

Kwantitatieve Risicoanalyse Gastransportleiding A-515 Tuincentrum De Bosrand

Report No.: 74105267-GCS 14.R.54123

Date: 4 maart 2014



Report title: Kwantitatieve Risicoanalyse Gastransportleiding A-515
Tuincentrum De Bosrand
Customer: N.V. Nederlandse Gasunie
Contact person: P.C.A. Kassenberg
Date of issue: 4 maart 2014
Project No.: 74105267
Organisation unit: GIT
Report No.: 74105267-GCS 14.R.54123

Task and objective: Risicoberekening gastransportleiding A-515 i.v.m. voorgenomen uitbreiding
tuincentrum 'De Bosrand' te Hazerswoude-Rijndijk.

Prepared by:	Verified by:	Approved by:
Roelof Coster Technical consultant Pipeline Integrity & Inspection	M.T. Middel Technical consultant Pipeline Integrity & Inspection	R. van Elteren Team Manager Gas Infrastructure & Transport

- ☒ Unrestricted distribution (internal and external)
☐ Unrestricted distribution within DNV GL
☐ Limited distribution within DNV GL after 3 years
☐ No distribution (confidential)
☐ Secret

Reference to part of this report which may lead to misinterpretation is not permissible.

Rev. No.	Date	Reason for Issue	Prepared by	Verified by	Approved by
0	12 feb 2014	First issue			
1	4 maart 2014	Herformulering samenvatting en conclusie			

Inhoud

SAMENVATTING	1
1 INLEIDING	3
2 UITGANGSPUNTEN	4
2.1 LEIDINGGEGEVENS.....	4
2.2 EXTRA UITGANGSPUNTEN BIJ DE PIPESAFE-BEREKENINGEN	6
2.3 BEVOLKINGSGEGEVENS.....	7
2.3.1 <i>Bestaande bevolking nabij leiding.....</i>	<i>7</i>
2.3.2 <i>Bevolkingsdata bestemmingsplan Molenwetering</i>	<i>8</i>
2.3.3 <i>Bestaande bevolking uit Populator</i>	<i>8</i>
2.3.4 <i>Nieuwbouwplannen tuincentrum De Bosrand</i>	<i>8</i>
3 RESULTATEN RISICOBEREKENINGEN MET CAROLA	9
3.1 PLAATSGEBONDEN RISICO	9
3.2 GROEPSRISICO	10
3.2.1 <i>Procedure GR-berekening</i>	<i>10</i>
3.2.2 <i>Resultaten GR-berekeningen A-515, toekomstige situatie</i>	<i>11</i>
3.2.3 <i>Resultaten GR-berekeningen A-515, huidige situatie.....</i>	<i>12</i>
4 RESULTATEN RISICOBEREKENINGEN MET PIPESAFE.....	13
4.1 PLAATSGEBONDEN RISICO	13
4.2 GROEPSRISICO	14
4.2.1 <i>Procedure GR-berekening</i>	<i>14</i>
4.2.2 <i>Resultaten GR-berekeningen A-515, toekomstige situatie</i>	<i>14</i>
4.2.3 <i>Resultaten GR-berekeningen A-515, huidige situatie.....</i>	<i>15</i>
5 CONCLUSIES.....	16
5.1 CONCLUSIE PLAATSGEBONDEN RISICO	16
5.2 CONCLUSIE GROEPSRISICO	16
REFERENTIES	17
APPENDIX A: BEVOLKINGSGEGEVENS HAZERSWOUDE-RIJNDIJK	18
APPENDIX B: BEVOLKINGSGEGEVENS BESTEMMINGSPAN MOLENWETERING	22

SAMENVATTING

In dit rapport wordt een risicoanalyse gepresenteerd waarin plaatsgebonden (PR) en groepsrisicoberekeningen (GR) zijn uitgevoerd voor de gastransportleiding A-515 van N.V. Nederlandse Gasunie. Deze risicoanalyse is uitgevoerd in verband met de voorgenomen uitbreiding van tuincentrum De Bosrand in de nabijheid van deze leiding.

In verband met de voorgenomen ontwikkelingen van dit tuincentrum zijn door DNV GL eerder reeds enkele risicoberekeningen uitgevoerd en gerapporteerd [6, 7, 8 en 9]. Het vorige rapport dateert van januari 2014. De wijziging ten opzichte van dat vorige rapport is de gebruikte bevolkingsdata: in het huidige rapport zijn bevolkingsgegevens van het bestemmingsplan Molenwetering gebruikt, die eerder niet gebruikt waren.

Tussen Gasunie en de betrokken overheidsinstanties is overleg gaande over de reductiefactoren en leidingparameters waarmee de risicoberekeningen aan deze leiding worden uitgevoerd. De risicoberekeningen in het huidige rapport zijn gebaseerd op de op het moment van schrijven geldende consensus.

De A-515 is over een gedeelte van het traject aangelegd in een zogenaamde 'half-halfligging'. Dit houdt in dat de bovenkant van de leiding hoger ligt dan het omringende maaiveld, en is afgedekt met een kleilaag (terp).

Deze half-halfligging van de A-515 doet zich voor over een aantal kilometer in de nabijheid van tuincentrum De Bosrand. Vanwege deze bijzondere ligging schat Gasunie in dat bij een leidingbreuk een horizontale uitstroom van het gas niet kan worden uitgesloten. Het van overheidswege voor het maken van kwantitatieve risicoanalyses (QRA's) van aardgasleidingen voorgeschreven programma CAROLA is naar de mening van Gasunie niet geschikt voor deze situatie omdat CAROLA alleen kan rekenen met de effecten van een verticale uitstroom van aardgas. De mogelijkheid van horizontale uitstroom van aardgas heeft tot gevolg dat zowel het plaatsgebonden risico als het groepsrisico hoger is dan in een vergelijkbare situatie waar alleen verticale uitstroom mogelijk is.

De risicoberekeningen in dit rapport zijn twee keer uitgevoerd: een keer met CAROLA en een keer, met instemming van Gasunie en van de betrokken overheidsinstanties, met PIPESAFE. In tegenstelling tot CAROLA is het met PIPESAFE wel mogelijk om de risico's te berekenen die ontstaan bij een calamiteit aan een leiding waarbij het gas horizontaal uitstroomt. Het CAROLA rekenpakket is afgeleid van het niet-openbare pakket PIPESAFE maar heeft niet dezelfde volledige functionaliteit. Het RIVM heeft bij de invoering van CAROLA aangetoond dat risicoberekeningen met CAROLA en PIPESAFE aan ondergrondse aardgasleidingen vergelijkbaar zijn [5].

De berekeningen wijzen uit:

Plaatsgebonden risico A-515

Uit de plaatsgebonden risicoberekeningen blijkt dat het tuincentrum in de toekomstige situatie niet binnen de 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour van gastransportleiding A-515 ligt. Hierdoor voldoet het tuincentrum aan de door de Nederlandse overheid in het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen [1] gestelde grens-/richtwaarde dat het, als (beperkt) kwetsbaar object, zich niet binnen de plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} per jaar van gastransportleiding A-515 bevindt.

Groepsrisico A-515

Het groepsrisico van het beschouwde gedeelte van de leiding A-515, voor de situatie na uitbreiding van het tuincentrum en voor de bestaande situatie, is vergeleken met de oriëntatiewaarde voor buisleidingen, zijnde $F \cdot N^2 < 10^{-2}$ per km per jaar waarbij F de frequentie is van een ongeval met N of meer slachtoffers. De verhouding tussen de oriëntatiewaarde en de FN-curve wordt gekenmerkt door de overschrijdingsfactor, die aangeeft in hoeverre de oriëntatiewaarde wordt genaderd (overschrijdingsfactor < 1) dan wel wordt overschreden (overschrijdingsfactor > 1). De overschrijdingsfactor van het groepsrisico bevindt zich in beide situaties beneden de oriëntatiewaarde, waarmee de leiding voldoet aan de richtwaarde zoals gesteld in het Besluit externe veiligheid buisleidingen.

Het met CAROLA berekende groepsrisico voor de toekomstige situatie en de huidige situatie wordt weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Conclusie groepsrisico, berekend met CAROLA

	Toekomstige situatie	Huidige situatie
Aantal slachtoffers (N) [aantal]	384	261
Frequentie (F) [per jaar]	$4,81 \cdot 10^{-8}$	$6,06 \cdot 10^{-8}$
Overschrijdingsfactor	0,71	0,41

Het met PIPESAFE berekende groepsrisico voor de toekomstige situatie en de huidige situatie wordt weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Conclusie groepsrisico, berekend met PIPESAFE

	Toekomstige situatie	Huidige situatie
Aantal slachtoffers (N) [aantal]	353	260
Frequentie (F) [per jaar]	$7,61 \cdot 10^{-8}$	$8,51 \cdot 10^{-8}$
Overschrijdingsfactor	0,95	0,57

1 INLEIDING

In dit rapport wordt een risicoanalyse gepresenteerd waarin plaatsgebonden (PR) en groepsrisicoberekeningen (GR) zijn uitgevoerd voor de gastransportleiding A-515 van N.V. Nederlandse Gasunie. Deze risicoanalyse is uitgevoerd in verband met geplande verbouwplannen van tuincentrum De Bosrand in de nabijheid van de leiding.

In verband met de voorgenomen ontwikkelingen van dit tuincentrum zijn door DNV GL eerder reeds drie risicoberekeningen uitgevoerd en gerapporteerd [6, 7, 8 en 9]. Het vorige rapport dateert van januari 2014. De wijziging ten opzichte van dat vorige rapport is de gebruikte bevolkingsdata: in het huidige rapport zijn bevolkingsgegevens van het bestemmingsplan Molenwetering gebruikt, die eerder niet gebruikt waren.

Tussen Gasunie en de betrokken overheidsinstanties is overleg gaande over de reductiefactoren en leidingparameters waarmee de risicoberekeningen aan deze leiding worden uitgevoerd. De risicoberekeningen in het huidige rapport zijn gebaseerd op de op het moment van schrijven geldende consensus.

De A-515 is over een gedeelte van het traject aangelegd in een zogenaamde 'half-halfligging'. Dit houdt in dat de bovenkant van de leiding hoger ligt dan het omringende maaiveld, en is afgedekt met een kleilaag (terp).

Deze half-halfligging van de A-515 doet zich voor over een aantal kilometer in de nabijheid van tuincentrum De Bosrand. Vanwege deze bijzondere ligging wordt bij een leidingbreuk horizontale uitstroom van het gas niet uitgesloten. Het van overheidswege voor het maken van kwantitatieve risicoanalyses (QRA's) van aardgasleidingen voorgeschreven programma CAROLA is naar de mening van Gasunie niet geschikt voor deze situatie omdat CAROLA alleen kan rekenen met de effecten van een verticale uitstroom van aardgas. De mogelijkheid van horizontale uitstroom van aardgas heeft tot gevolg dat zowel het plaatsgebonden risico als het groepsrisico hoger is dan in een vergelijkbare situatie waar alleen verticale uitstroom mogelijk is.

De huidige risicoberekening is twee keer uitgevoerd: een keer met CAROLA en een keer met PIPESAFE. In tegenstelling tot CAROLA is het met PIPESAFE wel mogelijk om de risico's te berekenen die ontstaan bij een calamiteit aan een leiding waarbij het gas horizontaal uitstroomt.

Het CAROLA rekenpakket is afgeleid van het niet-openbare pakket PIPESAFE maar heeft niet dezelfde volledige functionaliteit. RIVM heeft aangetoond dat risicoberekeningen met CAROLA en PIPESAFE aan ondergrondse aardgasleidingen vergelijkbaar zijn [5].

2 UITGANGSPUNTEN

2.1 Leidinggegevens

In deze risicostudie is de gastransportleiding A-515 van N.V. Nederlandse Gasunie bestudeerd. De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de door Gasunie verschaftte ontwerpgegevens. De leidingparameters die voor de in dit rapport gepresenteerde berekeningen van belang zijn, zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Typische leidingparameters

Parameter	A-515 (ondergronds)	A-515 (half-half)
Gevaarlijke stof [-]	Aardgas	Aardgas
Diameter [mm]	914	914
Minimale wanddikte [mm]	11,18	11,18
Staalsoort [N·mm ⁻²]	386 / 414	386
Ontwerpdruk [barg]	66,2	66,2

De risicoberekeningen zijn uitgevoerd met het gedeelte van gastransportleiding A-515 dat binnen de afstand van het invloedsgebied (600 meter voor de half-half constructie en 440 meter voor het ondergronds gelegen gedeelte) tot het tuincentrum ligt met hierbij aan weerszijden nog een kilometer leiding. Deze selectie houdt dus in dat het invloedsgebied van elke beschouwde kilometer het tuincentrum raakt of dit (gedeeltelijk) bevat. De ligging van dit beschouwde gedeelte van de A-515 is weergegeven op een topografische kaart in Figuur 1.

De risicoberekeningen zijn uitgevoerd met de bedrijfsspecifieke parameters van Gasunie. Dit houdt in dat er conform het Bevb voor Gasunie een lagere factor voor cluster 1, regelgeving en casuïstiek, geldt. De factor voor Gasunie is opgebouwd uit drie delen: WION wetgeving (factor 0,4), casuïstiek (factor 0.357) en actief rappel (factor 0,833), wat resulteert in een factor van 0,119. Deze factor heeft een risico reducerend effect op de faalfrequentie van de leiding. Er is gebruik gemaakt van de windroos van weerstation Valkenburg.



Figuur 1 Ligging van het beschouwde leidingdeel van de A-515 op een topografische kaart. Het ondergronds gelegen gedeelte van de A-515 is weergegeven in het groen en het in half-half constructie gelegen gedeelte in het rood. Blauwe punten zijn slootkruisingen en de gele punt is een boerenovergang.

In Tabel 3 zijn de begin- en eindcoördinaten van de boerenovergangen en slootkruisingen in het half-halfgedeelte van de leiding weergegeven. In het bestudeerde gebied bevindt zich 1 boerenovergang en 10 slootkruisingen. Voor deze locaties geldt niet de reductiefactor van 100, behorende bij een beheerovereenkomst waarbij de grond uit gebruik wordt genomen met vergaande beperkingen [2]. Wel wordt er vanwege de bijzondere ligging de maatregel “strikte begeleiding van werkzaamheden” toegepast (reductiefactor 2,5).

Tabel 4 Inventarisatie boerenovergang, reguliere overgang en slootkruising. Per overgang zijn de begin- en eindcoördinaten (RD) weergegeven.

Routekaart	Boerenovergang	Slootkruising
A-515-KR-038	(102368,06 ; 460202,35) (102361,76 ; 460201,26)	(102496,23 ; 460224,50)
		(102496,23 ; 460224,50)
		(102385,66 ; 460205,60)
		(102378,27 ; 460204,52)
A-515-KR-039		(102127,16 ; 460161,29)
		(102118,90 ; 460159,77)
		(101981,72 ; 460134,68)
		(101974,77 ; 460133,16)
		(101839,65 ; 460109,21)
		(101835,85 ; 460108,45)
A-515-KR-040		(101765,52 ; 460095,79)
		(101757,70 ; 460094,71)
		(101577,07 ; 460057,02)
		(101572,30 ; 460056,37)
		(101439,46 ; 460020,85)
A-515-KR-040		(101436,64 ; 460021,50)
		(101420,56 ; 460021,94)
		(101410,57 ; 460022,81)
		(101288,16 ; 460009,66)
		(101280,99 ; 460008,58)

2.2 Extra uitgangspunten bij de PIPESAFE-berekeningen

Bij een breuk van een ondergrondse hogedrukleiding zal een krater rond de breuk ontstaan. Door deze krater zal de uitstroom van het gas in verticale richting plaatsvinden. Het in half-half constructie gelegen gedeelte van gastransportleiding A-515 ligt iets hoger dan het maaiveld, met een terp van klei er overheen. Bij een breuk van deze leiding zal naar verwachting geen krater gevormd worden. Hiermee staat voor deze leiding niet vast dat het uitstromende gas de opwaartse richting zal kiezen: het is ook mogelijk dat de uitstroming zal plaatsvinden in horizontale richting of schuin omhoog.

Bij horizontale uitstroming zal het effect reiken tot grotere afstand van de leiding dan bij verticale uitstroming. De effectafstanden (100% en 1% letaliteit), zoals berekend met PIPESAFE, zijn voor beide uitstroomrichtingen weergegeven in de volgende tabel.

Tabel 5 Vergelijking effectafstanden: ondergronds vs. bovengronds

	100 % letaliteitsgrens	1 % letaliteitsgrens
Ondergronds, verticale uitstroom, 36", 66,2 bar	185 m	440 m
Bovengronds, horizontale uitstroom, 36", 66,2 bar	405 m	600 m

De risicoberekeningen met PIPESAFE in dit rapport zijn conservatief uitgevoerd met de aanname dat de tweezijdige uitstroom bij een breuk van het half-halfgedeelte van de leiding altijd in horizontale richting zal plaatsvinden. Voor de uitstroomrichting in het horizontale vlak worden 12 richtingen toegepast met een uniforme kansverdeling. Voor de risicoberekening is gebruikgemaakt van de windroos van Valkenburg. De mogelijkheid van een lek in de leiding wordt niet meegewogen: bij ondergrondse leidingen hebben lekken een verwaarloosbare invloed op het risico, zoals is aangetoond in [4].

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; met toestemming van het ministerie van I&M 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 8,4 (factor 2,5 als gevolg van een wettelijke grondroedersregeling; factor 1,2 voor recent ingevoerde maatregelen en factor 2,8 voor een dalende trend in leidingbreuken). De methode is identiek aan de methode, zoals deze in CAROLA zou zijn toegepast.

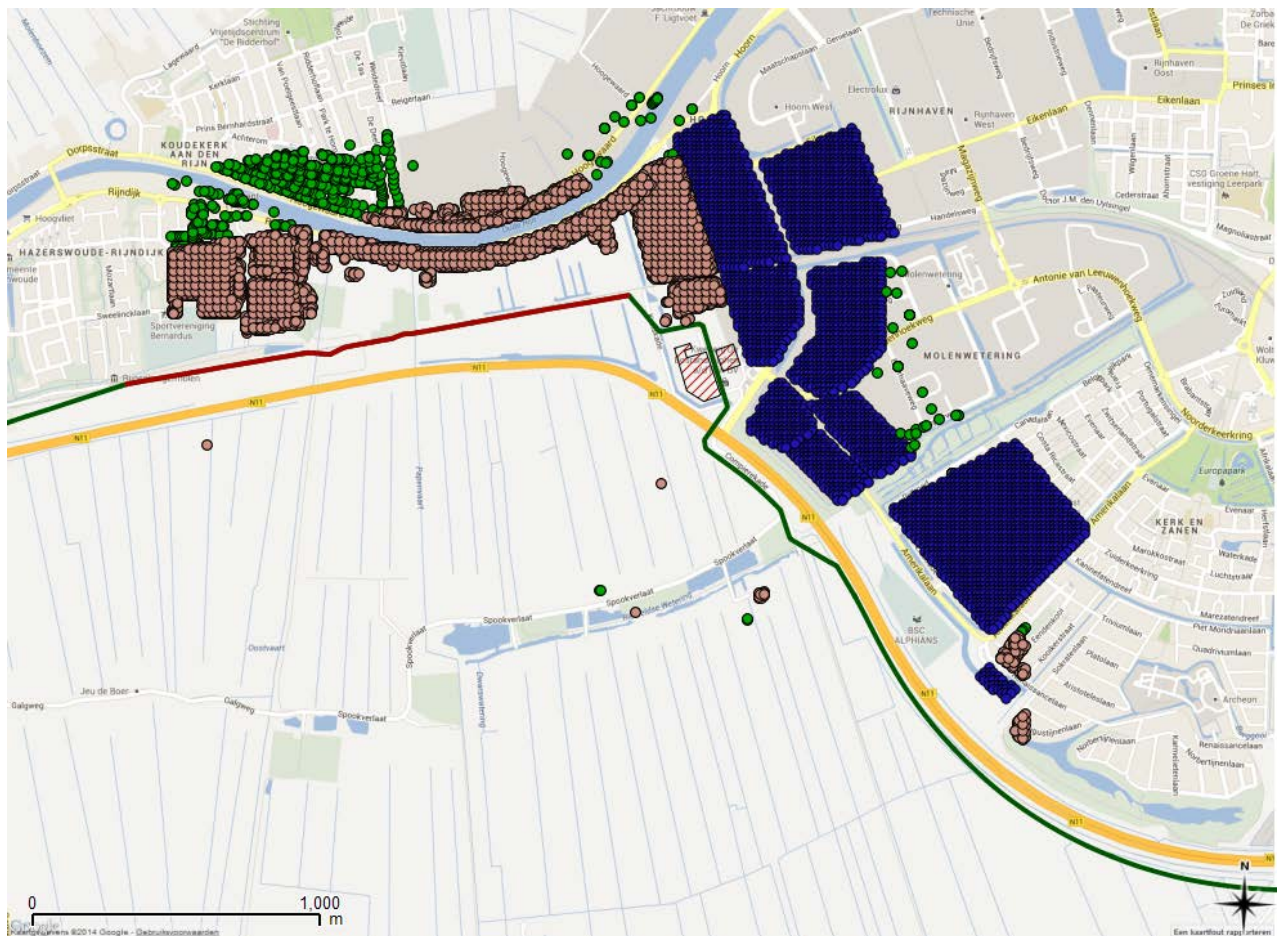
De leidingstrook waarin de half-half leiding ligt is eigendom van Gasunie. Met uitzondering van de plaatsen waar overgangen voor landbouwverkeer zijn gemaakt en bij de slootkruisingen is het terrein waarop de half-half leiding ligt afgesloten met hekken en sloten. Zonder toestemming van Gasunie kan niemand grondwerkzaamheden op het terrein uitvoeren en grondroeren wordt altijd verboden (met uitzondering van werkzaamheden aan de leiding zelf die altijd in opdracht van en met toezicht door Gasunie worden verricht). Om deze reden is de faalfrequentie als gevolg van schade door derden met uitzondering van de in paragraaf 2.2.1 aangegeven locaties, naast de eerder genoemde reductiefactor van 8,4, ook nog gereduceerd met een factor 100, behorende bij een overeenkomst waarbij de grond uit gebruik wordt genomen met vergaande beperkingen [2].

In de risicoberekening is rekening gehouden met de uit casuïstiek verkregen diameter- en drukafhankelijke ontstekingskans.

2.3 Bevolkingsgegevens

Ten aanzien van het groepsrisico wordt een berekening gemaakt met de bestaande bevolking en met de bestaande bevolking plus de nieuwbouwplannen van het tuincentrum De Bosrand.

In Figuur 2 worden de gebruikte bevolkingsgegevens op een plattegrond weergegeven. De bevolkingsgegevens zijn afkomstig uit vier bronnen, die vervolgens worden toegelicht.



Figuur 2 Bevolkingsgegevens rondom het beschouwde gedeelte van de A-515. De leiding is weergegeven in het groen. Het leidinggedeelte in half-halfgging is rood weergegeven. De roze gekleurde punten zijn bevolkingsdata die door de gemeente Rijnwoude in 2010 zijn aangeleverd (Appendix A). Blauwe punten zijn bevolkingsdata van het bestemmingsplan Molenwetering (Appendix B). Groene punten zijn adressen uit de Populator-database. De twee rood gearceerde vlakken zijn de twee gebouwen van tuincentrum De Bosrand, na uitbreiding. Het oostelijke gebouw bestaat reeds maar wordt gewijzigd; het westelijke gebouw wordt nieuw gebouwd.

2.3.1 Bestaande bevolking nabij leiding

Voor de strook van 410 meter rond de leiding is door de gemeente Rijnwoude ten behoeve van een eerdere risicoberekening in 2010 een bestand met de bevolkingsgegevens aan Gasunie geleverd. Deze gegevens zijn hergebruikt. De data zijn weergegeven in Appendix A.

2.3.2 Bevolkingsdata bestemmingsplan Molenwetering

Door de gemeente Alphen aan den Rijn zijn de bevolkingsgegevens van bestemmingsplan Molenwetering geleverd. Deze gegevens overlappen deels met de gegevens uit de vorige paragraaf. Daar waar de gegevens overlappen, is gebruikgemaakt van de gegevens van bestemmingsplan Molenwetering, die van recenter datum zijn. De gegevens van bestemmingsplan Molenwetering zijn weergegeven in Appendix B.

2.3.3 Bestaande bevolking uit Populator

De effectafstand van de leiding, bij horizontale uitstroming van het aardgas, reikt verder dan het gebied waarvan in 2010 de bevolkingsgegevens zijn aangeleverd. Buiten dit gebied is gebruikgemaakt van de gegevens uit de Populator-database. Gasunie heeft toegang tot deze database; in opdracht van Gasunie heeft DNV GL de bevolkingsgegevens van het gebied tot de maximale effectafstand uit deze database opgevraagd.

De gegevens zijn geleverd in verscheidene tekstbestanden; per adrestype een bestand. Iedere regel is één adres. Per adres worden de geografische coördinaten en het aantal personen aangegeven. Voor elk tekstbestand is een correctiefactor van toepassing. Zo geldt voor het bestand met adresinformatie van woningen dat overdag 50 % van het aangegeven aantal personen aanwezig is, en 's nachts 100 %.

De verdeling tussen dag en nacht is:

- Dag: 10,5 uur
- Nacht: 13,5 uur

2.3.4 Nieuwbouwplannen tuincentrum De Bosrand

De bouwplannen van tuincentrum De Bosrand omvatten de sloop van een gedeelte van het bestaande tuincentrum alsook de bouw van een nieuw tuincentrum. Van het huidige gebouw wordt zowel aan de noordzijde van het huidige gebouw als aan de zuidzijde een gedeelte gesloopt; dit gebouw krijgt in de toekomstige situatie een kantoorfunctie. Het nieuwe tuincentrum wordt gebouwd ten westen van het huidige gebouw. Zowel de bestaande als de toekomstige situatie is weergegeven in Figuur 3.

In de huidige situatie is er, conform overige risicoberekeningen in de omgeving [10], gerekend met 261,7 aanwezigen gedurende de dag, in het oostelijke gebouw. In de toekomstige situatie is er gerekend met 500 aanwezigen gedurende de dag, evenredig verdeeld over de twee gebouwen. Tijdens de nacht wordt aangenomen dat er geen personen aanwezig zijn.



Figuur 3 Overzicht planbeschrijving. De huidige situatie is weergegeven in de linker afbeelding in het blauw en de toekomstige situatie rechts in het rood.

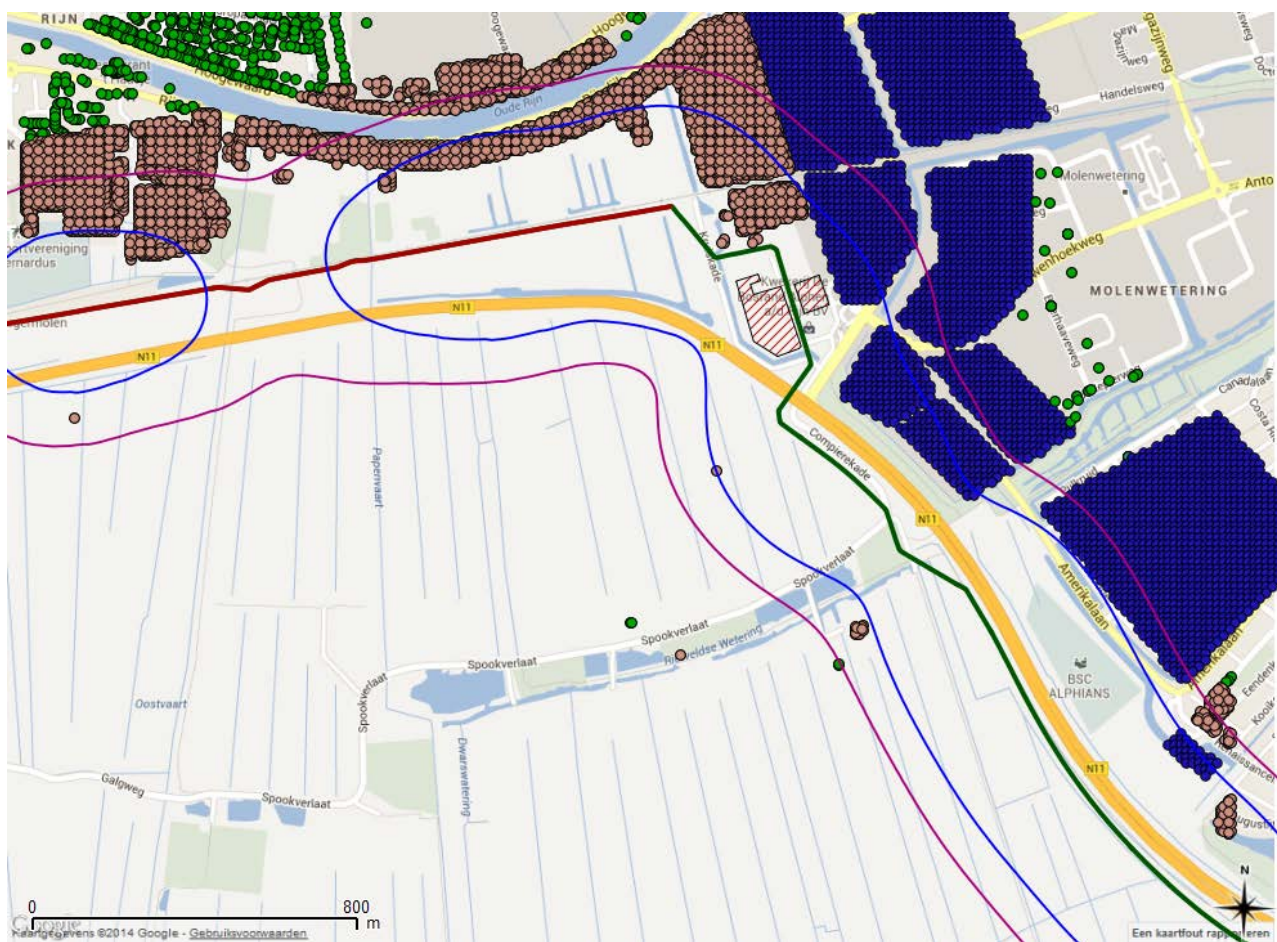
3 RESULTATEN RISICOBEREKENINGEN MET CAROLA

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

3.1 Plaatsgebonden risico

Voor de beschouwde leiding is een plaatsgebonden risicoberekening uitgevoerd met CAROLA. In deze berekening is geen rekening gehouden met de mogelijke horizontale uitstroming van het aardgas, omdat dat met CAROLA niet mogelijk is. De risicoreducerende maatregelen zoals beschreven in paragraaf 2.2 en paragraaf 2.2.1 zijn in deze berekeningen meegenomen.

De resultaten van de plaatsgebonden risicoberekeningen zijn weergegeven in Figuur 4. De leiding is aangegeven in groen, met het gedeelte in half-halfligging in rood. In deze figuur worden de 10^{-7} en 10^{-8} per jaar PR-contouren weergegeven. Het PR is in het beschouwde gebied overal kleiner dan 10^{-6} per jaar.



Figuur 4 Plaatsgebonden risico van de gastransportleiding A-515, berekend met CAROLA. De contouren van het PR van 10^{-7} en 10^{-8} per jaar van de leiding worden respectievelijk weergegeven met blauwe en paarse contouren. Het PR is overal in dit gebied kleiner dan 10^{-6} per jaar.

3.2 Groepsrisico

3.2.1 Procedure GR-berekening

Het groepsrisico is een maat om de kans weer te geven dat een incident met dodelijke slachtoffers voorkomt. Het wordt in het Bevb [1] gedefinieerd als de "cumulatieve kansen per jaar per kilometer buisleiding 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".

Het groepsrisico wordt 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 wordt een FN-curve¹ berekend, welke wordt vergeleken met de oriëntatiewaarde² van het groepsrisico. Uit de maximale verhouding tussen de FN-curve en de oriëntatiewaarde volgt de overschrijdingsfactor³. Vervolgens wordt voor alle punten op de leiding deze maximale overschrijdingsfactoren in een grafiek uiteengezet, waaruit het maximum voor de beschouwde leiding kan worden bepaald. Dit maximum wordt gerapporteerd als het groepsrisico.

De risicoreducerende maatregelen zoals beschreven in § 2.2 en § 2.2.1 zijn in deze berekeningen meegenomen.

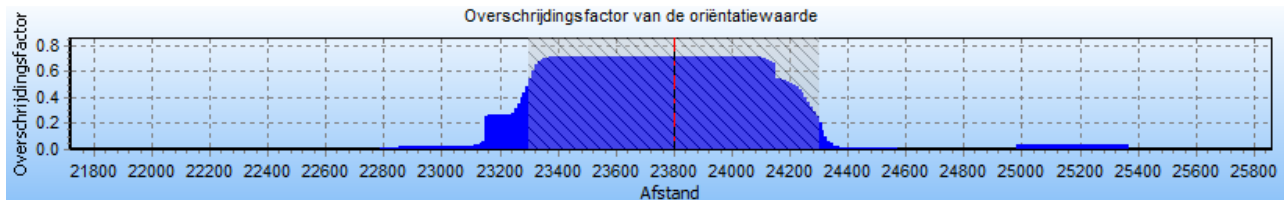
¹ De handreiking verantwoording groepsrisico [3] omschrijft: "Het groepsrisico wordt weergegeven als een curve in een grafiek met twee logaritmisch geschaalde assen, de zogenaamde FN-curve. Op de y-as wordt de cumulatieve frequentie F (per jaar) uitgezet en op de x-as het aantal te verwachten slachtoffers N. De curve geeft het verband tussen de omvang van de getroffen groep (N) en de kans (F) dat in één keer een groep van ten minste die omvang komt te overlijden".

² Met de oriëntatiewaarde wordt in het Bevb [1] bedoeld "de lijn die de kans weergeeft op een ongeval met 10 of meer dodelijke slachtoffers van ten hoogste 10^{-4} per jaar en de kans op een ongeval met 100 of meer dodelijke slachtoffers van ten hoogste 10^{-6} per jaar".

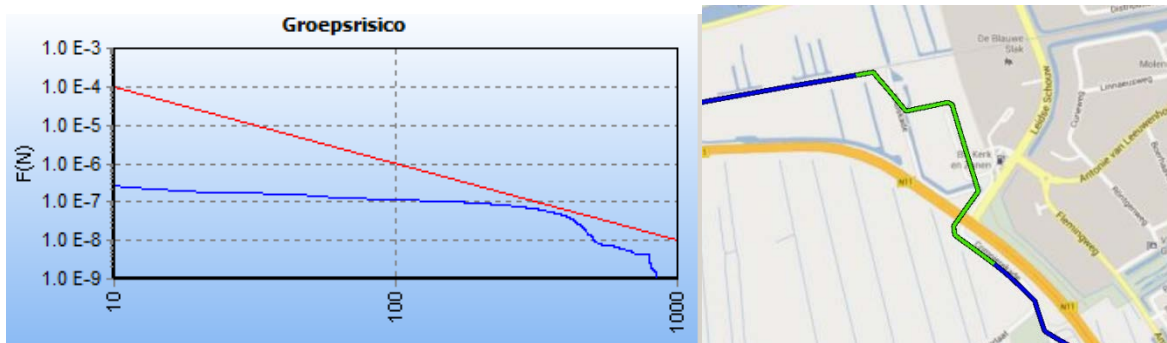
³ De overschrijdingsfactor is de maximale verhouding tussen de FN-curve en de oriëntatiewaarde. Daarmee is de overschrijdingsfactor een maat die aangeeft in hoeverre de oriëntatiewaarde wordt genaderd of overschreden. Een overschrijdingsfactor kleiner dan één geeft aan dat de FN-curve onder de oriëntatiewaarde blijft. Bij een waarde van één zal de FN-curve de oriëntatiewaarde raken. Bij een waarde groter dan één wordt de oriëntatiewaarde overschreden.

3.2.2 Resultaten GR-berekeningen A-515, toekomstige situatie

In deze paragraaf worden de resultaten van de groepsrisicoberekeningen van het beschouwde gedeelte van de A-515 in de toekomstige situatie weergegeven.



Figuur 5 Overschrijding van het groepsrisico als functie van de stationing van de A-515. De verticale rode lijn toont het middelpunt van de kilometer waarover de FN-curve in **Figuur 6** is berekend. De stationing neemt toe in oost-westrichting.

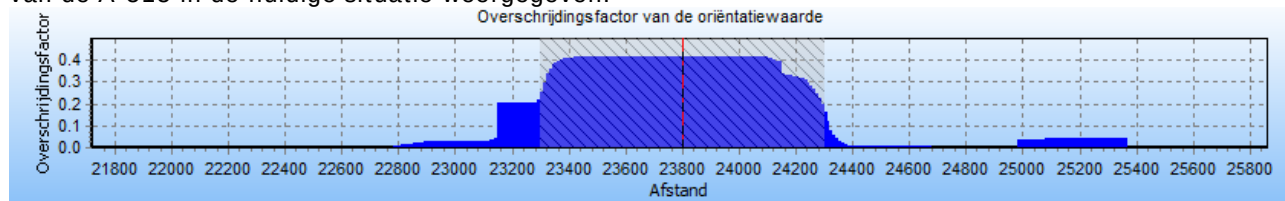


Figuur 6 FN-curve van de kilometer met de hoogste overschrijdingsfactor (0,71) van de A-515. De ligging van deze kilometer is weergegeven in het groen in de afbeelding rechts.

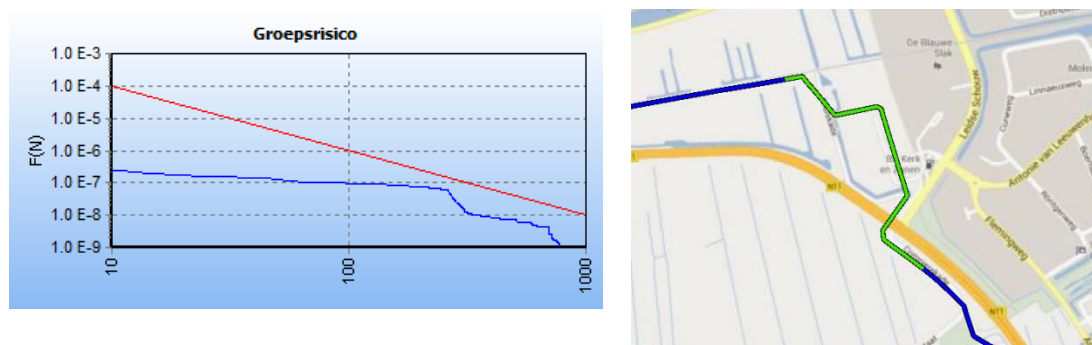
De maximale overschrijdingsfactor van 0,71 wordt gevonden bij 384 slachtoffers (N) en een frequentie van $4,81 \cdot 10^{-8}$ per jaar.

3.2.3 Resultaten GR-berekeningen A-515, huidige situatie

In deze paragraaf worden de resultaten van de groepsrisicoberekeningen van het beschouwde gedeelte van de A-515 in de huidige situatie weergegeven.



Figuur 7 Overschrijding van het groepsrisico als functie van de stationing van de A-515, voor de uitbreiding van het tuincentrum. De verticale rode lijn toont het middelpunt van de kilometer waarover de FN-curve in **Figuur 8** is berekend. De stationing neemt toe in oost-westrichting.



Figuur 8 FN-curve van de kilometer met de hoogste overschrijdingsfactor (0,41) van de A-515. De ligging van deze kilometer is weergegeven in het groen in de afbeelding rechts; het is dezelfde kilometer als in **Figuur 6**.

De maximale overschrijdingsfactor van 0,41 wordt gevonden bij 261 slachtoffers (N) en een frequentie van $6,06 \cdot 10^{-8}$ per jaar.

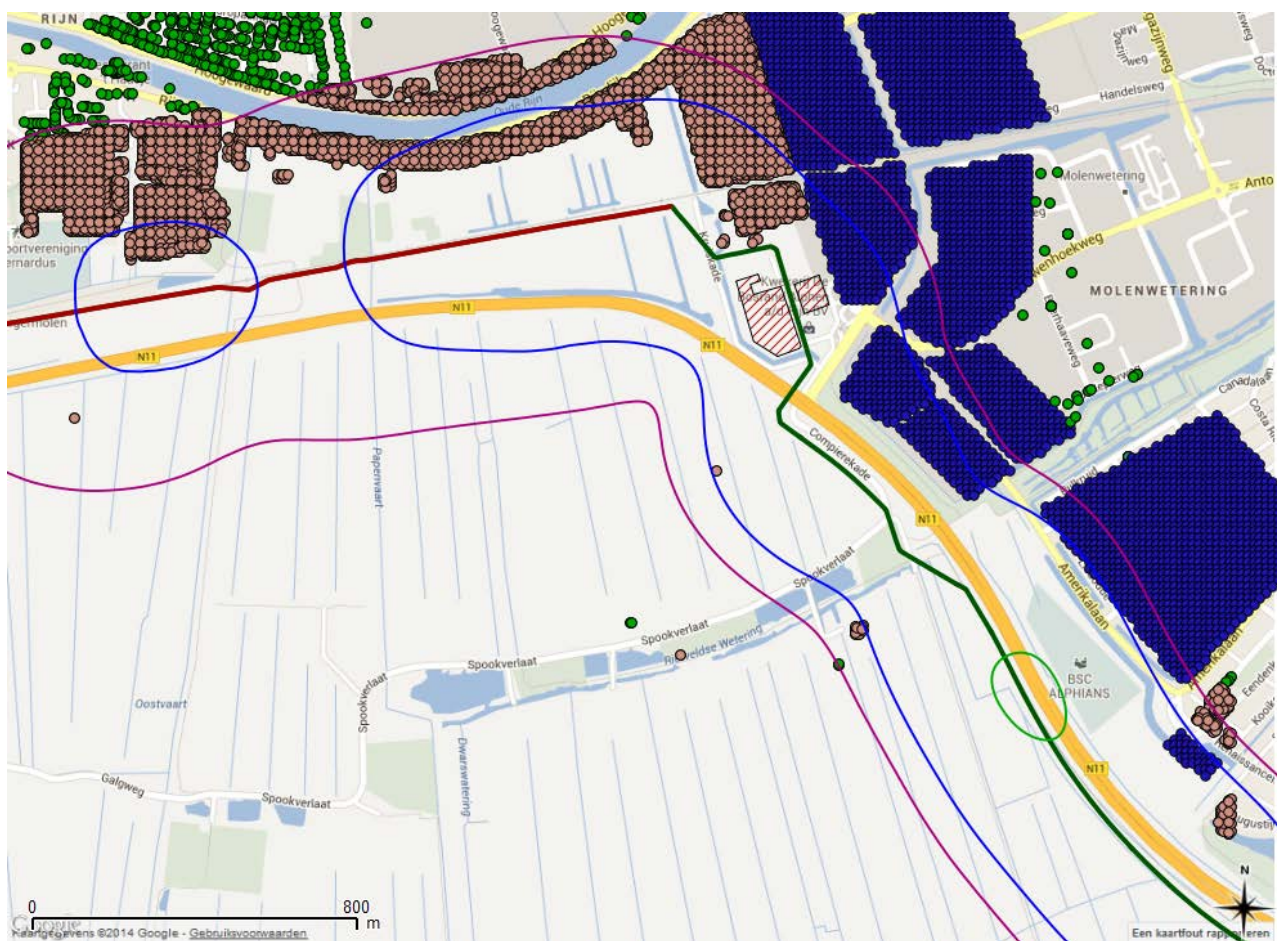
4 RESULTATEN RISICOBEREKENINGEN MET PIPESAFE

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

4.1 Plaatsgebonden risico

Voor de beschouwde leiding is een plaatsgebonden risicoberekening uitgevoerd met PIPESAFE. In deze berekening is rekening gehouden met de mogelijke horizontale uitstroming van het aardgas. De risicoreducerende maatregelen zoals beschreven in paragraaf 2.2 en paragraaf 2.2.1 zijn in deze berekeningen meegenomen.

De resultaten van de plaatsgebonden risicoberekeningen zijn weergegeven in Figuur 9. De leiding is aangegeven in groen, met het gedeelte in half-halfligging in rood. In deze figuur worden de 10^{-6} , 10^{-7} en 10^{-8} per jaar PR-contouren weergegeven.



Figuur 9 Plaatsgebonden risico van de gastransportleiding A-515. De contouren van het PR van 10^{-6} , 10^{-7} en 10^{-8} per jaar van de leiding worden respectievelijk weergegeven met groene, blauwe en paarse contouren.

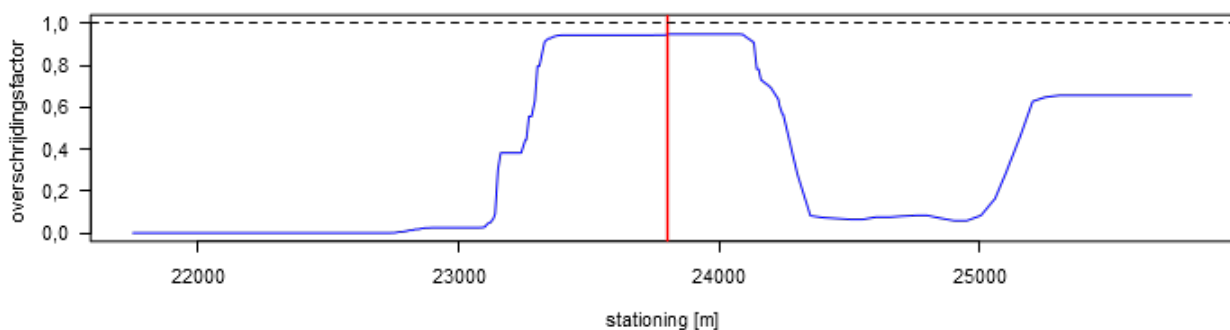
4.2 Groepsrisico

4.2.1 Procedure GR-berekening

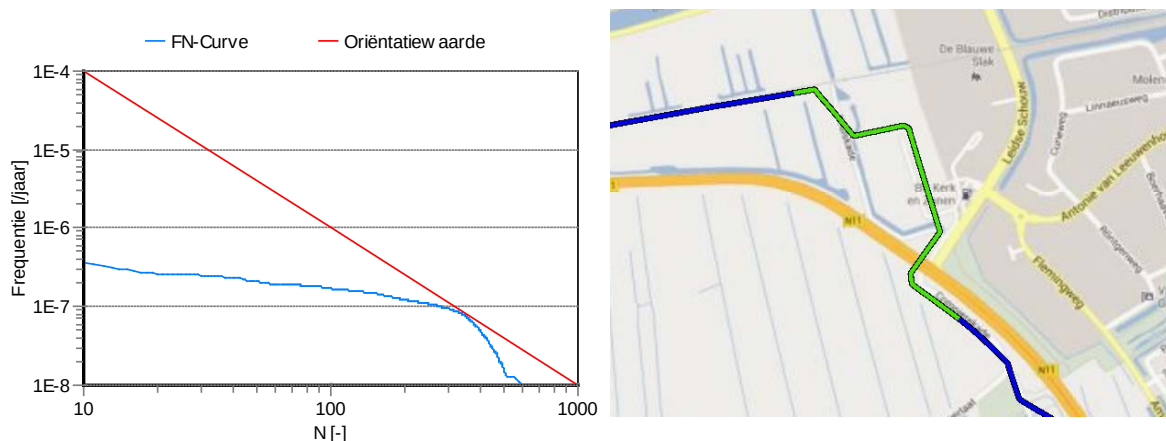
Het groepsrisico is met PIPESAFE berekend volgens dezelfde systematiek als beschreven in paragraaf 3.2.1.

4.2.2 Resultaten GR-berekeningen A-515, toekomstige situatie

In deze paragraaf worden de resultaten van de groepsrisicoberekeningen van het beschouwde gedeelte van de A-515 in de toekomstige situatie weergegeven.



Figuur 10 Overschrijding van het groepsrisico als functie van de stationing van de A-515. De verticale rode lijn toont het middelpunt van de kilometer waarover de FN-curve in **Figuur 11** is berekend. De stationing neemt toe in oost-westrichting.

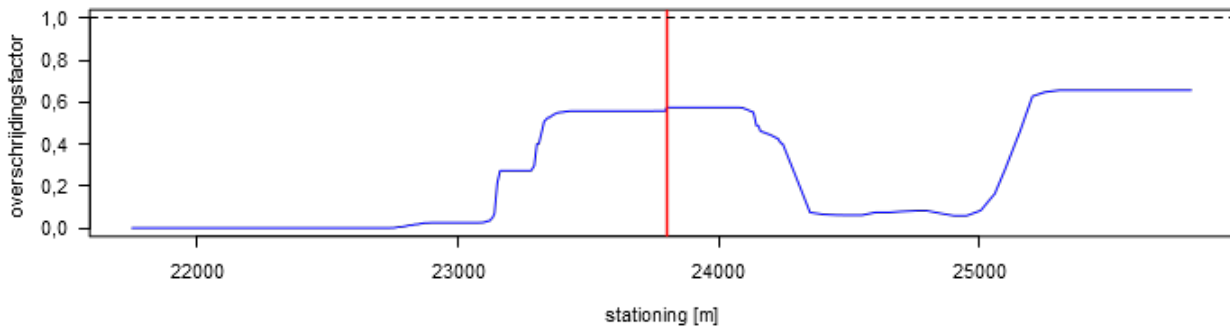


Figuur 11 FN-curve van de kilometer met de hoogste overschrijdingsfactor (0,95) van de A-515 in de nieuwe situatie. De ligging van deze kilometer is weergegeven in het groen in de afbeelding rechts.

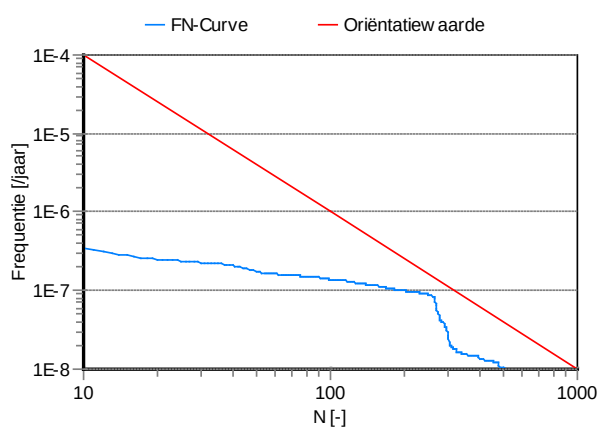
De maximale overschrijdingsfactor van 0,95 wordt gevonden bij 353 slachtoffers (N) en een frequentie van $7,61 \cdot 10^{-8}$ per jaar.

4.2.3 Resultaten GR-berekeningen A-515, huidige situatie

In deze paragraaf worden de resultaten van de groepsrisicoberekeningen van het beschouwde gedeelte van de A-515 in de huidige situatie weergegeven.



Figuur 12 Overschrijding van het groepsrisico als functie van de stationing van de A-515, voor de uitbreiding van het tuincentrum. De verticale rode lijn toont het middelpunt van de kilometer waarover de FN-curve in **Figuur 13** is berekend. De stationing neemt toe in oost-westrichting.



Figuur 13 FN-curve van de kilometer met de hoogste overschrijdingsfactor (0,57) van de A-515. De ligging van deze kilometer is weergegeven in het groen in de afbeelding rechts; het is dezelfde kilometer als in **Figuur 11**.

De maximale overschrijdingsfactor van 0,57 wordt gevonden bij 260 slachtoffers (N) en een frequentie van $8,51 \cdot 10^{-8}$ per jaar.

5 CONCLUSIES

5.1 Conclusie plaatsgebonden risico

Uit de plaatsgebonden risicoberekeningen blijkt dat het tuincentrum in de toekomstige situatie niet binnen de 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour van gastransportleiding A-515 ligt. Deze uitkomst volg zowel uit de berekening met CAROLA als met PIPESAFE. Hierdoor voldoet het tuincentrum aan de door de Nederlandse overheid in het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen [1] gestelde grens-/richtwaarde dat het, als (beperkt) kwetsbaar object, zich niet binnen de plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} per jaar van gastransportleiding A-515 bevindt.

5.2 Conclusie Groepsrisico

Het groepsrisico van het beschouwde gedeelte van de leiding A-515, voor de situatie na uitbreiding van het tuincentrum en voor de bestaande situatie, is vergeleken met de oriëntatiewaarde voor buisleidingen, zijnde $F \cdot N^2 < 10^{-2}$ per km per jaar waarbij F de frequentie is van een ongeval met N of meer slachtoffers. Het groepsrisico is zowel met CAROLA als met PIPESAFE berekend. De verhouding tussen de oriëntatiewaarde en de FN-curve wordt gekenmerkt door de overschrijdingsfactor, die aangeeft in hoeverre de oriëntatiewaarde wordt genaderd (overschrijdingsfactor < 1) dan wel wordt overschreden (overschrijdingsfactor > 1). De overschrijdingsfactor van het groepsrisico bevindt zich in beide situaties beneden de oriëntatiewaarde, waarmee de leiding voldoet aan de richtwaarde zoals gesteld in het Besluit externe veiligheid buisleidingen. Dit blijkt zowel uit de berekening met CAROLA als met PIPESAFE.

Het met CAROLA berekende groepsrisico voor de toekomstige situatie en de huidige situatie wordt weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 Conclusie groepsrisico, berekend met CAROLA

	Toekomstige situatie	Huidige situatie
Aantal slachtoffers (N) [aantal]	384	261
Frequentie (F) [per jaar]	$4,81 \cdot 10^{-8}$	$6,06 \cdot 10^{-8}$
Overschrijdingsfactor	0,71	0,41

Het met PIPESAFE berekende groepsrisico voor de toekomstige situatie en de huidige situatie wordt weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7 Conclusie groepsrisico, berekend met PIPESAFE

	Toekomstige situatie	Huidige situatie
Aantal slachtoffers (N) [aantal]	353	260
Frequentie (F) [per jaar]	$7,61 \cdot 10^{-8}$	$8,51 \cdot 10^{-8}$
Overschrijdingsfactor	0,95	0,57

REFERENTIES

- [1] Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen. Staatsblad 2010 nr. 686, 17 september 2010. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0028265>.
- [2] Handleiding Risicoberekeningen Bevb. RIVM. Versie 1.0, 20 december 2010. <http://www.rivm.nl/milieuportaal/images/Handleiding-Risicoberekeningen-Bevb-versie-1-0.pdf>.
- [3] Handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico. I&M. Versie 1.0, november 2007. <http://www.groepsrisico.nl/doc/Handreiking%20verantwoordingsplicht%20groepsrisico.pdf>.
- [4] J.L. Bos, G.R. Kuik: *Risicoanalyse aardgastransportinrichtingen*. Rapport DEI 2009.0384, versie 2.0.
- [5] Brief RIVM aan VROM, Oplevering rekenpakket CAROLA, kenmerk 012/10 CEV Vli/sij -1631, 25 januari 2010
http://www.rivm.nl/milieuportaal/images/RIVM_oplevering_rekenpakket_CAROLA.pdf
- [6] Kwantitatieve Risicoanalyse Gastransportleiding A-515 Tuincentrum De Bosrand, op basis van werkelijke diepteligging. M.H. Plieger, DNV KEMA. Kenmerk: 74101519 - GCS 13.R.53524. 14 maart 2013.
- [7] Kwantitatieve Risicoanalyse Gastransportleiding A-515, M.H. Plieger, DNV KEMA. Kenmerk: 74102362 - GCS 13.R.53751, 23 mei 2013.
- [8] Kwantitatieve Risicoanalyse Gastransportleiding A-515 Tuincentrum De Bosrand, M.H. Plieger, DNV GL. Kenmerk 74101519-GCS 12.R.53245, 5 november 2013.
- [9] Kwantitatieve Risicoanalyse Gastransportleiding A-515 Tuincentrum De Bosrand, R.P. Coster, DNV GL. Kenmerk 74105267 - GCS 14.R.54092, 24 januari 2014.
- [10] Risicoanalyse uitbreiding Tuincentrum De Bosrand, Onderzoek vanwege de uitbreiding nabij buisleiding W-517-01, de N11 en een LPG-tankstation, Prevent Adviesgroep B.V., 10 augustus 2012.

APPENDIX A: BEVOLKINGSGEGEVENS HAZERSWOUDE-RIJNDIJK

Hieronder worden de bevolkingsgegevens weergegeven van de strook van 410 meter rond de leiding A-515, welke in 2010 door de gemeente Rijnwoude aan Gasunie zijn geleverd ten behoeve van een eerdere risicoberekening. Deze gegevens zijn hergebruikt.

In de gegevens wordt onderscheid gemaakt tussen blokken die in 2010 bestonden en blokken die toen nog niet gerealiseerd waren. Er is aangenomen dat alle destijds voorgenomen ontwikkelingen inmiddels zijn gerealiseerd. Deze plattegrond is tevens bijgevoegd als bijlage 1: "Plattegrond 3.pdf", zoals verkregen van de gemeente.



Figuur 14 Plattegrond bevolking Hazerswoude-Rijndijk.

Tabel 8 Bevolkingsgegevens inventarisatiegebied.

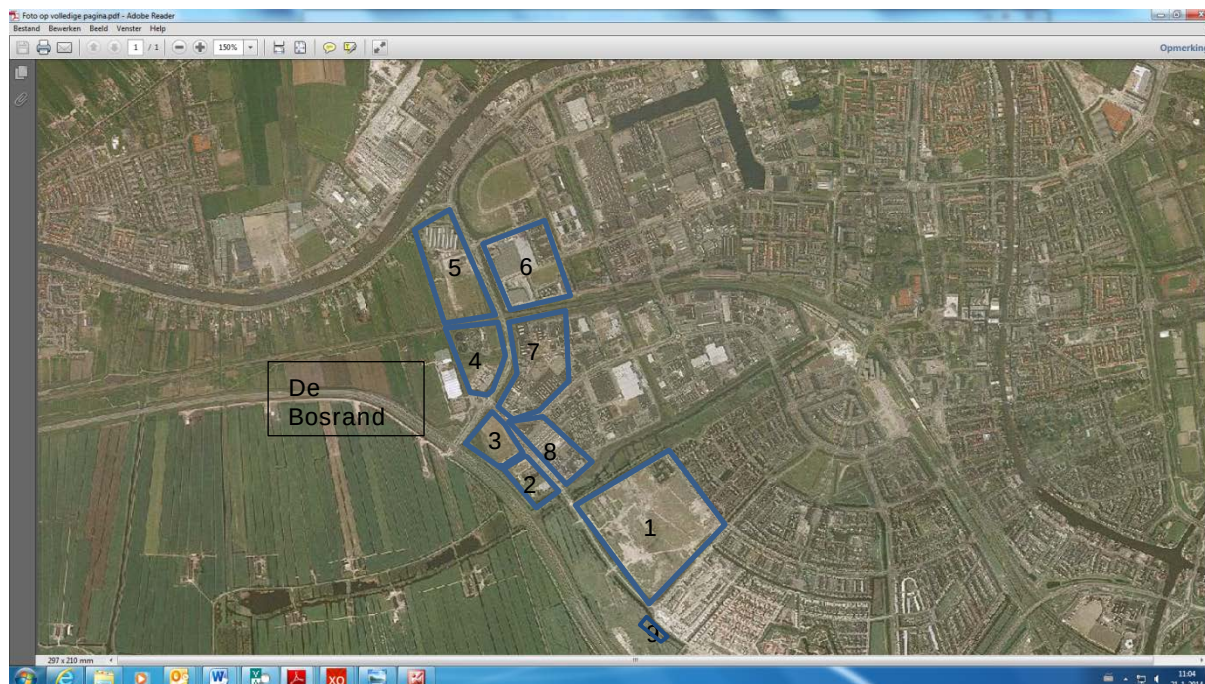
		Type	overdag aanwezig	's nachts aanwezig
roze omlijnd	01	woning	2	3
groen omlijnd	02	bedrijf	2	0
roze omlijnd	03 t/m 30	woningen	47	67
groen omlijnd	31	bedrijf	0	2
roze omlijnd	32 t/m 35	woning	12	17
groen omlijnd	35a	bedrijf	2	0
roze omlijnd	36	woning	2	3
groen omlijnd	36a	bedrijf	2	0
roze omlijnd	37	woning	al opgenomen in roze gearceerd vlak 1	
groen omlijnd	37a	bedrijf	al opgenomen in roze gearceerd vlak 1	
roze omlijnd	38 t/m 44	woningen	al opgenomen in roze gearceerd vlak 1	
groen omlijnd	44a	bedrijf	al opgenomen in roze gearceerd vlak 1	
roze omlijnd	45	woning	al opgenomen in roze gearceerd vlak 1	
roze omlijnd	46 t/m 52	woningen	12	17
roze omlijnd	53	appartementen	11	15
roze omlijnd	54	appartementen	9	12
roze omlijnd	55	appartementen	6	8
roze omlijnd	56	woning	14	20
roze omlijnd	57	woning	2	0
roze omlijnd	58	woning	2	0
paars gearceerd	1	woningen	20	28
paars gearceerd	2	woning	2	2
paars gearceerd	3	schuur	0	0
paars gearceerd	4	schuur	0	0
paars gearceerd	5	woning	2	2
paars gearceerd	6	nuts	0	0
paars gearceerd	7	bedrijf	20	0
paars gearceerd	8	woningen	20	28
paars gearceerd	9	woningen	330	470
paars gearceerd	10	woningen	10	14
paars gearceerd	11	basisschool	265	0
paars gearceerd	12	woningen	20	29
paars gearceerd	13	woningen	30	43
paars gearceerd	14	kantine	0	0

		Type	overdag aanwezig	's nachts aanwezig
paars gearceerd	15	woningen	90	127
paars gearceerd	16	woningen	206	295
paars gearceerd	17	woningen	38	55
paars gearceerd	18	woningen	42	60
paars gearceerd	19	woningen	50	72
paars gearceerd	20	woningen	132	190
paars gearceerd	21	woningen	42	60
paars gearceerd	22	woningen	32	46
paars gearceerd	23	woningen	40	58
paars gearceerd	24	kinderdagverblijf	18	0
paars gearceerd	25	woningen	30	43
paars gearceerd	25a	woningen	32	46
paars gearceerd	26	bedrijf	20	0
paars gearceerd	27	woning	2	2
paars gearceerd	27a	molen	0	0
paars gearceerd	28	woningen	22	31
paars gearceerd	28a	woning	2	2
paars gearceerd	29	woningen	158	226
paars gearceerd	30	woningen	185	264
paars gearceerd	31	basisschool	120	0
paars gearceerd	32	woningen	22	31
paars gearceerd	33	woningen	348	497
paars gearceerd	34	kinderdagverblijf	55	0
paars gearceerd	35	sportkantine	0	0
paars gearceerd	36	woningen en bedrijvigheid	196	280
paars gearceerd	37	woning	2	2
paars gearceerd	38	woning	2	2
paars gearceerd	39	woningen	3	5
paars gearceerd	40	woning	2	2
paars gearceerd	41	woning	2	2
paars gearceerd	42	bedrijf	0	0
paars gearceerd	43	woningen	3	5
paars gearceerd	44	woning	2	2
paars gearceerd	45	woning	2	2
paars gearceerd	46	woning	2	2
paars gearceerd	47	manege	2	0
paars gearceerd	48	woningen	5	7
paars gearceerd	49	woningen en bedrijvigheid	50	72
paars gearceerd	50	woningen	10	14
paars gearceerd	51	woning	2	2
paars gearceerd	52	woning	2	2
paars gearceerd	53	woning	2	2
paars gearceerd	54	tuincentrum	60	0
paars gearceerd	55	woning	2	2
paars gearceerd	56	waterzuivering	10	0
paars gearceerd	57	bedrijvigheid		
paars gearceerd	58, 59, 60,	bedrijvigheid	Vervangen door BP Molenwetering	

		Type	overdag aanwezig	's nachts aanwezig
	62		(Appendix B)	
paars gearceerd	63	bedrijvigheid		
paars gearceerd	64 t/m 66	bedrijvigheid		
paars gearceerd	67	woningen	29	41
paars gearceerd	68	woningen	37	53
paars gearceerd	69	woningen	37	53
paars gearceerd	70	woningen	8	12
paars gearceerd	71	woningen	10	14
paars gearceerd	72	woningen	54	77
oranje gearceerd	A	woningen	5	7
oranje gearceerd	B	woningen	91	130
oranje gearceerd	C	woningen	13	19
oranje gearceerd	D	woningen	87	125
oranje gearceerd	E	woningen	25	36
oranje gearceerd	F	woningen	39	55
oranje gearceerd	G	woningen	118	168
oranje gearceerd	H	woningen	17	24
oranje gearceerd	I	maatschappelijk	20	0
oranje gearceerd	J	woningen	10	14
oranje gearceerd	K	woningen	538	768
oranje gearceerd	L	woningen	25	36
oranje gearceerd	M	bedrijvigheid	500	0
oranje gearceerd	N	bedrijvigheid	100	0
oranje gearceerd	O	bedrijvigheid	300	0

APPENDIX B: BEVOLKINGSGEGEVENS BESTEMMINGSPLAN MOLENWETERING

Hieronder worden de bevolkingsgegevens van bestemmingsplan Molenwetering weergegeven. Deze gegevens overlappen met de gegevens uit Appendix A. Waar de gegevens overlappen, is gebruikgemaakt van de in deze appendix weergegeven gegevens, die van recenter datum zijn.



1. Totaal 775 woningen.
2. 695 personen in dagperiode (kantoren).
3. 2922 personen in dagperiode (kantoren).
4. 355 personen in dagperiode (autoshowrooms).
5. 400 personen in dagperiode (kantoren).
6. 500 personen in dagperiode; 100 in avond- en nachtperiode kantoren en bedrijven).
7. 1500 personen in dagperiode (kantoren en bedrijven).
8. 1300 in dagperiode; 100 in avond- en nachtperiode (kantoren en bedrijven).
9. 7 woningen.



ABOUT DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.