

# Kwantitatieve Risicotoetsing tracé Zuidbroek- Heiligerlee

Door  
M. van Burgel

Afdeling  
Gasunie Engineering and Technology, DEI

Rapport  
Kwantitatieve Risicotoetsing tracé Zuidbroek- Heiligerlee\_2

Gereed  
februari 2009

Medewerking (coauteur)  
A. van Vliet (RIVM)

Datum, versie  
24 februari 2009, versie 2

Ons kenmerk  
DEI 2008.R.0765

Status  
Definitief

# 1 Samenvatting

In opdracht van TAM is een risicostudie uitgevoerd voor het tracé Zuidbroek-Heiligerlee, dat een bovengrondse stikstof installatie verbindt met een caveerne waar stikstof kan worden opgeslagen. Onderdeel van dit tracé is de stikstof leiding A-626, waarvan dit rapport de risicostudie betreft.

Uit de berekeningen en analyses kan het volgende worden geconcludeerd.

Met betrekking tot het plaatsgebonden risico (PR) voldoet het voorziene ontwerp van de stikstofleiding aan de door de Nederlandse overheid gestelde norm van  $PR < 10^{-6}$  per jaar ter plaatse van (beperkt) kwetsbare objecten.

Het beoogde tracé voor de stikstofleiding, met het voorziene ontwerp, voldoet tevens aan de oriënterende waarde voor het groepsrisico, zijnde  $F \cdot N^2 < 10^{-2}$  per km per jaar, waarbij  $F$  de frequentie is van een ongeval met  $N$  of meer dodelijke slachtoffers.

# Inhoud

<b>1 Samenvatting</b> .....	<b>2</b>
<b>2 Inleiding</b> .....	<b>4</b>
<b>3 Risicoanalyse</b> .....	<b>5</b>
3.1 Algemeen.....	5
3.2 Toetsingscriteria en regelgeving.....	6
<b>4 Uitgangspunten</b> .....	<b>7</b>
4.1 Atmosferische condities .....	7
4.2 Leidingtracé .....	7
4.3 Gassamenstelling .....	8
4.4 Bevolkingsgegevens .....	8
<b>5 Faalscenario's, faalorzaken, faalfrequentie</b> .....	<b>9</b>
5.1 Faalorzaken .....	9
5.2 Faalscenario's .....	9
5.3 Faalfrequentie .....	9
<b>6 Effectberekeningen</b> .....	<b>10</b>
6.1 Uitstroom stikstof.....	10
6.1.1 Letaliteit stikstof .....	10
<b>7 Risicoberekeningen</b> .....	<b>11</b>
7.1 Plaatsgebonden risico .....	11
7.2 Groepsrisico .....	11
<b>8 Resultaten</b> .....	<b>13</b>
8.1 Plaatsgebonden risico .....	13
8.2 Groepsrisico screening .....	13
<b>9 Conclusies</b> .....	<b>14</b>
<b>10 Referenties</b> .....	<b>15</b>
<b>Bijlage A Faalfrequenties</b> .....	<b>16</b>
A1 Schade door derden .....	16
A2 Referenties.....	18
<b>Verzendlijst</b> .....	<b>19</b>

## 2 Inleiding

In dit rapport wordt een risicoanalyse gemaakt van de stikstof leiding A-626 op het tracé Zuidbroek-Heiligerlee, die een bovengrondse stikstof installatie zal verbinden met een caveerne waar stikstof kan worden opgeslagen. De stikstofleiding is een 16" stikstofleiding die zal worden bedreven op maximaal 171 bar.

Voor de stikstofleiding is het plaatsgebonden risico en groepsrisico getoetst aan de normen die de overheid daarvoor gaat stellen in de nieuwe Algemene Maatregel van Bestuur Buisleidingen (AMvB Buisleidingen).

De risicoberekeningen aan de stikstofleiding zijn overgenomen uit een risicostudie van een inrichting, waarvan een stikstof voerende leiding met identieke parameters deel uit maakte [2]. De risicostudie van deze inrichting is uitgevoerd met SAFETI-NL. SAFETI-NL is een rekenpakket voor het berekenen van de externe veiligheidsrisico's van het gebruik van gevaarlijke stoffen binnen een inrichting. Hiermee kan worden bepaald of wordt voldaan aan de risiconormen voor de Externe Veiligheid, zoals vastgelegd in het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen (BEVI). SAFETI-NL mag echter uitsluitend voor inrichtingen gebruikt worden. Daarom wordt in het rapport verwezen naar de berekeningen uitgevoerd in [2].

## 3 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 op basis van geldende regelgeving, in combinatie met hun kans van optreden, acceptabel zijn.

### 3.1 Algemeen

In het algemeen bestaat een risicoanalyse van een gastransportleiding uit de volgende stappen:

1. *Verzamelen van gegevens.* Hierbij is het niet alleen van belang dat het leidingtracé goed wordt beschreven, maar ook dat de omgeving van het tracé op een gedegen manier in kaart wordt gebracht, onder meer met betrekking tot bevolkingsdata.
2. *Bepaling van mogelijke faalscenario's.* Met betrekking tot de te bestuderen leidingen gaat het hierbij om het falen van de leidingen als lek of als breuk.
3. *Faalfrequentie berekening.* Op basis van de faalscenario's worden faalfrequenties afgeleid. Indien wordt afgeweken van de waarden zoals die zijn opgenomen in [3], is het vereist dat de gehanteerde frequenties goed worden onderbouwd.
4. *Effectberekeningen.* Middels de geïdentificeerde faalscenario's kan worden bepaald welke gezondheidseffecten er naar verwachting zullen ontstaan ten gevolge van uitstroom van gas of brand.
5. *Risicoberekening.* Op basis van de berekende faalfrequenties en de effectberekeningen kan het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR) worden bepaald.
  - a. *Plaatsgebonden risico*  
Het PR wordt gedefinieerd als de kans per jaar dat een persoon die onbeschermd op een plaats buiten een buisleiding onafgebroken zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval met die buisleiding, waarbij een gevaarlijke stof betrokken is.
  - b. *Groepsrisico*  
Het GR wordt gedefinieerd als de cumulatieve kansen per jaar dat tenminste 10, 100 of 1000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een buisleiding en een ongewoon voorval met die buisleiding, waarbij een gevaarlijke stof betrokken is, uitgezet in een grafiek (FN-curve) met op de horizontale as het aantal dodelijke slachtoffers en op de verticale as de cumulatieve kansen per jaar op tenminste dat aantal slachtoffers.
6. *Risicobeoordeling.* Op basis van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico en de vastgestelde criteria voor deze risico's wordt beoordeeld of het berekende risico acceptabel is. Indien dit niet het geval is, moet het effect van risicobeperkende maatregelen worden bestudeerd. In de volgende sectie worden de toetsingscriteria nader toegelicht.

### 3.2 Toetsingscriteria en regelgeving

Om te bepalen of de berekende risico's van de stikstofleiding acceptabel zijn, wordt getoetst aan de normen die door de overheid zijn vastgelegd in de handreiking externe veiligheid vervoer gevaarlijke stoffen behorende bij de Nota Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen [1]. Hiermee wordt geanticipeerd op de toekomstige wetgeving die wordt vastgelegd in een Algemene Maatregel van Bestuur Buisleidingen.

Om te anticiperen op de toekomstige wetgeving die wordt vastgelegd in een Algemene Maatregel van Bestuur Buisleidingen, wordt het plaatsgebonden risico en groepsrisico van de stikstofleiding berekend. De handreiking [1] geeft voor nieuwe situaties (hetgeen bij aanleg van nieuwe leidingen het geval is) als norm voor het plaatsgebonden risico:  $PR < 10^{-6}$  jaar<sup>-1</sup> ter plaatse van al dan niet geprojecteerde kwetsbare objecten. In deze studie is daarom voor de stikstofleiding een plaatsgebonden risicoberekening uitgevoerd.

Voor het groepsrisico van ondergrondse gastransportleidingen is een oriënterende waarde gesteld van  $F \cdot N^2 < 10^{-2}$  km<sup>-1</sup>.jaar<sup>-1</sup>, waarbij  $F$  de frequentie is met  $N$  of meer dodelijke slachtoffers (zie [1]). Met betrekking tot het groepsrisico als gevolg van gastransport door buisleidingen zijn in [1] een tweetal vuistregels opgenomen waaraan in eerste instantie gerefereerd kan worden voor het al dan niet uitvoeren van een groepsrisicoberekening. Het wordt echter benadrukt dat deze vuistregels grofstoffelijk zijn en geen rekening houden met details van de situatie die moet worden beoordeeld. Bij iedere toepassing van de vuistregels dient de gebruiker zich goed rekenschap te geven van de beperkingen. Ter voorkoming van onduidelijkheden is voor het gehele leidingtracé een screening van het groepsrisico uitgevoerd van de stikstofleiding, zonder eerst te toetsen aan de genoemde vuistregels.

# 4 Uitgangspunten

## 4.1 Atmosferische condities

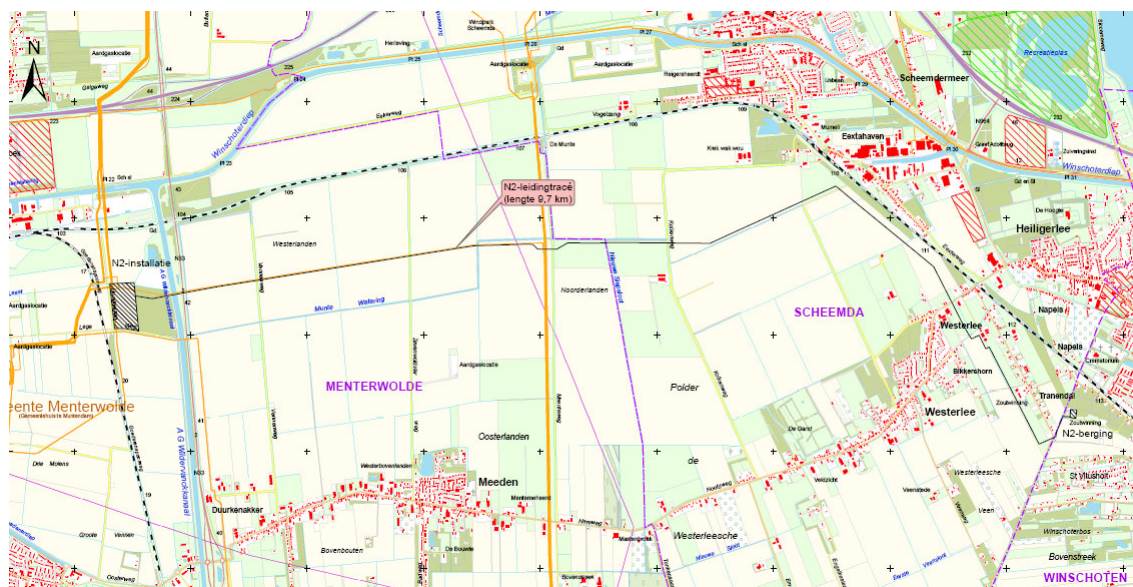
De belangrijkste atmosferische condities die van toepassing zijn bij de risicoberekeningen zijn overgenomen uit de richtlijnen in [3]. De verdeling van de windsnelheden en de windroos is eveneens gekozen volgens [3]. De invulling van de kansen van optreden zijn gebaseerd op het Nederlands gemiddelde.

## 4.2 Leidingtracé

In de risicostudie is de stikstofleiding A-626 meegenomen (zie Tabel 1). De coördinaten van deze leiding zijn gebruikt zoals deze op 23 februari 2009 zijn aangeleverd. Ter indicatie is het tracé van de stikstofleiding uit Tabel 1 weergegeven in Figuur 1.

Leiding	Tracé
A-626-KR-001 t/m A-626-KR-016	Zuidbroek-Heiligerlee

Tabel 1: Leidingnummer en bijbehorend tracé.



Figuur 1: Visualisatie van de beschouwde stikstofleiding op de kaart van Nederland.

De voor de berekening van belang zijnde leidingparameters en bijbehorende waarden, zijn samengevat in Tabel 2.

Parameter	A-626
Diameter [inch]	16
Wanddikte [mm]	min. 13.0
Staalsoort [-]	X60

Ontwerpdruk [barg]	171
Minimale dekking [m]	1.60

*Tabel 2: Leidingparameters.*

### **4.3 Gassenstelling**

Voor stikstof zijn de standaard eigenschappen in SAFETI-NL gebruikt zoals beschreven in [2].

### **4.4 Bevolkingsgegevens**

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 is<sup>1</sup>) 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].

Aangetekend wordt 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.

In de risicoberekening is geen rekening gehouden met uitbreidingsplannen en bestemmingsplannen in de gemeenten die binnen de inventarisatieafstand van het nieuwe tracé vallen, omdat ten tijde van het schrijven van dit rapport deze gegevens nog niet bekend waren.

---

<sup>1</sup> 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.



## 5 Faalscenario's, faalorzaken, faalfrequentie

De risicoberekeningen zijn uitgevoerd conform CPR-18E [3]. Met betrekking tot het falen van buisleidingen spreekt deze richtlijn over een tweetal scenario's, te weten lekken en breuken. Voor ondergrondse buisleidingen dient een lek gemodelleerd te worden als een rond gat met een diameter van 20 mm.

### 5.1 Faalorzaken

Uit zowel Gasunie als internationale data betreffende leidingbeschadigingen en leidingincidenten blijkt dat schade door derden (external interference) de primaire faalorzaak is voor ondergrondse stalen transportleidingen. Daarnaast kan ook corrosie een faalorzaak zijn, evenals materiaal- en constructiefouten, vermoeiing, SCC<sup>2</sup> en aardverschuivingen. Falen door corrosie wordt echter voldoende ondervangen in het zorgsysteem van Gasunie en de inspectie daarop door de overheid. In overleg met het ministerie van VROM wordt falen door corrosie daarom niet meegenomen bij de bepaling van de faalfrequentie van de leidingen. Ook worden de gastransportleidingen in Nederland niet sterk cyclisch belast zodat vermoeiing tevens kan worden uitgesloten als faalorzaak. Bovendien worden de leidingen voor aanleg hydrostatisch beproefd, zodat de kans op constructie- en materiaal fouten nihil kan worden geacht. Tot slot zijn SCC en aardverschuivingen als faalorzaak in Nederland tot nog toe niet waargenomen.

In de faalfrequentie berekeningen wordt daarom alleen rekening gehouden met schade door derden als faalorzaak. Voor meer details omtrent de faalfrequentie berekeningen wordt verwezen naar Bijlage A.

### 5.2 Faalscenario's

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. Derhalve wordt bij ondergrondse leidingen alleen gerekend met het breukscenario dat resulteert in tweezijdige verticale uitstroming. Voor de stikstofleiding is gerekend conform [3].

### 5.3 Faalfrequentie

De faalfrequentie voor schade door derden wordt berekend met behulp van PIPESAFE. PIPESAFE is een softwarepakket voor risicoberekeningen aan aardgastransport, dat door de Nederlandse overheid is goedgekeurd. PIPESAFE beschrijft het beste het gedrag van de hier gebruikte pijpleidingmaterialen en daarbij is de faalfrequentie ten gevolge van schade door derden onafhankelijk van de inhoud van de pijp. Voor de invoerparameters van PIPESAFE wordt verwezen naar [5], meer details staan beschreven in Bijlage A.

---

<sup>2</sup> SCC (Stress Corrosion Cracking) wordt veroorzaakt door spanningen. De trekspanningen leiden tot het optreden van kleine scheurtjes in het materiaal. Deze vorm van corrosie kan leiden tot het falen van leidingen als breuk, terwijl de overige corrosietypen veelal alleen lekkages veroorzaken.

## 6 Effectberekeningen

Indien in een leiding een lek of breuk optreedt, zal dit direct resulteren in uitstroom van gas. Het vrijkomende debiet hangt af van de diameter en druk van de leiding.

### 6.1 Uitstroom stikstof

De uitstroomberekeningen voor een stikstofleiding binnen een inrichting kunnen worden uitgevoerd met SAFETI-NL, het programma dat gebruikt dient te worden voor risicoberekeningen van inrichtingen.

Stikstof is een inert gas en is 'toxisch' in die betekenis dat het zuurstof verdringt uit de lucht waardoor men kan stikken. Voor effectberekeningen van 'toxische stoffen' wordt conform BEVI [3] uitgegaan van een uitstroomtijd van 1800 seconden en van een middelingstijd van 600 seconden, die nodig is om de maximale concentratie en de pluimbreedte van het uitstromende gas te berekenen.

#### 6.1.1 Letaliteit stikstof

In SAFETI-NL worden de verstikkingsverschijnselen van stikstofgas niet standaard meegenomen in de eigenschappen van stikstof. Daarom zijn de materiaaleigenschappen aangepast door gebruik van de onderstaande probitrelatie voor toxische stoffen:

$$a_{ppm} = a_{mgm^3} + b \times \ln \left[ \frac{M}{22.4 \times \frac{282}{273}} \right]^n$$

met M de molmassa in g/mol en probit waarden: n = 5,2, a = -65,7 en b = 1 (in eenheden mg/m<sup>3</sup> en minuten) [3].

Deze probitrelatie is in feite een hulpvariabele waarmee uiteindelijk de kans op overlijden ten gevolge van verstikking kan worden berekend. De probitrelatie impliceert onderstaande lethaliteitsgrenswaarden bij een blootstellingsduur van 600 s:

Letaliteit	Concentratie zuurstof in de lucht (vol%)
1%	14.1
50%	10.2
95%	6.1

Tabel 3: Relatie tussen letaliteit en concentratie zuurstof in de lucht bij een blootstellingsduur van 600 s aan stikstofgas.

In de probitrelatie wordt bovendien het verdrijvingseffect meegenomen dat bij het vrijkomen van inerte gassen in de buitenlucht optreedt. Standaard bevindt zich in de lucht 79% N<sub>2</sub> en 21% O<sub>2</sub>. Bij een breuk of lek in de leiding zal 4/5 deel van de al aanwezige stikstof worden verdreven en slechts 1/5 van de aanwezige zuurstof. Er is dus relatief "meer" stikstof noodzakelijk om het zuurstofpercentage in de lucht te beïnvloeden.

## 7 Risicoberekeningen

Voor de A-626 zijn zowel het plaatsgebonden risico (PR) als het groepsrisico (GR) berekend volgens de methodologie in CPR-18E [3]. In alle uitgevoerde risicoberekeningen zijn de voorgeschreven windsnelheden (1.5 m/s, 3 m/s, 5 m/s en 9 m/s) met bijbehorende windrozen verdisconteerd.

### 7.1 Plaatsgebonden risico

Voor het leidingtracé wordt het plaatsgebonden risico gepresenteerd als functie van de afstand tot de leiding en wordt in feite bepaald door het product van de faalfrequentie met het effect van falen te integreren over het leidingtracé. De berekeningen zijn uitgevoerd onder de aanname van een oneindig lange leiding met op die leiding constante leidingparameters zoals opgenomen in sectie 4.2, waarbij de interactielengte van de leiding bepaald is conform CPR-18E (risicoberekeningen dienen te worden uitgevoerd tot op 1% letaliteit).

Verder zijn de volgende aannames gebruikt:

- De faalfrequentie als gevolg van schade door derden is gecorrigeerd met een factor 2.5 als gevolg van een wettelijke grondroedersregeling;
- De faalfrequentie als gevolg van schade door derden is gecorrigeerd voor recent ingevoerde maatregelen (factor 1.2) en een dalende trend in leidingbreuken (factor 2.8) [6].

### 7.2 Groepsrisico

De voor de groepsrisico berekening relevante parameters zijn gehaald uit onder meer [7] en samengevat in onderstaande tabel.

	Dag	Nacht	Bron
Aantal uren van een etmaal	10,5	13,5	[3]
Percentage personen buiten	7%	1%	[3]
Percentage bewoners aanwezig			
Patiënten in 'Z'-object	100%	100%	[7]
Leerlingen in 'O'-object	100%	0%	[7]
Recreanten in 'R'-object	0%	100%	[7]
Overig (betreft met name woningen)	70%	100%	[3]
Percentage werknemers aanwezig			
Werknemers in 'Z'-object	90%	10%	[7]
Werknemers in 'O'-object	100%	0%	[7]
Werknemers in 'R'-object	50%	50%	[7]
Overig (betreft met name woningen)	100%	0%	[3]
Beschermende factor dragen kleding	0,14	0,14	[3]

Het groepsrisico wordt 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.

FN-curves voor leidingen worden bepaald voor segmenten van 1 kilometer lengte. Bij leidingen die langer zijn dan 1 kilometer is het probleem hierbij dat segment te vinden dat aanleiding geeft tot de worst case FN-curve. Met de methodiek van de *groepsrisico screening* kunnen de "hot spots" met betrekking tot groepsrisico voor leidingen echter eenvoudig worden opgespoord: indien voor een geselecteerde kilometer leiding de oriënterende waarde van het groepsrisico wordt overschreden, zal de groepsrisico screening ergens op die kilometer de gestelde grenswaarde 1 overschrijden. Met andere woorden: indien op een aaneengesloten stuk leiding van tenminste 1 kilometer de groepsrisico screening onder de grenswaarde 1 blijft, is het zeker dat op dat segment er geen overschrijding van de oriënterende waarde voor groepsrisico optreedt. Van de uit de screening overgebleven hot spots kunnen vervolgens FN-curves worden gemaakt. Nadere details over de screening van het groepsrisico worden in [4] beschreven.

Indien de groepsrisico screening een overschrijding heeft van de grenswaarde 1, moet de FN-curve worden berekend. Hierbij worden de volgende aannames gehanteerd:

- De faalfrequentie als gevolg van schade door derden is gecorrigeerd met een factor 2.5 als gevolg van een wettelijke grondroedersregeling;
- De faalfrequentie als gevolg van schade door derden is gecorrigeerd voor recent ingevoerde maatregelen (factor 1.2) en een dalende trend in leidingbreuken (factor 2.8) [6];
- Van de in het Parse Boek vermelde windrozen wordt de dichtstbijzijnde gebruikt voor de berekening (Eelde);

## 8 Resultaten

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

### 8.1 Plaatsgebonden risico

De faalfrequentie van de stikstofleiding is weergegeven in Tabel 5.

Parameter	A-626
$FF_{EI}$ [ $\text{km}^{-1}\text{jaar}^{-1}$ ]	8.60E-07

Tabel 4: Faalfrequentie stikstofleiding.

Het plaatsgebonden risico voor een stikstofgas voerende leiding op een installatie, met leidingparameters vrijwel identiek aan die van de A-626 (zie Tabel 2), is reeds eerder berekend in SAFETI-NL [2]. Deze leiding voldeed, onafhankelijk van de faalfrequentie, aan de door de Nederlandse overheid gestelde norm voor het plaatsgebonden risico. Daarom kan geconcludeerd worden dat ook het plaatsgebonden risico nabij de A-626 voldoet aan de door de Nederlandse overheid gestelde maximum waarde van  $10^{-6}$  per jaar.

Daarmee voldoet het voorziene leidingontwerp voor de stikstofleiding aan de toekomstige regelgeving omtrent plaatsgebonden risico.

### 8.2 Groepsrisico screening

Uit berekeningen in SAFETI-NL aan een stikstofgas voerende leiding op een installatie, met leidingparameters identiek aan die van de A-626, is gebleken dat bij breuk van deze leiding alleen letale doses worden berekend op afstanden kleiner dan 1 m van de leiding [2]. In het geval van de A-626 bevindt bestaande bebouwing zich op minimaal 5 m van de leiding (de belemmerde strook) en daardoor bevinden zich geen personen binnen de effectafstand van een dergelijke leiding. Er kan derhalve geconcludeerd worden dat de A-626 geen overschrijdingen zal hebben van de oriënterende waarde voor het groepsrisico.

Er kan dan ook worden geconcludeerd dat het voorziene leidingontwerp en de leidingsituering voor de A-626 voldoet aan de door de Nederlandse overheid gestelde oriënterende waarde voor het groepsrisico, zijnde  $F \cdot N^2 < 10^{-2}$  per km per jaar.

## 9 Conclusies

Uit de berekeningen en analyses kan het volgende worden geconcludeerd.

Met betrekking tot het plaatsgebonden risico (PR) voldoet het voorziene ontwerp van de stikstofleiding aan de door de Nederlandse overheid gestelde norm van  $PR < 10^{-6}$  per jaar ter plaatse van (beperkt) kwetsbare objecten.

Het beoogde tracé voor deze leiding, met het voorziene ontwerp, voldoet tevens aan de oriënterende waarde voor het groepsrisico, zijnde  $F \cdot N^2 < 10^{-2}$  per km per jaar, waarbij  $F$  de frequentie is van een ongeval met  $N$  of meer dodelijke slachtoffers.

## 10 Referenties

- [1] *Handreiking Externe Veiligheid Vervoer Gevaarlijke Stoffen*, maart 1998  
Nota Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen; Tweede kamer, vergaderjaar 1995-1996, 24 611, nr 2.
- [2] M. van Burgel, *Risicoanalyse stikstof piekinstallatie met opslag in caverne*, Rapport DET 08.R.0772.
- [3] *Handleiding Risicoberekeningen BEVI*, Module B, versie 3.1, februari 200
- [4] Jeroen Zanting, Eric Jager, Robert Kuik, *Gasunie's three step approach in pipeline risk assessment, A Fast, efficient and accurate method of screening a transmission network*, Proceedings of the 27<sup>th</sup> ESReDA seminar, Glasgow, Scotland, November 2004.
- [5] M. van Burgel, *Invoerparameters risico analyse PIPESAFE per 08-11-2006*, Memorandum DET 06.M09.
- [6] Brief van Ministerie van VROM aan N.V. Nederlandse Gasunie, *Risicomethodiek aardgastransportleidingen*, EV/2006.334302, 7 December 2006.
- [7] Post J.G., Kooi E.S., Weijts J., *Ontwikkelingen van het groepsrisico rond Schiphol, 1990 – 2010*, RIVM rapport 620100004, 2005.

# Bijlage A Faalfrequenties

## A1 Schade door derden

Veruit de belangrijkste oorzaak van falen van gastransportleidingen is uitwendige beschadiging door derden. Het voorspellen van de faalfrequentie van een leiding door uitwendige beschadiging gebeurt in drie stappen:

- vaststellen van de raakfrequentie;
- bepaling van kans op lekkage als gevolg van een kras en de combinatie kras-deuk;
- bepaling van de uiteindelijke breukfrequentie.

De veronderstelling is dat de raakfrequentie alleen afhangt van de diepteligging [A1, A2, A3]. Een analyse van de bij Gasunie gerapporteerde schades uit de periode 1977 – 2001 heeft geresulteerd in de volgende relatie tussen dekking  $d$  (in m) en raakfrequentie  $f(d)$ :

$$f(d) = e^{-2.4d-3.5} \quad [km^{-1} \cdot jaar^{-1}].$$

Dit betekent dat de raakfrequentie ongeveer een factor 10 kleiner wordt voor elke meter extra gronddekking. Voor meer details omtrent deze analyse wordt verwezen naar [A2].

Het faalfrequentie model FFREQ gebruikt als input inwendige druk, staalsoort, wanddikte, taaiheid van het staal, diameter en diepteligging, en berekent hiermee een lek- en breukfrequentie voor platteland en stedelijke gebieden. Het model is gebaseerd op breukmechanica en Weibull-verdelingen van Britse leidingbeschadigingen door graafwerkzaamheden of andere grondroeractiviteiten. In [A2] staat beschreven hoe de resultaten van FFREQ dienen te worden gecorrigeerd voor diepteligging met bovenstaande vergelijking, zodat de uitkomst consistent wordt met faaldata van Gasunie-leidingen.

In het volgende wordt de procedure uitgelegd waarmee FFREQ faalfrequenties, met een breuk als gevolg, berekent. De achterliggende gedachte bij deze procedure is het bepalen van de kritieke gatgrootte als gevolg van een kras en/of deuk. Ligt een berekende gatgrootte boven de kritieke waarde, dan faalt de leiding als breuk. Hierbij dient te worden opgemerkt dat FFREQ aanneemt dat kraslengte en krasdiepte onafhankelijk zijn. In werkelijkheid is het waarschijnlijk dat er enige correlatie is tussen diepte en lengte van een kras.

De diepte van een kras,  $d$ , die nodig is om een leiding te laten falen wordt gegeven door de vergelijking

$$d = t \frac{1.15 - \sigma_f / \sigma_{SMYS}}{1.15 - \sigma_f / (M \sigma_{SMYS})},$$

waarin  $t$  de wanddikte,  $\sigma_f$  de faalwaarde van de ringspanning,  $\sigma_{SMYS}$  de vloeispanning en  $M$  de Folias factor. Deze Folias factor wordt gedefinieerd door

$$M = \sqrt{1 + 0.26 \left( \frac{L^2}{Rt} \right)},$$



met  $L$  de kraslengte, en  $R$  de straal van de leiding. De kritieke kraslengte wordt gevonden uit de vergelijking  $\sigma_f / \sigma_{SMYS} = 1.15 \cdot M^{-1}$ . De stappen die nu in FFREQ worden ondernomen om de breukkans middels een kras te berekenen, zijn:

1. Bepaal de kritieke lengte  $L_{crit}$ . Krassen met lengte groter gelijk deze kritieke lengte kunnen resulteren in een leidingbreuk; krassen met een kortere lengte kunnen slechts resulteren in een lek.
2. Maak een partitie van het interval  $(L_{crit}, L_{max})$ , waarbij  $L_{max}$  de maximaal voorkomende lengte van een kras is.
3. Bepaal de kans op een kraslengte in het eerste interval en bepaal de gemiddelde lengte.
4. Gebruik de vergelijking voor  $d$  om de krasdiepte te bepalen die, in combinatie met deze eerste gemiddelde kraslengte, tot falen leidt.
5. Bereken de kans op zo'n krasdiepte en bereken de faalkans van de leiding met een kras met deze afmeting.

De breukkans middels een kras,  $P_{gouger}$ , wordt nu verkregen door de stappen 3 tot en met 5 te herhalen voor elk interval waaruit de partitie van  $(L_{crit}, L_{max})$  bestaat en de bijbehorende faalkansen op te tellen. De kraslengte en krasdiepte worden verondersteld Weibull verdeeld te zijn.

Echter een breuk kan ook ontstaan door de combinatie kras/deuk. Op een soortgelijke manier als bij krassen kan de diepte van een deuk die, in combinatie met de diepte van een kras, nodig is om een leiding te laten falen, worden afgeleid uit de vergelijking voor het falen van een leiding door de combinatie kras-deuk. Deze diepte van de deuk (aangegeven met  $D$ ) is onder andere afhankelijk van de krasdiepte en de kerfslagwaarde. Middels een Folias factor kan ook hier weer de kritieke lengte  $L_{crit}$  voor krassen worden bepaald. De stappen die nu in FFREQ worden ondernomen om de breukkans middels de combinatie kras-deuk te berekenen, zijn:

1. Bepaal de kritieke lengte  $L_{crit}$ . Krassen met lengte groter gelijk deze kritieke lengte kunnen resulteren in een leidingbreuk.
2. Maak een partitie van het interval  $(L_{crit}, L_{max})$ , waarin  $L_{max}$  de maximaal voorkomende lengte van een kras is.
3. Bepaal de kans op een kraslengte in het eerste interval en bepaal de gemiddelde lengte.
4. Gebruik de vergelijking voor  $d$  om de krasdiepte te bepalen die, in combinatie met deze eerste gemiddelde kraslengte en afwezigheid van een deuk, tot falen leidt. Geef deze lengte de naam  $d_{max}$ .
5. Maak een partitie van het interval  $(0, d_{max})$ .
6. Bepaal de kans op een krasdiepte in het eerste interval en bepaal de gemiddelde krasdiepte.

7. Bereken de diepte van de deuk uit een vergelijking voor  $D$  bij deze eerste gemiddelde krasdiepte en bepaal de kans op deze diepte.
8. Bereken de faalkans van de leiding met een combinatie kras-deuk met deze afmetingen.
9. Herhaal de stappen 6 tot en met 8 voor elk interval waaruit de partitie van  $(0, d_{max})$  bestaat.

De breukkans middels de combinatie kras-deuk,  $P_{gouge-dent}$ , wordt nu verkregen door de stappen 3 tot en met 9 te herhalen voor elk interval waaruit de partitie van  $(L_{crit}, L_{max})$  bestaat en de bijbehorende faalkansen op te tellen.

De uiteindelijke breukfrequentie van de leiding veroorzaakt door derden, wordt nu gegeven door

$$F = F_{gouge} P_{gouge} + F_{gouge-dent} P_{gouge-dent},$$

waarin  $F_{gouge}$  de frequentie van krasincidenten en  $F_{gouge-dent}$  de frequentie van kras-deuk incidenten.

## A2 Referenties

- [A1] Eric Jager, Fenna Noltes, Gerard Stallenberg, Alida Zwaagstra: *Assessing the Integrity of a Pipeline System by using an Accident Database and Statistical Analysis*, ESReDA Antwerp, 1998.
- [A2] Eric Jager, Robert Kuik, Gerard Stallenberg, Jeroen Zanting: *A Qualitative Risk Assessment of the Gastransport Services Pipeline System Network Based on GIS Data*, ICT, Prague, 2002.
- [A3] Eric Jager, Robert Kuik, Gerard Stallenberg, Jeroen Zanting: *The Influence of Land Use and Depth of Cover on the Failure Rate of Gas Transmission Pipelines*, Proceedings of the International Pipeline Conference, Calgary, Canada, 2002.
- [A4] EGIG, 5<sup>th</sup> EGIG report 1970 – 2001, 2002.

# Verzendlijst

Archief

DEI (M.T. Dröge)

TAM (G.R. Kuik, P.C.A. Kassenberg)

TL (S.H. Stratingh)

TNI (W. Knops)

TNH (A. Draijer)

EKC