding A-667 en een leiding naar België. Het bestaande exportstation, de uitbreiding en de installatie van Zebra zijn in dit rapport als één inrichting beschouwd.

De risicostudie is conform de in opdracht van de Nederlandse overheid opgestelde richtlijnen voor kwantitatieve risicoanalyses uitgevoerd met PIPESAFE en de resultaten zijn getoetst aan de door de Nederlandse overheid gestelde criteria rondom externe veiligheid, zoals die zijn opgenomen in het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen (BEVI).

Uit de berekeningen kan het volgende worden geconcludeerd:

Er bevinden zich geen (geprojecteerde) kwetsbare noch (geprojecteerde) beperkt kwetsbare objecten binnen de 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour van de beschouwde inrichting. Daarmee voldoen het ontwerp van de installatie aan de door de Nederlandse overheid vastgestelde criteria met betrekking tot het plaatsgebonden risico.

De installatie is zodanig geprojecteerd in de omgeving dat er zich nauwelijks personen bevinden binnen het invloedsgebied van de installatie. Het is om die reden dat ook met betrekking tot het groepsrisico het voorziene ontwerp van de installatie, op de beschouwde locatie, voldoet aan de oriënterende waarde voor het groepsrisico. Een bijkomende conclusie is dat de toename van het groepsrisico vanwege de uitbreiding marginaal is.

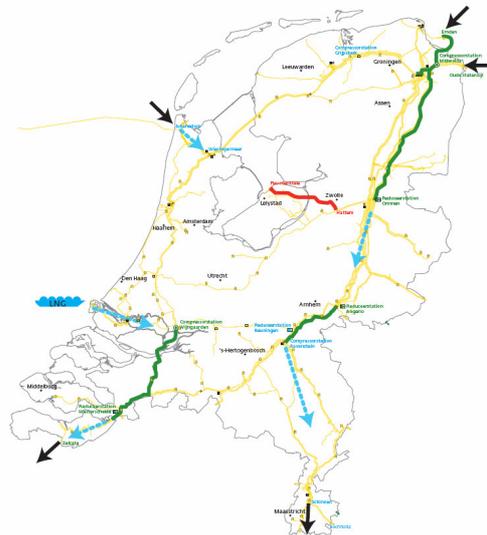
Inhoud

Samenvatting	2
1 INLEIDING	4
2 RISICOANALYSE	6
2.1 Algemeen.....	6
2.2 Toetsingscriteria	7
3 UITGANGSPUNTEN	8
3.1 Locatie Zelzate	8
3.2 Atmosferische condities	9
3.3 Aardgassamenstelling	9
3.4 Operationele druk	9
3.5 Populatiebestand	10
4 FAALSCENARIO'S EN FAALLOORZAKEN	11
4.1 Faaloorzaken	11
4.2 Ondergrondse leidingdelen	12
4.3 Bovengrondse leidingdelen	13
4.4 Gasophoping in een afgesloten ruimte	14
5 EFFECTBEREKENINGEN	15
5.1 Uitstroomberekeningen.....	15
5.2 Warmtestraling	15
5.3 Effect van warmtestraling	16
6 RISICOBEREKENINGEN	17
6.1 Plaatsgebonden risico	17
6.2 Groepsrisico	17
7 RESULTATEN	19
7.1 Plaatsgebonden risico	19
7.2 Groepsrisico	20
8 REFERENTIES	21
Bijlage A Plotplan locatie Zelzate	22
Bijlage B Plotplan locatie Zelzate Zebra	23
Bijlage C Specificatie Componenten Huidige situatie.....	24
Bijlage D Specificatie Componenten Nieuwe situatie	26
Verzendlijst	30

1 INLEIDING

Vanuit het oogpunt van leveringszekerheid heeft Gasunie vergevorderde plannen om haar infrastructuur verder uit te breiden. Daarnaast hebben partijen op de gasmarkt in de komende jaren behoefte aan meer transportcapaciteit op een aantal grenspunten en aan meer diversificatie in de aanvoerlijnen van aardgas. Zij willen ook meer flexibiliteit om kortstondige wisselingen in vraag en aanbod van gas op te vangen.

Het is om deze redenen dat Gasunie voorziet in de aanleg van circa 450 kilometer ondergrondse gastransportleiding van Noordoost- naar Zuidwest-Nederland, alsmede de bouw van een aantal compressorstations en de aanpassing van een aantal bestaande installaties waaronder exportstation Zelzate (het zogenaamde "Gasrotonde" project). Een illustratieve weergave van de voorziene uitbreidingen is gegeven in Figuur 1, waarin in de bestaande leidingen geel zijn gemarkeerd, de voorziene uitbreidingen groen en rood, terwijl de blauw gekleurde elementen in studie zijn.



Figuur 1: Illustratieve weergave Gasrotonde project.

Dit rapport betreft een beschrijving van de kwantitatieve risicostudie die is uitgevoerd voor de voorziene uitbreiding van exportstation Zelzate. Het rapport is geschreven naar aanleiding van een verzoek van de werkgroep van de commissie m.e.r. en kan dienen voor de aanvraag van een milieuvergunning in het kader van de Wet Milieubeheer.

In de huidige situatie bevinden zich binnen de inrichting het exportstation van Gasunie en een afsluiterlocatie van Zebra (zie Bijlage A en Bijlage B voor de plotplannen). De uitbreiding zal zich aan de noordwest kant gaan bevinden en aangesloten worden op de nog aan te leggen leiding A-667 en een leiding naar België. Het bestaande exportstation, de uitbreiding en de installatie van Zebra zullen als één inrichting worden beschouwd. De in dit rapport beschreven berekeningen van zowel het plaatsgebonden risico als het groepsrisico zijn gebaseerd op de methodiek zoals opgenomen in "Guidelines for Quantitative Risk Assessment, CPR18E" (Parse Boek, [1]).

De berekeningen, die voor de veiligheidsstudie van belang zijn, zijn uitgevoerd met modellen uit PIPESAFE [2, 3]. PIPESAFE is een softwarepakket voor risicoberekeningen aan aardgastransport, dat door de Nederlandse overheid is goedgekeurd. Het pakket is in een periode van meer dan tien jaar ontwikkeld in internationaal verband en is voor het overgrote deel gebaseerd op wiskundige modellen die afgeleid zijn van wetenschappelijk onderzoek

naar de oorzaken en consequenties van het falen van aardgastransportleidingen. Tevens is PIPESAFE op zowel kleine als grote schaal ruimschoots gevalideerd [4].

2 RISICOANALYSE

Risicoanalyse is een gestructureerde methodiek die het nemen van beslissingen op het gebied van risicobeheersing ondersteunt. Bovendien biedt risicoanalyse de mogelijkheid om aan te tonen dat mogelijke effecten in combinatie met hun kans van optreden, op basis van geldende regelgeving, acceptabel zijn.

2.1 Algemeen

In het algemeen bestaat een risicoanalyse uit de volgende te ondernemen stappen:

- 1) *Verzamelen van gegevens en het maken van een systeembeschrijving.* Hierbij is het niet alleen van belang dat de installatie goed wordt beschreven, maar ook dat alle onderdelen van de installatie die onderworpen worden aan de risicoanalyse bekend zijn. Dit impliceert tevens dat aangegeven dient te worden welke componenten of aspecten niet in de risicoanalyse worden meegenomen.
- 2) *Bepaling van faalfrequenties.* Met betrekking tot de faalscenario's gaat het bij deze installatie om het falen van componenten ten gevolge van een lek of een breuk in die component, waardoor gas uitstroomt en er sprake is van "Loss of Containment". Op basis van de geïdentificeerde faalscenario's worden faalfrequenties afgeleid.
- 3) *Effectberekeningen.* Voor elk van de faalscenario's kan worden bepaald welke gezondheidseffecten er naar verwachting zullen ontstaan ten gevolge van uitstroom van gas, explosie of (fakkel)brand.
- 4) *Risicoberekening.* Op basis van de faalfrequentie en de effectberekeningen kunnen het plaatsgebonden risico en het groepsrisico worden bepaald.

Het plaatsgebonden risico (PR) wordt gedefinieerd als het risico op een plaats buiten een inrichting, uitgedrukt als de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval binnen die inrichting waarbij een gevaarlijke stof, gevaarlijke afvalstof of bestrijdingsmiddel betrokken is [5].

Het groepsrisico (GR) wordt gedefinieerd als de cumulatieve kansen per jaar dat ten minste 10, 100 of 1000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een inrichting en een ongewoon voorval binnen die inrichting waarbij een gevaarlijke stof, gevaarlijke afvalstof of bestrijdingsmiddel betrokken is [5], uitgezet in een dubbellogaritmische grafiek met op de horizontale as het aantal dodelijke slachtoffers en op de verticale as de cumulatieve kansen per jaar op tenminste dat aantal slachtoffers.

- 5) *Risicobeoordeling.* Op basis van de berekeningen en de vastgestelde criteria wordt beoordeeld of het risico acceptabel is. Indien dit niet het geval is, moet het effect van risicobeperkende maatregelen worden bestudeerd en meegewogen in de verschillende berekeningen.

2.2 Toetsingscriteria

Om te bepalen of de berekende risico's acceptabel zijn, wordt getoetst aan de criteria die de Nederlandse overheid heeft opgesteld rondom externe veiligheid. Deze criteria zijn opgenomen in het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen (BEVI) [5] dat in 2005 van kracht is geworden. Daarmee is de verantwoordingsplicht, die de verschillende industrieën hebben met betrekking tot de externe veiligheid, in werking getreden.

Het BEVI schrijft voor dat de veiligheidszoning om een installatie gelijk is aan de 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour, in de zin dat voor het oprichten van een nieuwe risicovolle inrichting het plaatsgebonden risico ter plaatse van (geprojecteerde) kwetsbare objecten lager moet zijn dan 10^{-6} per jaar. Voor (geprojecteerde) beperkt kwetsbare bestemmingen geldt 10^{-6} per jaar als richtwaarde. Het plaatsgebonden risico dient te worden vastgesteld conform het zogenaamde Paarse Boek [1], gebaseerd op de effecten van warmtestraling op mensen zoals beschreven in het Groene Boek [6].

Als aanvulling op de plaatsgebonden risicoberekening, is tevens het groepsrisico berekend en getoetst aan de oriënterende waarde, zijnde $F \cdot N^2 < 10^{-3}$ per jaar, waarin F de frequentie per jaar is met N of meer dodelijke slachtoffers. Voor modificaties van bestaande inrichtingen eist het BEVI dat de toename van het groepsrisico tevens inzichtelijk wordt gemaakt. Daarom is de huidige situatie in termen van groepsrisico vergeleken met de nieuwe situatie.

3 UITGANGSPUNTEN

3.1 Locatie Zelzate

Het Gasunie transportnetwerk is onder te verdelen in Hoge druk Transport Leidingen (HTL) en Regionale Transport Leidingen (RTL). Het HTL is weer te onderscheiden in een separaat H-gas en G-gas leidingensysteem. Het onderscheid wordt gemaakt op basis van de calorische waarde van het te transporteren gas. Het huidige Gasrotonde fase 1 project betreft een forse uitbreiding van het H-gas HTL netwerk met koppelingen op het G-gas netwerk in verband met de gewenste flexibiliteit en leveringszekerheid. Het nieuwe HTL netwerk heeft een operationele druk van 80 bar(g), terwijl het bestaande HTL netwerk een operationele druk heeft van 66,2 bar(g).

Op een aantal punten langs de Nederlandse grens is het netwerk van Gasunie aangesloten op een buitenlands netwerk middels exportstations. Exportstations zijn eindpunten van het gastransportsysteem van Gasunie, het levert aardgas aan het buitenland. De functie van het exportstation is het meten van de geleverde hoeveelheid aardgas aan afnemers in het buitenland.

Het gas stroomt op een exportstation doorgaans via een aantal gasreinigers (scrubbers). De opgevangen vloeistof wordt verzameld in een centrale ondergrondse opslagtank. Na het passeren van deze gasreinigers komt het gas vervolgens in een verzamelleiding van waaruit het gas door een aantal parallel geschakelde meetstraten wordt gevoerd. In de meetstraat wordt uitsluitend de hoeveelheid doorgevoerd gas gemeten. Het gemeten gas verlaat het station via een ondergrondse uitgaande leiding.

De volgende componenten zijn meegenomen in de berekeningen van het groepsrisico voor de huidige situatie:

- Doorgaande leiding A-642 en de gasleiding van Zebra (beide ondergronds gelegen)
- Regelstraten (Gasunie en Zebra, beide ondergronds gelegen)
- Verbindingsleidingen (alle ondergronds gelegen)

De volgende componenten zijn meegenomen in de berekeningen van het plaatsgebonden risico en groepsrisico voor de nieuwe situatie:

- Doorgaande leidingen A-667, A-642, de leiding naar België en de gasleiding van Zebra (alle ondergronds gelegen)
- Scrubbers (bovengronds gelegen)
- Meetstraat (bovengronds gelegen)
- Regelstraat (nieuwbouw Gasunie, ondergronds gelegen)
- Regelstraten (bestaand Gasunie en bestaand Zebra, beide ondergronds gelegen)
- Verbindingsleidingen (alle ondergronds gelegen)

Bijlage C en Bijlage D bevatten de details van alle componenten die zijn meegenomen in de risicostudie. Naast de waarden van parameters als diameter, wanddikte, druk, staalsoort en lengte zijn ook de Rijksdriehoekcoördinaten van de beschouwde componenten in deze bijlagen terug te vinden.

3.2 Atmosferische condities

De gebruikte atmosferische condities zijn overgenomen uit het Paarse Boek [1]. Hierbij gaat het om de buitentemperatuur (282 K), temperatuur van het gas (282 K), luchtvochtigheid (83%), luchtdruk (101510 Pa), windsnelheden op de locatie ($1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en $9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) en windrichtingen tezamen met de kans van optreden. Voor deze risicoanalyse is de windroos van Vlissingen genomen, zoals die gespecificeerd is in [1].

3.3 Aardgassamenstelling

Het Gasrotonde project betreft een uitbreiding van het zogenaamde H-gas systeem. Het is om deze reden dat in de risicotetsing met betrekking tot de samenstelling van het gas is uitgegaan van hoogcalorisch gas. De samenstelling van dit type gas, uitgedrukt in voor de risicoanalyse relevante parameters, is weergegeven in Tabel 1.

Karakterisering gas	H-gas
Dichtheid, kg/m^3	0.8168
Calorische onderwaarde, MJ/m^3	36.4275
Moleculaire massa, kg/kmol	18.2568
Stoichiometrische concentratie in lucht, vol%	9.668
Verhouding specifieke warmte	1.32
Kritische temperatuur, K	205.016
Kritische druk, bar	47.4
Onderste ontvlambaarheidsgrens, vol%	4.8695
Specifieke warmtecapaciteit, $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$	2341

Tabel 1: Parametrisering H-gas

3.4 Operationele druk

Voor de operationele druk wordt voor de bestaande leidingen van het exportstation van Gasunie de ontwerpdruk van 66.2 bar(g) gehanteerd. Voor de operationele druk van de afsluiterlocatie van Zebra als ook het nieuwe gedeelte voor het exportstation wordt 80 bar(g) gehanteerd. De drukken waarmee in de studie is gerekend zijn weergegeven in Bijlage C en Bijlage D.

3.5 Populatiebestand

De omgevingsdata is geëxtraheerd uit een populatiebestand dat door RIVM ter beschikking is gesteld. Dit bestand geeft per object onder meer de code van het type object aan (bijvoorbeeld 1 = vrijstaande woning, 2 = twee-onder-één-kap woning, 10 = boerderij), als ook het aantal personen (wat overigens geen geheel getal is¹) en de hoofdfunctie van het object. Deze hoofdfunctie wordt gekarakteriseerd door één of meerdere hoofdletters. Bijvoorbeeld: 'W' staat voor woning, 'R' voor recreatie, 'O' voor onderwijs en 'Z' voor zorginstelling.

Het wordt opgemerkt dat de aantallen personen vermeld bij 'R', 'Z' of 'O'-instellingen, het aantal werknemers betreft. In dat opzicht is de database dus niet volledig omdat de 'bewoners' van deze objecten ontbreken. Daarvoor worden aannames gehanteerd. Voor zorginstellingen bedraagt het aantal patiënten per werknemer 0,43. Voor onderwijsinstellingen bedraagt het aantal leerlingen per werknemer 9,0 en voor recreatie bedraagt het aantal recreanten per werknemer 3,9. Deze aantallen zijn gebaseerd op [7].

Het wordt opgemerkt dat het gebruikte populatiebestand enkel onder licentievoorwaarden kan worden gebruikt en alleen toegepast kan worden met uitdrukkelijke toestemming en medewerking van het RIVM. Het is enkel om deze reden dat het RIVM als coauteur op het rapport vermeld staat. De risicoanalyse is door Gasunie uitgevoerd, waarmee uitdrukkelijk wordt gesteld dat het RIVM als toetsend orgaan deze risicoanalyse onafhankelijk kan beoordelen.

¹ Navraag bij RIVM leerde dat toekenning van het aantal personen per adres plaatsvindt op basis van het corresponderende postcodegebied. Voor een aantal woningen in een postcodegebied wordt het aantal personen geteld in die woningen. De gemiddelde waarde op basis van deze telling wordt van toepassing verklaard op alle woningen in dat postcodegebied.

4 FAALSCENARIO'S EN FAALORZAKEN

De risicoberekeningen zijn uitgevoerd conform CPR-18E [1]. Met betrekking tot het falen van aardgasleidingen spreekt deze richtlijn over een tweetal scenario's, te weten lekken en breuken. Voor ondergrondse aardgastransportleidingen dient een lek gemodelleerd te worden als een rond gat met een diameter van 20 mm. Voor lekken in bovengrondse leidingcomponenten op een installatie spreekt dit zogenaamde Paarse Boek over een gat met een diameter van 10% van de leidingdiameter met een maximum van 50 mm.

4.1 Faalorzaken

Het terrein van de locatie Zelzate wordt afgesloten met een hekwerk. Derhalve krijgen derden (zonder opdracht van Gasunie of in bijzijn van Gasunie personeel) geen toegang tot het terrein waar de installatie is opgesteld. Het is daarom onwaarschijnlijk dat derden die geen toegang tot het terrein hebben de op het terrein aanwezige componenten zullen beschadigen. Wanneer er werkzaamheden op het terrein plaatsvinden (zoals onderhoud) gebeurt dit met inachtneming van door Gasunie opgestelde procedures en werkvergunningen, eventueel onder toezicht van Gasunie personeel. Hiermee mag worden geconcludeerd dat external interference als faaloorzaak kan worden uitgesloten.

Met uitsluiting van schade door derden blijft in feite corrosie als faaloorzaak over. In overleg met het RIVM wordt de corrosie faalfrequentie berekend met de PIPESAFE module CORROSION. Deze module bepaald op basis van statistische verdelingen van corrosiedefecten en corrosiesnelheid verdelingen een voorspelling van de corrosie faalfrequentie. Naast diameter, druk, wanddikte en staalsoort zijn tevens de leidingleeftijd en de bekleding van de leiding belangrijke input paramaters. In de berekening is uitgegaan van een leidingleeftijd van 50 jaar. Daarnaast is uitgegaan van koolteer als bekleding van de leiding.

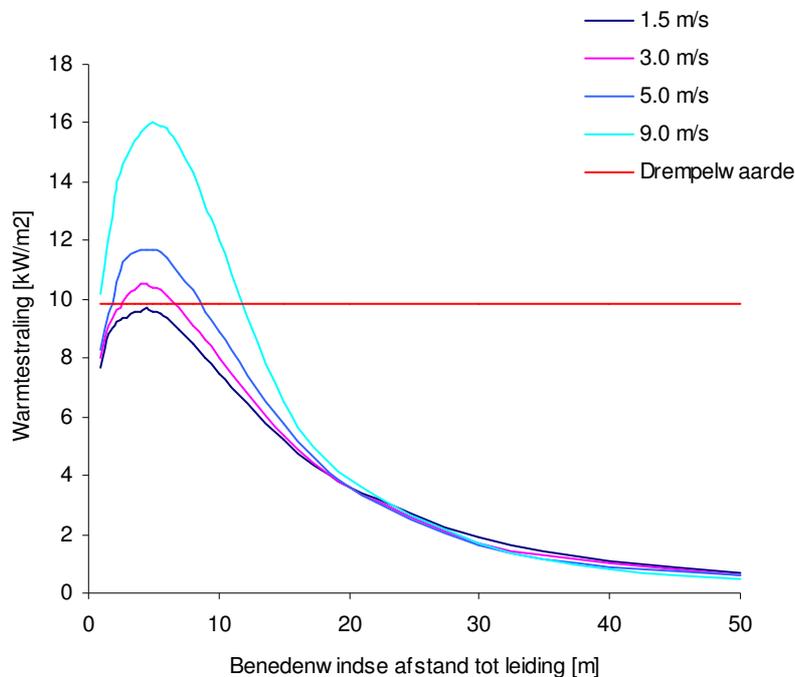
Hoewel de ondergrondse leidingdelen zijn bekleed met polyethyleen en niet met koolteer, is in overleg met het RIVM toch voor koolteer als bekleding gekozen. De reden hiervoor is dat de genoemde verdelingen zijn gebaseerd op Britse casuïstiek. De Britse gastransportleidingen zijn voor het overgrote deel bekleed met koolteer. De keuze voor koolteer als input parameter geeft daarom de betrouwbaarste voorspelling van de corrosie faalfrequentie.

Het wordt opgemerkt dat de gehanteerde faalfrequenties voor corrosie van bovengrondse leidingen als conservatief kunnen worden beschouwd. De kans op falen van bovengrondse leidingen ten gevolge van corrosie wordt namelijk nihil geacht door goed en preventief onderhoud in combinatie met reguliere (visuele) inspecties.

De gehanteerde faalfrequenties van de componenten waaruit de installatie bestaat staan vermeld in Bijlage C en Bijlage D en zijn tevens in het bezit van en geaccepteerd door het RIVM. Voor zover van toepassing zijn deze frequenties geëxtraheerd uit het rapport [8], dat door de overheid is geaccepteerd.

4.2 Ondergrondse leidingdelen

Zoals reeds aangegeven dient een lek in een ondergronds leidingsegment gemodelleerd te worden als een rond gat met een diameter van 20 mm. Hoewel de frequentie van falen als lek groter is dan de breukfrequentie, is de uitstroom verwaarloosbaar klein ten opzichte van de uitstroom behorend bij een breuk. De laatste conclusie geldt ook voor het warmtestralingsprofiel. Ter illustratie zijn in Figuur 2 de benedenwindse warmtestralingsprofielen weergegeven voor een lek van 20 mm in een 80 bar leiding behorend bij de in [1] gespecificeerde windsnelheden van 1,5 m/s; 3 m/s; 5 m/s en 9 m/s. De profielen zijn zijn bepaald met behulp van PIPESAFE.



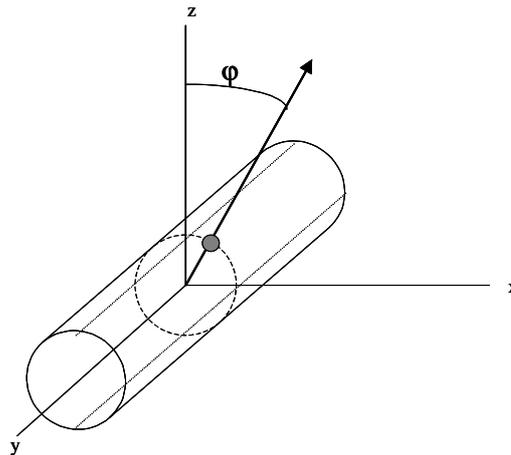
Figuur 2: Benedenwindse warmtestralingsprofielen bij een lek van 20 mm in een 80 bar leiding en windsnelheden van 1.5 m/s, 3 m/s, 5 m/s en 9 m/s.

Uit bovenstaande figuur is af te leiden dat het benedenwindse warmtestralingsprofiel behorend bij 1,5 m/s de drempelwaarde van $9,84 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ niet overschrijdt². De warmtestraling behorend bij 3 m/s, 5 m/s en 9 m/s blijft vanaf een afstand van ongeveer 15 meter van het lek onder de in [1] gespecificeerde drempelwaarde. Het kan worden geconcludeerd dat het risico behorend bij een lek met een diameter van 20 mm verwaarloosbaar is. Derhalve wordt bij ondergrondse leidingen alleen gerekend met het breukscenario.

² Volgens CPR-18E dienen risicoberekeningen te worden uitgevoerd tot op 1% letaliteit. Met de methodologie uit CPR-18E komt dit overeen met een warmtestraling van $9.84 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. Deze waarde kan derhalve als een drempelwaarde worden gezien.

4.3 Bovengrondse leidingdelen

Lekken in bovengrondse leidingen dienen volgens [1] gemodelleerd te worden als een rond gat met een diameter van 10% van de leidingdiameter met een maximum van 50 mm. Het is echter evident dat bij een lek in een bovengrondse leiding de uitstroomrichting een belangrijke rol speelt. In feite varieert deze uitstroomrichting in de omtreksrichting van de leiding (zie ook Figuur 3, waarin de uitstroomhoek met de positieve z-as, φ , variabel is).

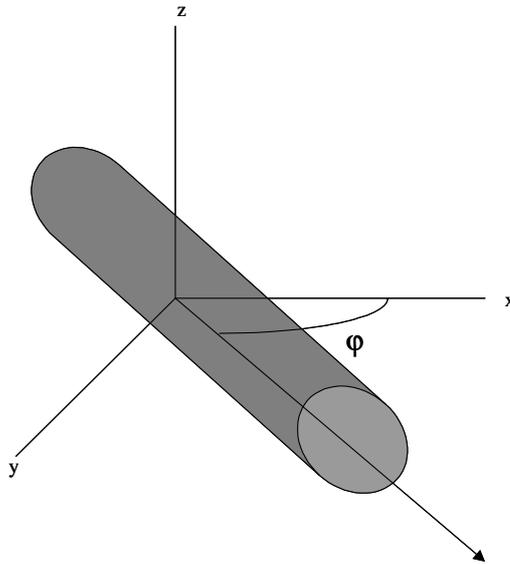


Figuur 3: Schematische weergave leidinglek in bovengrondse leiding

Daarmee is het tevens duidelijk dat bij een lek in een bovengrondse leiding horizontale uitstroming kan optreden (in dat geval heeft φ de waarde $\pi/2$ of $3\pi/2$). De bij ontsteking optredende horizontale vlam kan dan buiten het hekwerk van de installatie komen, zodat lekken in bovengrondse leidingen niet a-priori kunnen worden genegeerd. Lekken in bovengrondse leidingen in de open lucht kunnen derhalve significant bijdragen aan het risico en zijn om die reden meegenomen in de risicoanalyse. Uit conservatief oogpunt is hierbij alleen uitgegaan van horizontale uitstroming, waarbij de uitstroomrichting in het horizontale vlak is gevarieerd in twaalf richtingen met elk een gelijke kans van optreden.

Bij het falen van bovengrondse leidingen als breuk moet rekening worden gehouden met een eventueel aanwezig zijnde terugslagklep in het systeem wat al dan niet resulteert in eenzijdige uitstroming³. In dit scenario is, evenals bij lekken in bovengrondse leidingen, uitgegaan van twaalf verschillende uitstroomrichtingen in het horizontale vlak, op een hoogte van 1 meter boven het grondvlak. Een en ander is schematisch weergegeven in Figuur 4. De uitstroomhoek met de positieve x-as, in de figuur aangeduid met φ , is gelijk genomen aan $2k\pi/12$, met $k = 0, 1, 2, \dots, 11$. De verdeling van uitstroomrichtingen wordt verondersteld uniform te zijn: elk van de twaalf uitstroomrichtingen heeft een gelijke kans van optreden.

³ In normale situaties zal bij een leidingbreuk tweezijdige uitstroming plaatsvinden: het gas stroomt uit beide leidinguiteinden uit de leiding. Echter, wanneer de breuk plaatsvindt aan het linker of rechter uiteinde van de leiding of wanneer er terugslagkleppen aanwezig zijn in een leidingsysteem, bestaat de mogelijkheid van eenzijdige uitstroming: het gas stroomt uit slechts één leidinguiteinde.



Figuur 4: Schematische weergave leidingbreuk in bovengrondse leiding

4.4 Gasophoping in een afgesloten ruimte

Hoewel er diverse gebouwen op het terrein aanwezig zijn, bevat geen van deze gebouwen gasleidingen, zodat een mogelijk explosiescenario kan worden uitgesloten van de risicoanalyse.

5 EFFECTBEREKENINGEN

Indien in een component op de installatie een breuk optreedt, zal dit direct resulteren in uitstroom van gas. De eigenschappen van deze uitstroom hangen sterk af van de diameter en druk van de component, maar ook van de plaats van de component op de installatie.

5.1 Uitstroomberekeningen

Voor de uitstroomberekeningen is de module PBREAK van het PIPESAFE pakket gebruikt. Dit model is gebaseerd op de behoudswetten van massa en impuls (de zogenaamde Navier-Stokes vergelijkingen). In combinatie met de toestandsvergelijking wordt het, doorgaans tijdsafhankelijke, debiet bepaald.

Uit conservatief oogpunt is in de uitstroomberekeningen van de verschillende leidingcomponenten uitgegaan van een oneindig lange leiding die ofwel éézijdig of tweezijdig leegstroomt afhankelijk van de functie van de component en de plaats van de component op de installatie.

De resultaten van de uitstroomberekeningen zijn als tijdsgemiddelde uitstroom over de eerste 20 seconden opgenomen in Bijlage C en Bijlage D.

5.2 Warmtestraling

In de scenario's is er van uitgegaan dat het uitstromende gas (onmiddellijk en met kans 1) ontsteekt en daardoor resulteert in warmtestraling. In dat geval zal bij ondergrondse breuken een verticaal gerichte fakkelbrand ontstaan. Dit resulteert in warmtestralingcontouren waarvan de vorm hoofdzakelijk afhangt van de diameter, de operationele leidingdruk en de heersende windrichting. Voor de ondergrondse gasleidingdelen is deze fakkelbrand gemodelleerd met CRISTAL. CRISTAL is een module in PIPESAFE die gebouwd is om de warmtestralingen bij een fakkelbrand van een ondergrondse gasleiding te voorspellen, waarbij rekening wordt gehouden met de vorming van een krater en de invloed daarvan.

Bij bovengrondse leidingen kan een lek of breuk resulteren in horizontale uitstroming. Bij ontsteking zullen in dat geval de effectafstanden beduidend groter zijn dan bij verticale uitstroming omdat de lengte van de gevormde vlam zich direct uitstrekt over het terrein. Voor de bovengrondse gasleidingen is met het PIPESAFE model THRAN het scenario van een horizontaal gerichte fakkelbrand gemodelleerd.

Hoewel de tijdsafhankelijkheid van de warmtestraling buiten beschouwing is gelaten, is wel gerekend met verschillende windsnelheden ($1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en $9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) en windrichtingen met de bijbehorende kans van optreden volgens de plaatselijke windroos zoals die in het Paarse Boek is opgenomen, zie sectie 3.2 .

5.3 Effect van warmtestraling

Schade door warmtestraling wordt conform het zogenaamde Groene Boek [6] bepaald door de 'dosis' die een persoon ontvangt. Gegeven een ruimte- en tijdsafhankelijke straling $Q(x,y,z,t)$, uitgedrukt in $[\text{kW}\cdot\text{m}^{-2}]$, dan wordt de dosis in het algemeen berekend met de formule

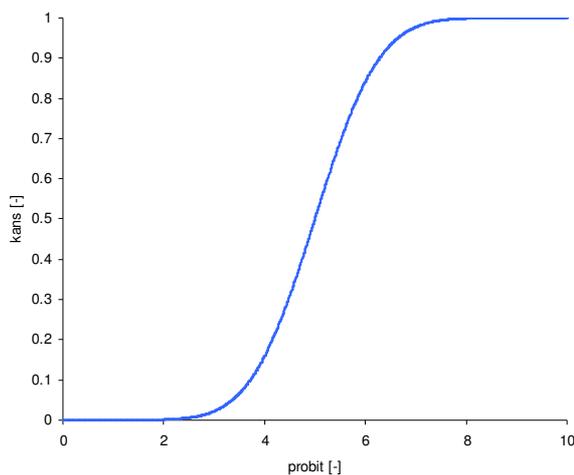
$$Dosis = \int_{T_0}^{T_1} Q(x, y, z, t)^{1,33} dt,$$

waarin T_0 het tijdstip van ontsteking is en $T_1 - T_0$ de blootstellingduur. In dit specifieke geval, waarin de tijdsvariabele uit de warmtestraling is geïntegreerd en gerekend wordt met onmiddellijke ontsteking ($T_0 = 0$) en 20 seconden blootstelling ($T_1 = 20$), reduceert de formule voor de dosis tot $Dosis = Q(x,y,z)^{1,33}\cdot 20$.

Het effect van warmtestraling wordt vervolgens bepaald met behulp van de zogenaamde probitfunctie. Deze probitfunctie, die afhankelijk is van de dosis, is in feite een hulpvariabele waarmee uiteindelijk de kans op overlijden ten gevolge van warmtestraling kan worden berekend. Voor verbranding van koolwaterstoffen (waaronder aardgas, dat immers voor een groot gedeelte uit methaan bestaat) wordt de probitfunctie gedefinieerd door

$$probit = -12.8 + 2.56 \cdot \ln(dosis).$$

Gegeven nu een waarde *probit* van de probitfunctie, dan wordt de bijbehorende kans op overlijden bepaald door de uitdrukking $P(X \leq probit)$, waarin X een normaal verdeelde stochast is met gemiddelde 5 en standaarddeviatie 1 (zie Figuur 5).



Figuur 5: Kans op overlijden als functie van de probit

6 RISICOBEREKENINGEN

Zowel het plaatsgebonden risico (PR) als het groepsrisico (GR) zijn berekend volgens de methodologie in CPR-18E. In alle uitgevoerde risicoberekeningen zijn de voorgeschreven windsnelheden (1,5 m/s; 3 m/s; 5 m/s en 9 m/s) met bijbehorende windroos verdisconteerd. In de berekeningen is uitgegaan van de conservatieve aanname van onmiddellijke ontsteking met kans 1.

6.1 Plaatsgebonden risico

Voor de installatie bestaat het plaatsgebonden risico op een gegeven coördinaat uit het gesommeerde plaatsgebonden risico van elk van de componenten op de installatie die een significante bijdrage aan het risico leveren. Per component is rekening gehouden met het corresponderende scenario: verticale of horizontale uitstroming, eenzijdige of tweezijdige uitstroming, lek of breuk. Het PR op coördinaten (x,y) , $PR(x,y)$, kan worden uitgedrukt met de formule:

$$PR(x, y) = \sum_{\substack{\text{ondergrondse} \\ \text{componenten}}} \sum_{v_{wind} \in \{1.5, 3, 5, 9\}} \sum_{j=0}^{11} ff_{comp} p(v_{wind}, \varphi_{v_{wind}, j}) l_{comp}(x, y, v_{wind}, \varphi_{v_{wind}, j}) + \\ \sum_{\substack{\text{bovengrondse} \\ \text{componenten}}} \sum_{v_{wind} \in \{1.5, 3, 5, 9\}} \sum_{j=0}^{11} \sum_{k=0}^{11} ff_{comp} p(v_{wind}, \varphi_{v_{wind}, j}) \frac{l_{comp}(x, y, v_{wind}, \varphi_{v_{wind}, j}, \varphi_{release, k})}{12}$$

waarin:

ff_{comp}	de faalfrequentie per jaar van een component;
$p(v_{wind}, \varphi_{v_{wind}, j})$	de kans op windsnelheid v_{wind} uit richting $2j\pi/12$;
l_{comp}	de letaliteit op coördinaat (x, y) corresponderend met windsnelheid v_{wind} uit richting $2j\pi/12$ en – voor bovengrondse componenten – corresponderend met uitstroomrichting $2k\pi/12$.

Het plaatsgebonden risico wordt gepresenteerd door middel van iso-risicocontouren op een kaart. In het Paarse Boek staat voorgeschreven dat de 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} en de 10^{-8} per jaar plaatsgebonden risicocontouren, indien aanwezig, gevisualiseerd dienen te worden.

Door de overheid is bepaald dat het plaatsgebonden risico ter plaatse van (geprojecteerde) kwetsbare objecten lager moet zijn dan 10^{-6} per jaar.

6.2 Groepsrisico

Ter bepaling van het groepsrisico, spelen de 35 kW/m² warmtestralingcontour en de 10 kW/m² warmtestralingcontour een cruciale rol. Binnen de 35 kW/m² warmtestralingcontour is in de richtlijnen opgenomen dat alle aanwezigen (zowel binnens- als buitenshuis) overlijden. In de ring tussen de 35 kW/m² warmtestralingcontour en 10 kW/m² warmtestralingcontour geldt een afnemende letaliteit, naarmate de afstand tot de falende component toeneemt. Ook overlijden in dit gebied alleen mensen die buitenshuis zijn en worden deze mensen bovendien in bepaalde mate beschermd door het dragen van kleding.

De voor de berekening relevant zijnde parameters zijn geëxtraheerd uit onder meer [7] en samengevat in onderstaande tabel.

	Dag	Nacht	Bron
Aantal uren van een etmaal	10,5	13,5	[1]
Percentage personen buiten	7%	1%	[1]
Percentage bewoners aanwezig			
Patiënten in zorgobject	100%	100%	[7]
Leerlingen in onderwijsobject	100%	0%	[7]
Recreanten in recreatieobject	0%	100%	[7]
Overig (betreft met name woningen)	70%	100%	[1]
Percentage werknemers aanwezig			
Werknemers in zorgobject	90%	10%	[7]
Werknemers in onderwijsobject	100%	0%	[7]
Werknemers in recreatieobject	50%	50%	[7]
Overig	100%	0%	[1]
Beschermende factor dragen kleding	0,14	0,14	[1]

Tabel 2: Uitgangspunten groepsrisicoberekeningen

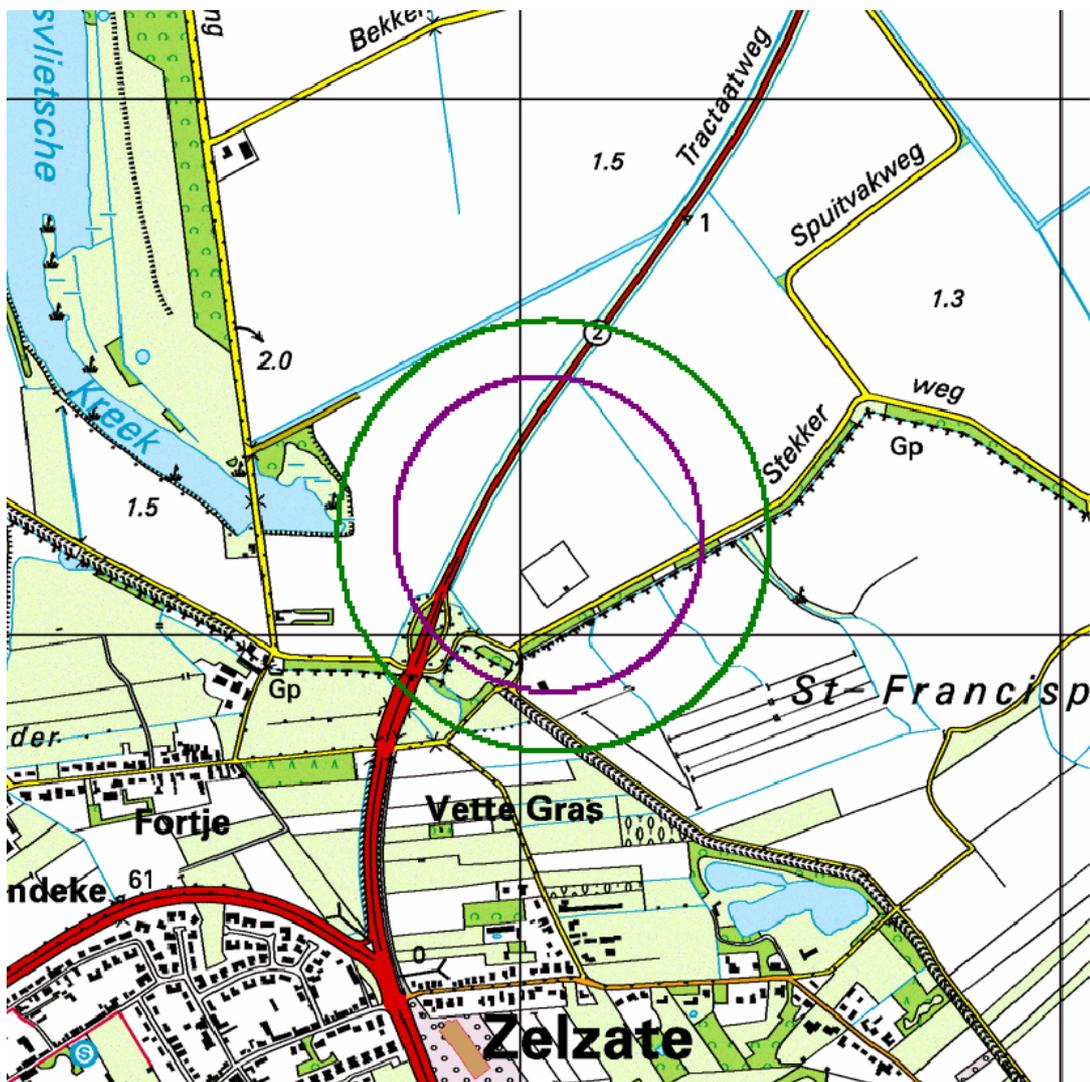
Het groepsrisico voor een installatie wordt doorgaans gepresenteerd in de vorm van een FN-curve. Zo'n FN-curve is in feite een grafiek met op de horizontale as het aantal dodelijke slachtoffers en op de verticale as de cumulatieve kansen per jaar op tenminste dat aantal slachtoffers.

7 RESULTATEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van de verschillende uitgevoerde berekeningen.

7.1 Plaatsgebonden risico

De resultaten van de plaatsgebonden risicoberekening met betrekking tot de inrichting bestaande uit het reguliere exportstation, de voorziene uitbreiding en het afsluiterlocatie van Zebra zijn weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6: Plaatsgebonden risico contouren voor de nieuwe inrichting Zelzate. In deze figuur is de 10^{-7} per jaar plaatsgebonden risicocontour weergegeven in paars en de 10^{-8} per jaar PR-contour in groen. De 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour kan niet worden weergegeven, omdat dit niveau niet wordt bereikt.

De 10^{-6} per jaar PR-contour kan niet worden weergegeven omdat het plaatsgebonden risico deze waarde bij de beschouwde inrichting nergens bereikt. Hierdoor kan worden geconcludeerd dat zich geen objecten bevinden binnen de 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour. Daarmee voldoet de installatie aan de door de overheid gestelde normwaarde voor plaatsgebonden risico.

7.2 Groepsrisico

De installatie is zodanig gelegen in de omgeving dat er zich nauwelijks personen bevinden binnen het invloedsgebied voor het groepsrisico van zowel de huidige als de nieuwe installatie. Om die reden kan geen FN-curve worden getekend (het maximaal aantal berekende slachtoffers in zowel de oude als de nieuwe situatie is lager dan 10). Daarmee is het evident dat ook met betrekking tot het groepsrisico het voorziene ontwerp van de installatie, geprojecteerd in zijn omgeving, voldoet aan de oriënterende waarde voor het groepsrisico.

Om echter de toename van het groepsrisico inzichtelijk te maken is gekeken naar het verwachte aantal slachtoffers in zowel de bestaande situatie als de bestaande situatie inclusief uitbreiding. Dit verwachte aantal slachtoffers wordt gedefinieerd door over alle mogelijke scenario's het aantal berekende slachtoffers bij dat scenario vermenigvuldigd met de frequentie waarmee dat aantal slachtoffers optreedt, te sommeren. De resultaten hiervan zijn samengevat in Tabel 3.

Situatie	Verwacht aantal slachtoffers per jaar
Huidig	0
Nieuw	$5,9 \cdot 10^{-12}$

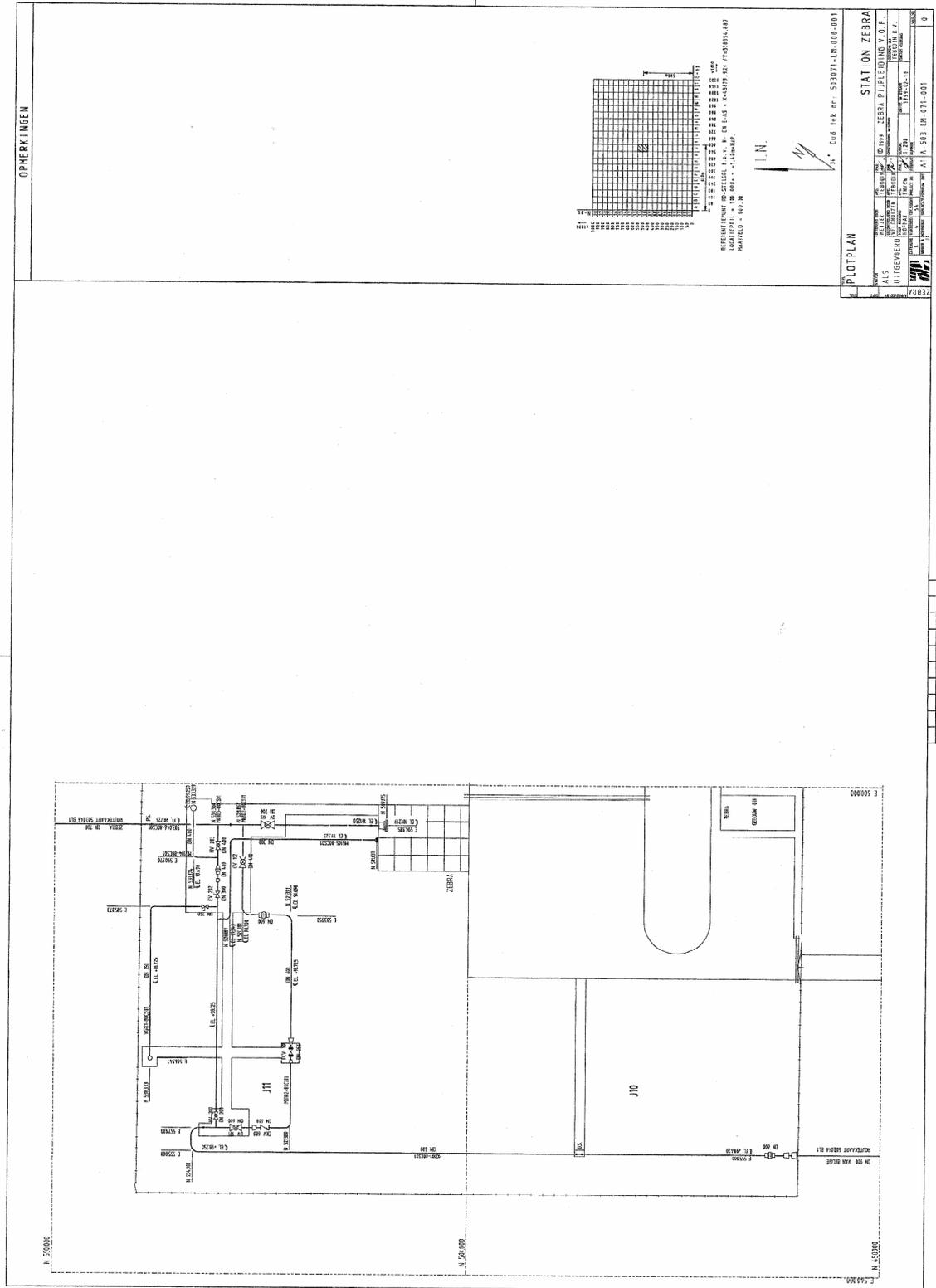
Tabel 3: Verwacht aantal slachtoffers voor de verschillende situaties

In de huidige situatie worden er in het geheel geen slachtoffers verwacht, aangezien de hele populatie zich buiten het invloedsgebied bevindt. In de uitbreidingssituatie is dit niet meer het geval, maar is het groepsrisico verwaarloosbaar klein.

8 REFERENTIES

- [1] Committee for the Prevention of Disasters, *Guidelines for Quantitative Risk Assessment, CPR18E*, 1999
- [2] Acton M.R., Baldwin P.J., Baldwin T.R., Jager E.E.R., *The Development of the PIPESAFE Risk Assessment Package for Gas Transmission Pipelines*, Proceedings of the International Pipeline Conference, ASME International, Book no. G1075A, 1998
- [3] Acton M.R., Baldwin P.J., Baldwin T.R., Jager E.E.R., *Recent Developments in the Design and Application of the PIPESAFE Risk Assessment Package for Gas Transmission Pipelines*, Proceedings of the International Pipeline Conference, IPC02-27196, Calgary, Canada, 2002
- [4] M.R. Acton, G. Hankinson, B.P. Ashworth, M. Sanai, J.D. Colton, *A Full Scale Experimental Study of Fires following the Rupture of Natural Gas Transmission Pipelines*, Proceedings of the International Pipeline Conference, Calgary, ASME International
- [5] Besluit van 27 mei 2004, houdende milieukwaliteitseisen voor externe veiligheid van inrichten milieubeheer (Besluit externe veiligheid inrichten), Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, jaargang 2004, 250
- [6] Committee for the Prevention of Disasters, *Methods for the determination of possible damage, CPR 16E*, 1992
- [7] Post J.G., Kooi E.S., Weijts J., *Ontwikkelingen van het groepsrisico rond Schiphol, 1990 – 2010*, RIVM rapport 620100004, 2005
- [8] Rein Bolt, Robert Kuik, Jeroen Zanting, Eric Jager: *Risicoanalyse Aardgas Transportleidingen*. Rapport RT 03.R.0355

Bijlage B Plotplan locatie Zelzate Zebra



Bijlage C Specificatie Componenten Huidige situatie

Component	L	D	D	Wand	Druk	Staal	Type	Uitstroom	FF
	[m]	[inch]	[mm]	[mm]	[bar(g)]	soort	uitstroom	[kg·s ⁻¹]	[km ⁻¹ ·jr ⁻¹]
25- A-642	105	30	762	13.8	66.2	X60	tweezijdig	3583.5	2.81E-07
26- Leiding stukje T splitsing	2.5	16	406.4	14.2	66.2	Grade B	eenzijdig	383.1	3.83E-07
27- Leiding tussen A-642 en regelstraat	50	30	762	11.6	66.2	X60	tweezijdig	3633.1	7.49E-07
28- Regelstraat	14	16	406.4	14.2	66.2	Grade B	tweezijdig	766.2	3.83E-07
29- Leiding langs regelstraat	20	30	762	11.6	66.2	X60	tweezijdig	3633.1	7.49E-07
30- Verbindingsstukje	5	18	457	7	66.2	X60	tweezijdig	1110.9	1.80E-06
31- Verbindingsstukje	5	18	457	7	66.2	X60	tweezijdig	1110.9	1.80E-06
32- A-642	58	30	762	11.6	66.2	X60	tweezijdig	3633.1	7.49E-07
33- Leiding stukje T splitsing	5.5	16	406.4	14.2	66.2	Grade B	eenzijdig	383.1	3.83E-07
34- Leiding stukje T splitsing	5	30	762	11.6	66.2	X60	eenzijdig	1816.5	7.49E-07
1- Binnenkomende leiding	15.4	28	711.2	12.8	80	X60	tweezijdig	3787.3	7.35E-07
2- Leiding stukje T splitsing	2.6	16	406.4	14.2	80	Grade B	eenzijdig	474.6	7.45E-07
3- Leiding tussen binnenkomende leiding en terugslagklep	46.2	24	610	11.1	80	X60	tweezijdig	2654.9	1.03E-06
4- Leiding stukje T splitsing	1.6	12	323.9	11	80	Grade B	eenzijdig	279.6	1.47E-06
5- Binnenkomende leiding eerste stuk (vanaf terugslagklep)	24	24	610	11.1	80	X60	eenzijdig	1327.5	1.03E-06
6- Uitgaande leiding tweede stuk	61.8	24	610	11.1	80	X60	tweezijdig	2654.9	1.03E-06

Component	Locatie zwaartepunt		Aantal straten	Ligging	Lek/Breuk
	X [RDC]	Y [RDC]			
25- A-642	46024	359169	1	ondergronds	Breuk
26- Leiding stukje T splitsing	46052	359142	1	ondergronds	Breuk
27- Leiding tussen A-642 en regelstraat	46072	359148	1	ondergronds	Breuk
28- Regelstraat	46079	359144	4	ondergronds	Breuk
29- Leiding langs regelstraat	46076	359137	1	ondergronds	Breuk
30- Verbindingsstukje	46081	359134	1	ondergronds	Breuk
31- Verbindingsstukje	46083	359132	1	ondergronds	Breuk
32- A-642	46099	359115	1	ondergronds	Breuk
33- Leiding stukje T splitsing	46061	359148	1	ondergronds	Breuk
34- Leiding stukje T splitsing	46050	359139	1	ondergronds	Breuk
1- Binnenkomende leiding	46041	359135	1	ondergronds	Breuk
2- Leiding stukje T splitsing	46041	359134	1	ondergronds	Breuk
3- Leiding tussen binnenkomende leiding en terugslagklep	46031	359118	1	ondergronds	Breuk
4- Leiding stukje T splitsing	46013	359113	1	ondergronds	Breuk
5- Binnenkomende leiding eerste stuk (vanaf terugslagklep)	46012	359110	1	ondergronds	Breuk
6- Uitgaande leiding tweede stuk	46034	359079	1	ondergronds	Breuk

Bijlage D Specificatie Componenten Nieuwe situatie

Component	L	D	D	Wand	Druk	Staal	Type	Uitstroom	FF
	[m]	[inch]	[mm]	[mm]	[bar(g)]	soort	uitstroom	[kg·s ⁻¹]	[km ⁻¹ ·jr ⁻¹]
1- Regelstraat	11	20	508	9.2	80	X60	tweezijdig	1737.3	1.50E-06
2- Leiding binnen regelstraat	11	8	219.1	7.9	80	Grade B	tweezijdig	218.1	2.21E-06
3- Leiding binnen regelstraat	11	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
4- Leiding tussen regel- en meetstraat	53	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
5- Meetstraat	29	20	508	9.2	80	X60	tweezijdig	27.1	1.00E-09
5- Meetstraat breuk	29	20	508	9.2	80	X60	tweezijdig	1737.3	1.50E-06
6- Leiding tussen meetstraat en scrubbers	86.5	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
7- Ingaande leiding scrubber 804	7	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
8- Uitgaande leiding scrubber 804	6	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
9- Ingaande leiding scrubber 805	7	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
10- Uitgaande leiding scrubber 805	6	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
11- Ingaande leiding scrubber 806	7	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
12- Uitgaande leiding scrubber 806	6	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
13- Leiding na scrubbers station uit (naar België)	148	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
14- Leiding tussen regelstraat en scrubbers	100.5	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
15- Ingaande leiding scrubber 801	7	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
16- Uitgaande leiding scrubber 801	6	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
17- Ingaande leiding scrubber 802	7	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
18- Uitgaande leiding scrubber 802	6	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
19- Ingaande leiding scrubber 803	7	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
20- Uitgaande leiding scrubber 803	6	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
21- Leiding tussen scrubbers en GV04	31	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
22- Leiding stukje T splitsing	2.5	16	406.4	14.2	80	Grade B	eenzijdig	474.6	7.45E-07
23- Leiding stukje T splitsing	2.5	16	406.4	14.2	80	Grade B	eenzijdig	474.6	7.45E-07
24- A-667	145.5	48	1219	21.7	80	X60	tweezijdig	12976.0	7.59E-08

Component	L	D	D	Wand	Druk	Staal	Type	Uitstroom	FF
	[m]	[inch]	[mm]	[mm]	[bar(g)]	soort	uitstroom	[kg·s ⁻¹]	[km ⁻¹ ·jr ⁻¹]
25- A-642	105	30	762	13.8	66.2	X60	tweezijdig	3583.5	2.81E-07
26- Leiding stukje T splitsing	2.5	16	406.4	14.2	66.2	Grade B	eenzijdig	383.1	3.83E-07
27- Leiding tussen A-642 en regelstraat	50	30	762	11.6	66.2	X60	tweezijdig	3633.1	7.49E-07
28- Regelstraat	14	16	406.4	14.2	66.2	Grade B	tweezijdig	766.2	3.83E-07
29- Leiding langs regelstraat	20	30	762	11.6	66.2	X60	tweezijdig	3633.1	7.49E-07
30- Verbindingsstukje	5	18	457	7	66.2	X60	tweezijdig	1110.9	1.80E-06
31- Verbindingsstukje	5	18	457	7	66.2	X60	tweezijdig	1110.9	1.80E-06
32- A-642	58	30	762	11.6	66.2	X60	tweezijdig	3633.1	7.49E-07
33- Leiding stukje T splitsing	5.5	16	406.4	14.2	66.2	Grade B	eenzijdig	383.1	3.83E-07
34- Leiding stukje T splitsing	5	30	762	11.6	66.2	X60	eenzijdig	1816.5	7.49E-07
35- Scrubbers 801 tm 803	6	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	87.7	1.78E-07
35- Scrubbers 801 tm 803 breuk	6	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
36- Scrubbers 804 tm 806	6	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	87.7	1.78E-07
36- Scrubbers 804 tm 806 breuk	6	36	914	16.4	80	X60	tweezijdig	6735.6	3.14E-07
1- Binnenkomende leiding	15.4	28	711.2	12.8	80	X60	tweezijdig	3787.3	7.35E-07
2- Leiding stukje T splitsing	2.6	16	406.4	14.2	80	Grade B	eenzijdig	474.6	7.45E-07
3- Leiding tussen binnenkomende leiding en terugslagklep	46.2	24	610	11.1	80	X60	tweezijdig	2654.9	1.03E-06
4- Leiding stukje T splitsing	1.6	12	323.9	11	80	Grade B	eenzijdig	279.6	1.47E-06
5- Uitgaande leiding eerste stuk (vanaf terugslagklep)	24	24	610	11.1	80	X60	eenzijdig	1327.5	1.03E-06
6- Uitgaande leiding tweede stuk	61.8	24	610	11.1	80	X60	tweezijdig	2654.9	1.03E-06

Component	Locatie zwaartepunt		Aantal Straten	Ligging	Lek/Breuk
	X [RDC]	Y [RDC]			
1- Regelstraat	46025	359179	4	ondergronds	Breuk
2- Leiding binnen regelstraat	46023	359182	1	ondergronds	Breuk
3- Leiding binnen regelstraat	46022	359184	1	ondergronds	Breuk
4- Leiding tussen regel- en meetstraat	46026	359189	1	ondergronds	Breuk
5- Meetstraat	46030	359213	5	bovengronds	Lek
5- Meetstraat breuk	46030	359213	5	bovengronds	Breuk
6- Leiding tussen meetstraat en scrubbers	46033	359217	1	ondergronds	Breuk
7- Ingaande leiding scrubber 804	46037	359192	1	ondergronds	Breuk
8- Uitgaande leiding scrubber 804	46039	359193	1	ondergronds	Breuk
9- Ingaande leiding scrubber 805	46042	359196	1	ondergronds	Breuk
10- Uitgaande leiding scrubber 805	46044	359196	1	ondergronds	Breuk
11- Ingaande leiding scrubber 806	46047	359199	1	ondergronds	Breuk
12- Uitgaande leiding scrubber 806	46048	359200	1	ondergronds	Breuk
13- Leiding na scrubbers station uit (naar België)	46085	359160	1	ondergronds	Breuk
14- Leiding tussen regelstraat en scrubbers	46045	359184	1	ondergronds	Breuk
15- Ingaande leiding scrubber 801	46057	359167	1	ondergronds	Breuk
16- Uitgaande leiding scrubber 801	46058	359168	1	ondergronds	Breuk
17- Ingaande leiding scrubber 802	46062	359170	1	ondergronds	Breuk
18- Uitgaande leiding scrubber 802	46062	359172	1	ondergronds	Breuk
19- Ingaande leiding scrubber 803	46067	359174	1	ondergronds	Breuk
20- Uitgaande leiding scrubber 803	46067	359175	1	ondergronds	Breuk
21- Leiding tussen scrubbers en GV04	46059	359161	1	ondergronds	Breuk
22- Leiding stukje T splitsing	46055	359157	1	ondergronds	Breuk
23- Leiding stukje T splitsing	46058	359152	1	ondergronds	Breuk
24- A-667	46031	359194	1	ondergronds	Breuk

Component	Locatie zwaartepunt		Aantal Straten	Ligging	Lek/Breuk
	X [RDC]	Y [RDC]			
25- A-642	46024	359169	1	ondergronds	Breuk
26- Leiding stukje T splitsing	46052	359142	1	ondergronds	Breuk
27- Leiding tussen A-642 en regelstraat	46072	359148	1	ondergronds	Breuk
28- Regelstraat	46079	359144	4	ondergronds	Breuk
29- Leiding langs regelstraat	46076	359137	1	ondergronds	Breuk
30- Verbindingsstukje	46081	359134	1	ondergronds	Breuk
31- Verbindingsstukje	46083	359132	1	ondergronds	Breuk
32- A-642	46099	359115	1	ondergronds	Breuk
33- Leiding stukje T splitsing	46061	359148	1	ondergronds	Breuk
34- Leiding stukje T splitsing	46050	359139	1	ondergronds	Breuk
35- Scrubbers 801 tm 803	46058	359175	3	bovengronds	Lek
35- Scrubbers 801 tm 803 breuk	46058	359175	3	bovengronds	Breuk
36- Scrubbers 804 tm 806	46046	359191	3	bovengronds	Lek
36- Scrubbers 804 tm 806 breuk	46046	359191	3	bovengronds	Breuk
1- Binnenkomende leiding	46041	359135	1	ondergronds	Breuk
2- Leiding stukje T splitsing	46041	359134	1	ondergronds	Breuk
3- Leiding tussen binnenkomende leiding en terugslagklep	46031	359118	1	ondergronds	Breuk
4- Leiding stukje T splitsing	46013	359113	1	ondergronds	Breuk
5- Uitgaande leiding eerste stuk (vanaf terugslagklep)	46012	359110	1	ondergronds	Breuk
6- Uitgaande leiding tweede stuk	46034	359079	1	ondergronds	Breuk

Verzendlijst

Archief,

TL (F.C.M. van den Berg, J. Spiekhout)

DET (M.T. Dröge)

TAM (G.R. Kuik)

V (D. van den Brand)