

Tebodin B.V.

Drienerstate, P.C. Hoofthlaan 56 • 7552 HG Hengelo

Postbus 233 • 7550 AE Hengelo

Telefoon 074 249 64 96 • Fax 074 242 57 12

hengelo@tebodin.nl • www.tebodin.com

Opdrachtgever: **N.V. Nederlandse Gasunie**

Project: **N₂ Peak shaving project**

Ordernummer: 38719.22

Documentnummer: 3318004

Revisie: 2

Auteur: [REDACTED]

Telefoon: [REDACTED]

Telefax: [REDACTED]

E-mail: [REDACTED]@tebodin.nl

Datum: 4 juni 2009

**Kwantitatieve risicoanalyse
ondergrondse stikstofopslag
te Heiligerlee**

2	04-06-2009	Update rapport m.b.t. aanpassing faalfrequenties leidingen		
1	03-03-2009	Definitieve rapportage na verwerking commentaar Gasunie		
0	20-02-2009	Eindrapportage		
Wijz.	Datum	Omschrijving	Opsteller	Gecontroleerd

© Copyright Tebodin

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke andere wijze ook zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever.

Samenvatting

In opdracht van de N.V. Nederlandse Gasunie (verder aangeduid als Gasunie) is door Tebodin Consultants & Engineers een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uitgevoerd voor de ondergrondse opslag van stikstof op de locatie Heiligerlee. Dit betreft een voormalige zoutcaverne met een totale capaciteit van circa 800.000 m³.

De locatie Heiligerlee is via een ondergrondse transportleiding (lengte ca. 9,7km, diameter 16 inch) verbonden met de locatie van de Gasunie in Zuidbroek alwaar het stikstofgas wordt geproduceerd en gemengd met hoog calorisch gas om zodoende de gewenste juiste calorische waarde te bereiken. Omdat de productie van het stikstofgas een continue activiteit is, maar het op specificatie brengen van hoog calorisch gas slechts gedurende bepaalde periodes in het jaar plaatsvindt, is er voor gekozen het stikstofgas tussentijds op te slaan in de bovengenoemde caverne.

De kwantitatieve risicoanalyse is uitgevoerd volgens de richtlijnen uit de Handleiding Risicoberekeningen Bevi (HARI) [1] en berekend m.b.v. het geünificeerde risicoanalyse pakket Safeti-NL [3].

Bij de uitvoering van deze QRA is besloten om geen subselectie uit te voeren. Omdat de op de inrichting aanwezige transportleiding tot aan het hek van de inrichting reikt heeft dit geen toegevoegd waarde. In plaats daarvan is er voor gekozen om alle op de inrichting aanwezige activiteiten in de QRA te beschouwen.

In de HARI zijn geen Loss Of Containment (LOC) scenario's opgenomen voor de opslag in een caverne. Voor dit onderdeel is daarom gebruik gemaakt van door de NAM aangereikte LOC data voor een 'blow-out' en 'well release'.

Verder wordt opgemerkt dat ten aanzien van de faalfrequenties voor de LOC scenario's behorende bij de binnen de inrichting aanwezige pijpleidingen is aangesloten bij het conceptvoorstel van het Centrum Externe Veiligheid (RIVM) ten aanzien van leidingen binnen mijnbouwinrichtingen. Een uitzondering hierop betreft het scenario "lekkage van een ondergrondse leiding". Voor dit scenario wordt door het ontbreken van een concrete waarde in het voorstel aangesloten bij de faalfrequenties uit de HARI [1].

Uit de berekeningen van het plaatsgebonden risico blijkt dat er geen PR contouren worden berekend. De reden hiervoor is dat bij de caverne scenario's conform de toegepaste data [2] wordt uitgegaan van een uitstroming in verticale richting waardoor op grondniveau geen N₂ - concentratie wordt aangetroffen die resulteert in letaliteit onder de blootgestelde personen. Voor de scenario's die betrekking hebben op een breuk of lekkage van de pijpleiding geldt dat hier sprake is van een zodanige lage frequentie van optreden dat de betreffende scenario's evenmin resulteren in een PR contour.

Doordat er geen PR 10⁻⁶ contour wordt berekend, wordt voldaan aan de grenswaarden voor het plaatsgebonden risico zoals deze zijn vastgelegd in het Besluit externe veiligheid inrichtingen [4]. Overigens dient te worden opgemerkt dat het Besluit externe veiligheid inrichtingen niet van toepassing is op mijnbouwinstallaties. Desondanks is er voor gekozen om de toetsingswaarden uit het Besluit externe veiligheid inrichtingen te gebruiken als toetsingskader voor het externe risico.

Doordat zich binnen het invloedsgebied als gevolg van een ongewenste gebeurtenis binnen de inrichting geen bevolking bevindt, is geconcludeerd dat er sprake is van een verwaarloosbaar groepsrisico.

	Inhoudsopgave	Pagina
1	Inleiding	5
2	Beschrijving van de inrichting en de procesactiviteiten	6
2.1	Beschrijving van de ligging	6
2.2	Beschrijving van de locatie Heiligerlee	7
3	Definitie van de beschouwde ongevalsscenario's	7
3.1	Algemeen	7
3.2	Subselectie	7
3.3	Ongevalsscenario's caverne	7
3.3.1	Transportleiding	7
4	Modellering t.a.v. risicoberekeningen	7
4.1	Algemeen	7
4.2	Specifieke modellering	7
4.2.1	Uitstroming vanuit de caverne	7
4.2.2	Uitstroming vanuit een pijpleiding	7
4.3	Vervolgkansen	7
4.4	Omgevingsfactoren	7
4.4.1	Weersgegevens	7
4.4.2	Ruwheidslengte (van de ondergrond)	7
4.4.3	Populatiegegevens	7
5	Resultaten risicoberekeningen	7
5.1	Plaatsgebonden risico	7
5.1.1	Inleiding	7
5.1.2	Risiconormering	7
5.1.3	Plaatsgebonden risico locatie Heiligerlee	7
5.1.4	Invloedsgebied	7
5.2	Groepsrisico	7
5.2.1	Inleiding	7
5.2.2	Risiconormering	7
5.2.3	Groepsrisico locatie Heiligerlee	7
6	Conclusies	7
7	Referenties	7
	Bijlagen	

1 Inleiding

N.V. Nederlandse Gasunie (verder aangeduid als Gasunie) is voornemens om een stikstof mengstation te installeren op de locatie Zuidbroek (Groningen). Het doel van deze installatie is om hoog calorisch gas te mengen met stikstof om zodoende de gewenste calorische waarde te bereiken. Dit mengproces vindt slechts gedurende bepaalde periodes in het jaar plaats terwijl de productie van stikstof een continue activiteit is. Dit betekent dat het geproduceerde stikstofgas in de tussenliggende periodes wordt opslagen in een bestaande caverne op de locatie Heiligerlee.

Als onderdeel van het basic engineering pakket is door Tebodin Consultants Engineers een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uitgevoerd voor zowel de locatie Zuidbroek als Heiligerlee.

In een QRA wordt het risico voor de omgeving bepaald dat veroorzaakt wordt door mogelijke ongewenste gebeurtenissen binnen de inrichting. Als eerste stap in de QRA worden ongevalsscenario's gedefinieerd voor installatieonderdelen waarin zich gevaarlijke stoffen bevinden. Het vrijkomen van een brandbare stof kan resulteren in een brand en/of een explosie, en wanneer de gevaarlijke stof toxisch is kan het vrijkomen van deze stof resulteren in een toxische gaswolk. Hoewel stikstof niet als 'toxisch' is geclassificeerd, kan het vrijkomen van stikstof wel resulteren in letaliteit onder de blootgestelde personen als gevolg van zuurstofverdringing (asphyxiatie). De volgende stap in de uitvoering van de QRA is om de consequenties van de ongevalsscenario's te bepalen en de bijbehorende frequenties van optreden van deze ongevalsscenario's. Door het berekende effect van de ongevalsscenario's te combineren met de kans van optreden wordt vervolgens het risico (= kans x effect) bepaald. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in het plaatsgebonden risico (gepresenteerd met behulp van risicocontouren) en het groepsrisico (gepresenteerd met behulp van een groepsrisicocurve).

Dit rapport geeft een beschrijving van de uitgevoerde risicoanalyse voor de locatie Heiligerlee.

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de ligging van de locatie ten opzichte van de omgeving en de binnen de inrichting voorkomende procesactiviteiten.

Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de gedefinieerde ongevalsscenario's terwijl hoofdstuk 4 een toelichting geeft op de gehanteerde modellering ten aanzien van de risicoberekeningen. Het resultaat van deze berekeningen is weergegeven in hoofdstuk 5 waarbij onderscheid gemaakt wordt in het plaatsgebonden risico en het groepsrisico.

Tenslotte worden in hoofdstuk 6 de conclusies van de uitgevoerde analyse gepresenteerd.

De QRA voor de locatie Zuidbroek is in een separaat rapport weergegeven [6].

2.2 Beschrijving van de locatie Heiligerlee

De caveerne voor de opslag van stikstof heeft een capaciteit van circa 800.000 m³ en bevindt zich op een diepte van circa 1015 meter. De caveerne zelf heeft een hoogte van 500 meter en een maximale breedte van ongeveer 60 meter. Bovenin de caveerne, ter hoogte van de wellhead, bedraagt de werkdruk maximaal 160 bar. Het stikstof wordt via een 8 5/8 inch tubing vanuit de caveerne naar de oppervlakte gebracht.

Aan de bovenzijde van de put bevindt zich de X-mas tree. Deze X-mas tree zorgt voor de controle van de stikstof flow van - en naar de caveerne. De X-mas tree is voorzien van een tweetal beveiligingen, te weten de surface controlled subsurface safety valve (SCSSV) en de surface safety valve (SSV). Beide kleppen worden aangestuurd door een hydraulische well control unit (HWCU). Deze unit stuurt de kleppen dicht ingeval van een grote drukdaling stroomafwaarts van de caveerne, bijvoorbeeld als gevolg van een breuk in de transportleiding. Een andere oorzaak voor het sluiten van de kleppen is een te grote afname van gas vanuit de caveerne, waardoor er een mogelijkheid bestaat op beschadiging van de caveerne. Indien de veiligheidskleppen falen (niet sluiten), dan zal in principe de gehele inhoud van de caveerne leegstromen. Het debiet waarmee dit gepaard gaat wordt aangeduid als de blow-out potential (BOP). Deze BOP bedraagt 186,5 kg/sec.

Het eerste gedeelte van de pijpleiding (vanaf de X-mas tree tot aan de aansluiting op de pijpleiding naar de scraper trap) heeft een diameter van 12 inch en bevindt zich bovengronds. Vanaf de scraper trap tot aan het hek heeft de pijpleiding een diameter van 16 inch. Deze pijpleiding ligt bovengronds, met uitzondering van de laatste circa 7 meter tot aan het hek. Voor de ligging van de pijpleiding binnen de inrichting wordt verwezen naar de layout tekening die als bijlage 1 aan het rapport is toegevoegd.

Door middel van een 16 inch pijpleiding (inwendige diameter 378 mm) is de locatie Heiligerlee met locatie Zuidbroek verbonden. De lengte van dit pijpleidingstraject bedraagt circa 9,7 kilometer, maar maakt geen deel uit van deze risicoanalyse.

In het gedeelte van de uitgaande pijpleiding met een diameter van 12 inch bevindt zich een automatische afsluiter (MOOV-97004). Door de aanwezigheid van deze afsluiter, die eveneens door de HWCU wordt aangestuurd, wordt voorkomen dat ingeval van een breuk van de leiding tussen de X-mas tree en MOOV-97004 de gehele transportleiding leegstroomt.

Ten aanzien van de caveerne worden twee processituaties onderscheiden, te weten:

1. stikstofinjectie;
2. stikstofonttrekking.

Hieronder wordt op beide situaties nader ingegaan:

Ad 1. Stikstofinjectie:

Stikstof wordt in de caveerne geïnjecteerd met een debiet van 16.000 Nm³/hr. Uitgaande van een dichtheid van stikstof van 1,25 kg/Nm³ komt dit overeen met een debiet van circa 5,56 kg N₂/sec.

De maximale druk in de leiding bedraagt ongeveer 160 bar terwijl de temperatuur van het stikstofgas overeenkomt met de temperatuur van de ondergrond (8 – 15 °C).

Ad 2. Stikstofonttrekking

Stikstof wordt onttrokken uit de caverne met een debiet tussen 10.000 en 190.000 Nm³/hr (3,47 – 65,97 kg N₂/sec). De maximale druk in de leiding bedraagt eveneens zo'n 160 bar, de temperatuur varieert in dit geval tussen 5 en 38 °C.

De lengte van de transportleiding binnen de inrichting Heiligerlee bedraagt in totaal ongeveer 42 meter. Het grootste gedeelte hiervan (35 meter) ligt bovengronds, het restant (7 meter) ligt ondergronds.

Voor een lay-out tekening van de locatie Heiligerlee wordt verwezen naar bijlage 1.

3 Definitie van de beschouwde ongevalscenario's

3.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de gedefinieerde ongevalscenario's voor de locatie Heiligerlee. Daarbij wordt op basis van de activiteiten onderscheid gemaakt in de caverne en de pijpleiding tussen de locaties Heiligerlee en Zuidbroek, voor zover deze binnen de inrichting van Heiligerlee gelegen is. De risicoanalyse van de transportleiding zelf maakt geen onderdeel uit van de voorliggende studie. Daarbij wordt opgemerkt dat in geval van een LOC scenario op de locatie Heiligerlee wel de gehele inhoud van de transportleiding kan leegstromen, zie Figuur 3.

Voor elk van de bovengenoemde installatieonderdelen zijn conform de Handleiding risicoberekeningen Bevi (verder aangeduid als HARI [1]) zogenaamde 'Loss Of Containment' (LOC) scenario's gedefinieerd. Omdat in de HARI [1] specifieke scenario's voor gasputten ontbreken, is hiervoor gebruik gemaakt van de door de NAM beschikbaar gestelde 'Blow-out en Well data' afkomstig uit het Scandpower rapport [2].

3.2 Subselectie

Omdat de te beschouwen pijpleiding reikt tot aan de grens van de inrichting is besloten om geen subselectie uit te voeren. In plaats daarvan zijn alle installatieonderdelen in de QRA beschouwd.

3.3 Ongevalscenario's caverne

Zoals aangegeven in § 3.1 zijn de LOC scenario's voor de caverne gebaseerd op de data afkomstig uit het Scandpower rapport [2]. In dit rapport worden voor een gasreservoir de volgende twee ongevalscenario's onderscheiden, te weten:

- Een 'Blow-out', waarbij de X-mas tree catastrofaal faalt en de surface controlled subsurface safety valve niet reageert waarna de inhoud van het reservoir verticaal uitstroomt;
- Een 'Well release', waarbij een lekkage aan de X-mas tree ontstaat en er een uitstroming volgt die zowel horizontaal als verticaal gericht kan zijn.

In Tabel 1 t/m Tabel 3 zijn de faalfrequenties voor een 'blow-out' en een 'well release' weergegeven. Ten aanzien van een 'well release' wordt daarbij onderscheid gemaakt in een verticale uitstroomrichting (Tabel 2) en een horizontale uitstroomrichting (Tabel 3).

Zoals blijkt uit de bovengenoemde tabellen wordt de frequentie van optreden van een 'blow-out' of een 'well release' bepaald door een aantal operaties / activiteiten, waaronder productie en putonderhoud. Putonderhoud is de verzamelnaam voor activiteiten als 'wirelining', 'coiled tubing' en 'workover'.

- '*Wirelining*' is een techniek die wordt toegepast door operators van gasputten om equipment of een meetinstrument via een kabel in de gasput te laten zakken ten behoeve van een interventie van de put en/of evaluatie van het gasreservoir.
- '*Coiled tubing*' is een techniek waarbij een metalen pijpleiding wordt gebruikt voor het uitvoeren van een interventie van een gasput. Het voordeel van 'coiled tubing' ten opzichte van 'wirelining' is dat via de aangebrachte pijpleiding gericht chemicaliën in de gasput kunnen worden gepompt. Bij 'wirelining' is men daarbij afhankelijk van de zwaartekracht.

- **'Workover'** betreft een verzamelnaam voor allerlei werkzaamheden aan de put, zoals 'wirelining' en 'coiled tubing'. Een ander type putinterventie is 'snubbing'. 'Snubbing' verschilt van 'wirelining' en 'coiled tubing' doordat in dit geval rechte pijpstukken worden toegepast die net als bij boorwerkzaamheden telkens met elkaar worden verbonden. In geval van 'wirelining' en 'coiled tubing' daarentegen wordt gebruik gemaakt van kabel/pijpmateriaal dat voor de uitvoering van de werkzaamheden in de gasput wordt afgerond. Daarbij wordt opgemerkt dat snubbing alleen plaatsvindt na debrining (pekelverwijdering), voorafgaande aan het voor de eerste keer vullen van de caverne met stikstofgas.

Voor de bovengenoemde onderhoudswerkzaamheden aan de put geldt dat de faalfrequentie afhankelijk is van het aantal operaties dat op jaarbasis wordt uitgevoerd. Voor de daarbij gehanteerde waarden in Tabel 1 t/m Tabel 3 is aangesloten bij waarden die worden toegepast op gasproductieputten.

Daarnaast worden in Tabel 1 t/m Tabel 3 nog een tweetal activiteiten genoemd die eveneens kunnen resulteren in een 'blow-out' of een 'well release', te weten 'drilling' (het boren van een put) en 'completion' (het gereed maken van een put voor productie). Deze laatste activiteiten vinden op de locatie Heiligerlee niet plaats onder N₂ gasdruk en zijn daarom dan ook niet meegenomen in de bepaling van de overall faalfrequentie. Met betrekking tot de faalfrequentie voor de activiteit 'workover' wordt vastgehouden aan de waarde zoals deze is aangegeven in Tabel 1. Dit vanwege het feit dat niet bekend is welk aandeel de activiteit 'snubbing' heeft ten opzichte van alle activiteiten die onder 'workover' vallen. Dit betekent dat de resulterende faalfrequentie conservatief is ingeschat.

Tabel 1: Opbouw blow-out frequentie [2]

Operatie / activiteit	Initiële Faalfrequentie	Aantal operaties	Overall Faalfrequentie
		(-)	(1/jaar)
Productie blow-out	$1,63 \times 10^{-5}$ / productiejaar	-	$1,63 \times 10^{-5}$
Wireline	$8,57 \times 10^{-6}$ / operatie	2	$1,71 \times 10^{-5}$
Coiled tubing	$2,35 \times 10^{-4}$ / operatie	0,03	$7,05 \times 10^{-6}$
Workover (exci. Wireline, Coiled tubing, completion)	$4,25 \times 10^{-4}$ / operatie	0,125	$5,31 \times 10^{-5}$
Drilling (development)	$3,91 \times 10^{-4}$ / put	N.v.t.	-
Completion	$3,06 \times 10^{-4}$ / put	N.v.t.	-
		Totaal	$9,36 \times 10^{-5}$

In het Sandpower rapport [2] wordt aangegeven dat in geval van een 'blow-out' tijdens productie ook rekening moet worden gehouden met terugstroming vanuit de flowleiding. Dit scenario heeft een initiële frequentie van optreden van $1,63 \times 10^{-5}$ per jaar.

Tabel 2: Opbouw well release frequentie (uitstroomrichting verticaal) [2]

Operatie / activiteit	Initiële Faalfrequentie	Aantal operaties	Overall Faalfrequentie
		(-)	(1/jaar)
Productie blow-out	$2,02 \times 10^{-5}$ / productiejaar	-	$2,02 \times 10^{-5}$
Wireline	$1,69 \times 10^{-5}$ / operatie	2	$3,38 \times 10^{-5}$
Coiled tubing	$1,88 \times 10^{-4}$ / operatie	0,03	$5,64 \times 10^{-6}$
Workover (excl. Wireline, Coiled tubing, completion)	$3,96 \times 10^{-4}$ / operatie	0,125	$4,95 \times 10^{-5}$
Drilling (development)	$1,43 \times 10^{-4}$ / put	N.v.t.	-
Completion	$2,11 \times 10^{-4}$ / put	N.v.t.	-
		Totaal	$1,09 \times 10^{-4}$

Tabel 3: Opbouw well release frequentie (uitstroomrichting horizontaal) [2]

Operatie / activiteit	Initiële Faalfrequentie	Aantal operaties	Overall Faalfrequentie
		(-)	(1/jaar)
Productie blow-out	$4,05 \times 10^{-6}$ / productiejaar	-	$4,05 \times 10^{-6}$
Wireline	$2,84 \times 10^{-6}$ / operatie	2	$5,68 \times 10^{-6}$
Coiled tubing	$4,70 \times 10^{-5}$ / operatie	0,03	$1,41 \times 10^{-6}$
Workover (excl. Wireline, Coiled tubing, completion)	$9,12 \times 10^{-5}$ / operatie	0,125	$1,14 \times 10^{-5}$
Drilling (development)	$5,93 \times 10^{-5}$ / put	N.v.t.	-
Completion	$5,74 \times 10^{-5}$ / put	N.v.t.	-
		Totaal	$2,25 \times 10^{-5}$

Samenvatting ongevalscenario's caverne

In Tabel 4 worden de relevante faalfrequenties voor de caverne samengevat en zijn tevens de bijbehorende faalfrequenties weergegeven.

Tabel 4: Samenvatting beschouwde LOC scenario's caverne

LOC scenario	Faalfrequentie (1/jaar)
'Blow-out' caverne, uitstroomrichting verticaal	$9,36 \times 10^{-5}$
Terugstroming vanuit de flowleiding als gevolg van een 'blow-out' tijdens productie	$1,63 \times 10^{-5}$
Well release, verticale uitstroming	$1,09 \times 10^{-4}$
Well release, horizontale uitstroming	$2,25 \times 10^{-5}$

Voor de toelichting op de modellering van de effecten met betrekking tot de bovengenoemde faalfrequenties wordt verwezen naar § 4.2.1.

3.3.1 Transportleiding

Zoals aangegeven in § 2.2 heeft de op de inrichting aanwezige pijpleiding van de put naar de scraper trap een diameter van 12 inch. De pijpleiding vanaf de scraper trap tot aan het hek heeft een diameter van 16 inch. De op de inrichting aanwezige pijpleiding ligt grotendeels bovengronds, uitsluitend het laatste deel van de 16 inch leiding tot aan het hek (circa 7 meter) ligt ondergronds.

Voor transportleidingen worden in principe twee LOC scenario's beschouwd, te weten:

- Breuk van de transportleiding;
- Lekkage van de transportleiding.

Voor een lekkage van de transportleiding wordt onderscheid gemaakt tussen een bovengrondse leiding en een ondergrondse leiding. Voor een bovengrondse leiding is de gatgrootte 10% van de nominale diameter met een maximum van 50 mm. Voor een ondergronds gelegen leiding bedraagt de gatgrootte in geval van een lekkage onafhankelijk van de diameter 20 mm.

Met betrekking tot de initiële faalfrequenties wordt eveneens onderscheid gemaakt tussen een bovengrondse leiding en een ondergrondse leiding, zie Tabel 5 t/m Tabel 7. Deze faalgegevens zijn gebaseerd op het conceptvoorstel van het Centrum Externe Veiligheid (RIVM) met betrekking tot de modellering van leidingbreuken binnen mijnbouwrichtingen [9] en een bijbehorende aanvulling [10]. Voor een lekkage van een ondergrondse leiding wordt in het voorstel van het RIVM nog geen concrete waarde genoemd op grond waarvan voor dit faalscenario is aangesloten bij de in de HARI [1] genoemde faalfrequentie voor een lekkage van een leiding behorende tot de categorie "overig". Deze aanpak resulteert in de hoogste ongevalfrequentie en kan daardoor als conservatief worden aangemerkt.

Tabel 5 Initiële faalfrequenties bovengrondse leiding (vanaf put tot aan scraper trap)

Omschrijving	DN	SMYS	Materiaal	Wanddikte	Ontwerp druk	Initiële Faalfrequentie
				(mm)	(barg)	(m ⁻¹ jr ⁻¹)
Breuk van de leiding	300	L358	API 5L Gr. B/X52	22,2	170	1*10 ⁻⁷
Lek met een effectieve diameter van 30,5 mm	300	L358	API 5L Gr. B/X52	22,2	170	5*10 ⁻⁷

Tabel 6 Initiële faalfrequenties bovengrondse leiding (vanaf scraper trap tot hek)

Omschrijving	DN	SMYS	Materiaal	Wanddikte	Ontwerp druk	Initiële faalfrequentie
				(mm)	(barg)	(m ⁻¹ jr ⁻¹)
Breuk van de leiding	400	L413	X60	15,2	170	1*10 ⁻⁷
Lek met een effectieve diameter van 40,6 mm	400	L413	X60	15,2	170	5*10 ⁻⁷

Tabel 7 Initiële faalfrequenties ondergrondse leiding (vanaf scraper trap tot hek)

Omschrijving	DN	SMYS	Materiaal	Wanddikte	Ontwerp druk	Initiële faalfrequentie
				(mm)	(barg)	(m ⁻¹ jr ⁻¹)
Breuk van de leiding	400	L413	X60	15,2	170	$1,5 \cdot 10^{-7}$
Lek met een effectieve diameter van 20 mm	400	L413	X60	15,2	170	$1,5 \cdot 10^{-6}$

Voor de toelichting op de modellering van de effecten met betrekking tot de bovengenoemde faalfrequenties wordt verwezen naar hoofdstuk 4 (§ 4.2.2).

4 Modellerings t.a.v. risicoberekeningen

4.1 Algemeen

In een QRA wordt conform de HARI [1] uitgegaan van een maximale tijdsduur van 1800 seconden. Deze tijdsduur heeft betrekking op het vrijkomen van toxische stoffen. Voor deze stoffen wordt namelijk uitgegaan van een maximale duur van de blootstelling van 30 minuten. De effecten die na deze tijdsduur plaatsvinden worden derhalve niet beschouwd.

Stikstof is een inerte stof die als 'niet toxisch' is geclassificeerd. Het vrijkomen van stikstof kan daarentegen wel resulteren in letaliteit onder de blootgestelde personen als gevolg van zuurstofverdringing (asphyxiatie). Om die reden is in de QRA gekeken naar de consequenties van het vrijkomen van stikstof. Daarbij is gebruikt gemaakt van de in de HARI [1] genoemde probitfunctie, te weten:

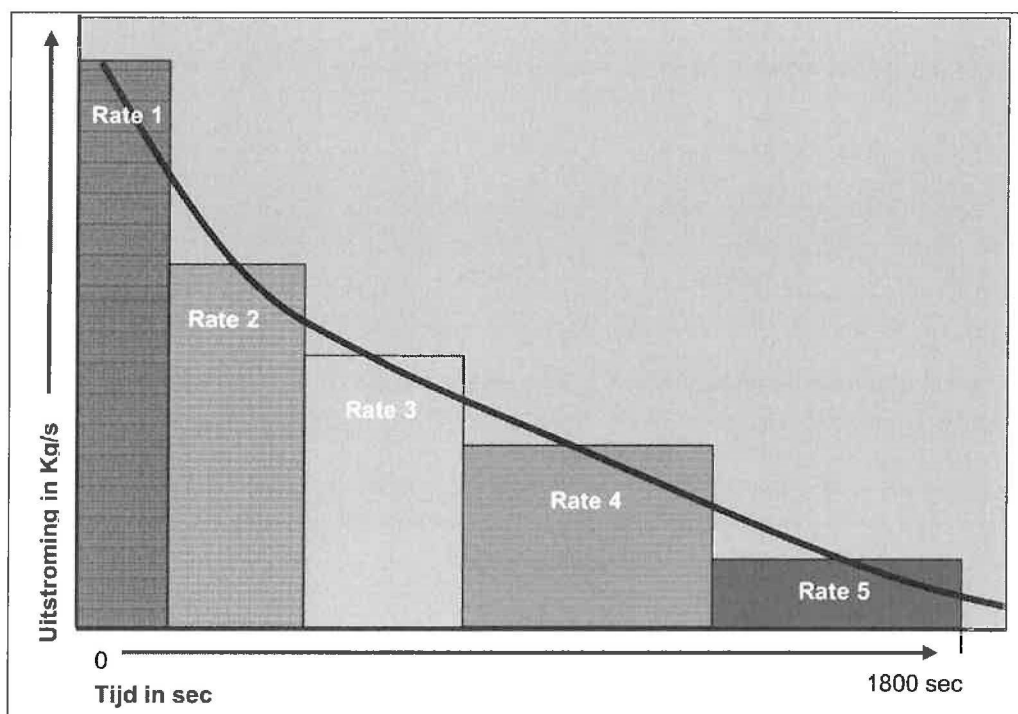
$$Pr = -65,7 + \ln (C^{5,2} \times t)$$

Waarin:

- Pr = probitwaarde behorende bij de overlijdenskans (-)
t = blootstellingduur (min)
C = concentratie op tijdstip t (ppm)

Bij (de modellering van) een uitstroming van stikstof speelt, in tegenstelling tot een brandbare stof⁽¹⁾, niet de initiële uitstroming een grote rol in het uiteindelijke effect maar de totale dosis (= concentratie x tijdsduur) waaraan personen worden blootgesteld. Dit betekent dat eveneens de duur van de uitstroming relevant is. Om die reden is bij berekeningen die zijn uitgevoerd met het zogenaamde 'long pipeline model' uitgegaan van een multiple rate. Dit houdt in dat er gerekend wordt met een tijdsafhankelijke uitstroming in 5 stappen. Hiervoor is gekozen omdat de uitstroming in parameters (temperatuur, uitstroomhoeveelheid, uitstroomsnelheid) sterk varieert in de tijd zoals is afgebeeld in Figuur 2.

(1) Voor de uitstroming van een brandbare stof geldt dat het effectgebied grotendeels wordt bepaald door de hoogte van de initiële uitstroming.



Figuur 2 Schematische weergave “multiple rate” uitstroming uit een lange pijpleiding

4.2 Specifieke modellering

4.2.1 Uitstroming vanuit de caverne

De uitstroming van stikstof ingeval van een blow-out is gemodelleerd als het leegstromen van een leiding volgens het 'long pipeline model'. Voor de lengte van de leegstromende leiding (= leidingweerstand) is daarbij uitgegaan van de diepte van de put, dat wil zeggen de afstand tussen de bovenzijde van de caverne en het maaiveld (= 1015 meter). Tevens is zoals opgemerkt in de Blow-out en Well data [2] rekening gehouden met een zogenaamde 'pumped inflow', dat wil zeggen een constant uitstroomdebiet vanuit de put. De waarde die hiervoor is gehanteerd komt overeen met de blow-out potential (BOP) van de put en bedraagt 186,5 kg/sec [7]. Als initiële druk is daarbij uitgegaan van de maximale druk in de caverne (177 bar) en een temperatuur van 10 °C. Zoals blijkt uit § 2.2 kan de initiële temperatuur van het gas hoger zijn. De gekozen waarde is een gemiddelde waarde voor de activiteiten en levert vanwege de grotere dichtheid een conservatiever resultaat op. De uitstroomrichting van een blow-out is verticaal verondersteld.

In Tabel 8 zijn de gehanteerde gegevens voor het berekenen van een blow-out vanuit de caveerne samengevat.

Tabel 8: Data blow-out caveerne

Tubing diameter	Diepte put	Max. druk caveerne	Temp	BOP
(inch)	(m)	Bar(a)	°C	Nm ³ /dag
8 5/8	1015	177 bar	10	537.000 (= 186,5 kg/s)

Voor de terugstroming vanuit de buisleiding is uitgegaan van een uitstroming vanuit een leiding met een lengte van 9,7 kilometer, eveneens berekend met behulp van het 'long pipeline model'.

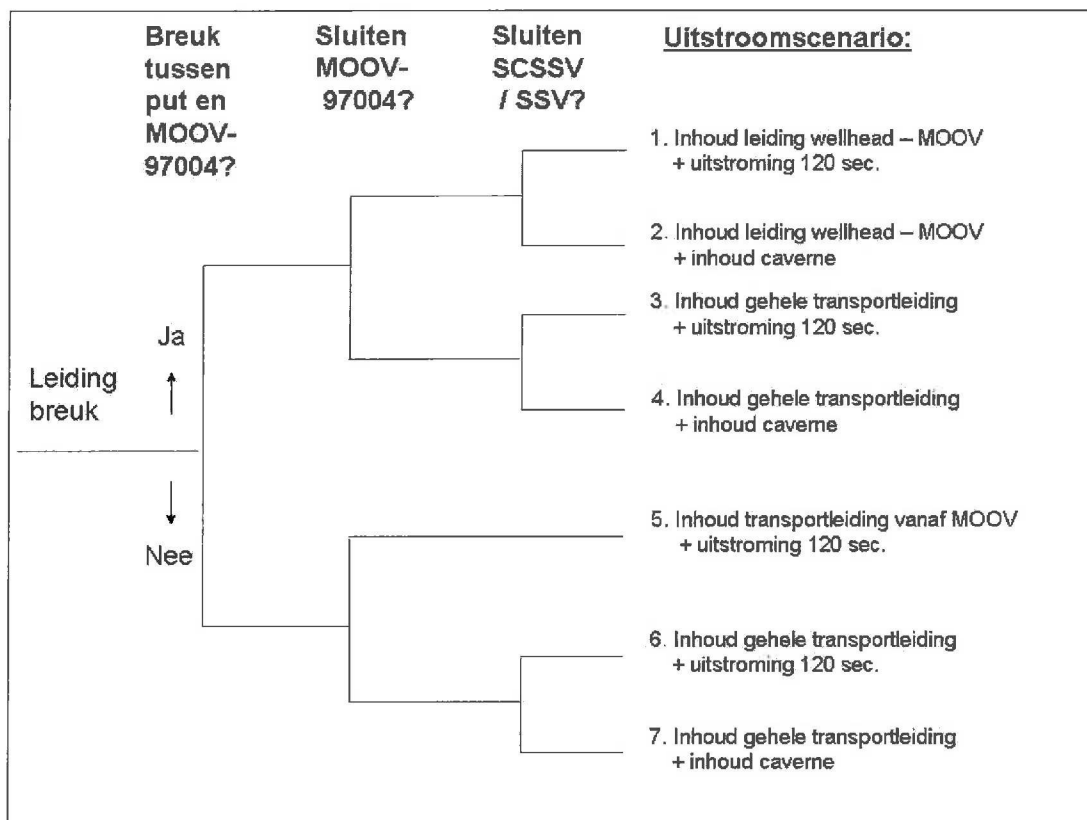
De gasuitstroming vanuit de put ('well release') is gemodelleerd als een lek ter grootte van 10% van de tubing diameter (219 mm) en de leidingdruk van 160 bar. De uitstroomrichting is daarbij afhankelijk van het scenario in verticale respectievelijk horizontale richting verondersteld.

4.2.2 Uitstroming vanuit een pijpleiding

Leidingen zijn gedefinieerd als route waarbij de berekende ongevalfrequentie over deze route is verdeeld.

Verder wordt onderscheid gemaakt in de locatie waar de uitstroming plaatsvindt. Indien de uitstroming plaatsvindt *tussen de put en de automatische afsluiter MOOV-97004*, dan zal de uitstroming bij sluiten van MOOV-97004 en de veiligheidskleppen van de caveerne (SCSSV/SSV), beperkt blijven tot de inhoud van het ingeblokke leidingstuk tussen de wellhead en MOOV-97004. Vanwege de reactietijd die nodig is om deze kleppen te sluiten, wordt gedurende 120 seconden (= reactietijd afsluiters) uitgegaan van een additionele uitstroming vanuit deze leiding, zie Figuur 3. Het resulterende uitstroomdebiet wordt daarbij bepaald door uitstroming vanuit de caveerne en terugstroming vanuit de pijpleiding. In risicoanalyses wordt voor deze tweezijdige uitstroming veelal uitgegaan van een waarde die overeenkomt met 1,5 keer het nominale debiet⁽²⁾. Conservatief is echter uitgegaan van een debiet overeenkomstig de BOP van de put (= 186,5 kg/sec).

⁽²⁾ Het nominale debiet voor stikstofinjectie bedraagt 5,6 kg/sec, voor stikstofonttrekking bedraagt dit maximaal circa 66 kg/sec.



Figuur 3 Overzicht beschouwde uitstroombesnoei's leidingbreuk

Indien afsluiter MOOV-97004 niet sluit, zal de gehele transportleiding leegstromen. Afhankelijk van het sluiten van de veiligheidskleppen, blijft de uitstroming beperkt tot de gehele transportleiding (SCSSV/SSV sluiten) dan wel stroomt eveneens de gehele caverne leeg (SCSSV/SSV sluiten niet). Voor het leegstromen van de caverne wordt eveneens uit gegaan van een uitstroombesnoei dat overeenkomt met de BOP (= 186,5 kg/sec). Daarbij wordt uitgegaan van een uitstroombesnoei gedurende 1800 seconden. Voor de faalkans van de automatische afsluiters wordt verwezen naar § 4.3.

Voor een uitstroming vanuit de pijpleiding *stroomafwaarts van MOOV-97004* geldt dat de hoeveelheid die uitstroomt in ieder geval betrekking heeft op het gedeelte van de transportleiding vanaf MOOV-97004 tot aan de locatie Zuidbroek. Indien MOOV-97004 faalt, dan betreft dit de gehele transportleiding (well head - Zuidbroek). Afhankelijk van het sluiten van de veiligheidskleppen blijft de uitstroming beperkt tot de gehele transportleiding (SCSSV/SSV sluiten) dan wel stroomt eveneens de gehele caverne leeg (SCSSV/SSV sluiten niet), zie Figuur 3. Zoals hierboven aangegeven wordt voor het leegstromen van de caverne uitgegaan van een debiet van 186,5 kg/sec (= BOP) gedurende 1800 seconden.

Ten aanzien van de uitstroombesnoei geldt dat voor een bovengrondse leiding is uitgegaan van een uitstroming in horizontale richting, terwijl voor een ondergrondse leiding wordt uitgegaan van een verticale uitstroombesnoei. Eén en ander conform de HARI [1].

Daarbij is ten aanzien van de druk uitgegaan van de maximale bedrijfsdruk in de leiding (160 bar) en van een temperatuur van 10 °C.

Zoals aangegeven in § 3.3.1 is voor een lekkage van een bovengrondse leiding uitgegaan van een gat ter grootte van 10% van de leidingdiameter. Voor een ondergrondse leiding is daarentegen uitgegaan van een standaardwaarde van 20 mm, conform de HARI [1].

4.3 Vervolgkansen

Ten aanzien van de ontwikkeling van het ongevalscenario (ook wel aangeduid met vervolgkansen) speelt vanwege de aard van de beschouwde scenario (toxisch) uitsluitend de kans op het falen van de automatische afsluiter een rol⁽³⁾.

Conform de HARI [1] wordt voor een automatische afsluiter uitgegaan van een faalkans van $1 \cdot 10^{-3}$ per aanspraak. Dit komt overeen met de faalkans voor een SIL klasse 2 systeem.

4.4 Omgevingsfactoren

Ten aanzien van de omgevingsfactoren wordt onderscheid gemaakt in weergegevens, ruwheidslengte en populatiegegevens. Op elk van deze onderwerpen wordt hieronder nader ingegaan.

4.4.1 Weersgegevens

Voor de verdeling van windrichting, windsnelheid en atmosferische stabiliteit is uitgegaan van de weergegevens van het waarnemingsstation Eelde. Deze gegevens worden representatief verondersteld voor de locatie van Heiligerlee.

4.4.2 Ruwheidslengte (van de ondergrond)

De omgeving van de Heiligerlee bestaat voornamelijk uit open, vlak terrein dat hoofdzakelijk begroeit is met gras en waar zich hier en daar een geïsoleerd object bevindt. Ten aanzien van de dispersie is daarom conform de HARI [1] gekozen voor een ruwheidslengte van 0,03 meter.

4.4.3 Populatiegegevens

Zoals aangegeven in §2.1 bevindt de dichtstbijzijnde bevolking zich op een afstand van 170 meter van de inrichting. Deze afstand is groter dan het invloedsgebied (zie § 5.1.4) op grond waarvan de populatiegegevens niet in meer detail zijn beschouwd.

⁽³⁾ Voor brandbare stoffen dient bij de vervolgkansen eveneens aandacht te worden besteed aan de kans op ontsteking.

5 Resultaten risicoberekeningen

Risico wordt bepaald door twee aspecten, te weten de gevolgen van mogelijke ongevallen (effecten) en de frequentie waarmee die gevolgen optreden. Het risico wordt uitgedrukt in het plaatsgebonden risico en het groepsrisico.

Het risico voor de inrichting van Heiligerlee is berekend met behulp van het software programma Safeti_NL versie 6.53.1 [3].

5.1 Plaatsgebonden risico

5.1.1 Inleiding

Het plaatsgebonden risico (PR) is de kans per jaar dat een willekeurig persoon die zich, onbeschermd, continu op een locatie buiten een inrichting met gevaarlijke stoffen bevindt, dodelijk getroffen wordt door een ongewoon voorval binnen deze inrichting. Het PR houdt geen rekening met de vraag of er daadwerkelijk personen in de omgeving aanwezig zijn.

Het PR wordt gepresenteerd door middel van contouren die plaatsen verbinden met een gelijk risico rondom de activiteiten met gevaarlijke stoffen.

5.1.2 Risiconormering

Hoewel het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen (Bevi) [4] niet van toepassing is op mijnbouwinstallaties, is er voor gekozen om de grenswaarden voor het PR te gebruiken als toetsingskader voor het externe risico.

Voor nieuwe situaties is de grenswaarde voor het plaatsgebonden risico gesteld op een niveau van 10^{-6} per jaar [4]. Dit wil zeggen dat voor nieuwe situaties de grenswaarde wordt overschreden indien zich woningen of gevoelige objecten (ziekenhuizen, e.d.) bevinden tussen de 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour en de terreingrens.

5.1.3 Plaatsgebonden risico locatie Heiligerlee

Op basis van de beschouwde scenario's is met behulp van Safeti-NL [3] een berekening uitgevoerd voor het plaatsgebonden risico. Uit de resultaten van de risicoberekening blijkt echter dat er geen PR contouren zijn berekend. De reden hiervoor is dat bij de putsenario's conform de beschouwde data [2] wordt uitgegaan van een uitstroming in verticale richting waardoor op grondniveau geen N_2 concentratie wordt aangetroffen die resulteert in letaliteit onder de blootgestelde personen. Voor de scenario's die betrekking hebben op een breuk of lekkage van de pijpleiding geldt dat hier sprake is van een zodanige lage frequentie van optreden dat het betreffende scenario's evenmin resulteren in een PR contour.

5.1.4 Invloedsgebied

Op verzoek van de Gasunie zijn in de rapportage geen effectafstanden weergegeven.

5.2 Groepsrisico

5.2.1 Inleiding

Het groepsrisico (GR) is de kans per jaar dat een groep van (meer dan) N personen wordt gedood door een ongeval binnen de inrichting. Het GR brengt de actuele bevolkingsdichtheid rond de activiteit in rekening.

Het groepsrisico wordt gepresenteerd m.b.v. een fN curve waarin de kans op een dergelijk ongeval staat uitgezet tegen de aantallen dodelijke slachtoffers (N).

5.2.2 Risiconormering

Voor het groepsrisico geldt geen 'harde' norm maar een oriënterende waarde. Dit betekent dat het bevoegd gezag in bepaalde situaties een overschrijding van de oriënterende waarde, mits gemotiveerd, kan toestaan. Voor een groep van tenminste 10 slachtoffers bedraagt de maximaal toegestane frequentie 10^{-5} per jaar. Voor een n maal groter aantal slachtoffers is de bijbehorende frequentie een factor n^2 lager (met andere woorden: voor een aantal van 100 slachtoffers bedraagt de maximaal toegestane frequentie 10^{-7} per jaar).

5.2.3 Groepsrisico locatie Heiligerlee

Vanwege het feit dat zich binnen het invloedsgebied als gevolg van een ongewenste gebeurtenis binnen de inrichting op Heiligerlee geen bevolking bevindt, kan worden geconcludeerd dat er sprake is van een verwaarloosbaar groepsrisico.

6 Conclusies

Tebodin Consultants & Engineers heeft een kwantitatieve risicoanalyse uitgevoerd voor de ondergrondse opslag van stikstof op de locatie van de Gasunie te Heiligerlee.

De kwantitatieve risicoanalyse is uitgevoerd volgens de richtlijnen uit de HARI [1] en berekend met behulp van het geünificeerde risicoanalyse pakket Safeti-NL [3].

De gedefinieerde LOC scenario's wijken op een tweetal punten af van de HARI [1], te weten:

1. *LOC scenario's caverne*; doordat in de HARI geen ongevalscenario's zijn opgenomen voor een gasput / ondergrondse gasopslag, is voor wat betreft de te beschouwden scenario's gebruik gemaakt van door de NAM aangereikte data voor een 'Blow-out' en een 'well release' [2].
2. *Faalfrequenties pijpleidingen*; voor wat betreft de faalfrequenties voor de binnen de inrichting aanwezige pijpleidingen is gebruik gemaakt van het conceptvoorstel van het Centrum Externe Veiligheid (RIVM) met betrekking tot de modellering van leidingbreuken binnen mijnbouwinrichtingen [9] en een bijbehorende aanvulling [10]. Een uitzondering hierop betreft het scenario "lekkage van een ondergrondse leiding". Voor dit scenario wordt door het ontbreken van een concrete waarde in het voorstel aangesloten bij de faalfrequentie uit de HARI [1].

Uit de berekeningen van het plaatsgebonden risico blijkt dat er geen PR contouren worden berekend. De reden hiervoor is dat bij de putsenario's conform de beschouwde data [2] wordt uitgegaan van een uitstroming in verticale richting waardoor op grondniveau geen N_2 concentratie wordt aangetroffen die resulteert in letaliteit onder de blootgestelde personen. Voor de scenario's die betrekking hebben op een breuk of lekkage van de pijpleiding geldt dat hier sprake is van een zodanige lage frequentie van optreden dat de betreffende scenario's evenmin resulteren in een PR contour.

Doordat er geen $PR 10^{-6}$ contour wordt berekend, wordt voldaan aan de grenswaarden voor het plaatsgebonden risico zoals deze zijn vastgelegd in het Besluit externe veiligheid inrichtingen [4]. Overigens dient te worden opgemerkt dat het Besluit externe veiligheid inrichtingen niet van toepassing is op mijnbouwinstallaties. Desondanks is er voor gekozen om de toetsingswaarden uit het Besluit externe veiligheid inrichtingen te gebruiken als toetsingskader voor het externe risico.

Doordat zich binnen het berekende invloedsgebied geen bevolking bevindt, is geconcludeerd dat er sprake is van een verwaarloosbaar groepsrisico.

7 Referenties

- [1] Handleiding Risicoberekeningen Bevi,
RIVM/CEV, versie 3.1 dd. 1 januari 2009
- [2] Scandpower rapport 'Blowout and well release frequencies',
- [3] Safeti_NL versie 6.53.1
Internet: <http://www.dnv.com>
- [4] Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen (Bevi)
Staatscourant, 10 juni 2004
- [5] N2 Peak shaving installation
Basis for Design - Mengstation Zuidbroek - Stikstofbuffer Heiligerlee
Tebodin rapport – referentie nummer: 38719 - 7105001, revisie 0 dd 30-08-08
- [6] Kwantitatieve risicoanalyse locatie Zuidbroek
Tebodin rapport, 39725 – 3318001
- [7] Caverne Blow out potential
Resultaat berekening EKS
- [8] P&ID Wellhead connection
Cavern HL-K
F-438-A-LS-900-002-020
- [9] Voorstel modellering leidingbreuken binnen mijnbouwinrichtingen
Conceptnotitie RIVM/CEV (Eelke Kooi) dd. 17-05-2009
- [10] Voorstel nieuwe indeling leidingen binnen BRZO inrichtingen en mijnbouwinrichtingen
Email van Eelke Kooi (RIVM) dd. 27-05-2009

Tebodin B.V.
Ordernummer: 38719.22
Documentnummer: 3318004
Revisie: 2
Datum: 4 juni 2009
Pagina: 23 van 25

Bijlagen

1. Lay-out tekening Heiligerlee
2. LOC scenario's Heiligerlee

Tebodin B.V.
Ordernummer: 38719.22
Documentnummer: 3318004
Revisie: 2
Datum: 4 juni 2009
Pagina: 24 van 25

Bijlage 1

Lay-out tekening Heiligerlee

Tebodin B.V.
Ordernummer: 38719.22
Documentnummer: 3318004
Revisie: 2
Datum: 4 juni 2009
Pagina: 25 van 25

Bijlage 2 LOC scenario's Heiligerlee



[Gasunie, Holligerloo]

Religiesite	Omgeving	Scenario	Initiele frekwentie	Stof	Functie factor	Lengte [m]	Fasiekans frequentie	Gas grootte [mm]	Inhoud [m3]	Inhoud [kg]	Uitstroming [kg/s]	Tijdsduur [s]	Tegengestelde lengte voor TVR [m]	Druk bar	Temp °C	Ontstekingstype						
Gedurende productie	Flowleiding zijde	Initial + tubing blow out	1G1	1,63E-05	Slikstof	1	-	1,63E-05	219,1	-	7950	TRV+1800	-	1015	177	10	N.v.t.					
		Uitstroming vanuit downstream zijde, MOOV-97004 sluit na 120 seconden	1G2a1	1,63E-05	Slikstof	0,999	-	1,63E-05	300	-	300	Berekend door Safeit	-	-	180	10	N.v.t.					
		Uitstroming vanuit downstream zijde, MOOV-97004 sluit na 120 seconden	1G2a2	1,63E-05	Slikstof	0,999	-	1,63E-05	300	-	22380	120 sec	-	-	180	10	N.v.t.					
		Uitstroming vanuit downstream zijde, MOOV-97004 faalt (sluit niet)	1G2b	1,63E-05	Slikstof	0,001	-	1,63E-08	300	-	2,53E+05	TRV + 1800 sec	-	-	180	10	N.v.t.					
		Leakage (10% van leiding diameter) - verticaal	1G3a	2,02E-05	Slikstof	1	-	2,02E-05	219	-	1800	Berekend door Safeit	-	-	177	10	N.v.t.					
		Leakage (10% van leiding diameter) - horizontaal	1G3b	4,05E-06	Slikstof	1	-	4,05E-06	219	-	1800	Berekend door Safeit	-	-	177	10	N.v.t.					
		Initial + tubing blow out	1G4	7,73E-05	Slikstof	1	-	7,73E-05	219,1	-	7950	TRV	-	-	1015	177	10	N.v.t.				
		Leakage (10% van leiding diameter) - verticaal	1G5a	8,88E-05	Slikstof	1	-	8,88E-05	219	-	1800	Berekend door Safeit	-	-	177	10	N.v.t.					
		Leakage (10% van leiding diameter) - horizontaal	1G5b	1,85E-05	Slikstof	1	-	1,85E-05	219	-	1800	Berekend door Safeit	-	-	177	10	N.v.t.					
		Transportleiding, DN300 tot DN400 leiding	Transportleiding, DN300 tot DN400 leiding	MOOV-97004 sluit na 120 seconden, uitstroming vanuit ingeblokke pijpleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)	2G2a1	1,00E-07	Slikstof	0,998	22	2,20E-06	300	-	300	Berekend door Safeit	-	-	180	10	N.v.t.			
MOOV-97004 sluit na 120 seconden, uitstroming vanuit ingeblokke pijpleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)	2G2a2			1,00E-07	Slikstof	0,998	22	2,20E-06	300	-	22380	120 sec	-	-	180	10	N.v.t.					
MOOV-97004 faalt, bevestigingen put effectief na 120 seconden, uitstroming vanuit ingeblokke pijpleiding + uitstroming gedurende 1800 seconden (debiet = BOP)	2G2b			1,00E-07	Slikstof	0,001	22	2,20E-09	219,1 (3)	-	8230	TRV+1800 sec	-	-	1015	180	10	N.v.t.				
MOOV-97004 faalt, bevestigingen put effectief na 120 seconden, uitstroming vanuit ingeblokke pijpleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)	2G2c			1,00E-07	Slikstof	0,000999	22	2,20E-09	300	-	2,53E+05	TRV + 120 sec	-	-	9700	180	10	N.v.t.				
MOOV-97004 en bevestigingen put falen, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 1800 seconden (debiet = BOP)	2G2d			1,00E-07	Slikstof	0,000001	22	2,20E-12	300	-	2,53E+05	TRV + 1800 sec	-	-	9700	180	10	N.v.t.				
Leakage	2G3			5,00E-07	Slikstof	1	22	1,10E-05	30	-	-	Berekend door Safeit	-	-	1800	180	10	N.v.t.				
Transportleiding, DN400 vanaf scraper trap bovengronds	Transportleiding, DN400 vanaf scraper trap bovengronds			MOOV-97004 sluit na 120 seconden, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)	3G1a	1,00E-07	Slikstof	0,999	5	5,00E-07	300,0	-	2,53E+05	TRV + 120 sec	-	-	9700	180	10	N.v.t.		
				MOOV-97004 faalt, bevestigingen put effectief na 120 seconden, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)	3G1b	1,00E-07	Slikstof	0,000999	5	5,00E-10	300,0	-	2,53E+05	TRV + 120 sec	-	-	9700	180	10	N.v.t.		
				MOOV-97004 en bevestigingen put falen, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 1800 seconden (debiet = BOP)	3G1c	1,00E-07	Slikstof	0,000001	5	5,00E-13	300,0	-	2,53E+05	TRV + 1800 sec	-	-	9700	180	10	N.v.t.		
				Leakage	3G2	5,00E-07	Slikstof	1	5	2,50E-06	30	-	-	Berekend door Safeit	-	-	1800	180	10	N.v.t.		
		Transportleiding, DN400 ondergronds tot aan hek	Transportleiding, DN400 ondergronds tot aan hek	MOOV-97004 sluit na 120 seconden, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)	4G1a	1,00E-07	Slikstof	0,999	20	2,00E-06	406,0	-	2,53E+05	TRV + 120 sec	-	-	9700	180	10	N.v.t.		
				MOOV-97004 faalt, bevestigingen put effectief na 120 seconden, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)	4G1b	1,00E-07	Slikstof	0,000999	20	2,00E-09	406,0	-	2,53E+05	TRV + 120 sec	-	-	9700	180	10	N.v.t.		
				MOOV-97004 en bevestigingen put falen, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 1800 seconden (debiet = BOP)	4G1c	1,00E-07	Slikstof	0,000001	20	2,00E-12	406,0	-	2,53E+05	TRV + 1800 sec	-	-	9700	180	10	N.v.t.		
				Leakage	4G2	5,00E-07	Slikstof	1	20	1,00E-05	40,6	-	-	Berekend door Safeit	-	-	1800	180	10	N.v.t.		
				Transportleiding, DN400 ondergronds tot aan hek	Transportleiding, DN400 ondergronds tot aan hek	MOOV-97004 sluit na 120 seconden, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)	5G1a	1,00E-07	Slikstof	0,999	7	1,05E-06	406	-	2,53E+05	TVR + 120 sec	-	-	9700	180	10	N.v.t.
						MOOV-97004 sluit na 120 seconden, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)																
MOOV-97004 sluit na 120 seconden, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)																						
MOOV-97004 sluit na 120 seconden, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)																						
MOOV-97004 sluit na 120 seconden, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)																						
MOOV-97004 sluit na 120 seconden, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)																						
MOOV-97004 sluit na 120 seconden, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)																						
MOOV-97004 sluit na 120 seconden, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)																						
MOOV-97004 sluit na 120 seconden, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)																						
MOOV-97004 sluit na 120 seconden, uitstroming vanuit transportleiding + uitstroming gedurende 120 seconden (debiet = BOP)																						

