

Req.nr. B
Datum 15 DEC. 2008
Afd. B/M
Attentie



College van Burgemeester en Wethouders van Enschede
De heer R. Kuipers
Postbus 20
7500 AA ENSCHEDE

Nijverheidstraat 30
7511 JM Enschede
Postbus 1400
7500 BK Enschede
tel. 053 487 65 43
fax 053 487 65 00
www.regiotwente.nl
info@regiotwente.nl

Uw kenmerk:
-/-

Ons kenmerk:
OV/RIB/LM/08006477

Datum:
12 december 2008

Bijlage(n):
geen

Onderwerp:
Verantwoordingsplicht groepsrisico

Behandeld door:
Mw. L.M.A. Mentink

Doorkiesnummer:
053 487 6646

E-mail:
l.mentink@regiotwente.nl

VERZONDEN 12. 12. 08

Geacht College,

Naar aanleiding van de op 18 juli jl. door de gemeenteraad van Enschede vastgestelde "Beleidsvisie Externe veiligheid Gemeente Enschede 2007" het volgende:

In de huidige wet- en regelgeving is bepaald dat bij iedere verandering van de bestaande situatie die mogelijk leidt tot een wijziging van het groepsrisico, het bevoegd gezag bij het desbetreffende besluit verantwoording moet afleggen over de mogelijke gevolgen die het besluit kan hebben voor het groepsrisico. Daarbij is tevens bepaald dat de betreffende regionale brandweer over deze verantwoording advies moet worden gevraagd.

In uw beleidsvisie is ten aanzien van de verantwoording van het groepsrisico opgenomen dat voor die gevallen waar op voorhand duidelijk is dat de oriëntatiewaarde niet zal worden overschreden onderstaande verantwoording wordt gehanteerd:

"Met inachtneming van de artikelen 12 en 13 van het Bevi is voor onderhavige situatie gekeken naar de consequenties voor het groepsrisico. Gezien de (beperkte) wijziging die de ruimtelijke ontwikkeling met zich mee brengt in aantallen personen binnen het invloedsgebied alsmede het feit dat het aantal personen binnen het invloedsgebied ook na de ontwikkeling lager is dan 25% van het toelaatbare aantal personen, is de gemeente Enschede van mening dat de voorgenomen ruimtelijke ontwikkeling geen onevenredige risico's voor de omgeving met zich mee brengt".

Met deze beleidskeuze voor de verantwoording van een bepaald niveau van het groepsrisico, geeft u aan in deze gevallen geen uitgebreide verantwoording meer te zullen opnemen in de paragraaf externe veiligheid. Met deze brief willen wij aangeven dat wij ons op de hoogte hebben gesteld van uw beleidskeuze.

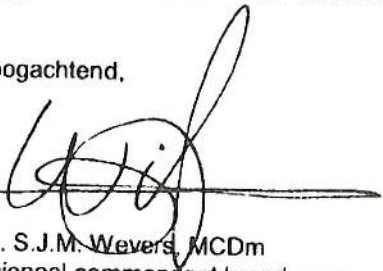
-vervolgblad 1

Concreet betekent dit dat wij als verantwoording van het groepsrisico een verwijzing naar dit deel van de beleidsvisie externe veiligheid voldoende achten. Wel willen wij in alle gevallen de RO-plannen en Wm-vergunning aanvragen blijven ontvangen, inclusief het advies van de lokale brandweer. Hierdoor kunnen wij alsnog gebruik maken van ons adviesrecht inzake de zelfredzaamheid van aanwezigen in de omgeving en bestrijdbaarheid van mogelijke risico's, indien wij dit vanuit fysieke veiligheid en rampenbestrijding toch noodzakelijk achten.

Wij gaan ervan uit u hiermee voldoende geïnformeerd te hebben.

Hoogachtend,

ba



ing. S.J.M. Wevers, MCDm
regionaal commandant brandweer

Rapportage

Usseler Es

Versie: 1.3.0 Build: 247

Releasedatum: 30-10-2008

Datum: 9-10-2009, tijd: 11:56:06

1 Projectgegevens

1.1 Samenvatting

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Projectnaam	Usseler Es	
Omschrijving	Usseler Es	
Modaliteit	Weg	
Weerfile	Twente	
Totale lengte van de route	5000	m
Berekend	Plaatsgebonden- en groepsrisico's	
Gemiddelde afstand tot de contouren		
Contour	Afstand	
1/j	m	
10-5	Niet aanwezig	
10-6	Niet aanwezig	
10-7	31	
10-8	93	
Oppervlak onder de contouren		
Contour	Oppervlak	
1/j	m ²	
10-5	Niet aanwezig	
10-6	Niet aanwezig	
10-7	308203	
10-8	954135	

1.2 Versies

Onderdeel	Versie	Datum
RBM_II.exe	1.3.0 Build: 247	30/10/2008
Parameters	1.2.3	30/10/2008
Weer	1.0	20-3-2008
Scenariobestand	1.0	20-3-2008
Stoffenbestand	v2.0	20-3-2008
Helpbestand	2.2	20-3-2008
Systeemdatum	-	9-10-2009

1.3 Werkgebied

Punt	X-waarde	Y-Waarde
Linksonder	-774	-1419

Rechtsboven 4226 3581

1.4 Algemene gegevens

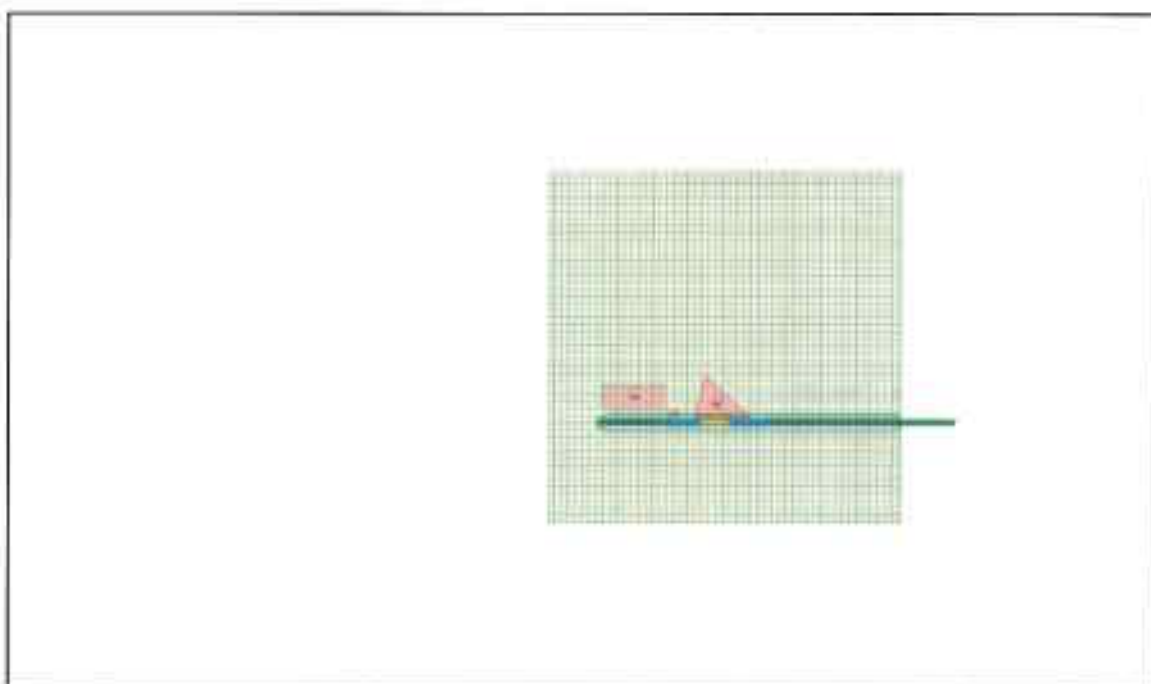
Eigenschap	Waarde
Projectnaam	Usseler Es
Omschrijving	PR en GR A35
Extra informatie	Geen informatie
Projectcode	N.v.t.
Datum afronding	01/10/2009
Uitgevoerd door	
Analist	R. Kuipers
Telefoon	053 4815668
E-mail	rkulpers@enschede.nl
Bedrijf	Gemeente Enschede
Postadres	Postbus 20
Postcode	7500AA
Plaats	Enschede
In opdracht van	
Naam	Afd. BEstemmingsplannen
Telefoon	Niet ingevuld
E-mail	Niet ingevuld
Organisatie contactpersoon	Niet ingevuld
Postadres	Niet ingevuld
Postcode	Niet ingevuld
Plaats	Niet ingevuld
check	W. Kaastra

1.4.1 Weer: Twente

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Weerstation	Twente	
Specificaties	CPR 18E pag. 4.35	
Aantal windrichtingen	12	
Aantal weersklassen	6	
Begin van de dag (hh:mm)	08:00	
Begin van de nacht (hh:mm)	18:30	
Meteo gegevens		
Meteo gegevens		
Stabiliteit	B D D D E F	
Windsnelh. m/s	3,0 1,5 5,0 9,0 5,0 1,5	
6:0	a/o 1,800 1,400 1,600 0,700 0,000 0,000	
0:1	a/o 2,400 1,400 1,600 0,400 0,000 0,000	
1:1	a/o 3,200 1,500 2,100 0,900 0,000 0,000	
1:2	a/o 3,400 1,500 1,900 0,800 0,000 0,000	
2:2	a/o 2,500 1,400 1,300 0,300 0,000 0,000	
2:3	a/o 1,700 1,300 1,100 0,200 0,000 0,000	
3:3	a/o 1,800 1,600 2,900 1,300 0,000 0,000	
3:4	a/o 2,600 2,700 6,900 5,100 0,000 0,000	
4:4	a/o 2,000 2,000 5,500 4,900 0,000 0,000	
4:5	a/o 1,400 1,500 3,200 3,300 0,000 0,000	
5:5	a/o 1,500 1,400 3,000 2,700 0,000 0,000	
5:6	a/o 1,600 1,500 2,300 1,300 0,000 0,000	
Meteo gegevens		

Stabiliteit		B	D	D	D	E	F
Windsnelh. m/s		3,0	1,5	5,0	9,0	5,0	1,5
6:0	o/o	0,000	1,100	0,700	0,200	0,300	1,500
0:1	o/o	0,000	1,500	1,200	0,100	0,600	2,700
1:1	o/o	0,000	1,800	2,000	0,500	1,700	3,400
1:2	o/o	0,000	1,700	1,900	0,800	1,900	3,200
2:2	o/o	0,000	1,700	1,200	0,200	1,300	2,900
2:3	o/o	0,000	1,600	1,100	0,200	0,600	2,500
3:3	o/o	0,000	2,300	3,200	1,100	1,500	3,000
3:4	o/o	0,000	3,200	6,000	4,300	1,700	3,400
4:4	o/o	0,000	2,200	4,100	3,400	1,000	2,000
4:5	o/o	0,000	1,500	2,100	1,600	0,500	1,500
5:5	o/o	0,000	1,400	1,300	0,800	0,300	1,400
5:6	o/o	0,000	1,100	0,900	0,300	0,200	1,100

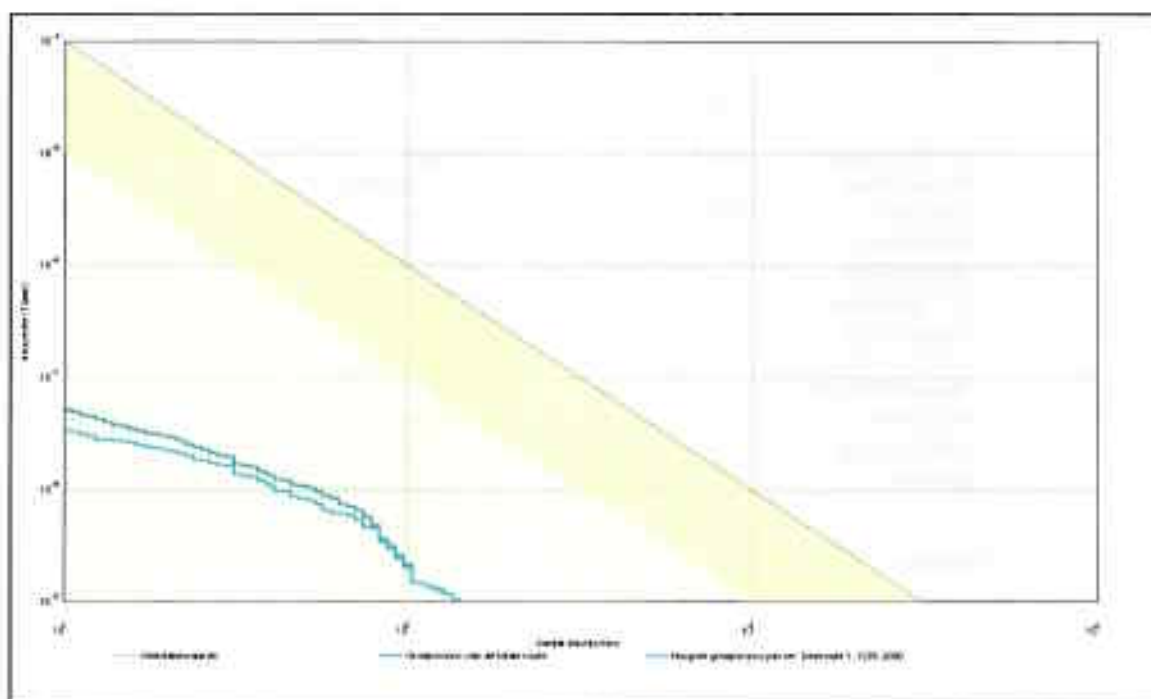
2 Situatie plot + PR-contouren



Figuur 1

3 Groepsrisico's

3.1 Groepsrisicocurve



3.1.1 Kenmerken van het berekende groepsrisico

Eigenschap	Waarde
Naam GR-curve	Groepsrisico van de totale route
Normwaarde (N:F)	0,00004 (75 : 6,5E-009)
Max. N (N:F)	144 (144 : 1,0E-009)
Max. F (N:F)	5,1E-008 (11 : 5,1E-008)
Naam GR-curve	Hoogste groepsrisico per km. Deelroute 1, 1095-2090
Normwaarde (N:F)	0,00003 (83 : 4,5E-009)
Max. N (N:F)	144 (144 : 1,0E-009)
Max. F (N:F)	3,4E-008 (11 : 3,4E-008)

4 Route en transportgegevens

4.1 Wegroute: Weg

Eigenschap	Waarde	Unit
Omschrijving	Niet ingevuld	
Type wegtraject	Buiten de bebouwde kom	
Breedte	30	m
Frequentie (1/vtg. km)	3,600E-007	
Beginpunt is eindpunt voorgaand traject	Niet waar	
Coördinaten		
X (rdm)	Y (rdm)	
m	m	
0,00	0,00	
5000,00	0,00	
Transport van voorgaand traject	Niet waar	

Transport

Stof	Aantal transp. 1/jaar	Transp. middel	Transp. overdag o/o	Transp. werkweek o/o
LF1 (brandbare vloeistoffen)	2689	Tankwagen (brandb. vloeistof)	70	100
LF2 (zeer brandbare vloeistoffen)	1979	Tankwagen (brandb. vloeistof)	70	100
LT1 (toxische vloeistoffen)	61	Tankwagen (tox. vloeistof)	70	100
LT2 (toxische vloeistoffen cat. 2)	7	Tankwagen (tox. vloeistof)	70	100
GF3 (licht ontvlambare gassen)	411	Tankwagen (brandb. gas)	70	100

5 Standaard bebouwing

5.1 Bevolking

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Naam	Bevolking	
Omschrijving	Bewoning verspreid over es	
Type bebouwing	Woonbebouwing	
Coördinaten		
X (rdm)	Y (rdm)	
m	m	
1050,00	180,00	
1050,00	50,00	
1000,00	50,00	
1000,00	180,00	
Aantal mensen		1/ha
Dag	56	
Nacht	80	
Fractie buitenshuis		--
Dag	0,07	
Nacht	0,01	
Oppervlak	6500	m ²

6 Bedrijven continue

6.1 Bedrijven continudienst

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Naam	Bedrijven continudienst	
Omschrijving	Bedrijvigheid kern es	
Type bebouwing	Bedrijven (continu dienst)	
Coördinaten		
X (rdm)	Y (rdm)	
m	m	
450,25	210,00	
-4,33	210,00	
-3,97	536,41	
894,01	528,46	
900,41	210,00	
Aantal mensen		1/ha
Dag	65	
Nacht	65	
Fractie buitenshuis		--
Dag	0,05	
Nacht	0,01	
Oppervlak	290621	m ²

6.2 Bedrijven continudienst<1>

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Naam	Bedrijven continudienst<1>	
Omschrijving	Bedrijvigheid / kransen	
Type bebouwing	Bedrijven (continu dienst)	
Coördinaten		
X (rdm)	Y (rdm)	
m	m	
1474,13	663,56	
2094,27	80,00	
1300,00	80,00	
Aantal mensen		1/ha
Dag	40	
Nacht	40	
Fractie buitenshuis		--
Dag	0,05	
Nacht	0,01	
Oppervlak	231752	m ²

Kwantitatieve Risicotoetsing Tracé Bornerbroek - Epe

Door
R.P. Coster
M. van Burgel

Afdeling
Gasunie Engineering and Technology, DEI
Rapport
Kwantitatieve Risicotoetsing Tracé Bornerbroek - Epe, v3
Gereed
7 mei 2009
Samenwerking (co-auteur)
A. van Vliet (RIVM)
Datum, versie
7 mei 2009, 3
Ons kenmerk
DET 2008.R.0714
Status
Concept

1 Samenvatting

In opdracht van TAM is een risicostudie uitgevoerd voor het zogenaamde Bornerbroek - Epe tracé van de leiding A-670. Deze risicostudie is een update van de eerste versie van 15 oktober 2008.

De risicostudie in dit rapport is conform de in opdracht van de Nederlandse overheid opgestelde richtlijnen voor kwantitatieve risicoanalyses uitgevoerd met PIPESAFE. PIPESAFE is een door de Nederlandse overheid goedgekeurd softwarepakket voor risicoberekeningen aan hoge druk aardgastransportleidingen. In de berekeningen is gebruik gemaakt van de bevolkingsdatabase van RIVM en de berekeningen zijn uitgevoerd conform de met RIVM overeengekomen en door VROM geaccepteerde rekenmethodologie.

Uit de berekeningen en analyses kan het volgende worden geconcludeerd.

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

Het beoogde tracé, met het voorziene ontwerp, voldoet aan de oriëntatie waarde voor 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

1 Samenvatting	2
2 Inleiding	5
3 Risicoanalyse	6
3.1 Algemeen.....	6
3.2 Toetsingscriteria en regelgeving.....	7
4 Uitgangspunten	8
4.1 Atmosferische condities	8
4.2 Leidingtracé	8
4.3 Aardgassamenstelling	9
4.4 Bevolkingsgegevens	10
5 Faalscenario's en faaloorzaken	11
5.1 Faaloorzaken	11
5.2 Faalscenario's	11
6 Faalfrequentieberekening	13
6.1 Faalfrequentie	13
6.2 Ontstekingskans	13
6.3 Ontstekingstijdstip	13
7 Effectberekeningen	14
7.1 Uitstroom.....	14
7.2 Warmtetraling	15
7.3 Letaliteit	15
8 Risicoberekeningen	17
8.1 Plaatsgebonden risico	17
8.2 Groepsrisico	17
9 Resultaten	19
9.1 Plaatsgebonden risico	19
9.2 Groepsrisico	20
9.2.1 Groepsrisicoscreening.....	20
9.2.2 FN-Curves.....	23
10 Conclusies	25
11 Referenties	26
Bijlage A Faalfrequenties	27
A1 Schade door derden	27
A2 Referenties.....	29
Bijlage B Geplande ruimtelijke ontwikkelingen	30

B1. Ontwikkelingen in de gemeente Almelo.....	30
B2. Ontwikkelingen in de gemeente Hof van Twente	31
B3. Ontwikkelingen in de gemeente Borne.....	32
B4. Ontwikkelingen in de gemeente Hengelo.....	33
B5. Ontwikkelingen in de gemeente Enschede.....	34
Verzendlijst.....	39

2 Inleiding

In dit rapport wordt een analyse gemaakt van de A-670, het zogenaamde Bornerbroek – Epe tracé welke Gasunie overweegt aan te leggen. Dit tracé zal gaan bestaan uit een leiding bedreven op 80 bar, met diameters tussen de 24 en 36".

Een eerste versie van dit rapport is op 15 oktober 2008 verschenen. Het verschil met deze eerdere versie is dat het meest zuidelijke tracé is komen te vervallen en dat er wijzigingen zijn opgetreden in diameter en wanddikte van de leiding. Tevens is ditmaal rekening gehouden met toekomstige ontwikkelingen in de nabijheid van de leiding.

De risicostudie in dit rapport is conform de in opdracht van de Nederlandse overheid opgestelde richtlijnen voor kwantitatieve risicoanalyses [3] uitgevoerd met PIPESAFE [4, 5]. PIPESAFE is een door de Nederlandse overheid goedgekeurd softwarepakket voor risicoberekeningen aan aardgastransport. PIPESAFE is in een periode van meer dan 10 jaar ontwikkeld in internationaal verband, is gebaseerd op jarenlang fundamenteel onderzoek naar de oorzaken en consequenties van falen van gastransportleidingen en is gevalideerd middels experimenten op zowel kleine als volle schaal [6]. In het jaar 2000 heeft het ministerie van VROM besloten om Gasunie toestemming te verlenen risicoberekeningen met betrekking tot aardgastransportleidingen uit te voeren met PIPESAFE, voor zover dit conform CPR-18E [3] plaatsvindt [7].

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, tezamen met hun kans van optreden, acceptabel zijn.

3.1 Algemeen

In het algemeen bestaat een risicoanalyse van een aardgastransportleiding 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 ten minste 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 acceptabel zijn, wordt in principe getoetst aan de criteria die in een tweetal documenten door de overheid zijn vastgelegd, zijnde de handreiking externe veiligheid vervoer gevaarlijke stoffen behorende bij de Nota Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen [1] en de circulaire VROM [2].

De circulaire bevat bebouwingsafstanden¹ die afhankelijk zijn van leidingdiameter, operationele druk en aard der bebouwing. Voor een 36" leiding met een operationele druk van 80 bar geldt een bebouwingsafstand van 35 meter indien er sprake is van een gebied waar relatief veel personen aanwezig zijn (gebiedsklassen 3 en 4). In dunbevolkte gebieden wordt de bebouwingsafstand gereduceerd tot 5 meter (gebiedsklassen 1 en 2). In dit rapport is echter, na overleg met de gemeente Enschede, niet getoetst aan de criteria uit de circulaire VROM.

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⁻¹. In deze studie is daarom een plaatsgebonden risicoberekening uitgevoerd.

Voor het groepsrisico van ondergrondse gastransportleidingen is een oriëntatie waarde gesteld van $F \cdot N^2 < 10^{-2}$ km⁻¹·jaar⁻¹, waarbij F de frequentie is met N of meer dodelijke slachtoffers (zie [1]). Met betrekking tot het groepsrisico als gevolg van aardgastransport 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, zonder eerst te toetsen aan de genoemde vuistregels.

¹ De bebouwingsafstand refereert aan een afstand tot aan het hart van de leiding en definieert zodoende een strook rond de leiding waarbinnen gebouwen niet zijn toegestaan.

4 Uitgangspunten

4.1 Atmosferische condities

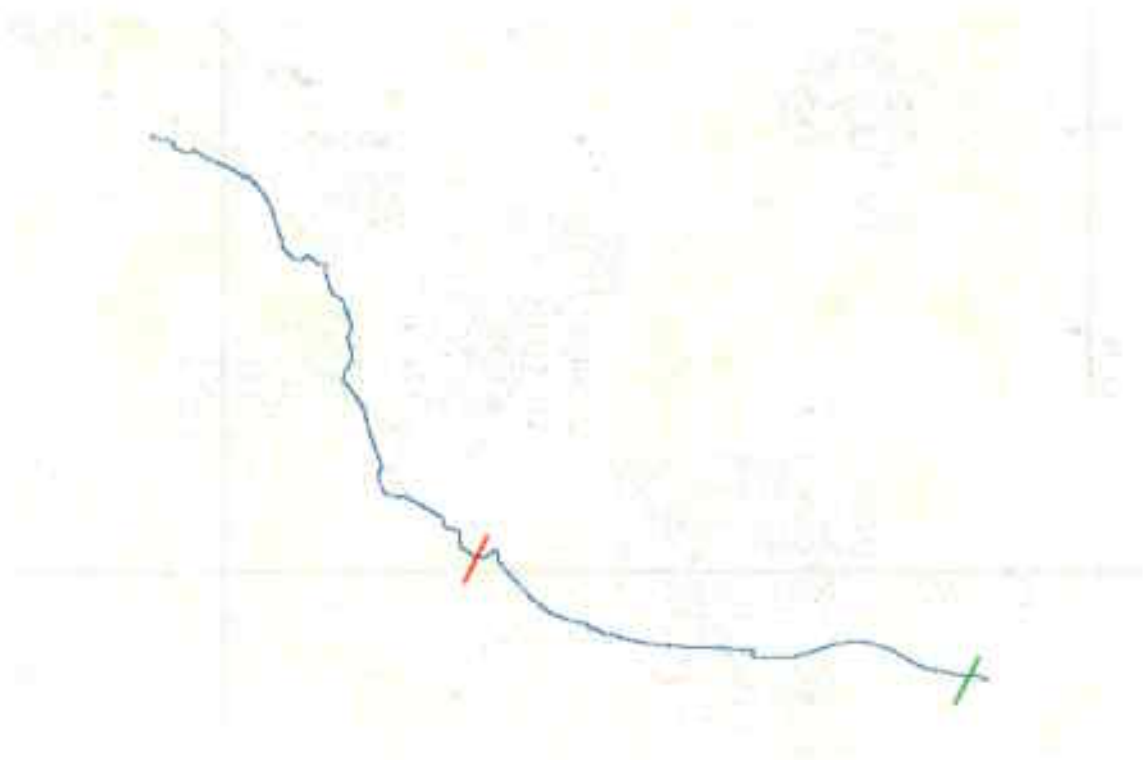
De belangrijkste atmosferische condities die van toepassing zijn bij de risicoberekeningen zijn overgenomen uit de richtlijnen [3] en opgenomen in Tabel 1. De verdeling van de windsnelheden en de windroos is gekozen volgens [3]. De invulling van de kansen van optreden zijn gebaseerd op het Nederlands gemiddelde.

Parameter	Waarde in CPR-18E
Omgevingstemperatuur [K]	282
Temperatuur van het gas [K]	282
Atmosferische druk [bara]	1.0151
Luchtvochtigheid [%]	83
Aantal uren in een dag [-]	10.5

Tabel 1: Atmosferische condities zoals opgenomen in CPR-18E.

4.2 Leidingtracé

De gastransportleiding A-670 is in de risicostudie meegenomen. De coördinaten van deze leiding zijn gebruikt zoals deze op 7 april 2009 zijn aangeleverd. Ter indicatie is het verloop van de A-670 weergegeven in Figuur 1. De rode en groene streepjes geven de diameterovergangen weer in de leiding, van resp. 30" naar 36" en van 36" naar 24".



Figuur 1: Visualisatie van de A-670 (blauw) op de kaart van Nederland. Het rode streepje op de leiding geeft de overgang aan van het 30" naar het 36" deel van de

leiding. Het groene streepje de overgang van het 36" naar het 24" deel van de leiding.

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

Parameter	A-670 Bornerbroek- Hofdijk	A-670 Hofdijk- afsluiterlocatie	A-670 Afsluiterlocatie- grens Duitsland
Diameter [mm]	762 (30")	914 (36")	610 (24")
Wanddikte [mm]	11.9	12.1	11.1
Staalsoort [-]	X70	X70	X60
Ontwerpdruk [barg]	80	80	80
Minimale dekking [m]	1.20	1.20	1.20
Stationing [m]	0 - 14684.3	14684.3 - 27282.9	27289.9 - 27961.2

Tabel 2: Leidingparameters

4.3 Aardgassamenstelling

In Tabel 3 staan de fysische eigenschappen van hoogcalorisch gas (H-gas), waarmee in de risicostudie is gerekend.

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, J/kg·K	2341

Tabel 3: Fysische eigenschappen H-gas.

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 is²) 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 [14].

Opgemerkt 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 rekening gehouden met de bevolkingsgegevens van de Grolsch fabriek te Enschede. Hiervoor zijn de gegevens gebruikt zoals aangeleverd door de gemeente Enschede.

Tevens is rekening gehouden met toekomstige ontwikkelingen in de nabijheid van de leiding. In de eerste versie van dit rapport is dat niet gebeurd. Deze ontwikkelingen zijn geïnventariseerd door BügelHajema Adviseurs en zijn beschreven in Bijlage B. Het groepsrisico is twee maal berekend: voor de huidige situatie en voor de toekomstige situatie, waarin rekening is gehouden met deze nieuwbouwplannen.

² 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 en faaloorzaken

De risicoberekeningen zijn uitgevoerd conform CPR-18E [3]. 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.

5.1 Faaloorzaken

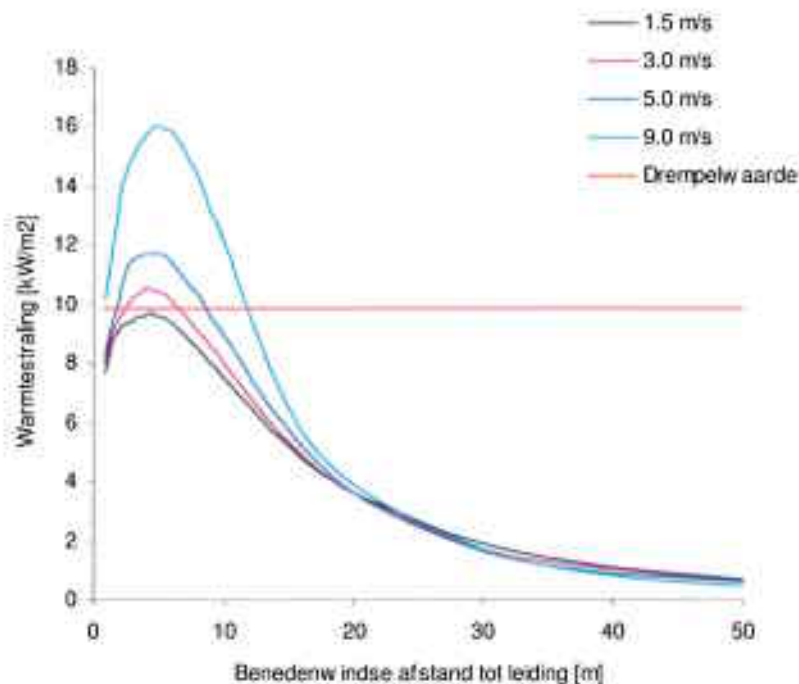
Uit zowel Gasunie- als internationale data betreffende leidingbeschadigingen en leidingincidenten blijkt dat schade door derden (external interference) de primaire faaloorzaak is voor ondergrondse gastransportleidingen. Daarnaast is ook corrosie een faaloorzaak, evenals materiaal- en constructiefouten, vermoeiing, SCC³ en aardverschuivingen. Echter, de laatste twee faaloorzaken zijn in Nederland tot nog toe niet waargenomen. Ook worden de aardgastransportleidingen in Nederland niet sterk cyclisch belast zodat vermoeiing tevens kan worden uitgesloten als faaloorzaak. Bovendien worden de leidingen voor aanleg hydrostatisch beproefd, zodat de kans op constructie- en materiaal fouten nihil kan worden geacht. Falen door corrosie wordt 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.

In de faalfrequentie berekeningen wordt daarom alleen rekening gehouden met schade door derden als faaloorzaak. Voor meer details omtrent de faalfrequentieberekeningen 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. Deze 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 [3] gespecificeerde windsnelheden van 1.5 m/s, 3 m/s, 5 m/s en 9 m/s. De profielen zijn bepaald met behulp van PIPESAFE.

³ 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.



Figuur 2: Benedenwindse warmtestralingprofielen 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 de benedenwindse warmtestralingprofielen behorend bij 1.5, 3, 5 en 9 m/s de drempelwaarde van $9.84 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ weliswaar overschrijden⁴, maar vanaf een afstand van ongeveer 15 meter van het lek onder de in [3] gespecificeerde drempelwaarde blijven. Hieruit 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 dat resulteert in tweezijdige verticale uitstroming.

⁴ 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.

6 Faalfrequentieberekening

6.1 Faalfrequentie

De faalfrequentie voor schade door derden wordt berekend met behulp van PIPESAFE. Voor de parameters wordt verwezen naar [11], meer details zijn beschreven in Bijlage A.

6.2 Ontstekingskans

In de berekeningen is uitgegaan van een diameter en druk afhankelijke ontstekingskans. Voor de betrokken leiding is deze gelijk aan 0.8. Daarmee wordt de totale frequentie van falen met ontsteking voor een individuele leiding gegeven door

$$FF_{tot} = ff_{ED} \cdot P_{ign},$$

waarin FF_{tot} de totale faalfrequentie met ontsteking is, ff_{ED} de faalfrequentie als gevolg van schade door derden en P_{ign} de kans op ontsteking.

6.3 Ontstekingstijdstip

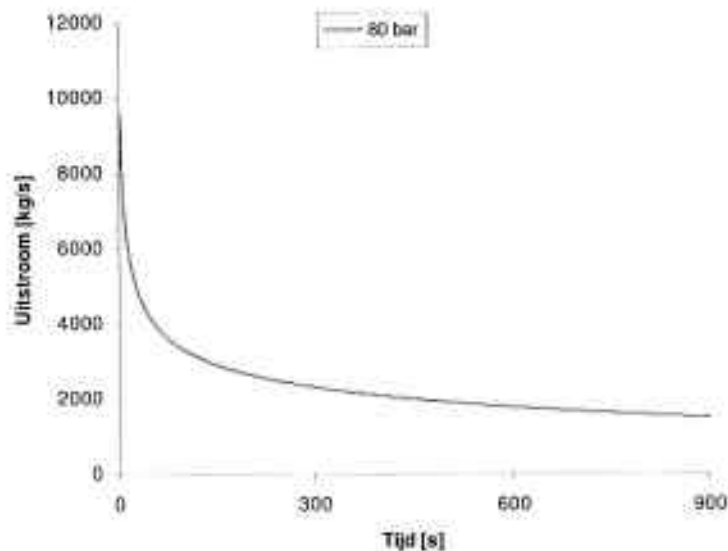
In de (plaatsgebonden) risicoberekening wordt ervan uitgegaan dat als de uitstroom van gas ontsteekt, de kans 75% is dat dit direct gebeurt op tijdstip $t=0$ en de kans 25% is dat ontsteking pas 120 s na het optreden van de breuk plaatsvindt.

7 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. Omdat aardgas niet toxisch is, is het vrijkomen van aardgas op zich geen probleem. Echter, warmtestraling bij ontsteking van een gas-lucht mengsel kan letale gevolgen hebben. De uitstroom- en warmtestralingberekeningen zijn uitgevoerd met PIPESAFE.

7.1 Uitstroom

Voor de uitstroomberekeningen is de uitstroommodule PBREAK uit PIPESAFE gebruikt. De bepaling van de daadwerkelijke uitstroming is in feite gebaseerd op de behoudswetten voor massa en impuls die beschreven worden door Navier Stokes vergelijkingen. De tijdsafhankelijke uitstroming voor een 36" leiding op 80 bar is weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3: Tijdsafhankelijk uitstroomprofiel bij breuk van een 36" leiding op 80 bar.

Conform CPR-18E [3] en in aansluiting op [8] is in de risicoberekeningen uitgegaan van een blootstellingduur van 20 seconden en over deze periode een tijdsgemiddelde (en dus constante) uitstroom. Voor directe ontsteking wordt uitgegaan van de gemiddelde uitstroom tussen 0 s en 20 s en voor vertraagde ontsteking wordt uitgegaan van de gemiddelde uitstroom tussen 120 s en 140 s.

Voor de 36" leiding opererend op een druk van 80 bar is de tijdsgemiddelde uitstroom over de eerste 20 s gelijk aan ruim $6900 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ (voor een lek van 20 mm is de uitstroom nog geen $4 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$). De tijdsgemiddelde uitstroom voor dezelfde leiding tussen 120 en 140 s is bij 80 bar druk gedaald tot $1800 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$.

7.2 Warmtestraling

Indien een uitstroom van gas ontsteekt, zal dit resulteren in warmtestraling. Bij ondergrondse breuken resulteert dit in een verticaal gerichte fakkelbrand. Hierdoor ontstaan warmtestralingcontouren waarvan de vorm hoofdzakelijk afhangt van de diameter, de operationele leidingdruk en de heersende windrichting. Deze fakkelbrand is gemodelleerd met CRISTAL. CRISTAL is een module in PIPESAFE die gebouwd is om het warmtestralingprofiel bij een fakkelbrand van een ondergrondse gastransportleiding te voorspellen, waarbij rekening wordt gehouden met de vorming van een krater en de invloed daarvan.

7.3 Letaliteit

Schade door warmtestraling wordt conform het zogenaamde Groene Boek [8] bepaald door de 'dosis' die een persoon ontvangt. Gegeven een ruimte- en tijdsafhankelijke straling $Q(x,y,z,t)$, uitgedrukt in $[kW \cdot m^{-2}]$, wordt de dosis in het algemeen berekend met de formule

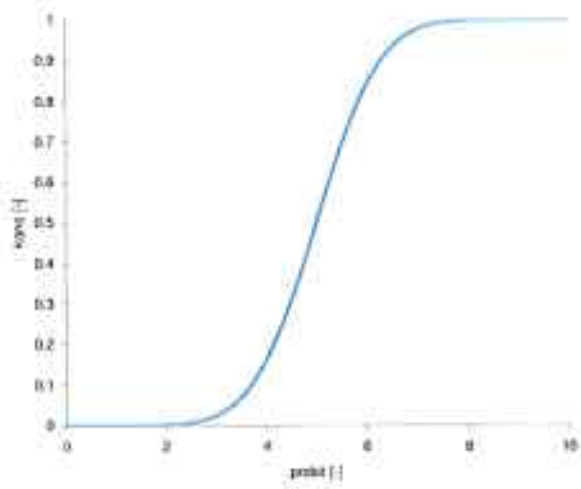
$$Dosis = \int_{T_0}^{T_1} Q(x,y,z,t)^{4/3} dt$$

waarin T_0 het tijdstip van ontsteking is en $T_1 - T_0$ de blootstellingduur. In het specifieke geval, waarin de tijdsvariabele uit de warmtestraling is geïntegreerd en gerekend wordt met een blootstelling van 20 s, reduceert de formule voor de dosis tot $Dosis = Q(x,y,z)^{4/3} \cdot 20$

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, 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 4).



Figuur 4: Kans op overlijden als functie van de probit.

8 Risicoberekeningen

Zowel het plaatsgebonden risico (PR) als het groepsrisico (GR) zijn 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.

8.1 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) [12];

8.2 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 relevante parameters zijn gehaald uit onder meer [14] 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			
Patienten in 'Z'-object	100%	100%	[14]
Leerlingen in 'O'-object	100%	0%	[14]
Recreanten in 'R'-object	0%	100%	[14]
Overig (betreft met name woningen)	70%	100%	[3]
Percentage werknemers aanwezig			
Werknemers in 'Z'-object	90%	10%	[14]
Werknemers in 'O'-object	100%	0%	[14]

	Dag	Nacht	Bron
Werknemers in 'R'-object	50%	50%	[14]
Overig (betreft met name woningen)	100%	0%	[3]
Beschermende factor dragen kleding	0,14	0,14	[3]

Tabel 4: Uitgangspunten groepsrisicoberekeningen.

Het groepsrisico wordt gepresenteerd in de vorm van een FN-curve. Een FN-curve is in feite 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.

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. Daarom wordt voor de leidingen per stationing de overschrijdingswaarde van het groepsrisico weergegeven. Deze is berekend door rondom elk punt op de leiding een kilometer segment te kiezen, die gecentreerd ligt ten opzichte van dit punt. Voor deze kilometer leiding is een FN-curve berekend en voor deze FN-curve de overschrijdingsfactor. De overschrijdingsfactor is de maximale verhouding tussen de FN-curve en de oriëntatie waarde. Daarmee is de overschrijdingsfactor een maat die aangeeft in hoeverre de oriëntatie waarde wordt genaderd of overschreden.

De volgende aannames zijn gehanteerd:

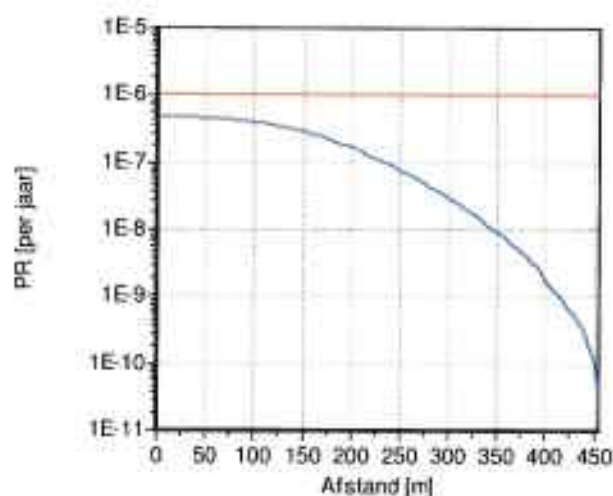
- De faalfrequentie als gevolg van schade door derden is gecorrigeerd met een factor 2.5 als gevolg van een wettelijke grondroerdersregeling;
- De faalfrequentie als gevolg van schade door derden is gecorrigeerd voor recent ingevoerde maatregelen (factor 1.2) en een dalende trend in leidingbreuken (factor 2.8) [12];
- Van de in het Paarse Boek vermelde windrozen wordt de dichtstbijzijnde gebruikt voor de berekening. Dit is de windroos van Twente;
- De opsplitsing in directe en vertraagde ontsteking wordt niet gemaakt, maar er wordt alleen (conservatief) gerekend met directe ontsteking.

9 Resultaten

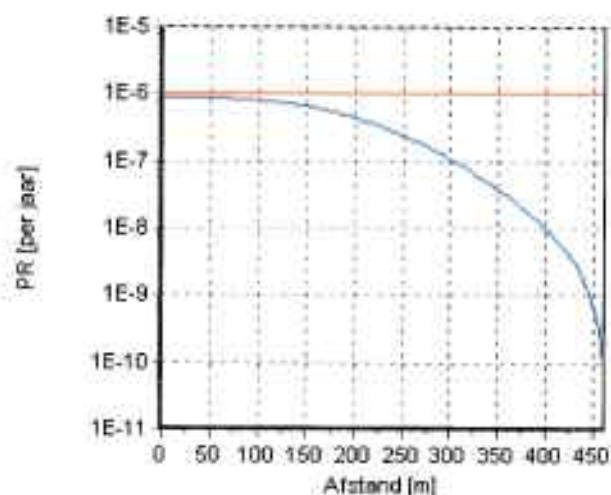
In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van de verschillende uitgevoerde berekeningen en analyses.

9.1 Plaatsgebonden risico

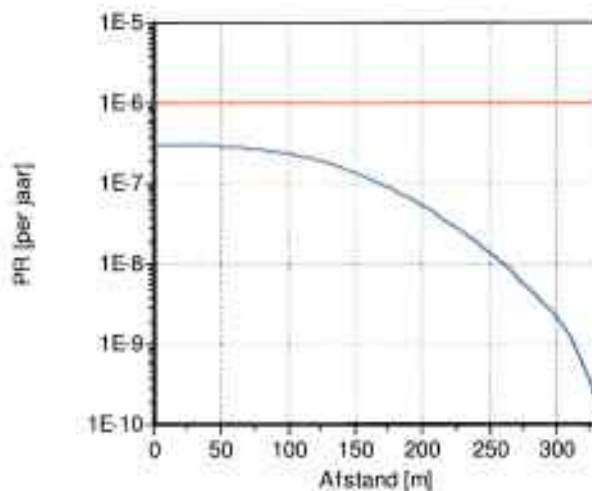
Het plaatsgebonden risico van de in Tabel 2 vermelde leidingdelen van de A-670 met bijbehorende parametrisering is gepresenteerd in Figuur 5 tot en met Figuur 7.



Figuur 5 Resultaten PR-berekening A-670 (30") stationing 0 t/m 14684.3, zoals gespecificeerd in Tabel 2. De PR 10^{-6} jaar⁻¹ afstand is 0 m.



Figuur 6 Resultaten PR-berekening A-670 (36") stationing 14684.3 t/m 27282.9, zoals gespecificeerd in Tabel 2. De PR 10^{-6} jaar⁻¹ afstand is 0 m.



Figuur 7 Resultaten PR-berekening A-670 (24") stationing 27289.9 t/m 27961.2, zoals gespecificeerd in Tabel 2. De PR 10^{-6} jaar⁻¹ afstand is 0 m.

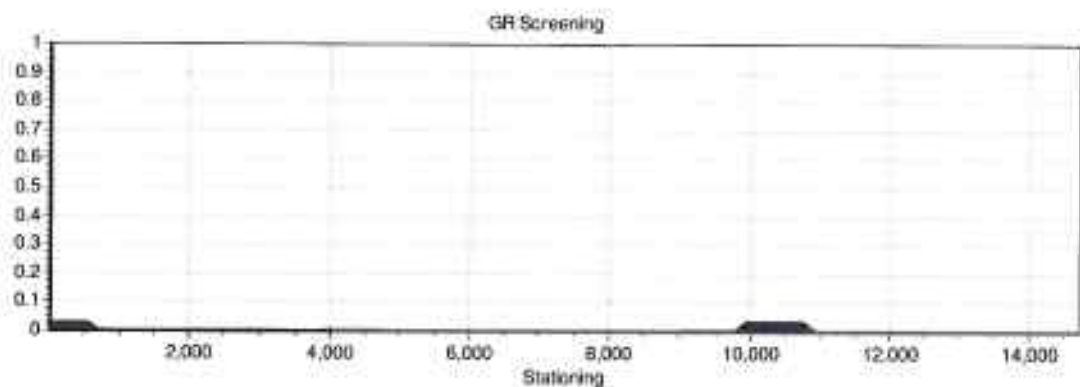
Hieruit kan worden geconcludeerd dat het plaatsgebonden risico nabij de leiding met parameters zoals gespecificeerd in Tabel 2, lager is dan de door de Nederlandse overheid gestelde maximum waarde van 10^{-6} per jaar. Daarmee voldoet het voorziene leidingontwerp aan de regelgeving omtrent het plaatsgebonden risico.

9.2 Groepsrisico

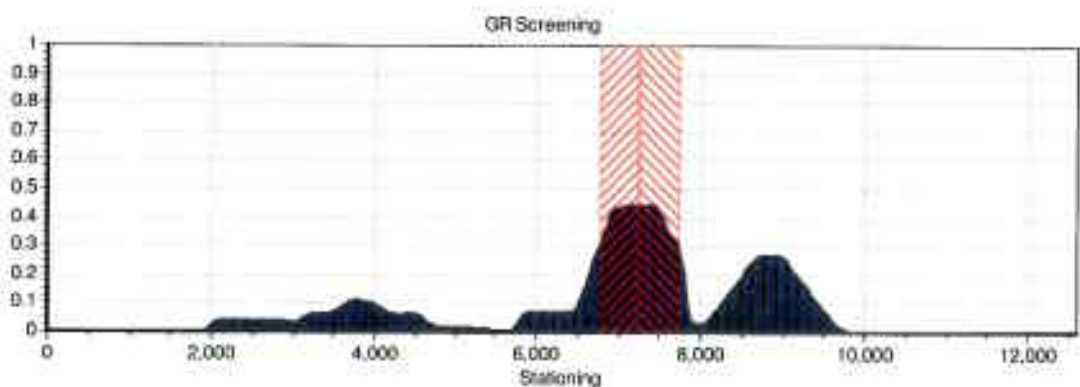
9.2.1 Groepsrisicoscreening

Voor de leidingen wordt per stationing de overschrijdingswaarde van het groepsrisico weergegeven. Deze is berekend door rondom elk punt op de leiding een kilometer segment te kiezen, die gecentreerd ligt ten opzichte van dit punt. Voor deze kilometer leiding is een FN-curve berekend en voor deze FN-curve de overschrijdingsfactor. De overschrijdingsfactor is de maximale verhouding tussen de FN-curve en de oriëntatie waarde. Daarmee is de overschrijdingsfactor een maat die aangeeft in hoeverre de oriëntatie waarde wordt genaderd of overschreden. Een overschrijdingsfactor kleiner dan één geeft aan dat de FN-curve onder de oriëntatie waarde blijft. Bij een waarde van één zal de FN-curve de oriëntatie waarde raken. Bij een waarde groter dan één wordt de oriëntatie waarde overschreden. Deze overschrijdingsfactor is vervolgens tegen de stationing uitgezet in een grafiek.

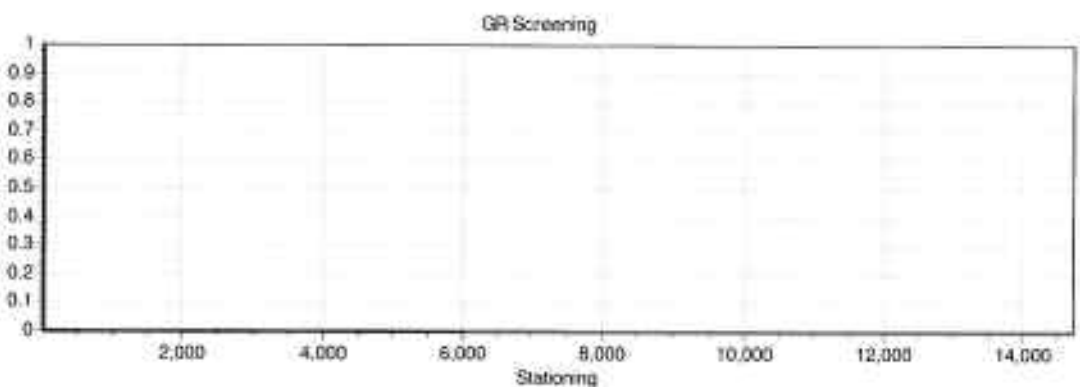
De berekening is uitgevoerd voor de in Tabel 2 vermelde leidingdelen van de A-670 met bijbehorende parametrisering. De resultaten voor de situatie met de nieuwe ontwikkelingen zijn gepresenteerd in Figuur 8 tot en met 10. Voor de bestaande situatie zijn de resultaten gepresenteerd in Figuur 11 tot en met 13.



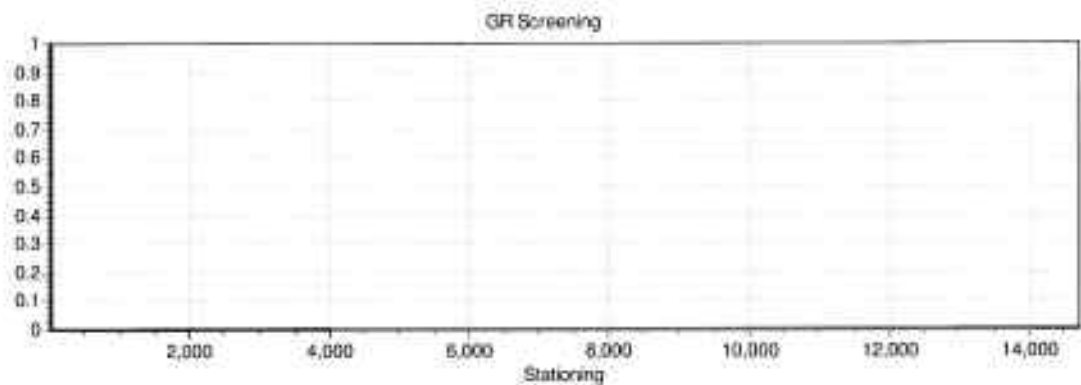
Figuur 8: Groepsrisicoscreening van de A-670 (30") stationing 0 t/m 14684.3, situatie met nieuwe ontwikkelingen.



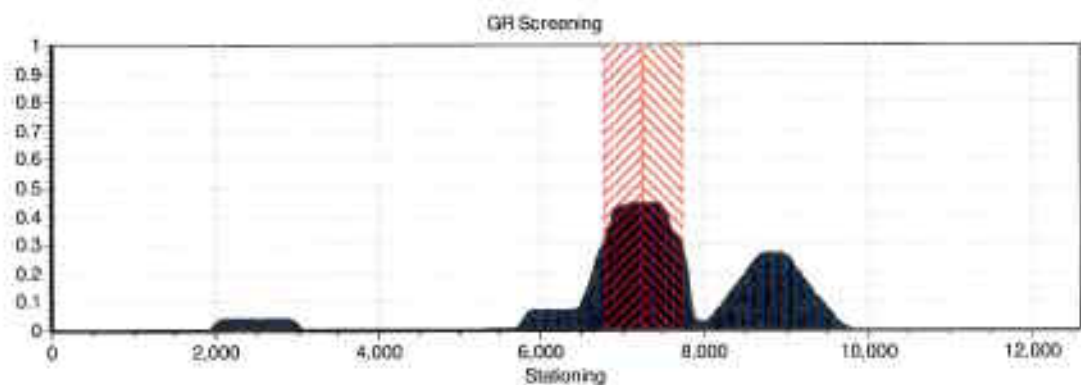
Figuur 9: Groepsrisicoscreening van de A-670 (36") stationing 14684.3 t/m 27282.9, situatie met nieuwe ontwikkelingen. Het rood gearceerde deel geeft de kilometer leiding aan met de hoogste overschrijdingsfactor.



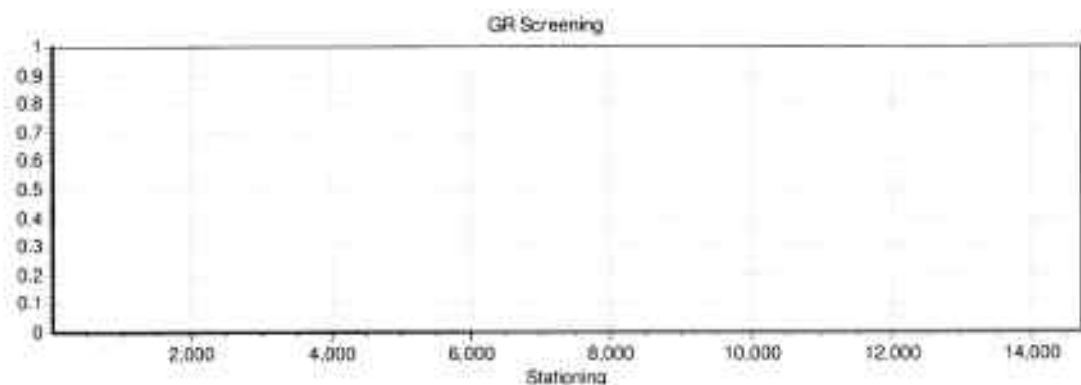
Figuur 10: Groepsrisicoscreening van de A-670 (24") stationing 27289.9 t/m 27961.2, situatie met nieuwe ontwikkelingen.



Figuur 11: Groepsrisicoscreening van de A-670(30'') stationing 0 t/m 14684.3, bestaande situatie.



Figuur 12: Groepsrisicoscreening van de A-670(36'') stationing 14684.3 t/m 27282.9, bestaande situatie. Het rood gearceerde deel geeft de kilometerleiding aan met de hoogste overschrijdingsfactor in zowel de huidige als de nieuwe situatie.

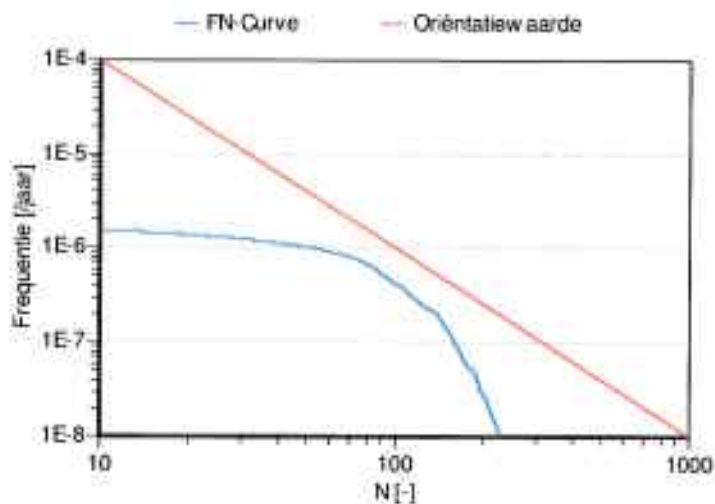


Figuur 13: Groepsrisicoscreening van de A-670(24'') stationing 27289.9 t/m 27961.2, bestaande situatie.

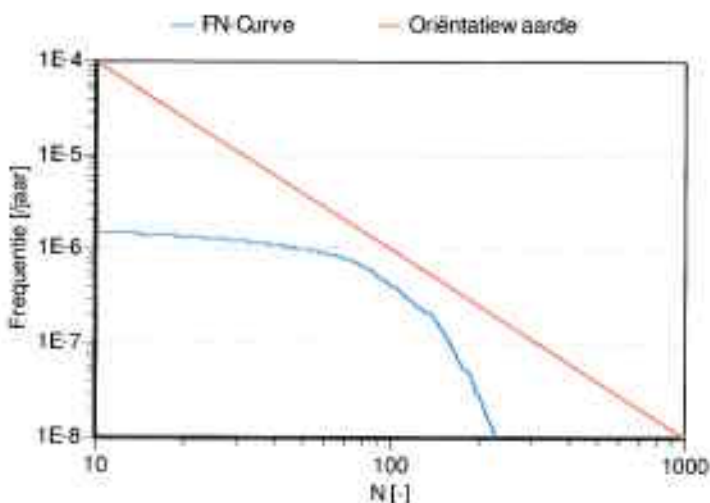
Uit Figuur 8 tot en met 13 is af te leiden dat de A-670 voldoet aan de oriëntatie waarde voor het groepsrisico, zowel in de bestaande situatie als in de toekomstige situatie waarin rekening is gehouden met geplande ruimtelijke ontwikkelingen.

9.2.2 FN-Curves

Voor de A-670 zijn FN-curves berekend voor de kilometer die de hoogste overschrijdingsfactor geeft, zowel in de toekomstige situatie (Figuur 14) na totstandkoming van de geplande ruimtelijke ontwikkelingen, als in de huidige situatie (Figuur 15). In de GR screenings van Figuur 9 en Figuur 12 is deze kilometer rood gearceerd. Tevens is in Figuur 16 op de kaart gevisualiseerd waar deze kilometer zich op het traject van de A-670 bevindt.



Figuur 14: FN-curve van de 1 km leiding van de A-670(36'') met de hoogste overschrijdingsfactor, rekening houdend met geplande nieuwbouw. De overschrijdingsfactor is 0,44.



Figuur 15: FN-curve van de 1 km leiding van de A-670(36'') met de hoogste overschrijdingsfactor in de huidige situatie. De overschrijdingsfactor is 0,44.



Figuur 16: Kilometer van de A-670(36") met de hoogste overschrijdingsfactor (weergegeven in rood), waarbij rekening is gehouden met geplande nieuwbouw.

10 Conclusies

Uit de berekeningen en analyses kan het volgende worden geconcludeerd.

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

Het beoogde tracé, met het voorziene ontwerp, voldoet, zowel in de huidige situatie als na de voltooiing van geplande ruimtelijke ontwikkeling, aan de oriëntatie waarde voor groepsrisico, zijnde $F \cdot N^2 < 10^{-2}$ per km per jaar, waarbij F de frequentie is van een ongeval met N of meer slachtoffers.

11 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] *Circulaire Zonering langs hoge druk aardgastransportleidingen*; ministerie van VROM; 26 november 1984, kenmerk DGMH/B nr. 0104004.
- [3] Committee for the Prevention of Disasters, *Guidelines for Quantitative Risk Assessment CPR 18E*, 1999.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] M.R. Acton, G. Hankinson, B.P. Ashworth, M. Sanal, 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.
- [7] *Toepasbaarheid van PIPESAFE voor risicoberekeningen van aardgastransportleidingen*, ministerie van VROM, VROM DGM/SVS/2000073018, 10 juli 2000.
- [8] Rein Bolt, Robert Kuik, Jeroen Zanting, Eric Jager: *Risicoanalyse Aardgas Transportleidingen*. Rapport RT 03.R.0355.
- [9] Committee for the Prevention of Disasters, *Methods for the determination of possible damage CPR 16E*, 1992.
- [10] 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 27th ESReDA seminar, Glasgow, Scotland, November 2004.
- [11] Mirjam van Burgel, *Invoerparameters risico analyse PIPESAFE per 08-11-2006*, Memorandum DET 06.M09.
- [12] Brief van Ministerie van VROM aan N.V. Nederlandse Gasunie, *Risicomethodiek aardgastransportleidingen*, EV/2006.334302, 7 december 2006.
- [13] E-mail uitwisseling met Dr. M.R. Acton, Advantica, 28 november 2006.
- [14] 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, taaheid 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, σ_f de faalwaarde van de ringspanning, σ_{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 $\sigma_r / \sigma_{SMPS} = 1.15 \cdot M^1$. 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_{gouge} , 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, 5th EGIG report 1970 – 2001, 2002.

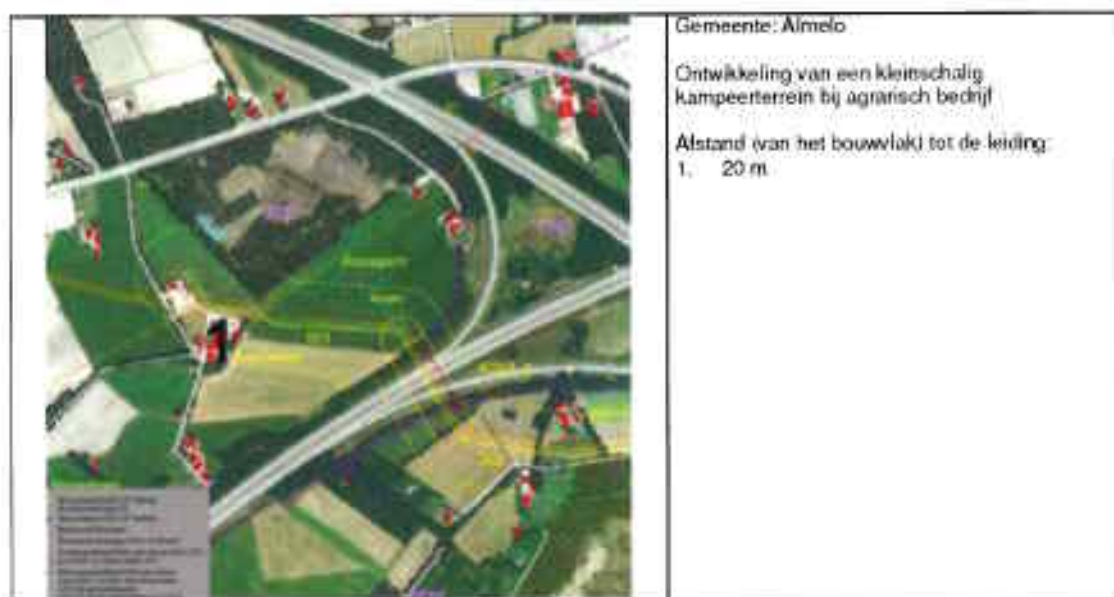
Bijlage B Geplande ruimtelijke ontwikkelingen

B1. Ontwikkelingen in de gemeente Almelo

Ten aanzien van bestaande agrarische bouwpercelen zijn bij recht, via vrijstelling en wijziging negen verschillende ontwikkelingen mogelijk. Deze ontwikkelingen hebben verschillende invloed op het groepsrisico. Het is onwaarschijnlijk dat er meer dan één ontwikkeling plaatsvindt op het agrarisch bedrijf in de nabijheid van de gasleiding.

De meest ingrijpende ontwikkeling is de vestiging van een kleinschalig kampeerterrein (25 kampeerplaatsen) bij het agrarisch bedrijf. Deze ontwikkeling is meegenomen in de berekening.

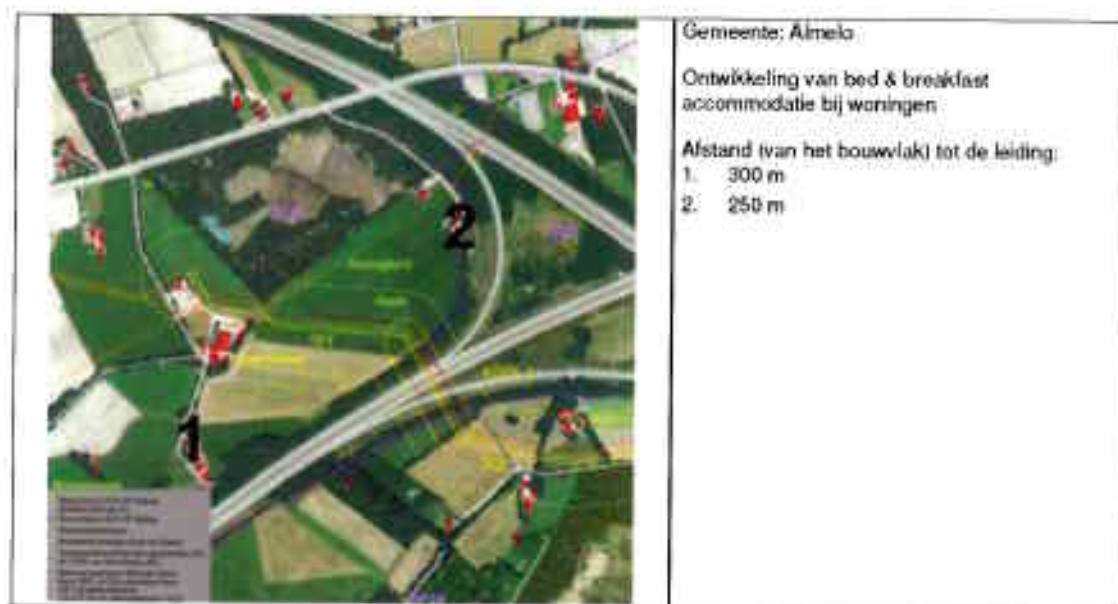
Er is aangenomen dat er 87 personen aanwezig zijn op het kampeerterrein. BügelHajema Adviseurs heeft aangegeven dat deze personen van 15 maart tot 31 oktober aanwezig zijn. In de groepsrisicoberekening is echter aangenomen dat deze personen het hele jaar aanwezig zijn. Dit levert een overschatting van het groepsrisico op. De plaats van deze ontwikkeling is weergegeven in Figuur 17.



Figuur 17 Plaats vestiging van een kleinschalig kampeerterrein in Almelo, met cijfer aangegeven.

Ten aanzien van bestaande burgerwoningen zijn bij recht, via vrijstelling en wijziging twee ontwikkelingen mogelijk. De meest ingrijpende ontwikkeling is de vestiging van een Bed & Breakfast (B&B). Er is aangegeven dat deze ontwikkeling in hoogstens twee woningen zal plaatsvinden.

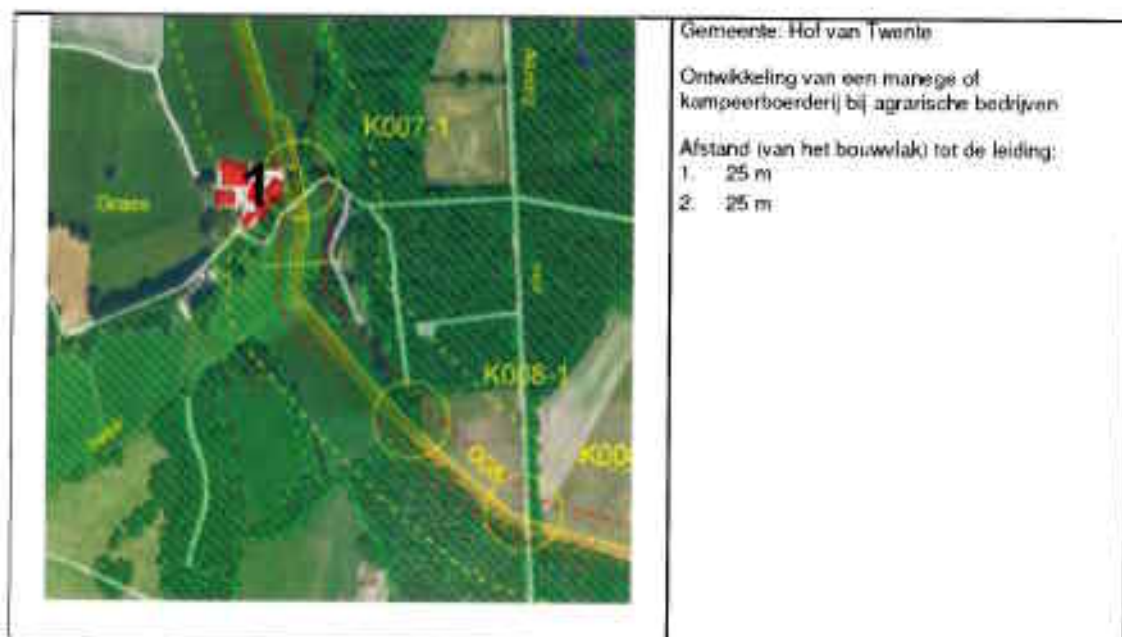
Het worst case-geval is dat de B&B gevestigd wordt in de woningen die het dichtst bij de leiding liggen. Deze woningen zijn aangegeven in Figuur 18. Er is aangenomen dat er overdag 4 personen aanwezig zijn in de periode van 15 maart tot 31 oktober.



Figuur 18 Plaats vestiging Bed & Breakfast in Almelo, met cijfers aangegeven.

B2. Ontwikkelingen in de gemeente Hof van Twente

Ten aanzien van bestaande agrarische bouwpercelen zijn bij recht, via vrijstelling en wijziging zes ontwikkelingen mogelijk. De meest ingrijpende ontwikkeling is de vestiging van een manege of kampeerboerderij. Er is gerekend met het worst case-geval dat deze ontwikkeling plaatsvindt op de twee agrarische bedrijven dichtst bij de leiding. Als gevolg van de ontwikkeling zullen er 25 personen extra aanwezig zijn op ieder agrarisch perceel. In Figuur 19 en Figuur 20 wordt de plaats van deze ontwikkelingen aangegeven.



Figuur 19 Plaats vestiging manege of kinderboerderij in Hof van Twente, met cijfer aangegeven.



Figuur 20 Plaats vestiging manege of kinderboerderij in Hof van Twente, met cijfer aangegeven.

B3. Ontwikkelingen in de gemeente Borne

De enige geplande ruimtelijke ontwikkeling in de gemeente Borne die van invloed is op het groepsrisico is de vestiging van een bedrijventerrein. Het plangebied is weergegeven in Figuur 21. Binnen het invloedsgebied van de gastransportleiding bevinden zich 200 personen, van wie er overdag 100% aanwezig zijn en 's nachts 20%.



Figuur 21 Gepland bedrijventerrein in Borne, aangegeven in rood.

B4. Ontwikkelingen in de gemeente Hengelo

Ten aanzien van bestaande agrarische bouwpercelen zijn bij recht, via vrijstelling en wijziging negen verschillende ontwikkelingen mogelijk. Deze ontwikkelingen hebben verschillende invloed op het groepsrisico. Het is onwaarschijnlijk dat er meer dan één ontwikkeling plaatsvindt op het agrarisch bedrijf in de nabijheid van de gasleiding. Er is geen rekening gehouden met de mogelijke vestiging van nieuwe agrarische bedrijven in het gebied, omdat niet te voorzien is waar een nieuw bedrijf gevestigd zal worden.

De meest ingrijpende ontwikkeling is de vestiging van een kleinschalig kampeerterrein (25 kampeerplaatsen) bij het agrarisch bedrijf. Deze ontwikkeling is meegenomen in de berekening.

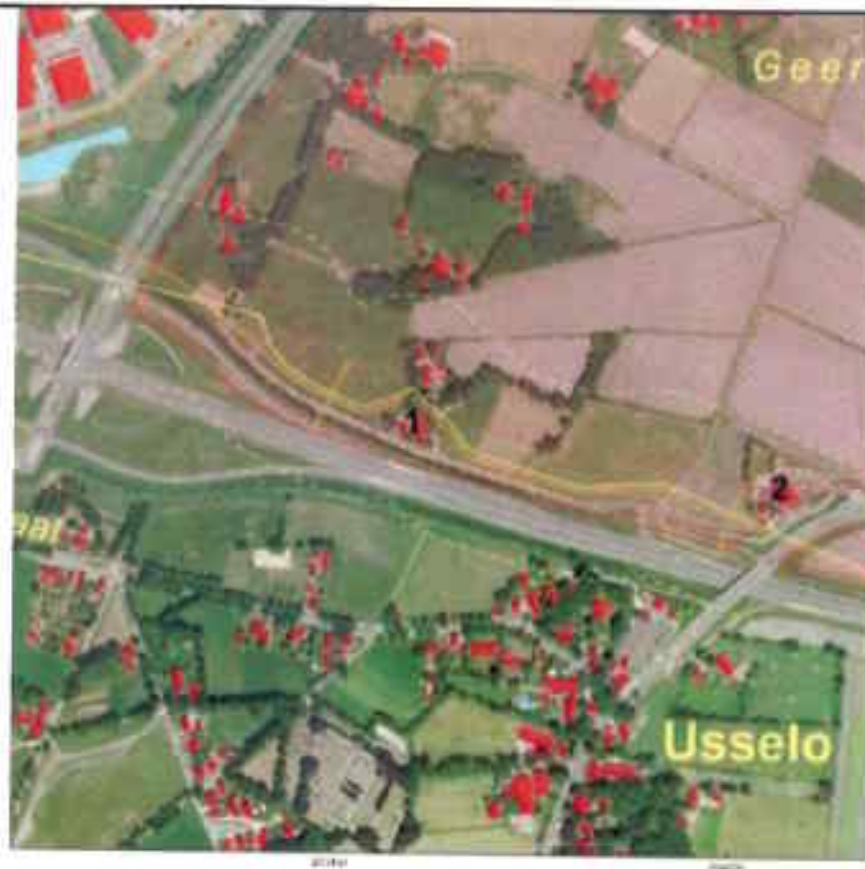
Er is aangenomen dat er 87 personen aanwezig zijn op het kampeerterrein. BügelHajema Adviseurs heeft aangegeven dat deze personen van 15 maart tot 31 oktober aanwezig zijn. In de groepsrisicoberekening is echter aangenomen dat deze personen het hele jaar aanwezig zijn. Dit levert een overschatting van het groepsrisico op. De plaats van deze ontwikkeling is weergegeven in Figuur 22. Op ieder kampeerterrein zijn 53 personen aanwezig in de tijd van 15 maart tot 31 oktober. Er is echter gerekend met de aanname dat deze personen het hele jaar aanwezig zijn. Dit levert een overschatting van het groepsrisico op.



Figuur 22 Plaatsen vestiging kleinschalige kampeerterreinen in Hengelo, met cijfers aangegeven.

B5. Ontwikkelingen in de gemeente Enschede

Ten aanzien van bestaande agrarische bouwpercelen zijn bij recht, via vrijstelling en wijziging negen ontwikkelingen mogelijk. De meest ingrijpende ontwikkeling is de vestiging van een manege bij een agrarisch bedrijf. Dit heeft een bevolkingstoename van 25 personen tot gevolg. Er is aangenomen dat er op twee agrarische bedrijven een manege gevestigd kan worden, en dat dit zal plaatsvinden op de agrarische bedrijven dichtst bij de leiding. De plaatsen van de ontwikkeling zijn weergegeven in Figuur 23. Er is geen rekening gehouden met de mogelijke vestiging van nieuwe agrarische bedrijven in het gebied, omdat niet te voorzien is waar een nieuw bedrijf gevestigd zal worden.



Figuur 23 Plaatsen vestiging maneges in Enschede, met cijfers aangegeven.

Ten westen van de Zuiderval in Enschede zijn een kantoorgebouw, een hotel en woningen geprojecteerd. De plaats van deze ontwikkelingen is aangegeven in Figuur 24, alsook de aantallen aanwezigen. Er is in de berekeningen aangenomen dat de personen in het kantoor 's nachts niet aanwezig zijn.



Figuur 24 Ontwikkelingen ten westen van de Zuiderval in Enschede. Aanwezigheidsaantallen zijn aangegeven.

Ten oosten van de Zuiderval is ontwikkeling van detailhandel geprojecteerd. De plaats van deze ontwikkeling is weergegeven in Figuur 25. Er is aangegeven dat er binnen het invloedsgebied van de leiding 187 personen aanwezig zijn. Overdag is 80% van deze personen aanwezig, 's nachts 20%.



Figuur 25 Ontwikkeling detailhandel oostelijk van de Zuiderval in Enschede, aangegeven in rood.

Op het Diekmanterrein staan 40 woningen gepland. Voor deze woningen is het standaardgetal van 2,4 personen per woning aangenomen, van wie overdag 70% aanwezig is en 's nachts 100%. De plaats van deze ontwikkeling is weergegeven in Figuur 26.



Figuur 26 Geplande woningen op het Dierkmanterrein, aangegeven in rood.

In Figuur 27 wordt de plaats van het geplande bedrijventerrein Usseler Es weergegeven. Binnen het invloedsgebied van de leiding zullen naar verwachting 1500 personen aanwezig zijn. Overdag zal 100% van deze personen aanwezig zijn, 's nachts 20%.



Figuur 27 Gepland bedrijventerrein Usseler Es, aangegeven in rood.

Verzendlijst

Archief, EKC

DEI (M.T. Dröge)

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

TL (R.R.J. Toxopeus)

TN-H (A.J.J. Kleinenberg)

Notitie aan : P. Spithoven Gasunie
van : T.T. Sanberg KEMA
kopie : Registratuur KEMA
Registratuur Gasunie
P.C.A. Kassenberg Gasunie
Betreft : Risicoberekening gastransportleiding A-646-KR-028 t/m 033

Inleiding

In verband met nieuwbouwplannen voor het bedrijventerrein “Usseler Es” in Enschede, nabij de gastransportleiding A-646-KR-028 t/m 033, is een plaatsgebonden risicoberekening (PR) en een groepsrisicoberekening (GR) uitgevoerd.

De risicoberekening zoals vastgelegd in dit memorandum is conform CPR-18E [1] uitgevoerd met PIPESAFE, een door de overheid goedgekeurd softwarepakket voor het uitvoeren van risicoberekeningen aan aardgastransport [2]. Voor de GR-berekening is gebruikgemaakt van de bevolkingsgegevens die zijn gebruikt voor de risicoberekening van de nieuw aan te leggen gastransportleiding A-670 [3], opgenomen in Appendix A. Deze gegevens zijn aangevuld met de bevolkingsgegevens uit een verouderde versie van de Bridgis database.

Uitgangspunten bij de berekeningen

De leidingparameters zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Parameterwaarden van de leiding

Parameter	A-646-KR-028 t/m 033
Diameter [mm]	610
Wanddikte [mm]	13.3
Staalsoort [-]	X60
Ontwerpdruk [barg]	80
Dekking [m]	2

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- De faalfrequentie is gebaseerd op schade door derden. Falen door corrosie wordt 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;
- 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);
- In de plaatsgebonden risicoberekening is rekening gehouden met directe ontsteking (75%) en ontsteking na 120s (25%);
- In de risicoberekening is rekening gehouden met de uit casuïstiek verkregen diameter en druk afhankelijke ontstekingskans;
- Voor de GR-berekening is gebruikgemaakt van de windroos van Twente.

Resultaten PR-berekening

De 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicoafstand is opgenomen in Tabel 2.

Tabel 2 Resultaten PR-berekening A-646-KR-028 t/m 033

PR	10^{-6} jaar ⁻¹
Afstand [m]	0

Procedure GR-berekening

Voor de leiding is het groepsrisico berekend voor die kilometer die in de nieuwe situatie het hoogste groepsrisico oplevert (worst-casesegment). Het groepsrisico van deze kilometer is voor de nieuwe en de bestaande situatie berekend. Voor de berekeningen is gebruikgemaakt van de daadwerkelijke parametering over het geselecteerde, één kilometer lange segment.

Om het worst-casesegment van de leiding te vinden is per stationing de overschrijdingsfactor van het groepsrisico weergegeven. Deze is berekend door rondom elk punt op de leiding een segment van een kilometer te kiezen, dat gecentreerd ligt ten opzichte van dit punt. Voor deze kilometer leiding is een FN-curve berekend en van deze FN-curve de overschrijdingsfactor.

De overschrijdingsfactor is de maximale verhouding tussen de FN-curve en de oriëntatiewaarde. Daarmee is de overschrijdingsfactor een maat die aangeeft in hoeverre de oriëntatiewaarde wordt genaderd of overschreden. Een overschrijdingsfactor kleiner dan één geeft aan dat de FN-curve onder de oriëntatiewaarde blijft. Bij een waarde van één zal de FN-curve de oriëntatiewaarde raken. Bij een waarde groter dan één wordt de oriëntatiewaarde overschreden.

Deze overschrijdingsfactor is vervolgens voor zowel de nieuwe als de bestaande situatie, tegen de stationing uitgezet in een grafiek. In deze grafieken is tevens af te lezen waar het middelpunt van het worst case één kilometer segment ligt. Van het worst-casesegment is de FN-curve weergegeven, zowel voor de nieuwe als voor de bestaande situatie. Hiermee wordt inzichtelijk gemaakt wat de toename van het groepsrisico is.

Resultaten GR-berekening A-646-KR-028 t/m 033

De met PIPESAFE gegenereerde resultaten voor de overschrijdingsfactor zijn niet significant groter dan nul in zowel de bestaande als de nieuwe situatie, over de gehele stationing. Daardoor zouden eventuele getoonde grafieken van de overschrijdingsfactor en de FN curven leeg zijn. Dit houdt vervolgens ook in dat wordt voldaan aan de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico.

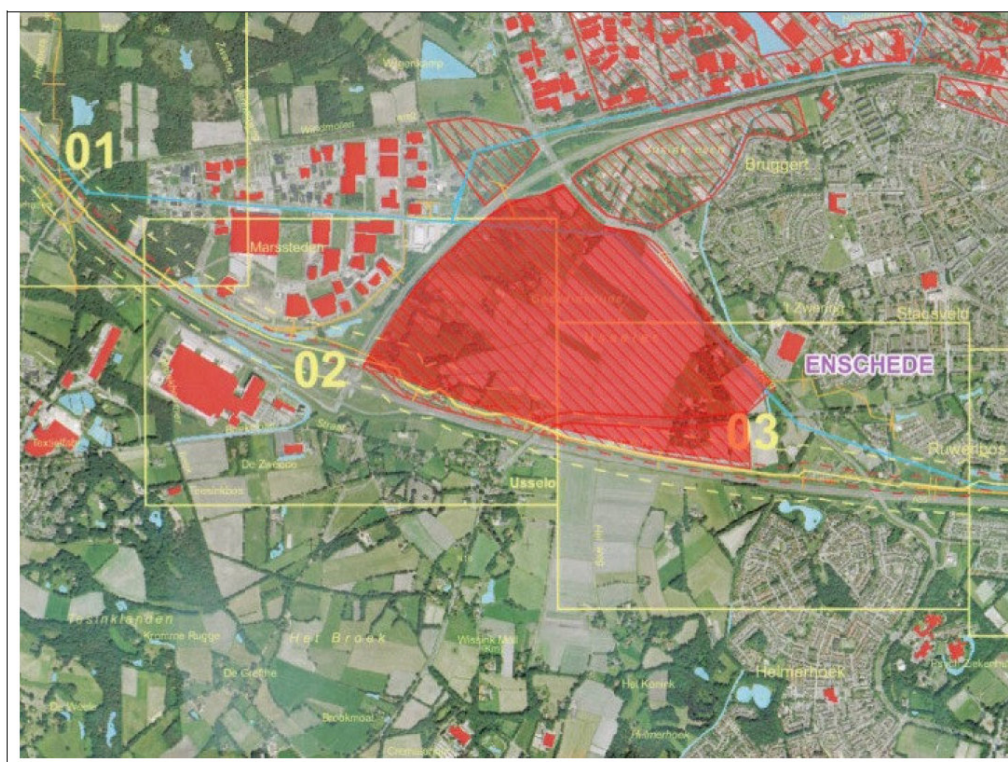
Referenties

- [1] Committee for the Prevention of Disasters, Guidelines for Quantitative Risk Assessment, CPR18E, 1999
- [2] Toepasbaarheid van PIPESAFE voor risicoberekeningen van aardgastransportleidingen, ministerie van VROM, VROM DGM/SVS/2000073018, 10 juli 2000
- [3] Kwantitatieve Risicotoetsing Tracé Bornerbroek – Epe v3, Gasunie Engineering and Technology, DET 2008.R.0714, 15 mei 2009

Appendix A

Hieronder worden de gebruikte bevolkingsgegevens van het nieuwbouwplan Usseler Es weergegeven zoals beschreven in [3].

"In Figuur wordt de plaats van het geplande bedrijventerrein Usseler Es weergegeven. Binnen het invloedsgebied van de leiding zullen naar verwachting 1500 personen aanwezig zijn. Overdag zal 100% van deze personen aanwezig zijn, 's nachts 20%.



Figuur 27 Gepland bedrijventerrein Usseler Es, aangegeven in rood."