



EXTERNE VEILIGHEID BUISLEIDINGEN

WONINGBOUWONTWIKKELING ZEEHELDENBUURT TE BARENDRECHT

Opdrachtgever:	BRO
Projectnr:	BRO127
Datum:	2 februari 2022

EXTERNE VEILIGHEID BUISLEIDINGEN

WONINGBOUWONTWIKKELING ZEEHELDENBUURT TE BARENDRECHT

Opdrachtgever: BRO
Projectnr: BRO127
Rapportnr: 20220202-BRO127-RAP-CAR 1.0
Status: Definitief
Datum: 2 februari 2022

T 088 - 33 66 333
F 088 - 33 66 099
E info@kragten.nl



© 2022 Kragten
Niets uit dit rapport mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Kragten. Het is tevens verboden informatie en kennis verwerkt in dit rapport ter beschikking te stellen aan derden of op andere wijze toe te passen dan waaraan in de overeenkomst toestemming wordt verleend.

Opsteller:
PC

Verificatie:
RvH

Validatie:
RVHE



INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING.....	4
2	BUISLEIDINGEN	5
2.1	Inleiding.....	5
2.2	Wettelijk kader.....	5
2.3	Inventarisatie lokale buisleidingen	5
2.4	Plaatsgebonden risico	6
2.5	Berekening hoogte groepsrisico.....	6
2.5.1	Huidige situatie.....	6
2.5.2	Toekomstige situatie.....	6
2.6	Berekening hoogte groepsrisico.....	7
2.6.1	Buisleiding A-517-deel-1.....	7
2.6.2	Buisleiding A-599-deel-1.....	8
2.7	Samenvatting rekenresultaten buisleidingen	10

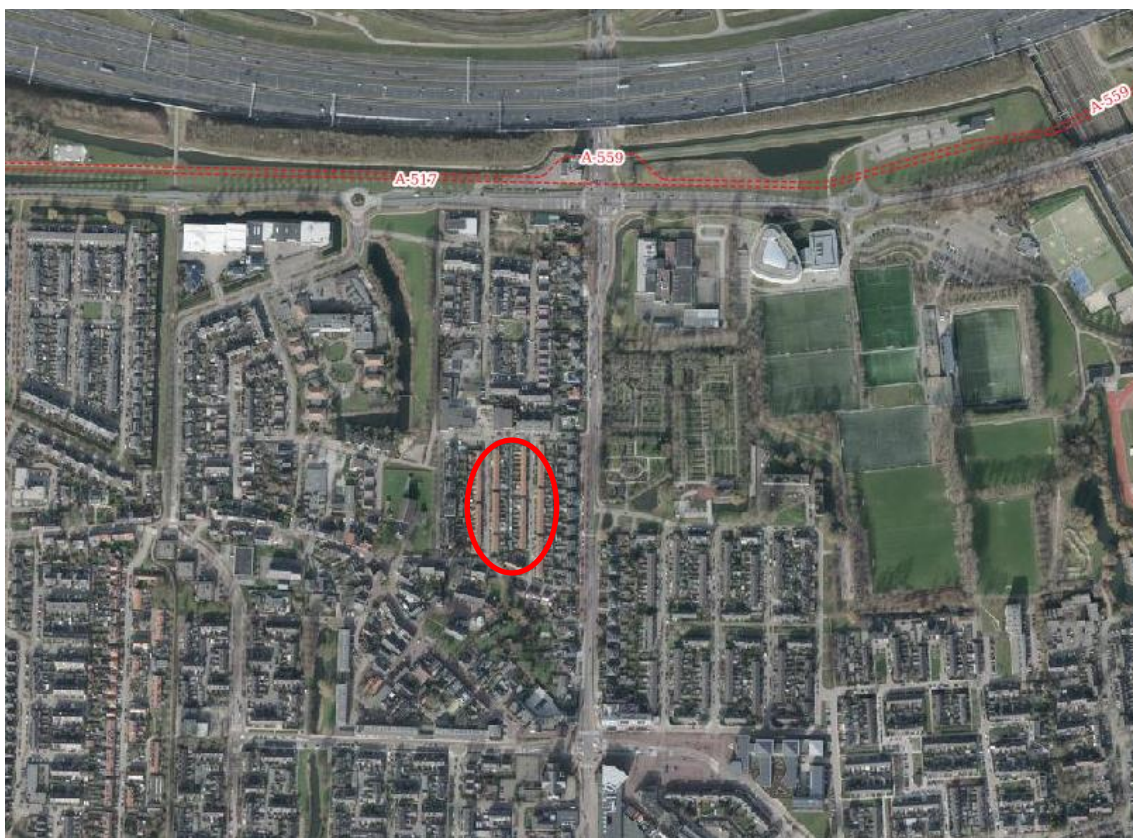
BIJLAGEN

B1	CAROLA BEREKENING – HUIDIGE SITUATIE
B2	CAROLA BEREKENING – TOEKOMSTIGE SITUATIE

1 INLEIDING

In opdracht van BRO is door Kragten een onderzoek uitgevoerd naar de externe veiligheidsrisico's van het transport van gevaarlijke stoffen door buisleidingen ten behoeve van een woningbouwontwikkeling in de Zeeheldenwijk te Barendrecht.

Het plangebied is gelegen binnen het invloedsgebied van twee hogedruk aardgasleidingen. Onderzocht is of deze buisleidingen een belemmering vormen voor het plangebied. Tevens is bepaald welke effecten het plan heeft op de hoogte van het groepsrisico van de betreffende buisleidingen. De berekeningen hebben overeenkomstig de voorschriften plaatsgevonden met het rekenprogramma CAROLA. In afbeelding 1 is de globale ligging van het plangebied en de buisleidingen weergegeven.



Afbeelding 1 Globale ligging plangebied (rode cirkel) t.o.v. buisleiding (bron: Signaleringskaart)

2 BUISLEIDINGEN

2.1 Inleiding

Bij de realisatie van (beperkt) kwetsbare objecten dient rekening te worden gehouden met het vervoer van gevaarlijke stoffen door buisleidingen waarvoor bepaalde aan te houden risico-afstanden gelden. Deze afstanden zijn onder andere afhankelijk van de aard van de stof, de druk waaronder deze wordt getransporteerd en de diepteligging, de diameter en wanddikte van de buisleiding. Ten aanzien van de externe veiligheid gaat het met name om de risico's in het geval er iets fout gaat met een hogedruk aardgastransportleiding.

2.2 Wettelijk kader

Het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) en de bijbehorende Regeling externe veiligheid buisleidingen (Revb) zijn op 1 januari 2011 in werking getreden. Het Bevb regelt onder andere welke veiligheidsafstanden moeten worden aangehouden rond buisleidingen met gevaarlijke stoffen. De normstelling is in lijn met het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi).

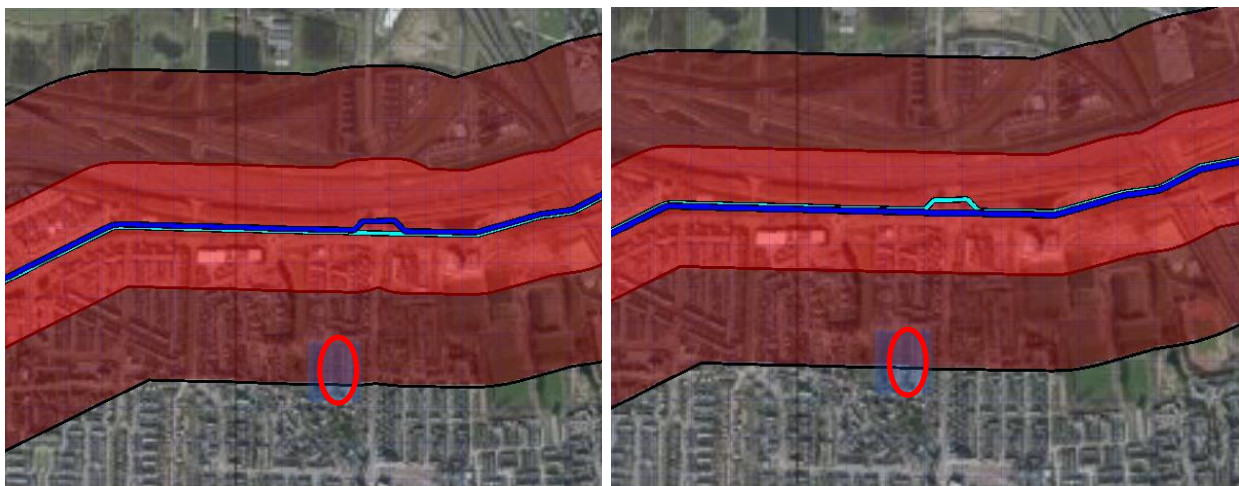
Het begrip risico wordt in beeld gebracht door middel van twee begrippen: het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR). Het PR is de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op een plaats langs een buisleiding verblijft, komt te overlijden als gevolg van een incident met het transport van gevaarlijke stoffen door die buisleiding. De hoogte van het GR representeert de kans per jaar per kilometer buisleiding dat een groep van 10 of meer personen in de omgeving van de buisleiding in één keer het dodelijk slachtoffer wordt van een ongeval met die buisleiding.

Voor hogedruk aardgasleidingen is sinds 1 mei 2010 het rekenpakket CAROLA beschikbaar voor het berekenen van de externe veiligheidsrisico's van ondergrondse hogedruk aardgastransportleidingen. CAROLA staat voor: Computer Applicatie voor Risicoberekeningen aan Ondergrondse Leidingen met Aardgas. Het rekenpakket is gebaseerd op een rekenmethodiek die is ontwikkeld door Gasunie en het RIVM.

2.3 Inventarisatie lokale buisleidingen

Door de gemeente Barendrecht zijn de leidingdata binnen het inventarisatiegebied rondom het plan opgevraagd bij de leidingbeheerder Gasunie. De beschikbaar gestelde leidinggegevens kunnen in het rekenprogramma CAROLA worden ingelezen om invloedsgebieden inzichtelijk te maken waarbinnen de hoogte van het groepsrisico bepaald dient te worden.

In afbeelding 2 zijn de daadwerkelijke invloedsgebieden, zoals bepaald met het programma CAROLA, weergegeven.



Afbeelding 2 Uitsnede CAROLA buisleiding A-599-deel-1 (links) en A-517-deel-1 (rechts)

Het plangebied ligt niet binnen de 100% letaliteitsgrens van deze buisleidingen maar wel deels binnen de 1% letaliteitsafstand, waardoor de hoogte van het groepsrisico voor deze twee buisleidingen bepaald dient te worden.

2.4 Plaatsgebonden risico

Uit de berekening met behulp van het programma CAROLA blijkt dat voor de genoemde buisleidingen geen 10^{-6} risicocontour ter hoogte van het plangebied wordt berekend (zie bijlage 1 en 2).

2.5 Berekening hoogte groepsrisico

Omdat het plangebied is gelegen binnen de 1% letaliteitsafstand van de genoemde buisleidingen, is met behulp van het programma CAROLA de hoogte van het groepsrisico inzichtelijk gemaakt. De berekeningen zijn voor zowel de huidige situatie gemaakt als voor de toekomstige situatie.

Voor de bevolkingsinventarisatie is gebruik gemaakt van de BAG populatieservice. De populatieservice levert populatiebestanden voor groepsrisicoberekeningen met o.a. CAROLA. Het doel van de populatieservice is het beschikbaar stellen van informatie over personendichtheden geschikt voor de bepaling/berekening van het groepsrisico van een inrichting, transportroute of buisleiding vallend onder het Bevi, Bevt of Bevb. De populatieservice is gebaseerd op de Basisadministratie Adressen en Gebouwen (BAG). De BAG bevat alle benodigde gegevens ten aanzien gebouwgebonden activiteiten.

2.5.1 Huidige situatie

In de huidige situatie zijn binnen het plangebied 88 grondgebonden woningen aanwezig. Voor de berekeningen is uitgegaan van het kental voor wonen van 2,4 personen per woning, met een aanwezigheid van 50% gedurende de dag- en 100% gedurende de nachtperiode.

In de huidige situatie betekent dat circa 106 personen in de dagperiode aanwezig zijn en circa 211 personen in de nachtperiode.

2.5.2 Toekomstige situatie

In de toekomstige situatie worden, op basis van informatie van de opdrachtgever, 99 woningen gerealiseerd. Hierbij wordt eveneens uitgegaan van het kental voor wonen van 2,4 personen per woning, met een aanwezigheid van 50% gedurende dag- en 100% gedurende de nachtperiode.

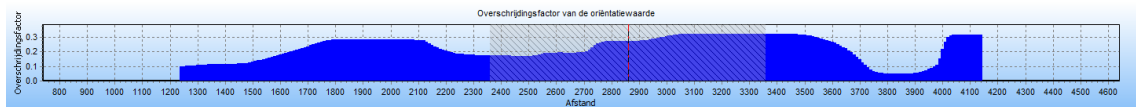
Dit leidt tot een aanwezigheid van circa 119 personen in de dagperiode en circa 238 personen gedurende de nacht.

In de toekomstige situatie neemt de personendichtheid binnen het plangebied in de dagperiode toe met circa 13 personen en in de nachtperiode met circa 27 personen.

2.6 Berekening hoogte groepsrisico

2.6.1 Buisleiding A-517-deel1

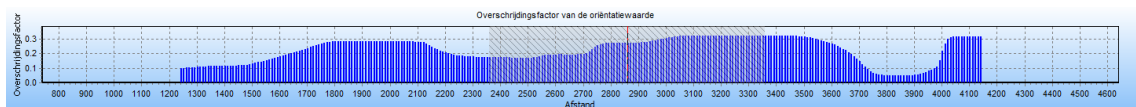
In de onderstaande afbeeldingen is de groepsrisico screening voor buisleiding A-517-deel1 opgenomen in de huidige en toekomstige situatie.



Afbeelding 3 Groepsrisico screening A-517-deel1, huidige situatie ter hoogte van het plangebied

De maximale overschrijdingsfactor ter hoogte van het plangebied in de huidige situatie is gelijk aan 0,274905 en correspondeert met die kilometer leiding die is gevisualiseerd in afbeelding 5.

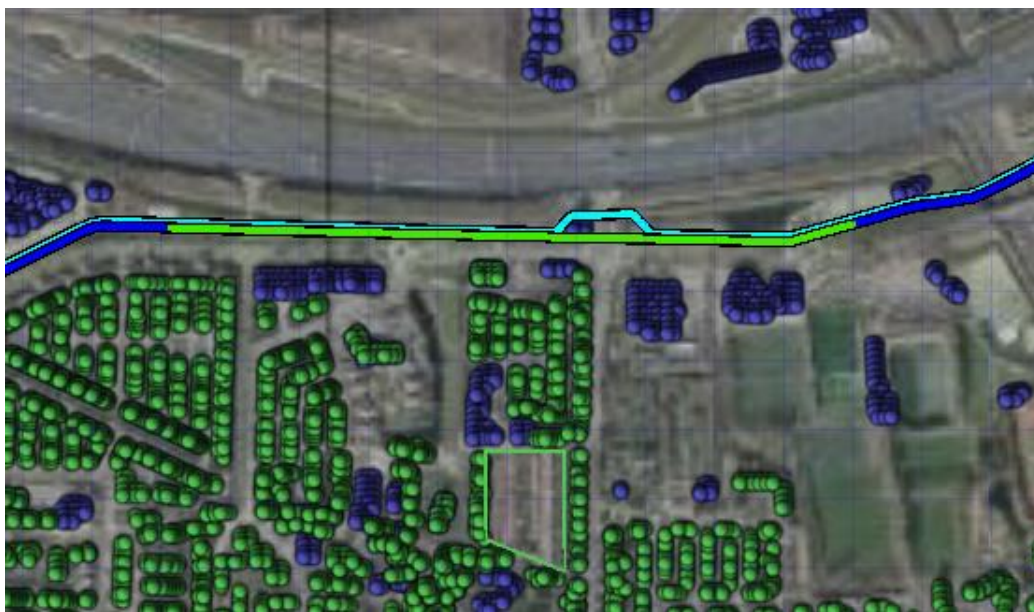
De maximale overschrijdingsfactor van deze kilometer wordt gevonden bij 567 slachtoffers en een frequentie van $8,55E-09$.



Afbeelding 4 Groepsrisico screening A-517-deel1, toekomstige situatie ter hoogte van het plangebied

De maximale overschrijdingsfactor ter hoogte van het plangebied in de toekomstige situatie is eveneens gelijk aan 0,274905 en correspondeert met dezelfde kilometer leiding als gevisualiseerd in afbeelding 5.

De maximale overschrijdingsfactor van deze kilometer wordt ook hier gevonden bij 567 slachtoffers en een frequentie van $8,55E-09$.



Afbeelding 5 Kilometer leiding ter hoogte van plangebied (in groen weergegeven) vóór planrealisatie.

In de navolgende afbeeldingen zijn de fN-curve voor de hoogte van het groepsrisico van buisleiding A-517-deel-1 van het traject ter hoogte van het plangebied in de huidige en toekomstige situatie weergegeven.



Afbeelding 6 fN-curve buisleiding A-517-deel-1, huidige situatie

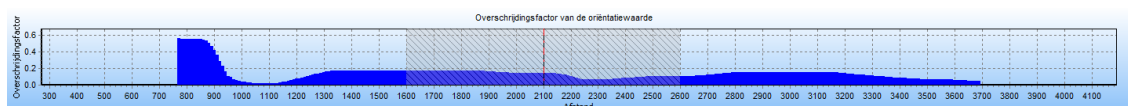


Afbeelding 7 fN-curve buisleiding A-517-deel-1, toekomstige situatie

Voor de uitgebreide rekenresultaten wordt verwezen naar bijlage 1 en 2.

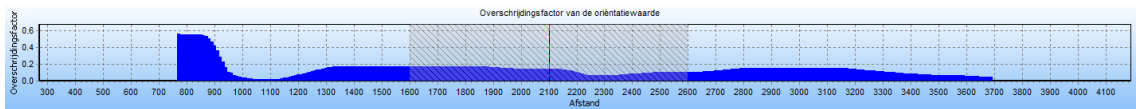
2.6.2 Buisleiding A-599-deel-1

In de onderstaande afbeeldingen is de groepsrisico screening voor buisleiding A-599-deel-1 opgenomen in de huidige en toekomstige situatie.



Afbeelding 8 Groepsrisico screening A-599-deel-1, huidige situatie ter hoogte van het plangebied

De maximale overschrijdingsfactor ter hoogte van het plangebied in de huidige situatie is gelijk aan 0,144524 en correspondeert met die kilometer leiding die is gevisualiseerd in afbeelding 10. De maximale overschrijdingsfactor van deze kilometer wordt gevonden bij 736 slachtoffers en een frequentie van $2,67 \times 10^{-9}$.



Afbeelding 9 Groepsrisico screening A-599-deel-1, toekomstige situatie ter hoogte van het plangebied

De maximale overschrijdingsfactor ter hoogte van het plangebied in de toekomstige situatie is eveneens gelijk aan 0,144524 en correspondeert met dezelfde kilometer leiding als gevisualiseerd in afbeelding 10. De maximale overschrijdingsfactor van deze kilometer wordt ook hier gevonden bij 736 slachtoffers en een frequentie van $2,67E-09$.



Afbeelding 10 Kilometer leiding ter hoogte van plangebied(in groen weergegeven) vóór planrealisatie.

In de navolgende afbeeldingen zijn de fN-curve voor de hoogte van het groepsrisico van buisleiding A-599-deel-1 van het traject ter hoogte van het plangebied in de huidige en toekomstige situatie weergegeven.



Afbeelding 11 fN-curve buisleiding A-599-deel-1, huidige situatie



Afbeelding 12 fN-curve buisleiding A-599-deel-1, toekomstige situatie

Voor de uitgebreide rekenresultaten wordt verwezen naar bijlage 1 en 2.

2.7 Samenvatting rekenresultaten buisleidingen

De belangrijkste kenmerken van de fN-curves zijn onderstaand samenvattend weergegeven.

Tabel 1 Samenvatting kenmerken fN-curves

	Normwaarde*	Aantal slachtoffers	Frequentie
A-517-deel-1 - Huidig	0,274905 / jaar	567	$8,55 \times 10^9$ / jaar
A-517-deel-1 - Toekomstig	0,274905 / jaar	567	$8,55 \times 10^9$ / jaar
A-599-deel-1 - Huidig	0,144524 / jaar	736	$2,67 \times 10^9$ / jaar
A-599-deel-1 - Toekomstig	0,144524 / jaar	736	$2,67 \times 10^9$ / jaar

* Normwaarde: de maximale waarde van het groepsrisico ten opzichte van de oriëntatiewaarde. De maximale waarde wordt berekend als het product van de frequentie met het kwadraat van het aantal slachtoffers. Een normwaarde > 1 betekent een overschrijding van de oriëntatiewaarde.

Uit de bovenstaande resultaten blijkt dat voor beide leidingen zowel in de huidige als toekomstige situatie sprake is van een groepsrisico dat hoger is dan 0,1 maal de oriëntatiewaarde. Er vindt bij beide buisleidingen echter geen rekenkundige toename plaats van de hoogte van het groepsrisico na planvorming.

In artikel 12 lid 3 van het Besluit externe veiligheid buisleidingen juncto artikel 8 van de Regeling externe veiligheid buisleidingen is opgenomen wanneer sprake is van het verantwoorden van het groepsrisico. In onderhavige situatie is sprake van een beperkte verantwoordingsplicht. Voor een verantwoording van het groepsrisico moet door het bevoegd gezag advies worden gevraagd bij de regionale brandweer/Veiligheidsregio.

BIJLAGEN

B1 CAROLA BEREKENING – HUIDIGE SITUATIE

Kwantitatieve Risicoanalyse Zeeheldenbuurt Barendrecht

Huidige situatie

Inhoud

1 Inleiding	3
2 Invoergegevens	5
2.1 Interessegebied	5
2.2 Relevante leidingen.....	6
2.3 Populatie.....	7
3 Plaatsgebonden risico.....	10
3.1 Figuur 3.1 Plaatsgebonden risico voor 7928_leiding-A-517-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie.....	10
3.2 Figuur 3.2 Plaatsgebonden risico voor 7928_leiding-A-555-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie.....	10
3.3 Figuur 3.3 Plaatsgebonden risico voor 7928_leiding-A-559-07-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie.....	11
3.4 Figuur 3.4 Plaatsgebonden risico voor 7928_leiding-A-559-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie.....	11
4 Groepsrisico screening	13
4.1 Figuur 4.1 Groepsrisico screening voor 7928_leiding-A-517-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie.....	13
4.2 Figuur 4.2 Groepsrisico screening voor 7928_leiding-A-555-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie.....	14
4.3 Figuur 4.3 Groepsrisico screening voor 7928_leiding-A-559-07-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie.....	14
4.4 Figuur 4.4 Groepsrisico screening voor 7928_leiding-A-559-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie.....	15
5 FN curves.....	16
5.1 Figuur 5.1 FN curve voor 7928_leiding-A-517-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie voor de kilometer tussen stationing 2560.00 en stationing 3560.00.....	16
5.2 Figuur 5.2 FN curve voor 7928_leiding-A-555-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie voor de kilometer tussen stationing 0.00 en stationing 0.00	16
5.3 Figuur 5.3 FN curve voor 7928_leiding-A-559-07-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie voor de kilometer tussen stationing 610.00 en stationing 1610.00.....	17
5.4 Figuur 5.4 FN curve voor 7928_leiding-A-559-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie voor de kilometer tussen stationing 270.00 en stationing 1270.00	17
6 Referenties.....	18

1 Inleiding

In deze rapportage worden de gebruikte invoergegevens en de door CAROLA gegenereerde resultaten weergegeven. Deze gegevens vormen de basis voor een QRA-rapportage. Naast deze basisinvoergegevens en –resultaten wordt in de Handleiding Risicoberekeningen Bevb aangegeven welke elementen ook in de QRA beschreven moeten worden. In onderstaand overzicht worden welke elementen beschreven moeten worden en of deze door CAROLA worden aangeleverd. Indien de elementen niet door CAROLA worden gegenereerd, moeten ze door de opsteller van de QRA-rapportage worden ingevuld. Het meest recente overzicht van de te beschrijven elementen wordt gegeven in de van kracht zijnde versie van de Handleiding Risicoberekeningen Bevb.

In CAROLA berekeningen wordt gebruik gemaakt van de parameters conform de Handleiding Risicoberekeningen Bevb [1]. Achtergrondinformatie over de berekeningen kan worden gevonden in [2, 3, 4, 5].

Overzicht van de elementen die in een QRA gerapporteerd moeten worden.

Onderwerp	Vertrouwelijk/ Openbaar	Aangeleverd door CAROLA
1 Algemene rapportgegevens		
Administratieve gegevens:	Openbaar	Deels
- naam en adres van de leidingexploitant(en) (volgens Bevb) - naam en adres van de opsteller van de QRA		Nee
Reden opstellen QRA	Openbaar	Nee
Gevolgde methodiek	Openbaar	Ja
- rekenpakket met versienummer - parameterbestand met versienummer		
Peildatum QRA	Openbaar	
- datum van de berekening - datum van aanmaak van de buisleidinggegevens		Ja Nee
2 Algemene beschrijving van de buisleiding(en)		
Gegevens buisleiding	Openbaar	
- naam buisleiding - diameter - druk - eventuele mitigerende maatregelen		Ja Ja Ja Ja
Ligging van de leiding, aan de hand van kaart(en) op schaal.	Openbaar	
- leiding - noordpijl en schaalindicatie		Ja Ja
3 Beschrijving omgeving		
Omgevingsbebouwing en gebiedsfuncties	Openbaar	
bestemmingsplannen al dan niet gedeeltelijk binnen de PR 10⁻⁶-contour en het invloedsgebied		Ja indien ingevoerd
Actuele topografische kaart	Openbaar	Ja indien ingevoerd
Een beschrijving van de bevolking rond de buisleiding, onder opgave van de wijze waarop deze beschrijving tot stand is gekomen (o.a. incidentele bebouwing, lintbebouwing)	Openbaar	Nee
Mogelijke gevaren van buiten de buisleiding die op de buisleiding effect kunnen hebben (risicoverhogende objecten, buurtbedrijven/activiteiten, vliegroutes, windturbines)	Openbaar	
Gebruikt weerstation	Openbaar	Ja
4 Beschrijving per leiding van mogelijke risico's voor de omgeving		
Samenvattend overzicht van de resultaten van de QRA, waarin tenminste is opgenomen:	Openbaar	Ja
Kaart met het berekende plaatsgebonden risico, met contouren voor 10 ⁻⁴ , 10 ⁻⁵ , 10 ⁻⁶ , 10 ⁻⁷ en 10 ⁻⁸ (indien aanwezig)	Openbaar	Ja
FN-curve, voor zowel huidige als toekomstige situatie, met het groepsrisico voor de kilometer buisleiding met de grootste overschrijding van de oriënterende waarde. Op de horizontale as van de grafiek met de FN-curve wordt het aantal dodelijke slachtoffers uitgezet, op de verticale as de cumulatieve kans tot 10 ⁻⁹ per jaar	Openbaar	Ja
FN-datapunt waarbij de maximale overschrijding van de oriëntatiewaarde optreedt, inclusief de factor van de overschrijding	Openbaar	Ja
Grafiek met de screening van het groepsrisico	Openbaar	Ja
Beschrijving of er kwetsbare bestemmingen en/of beperkt kwetsbare bestemmingen binnen de PR contour van 10 ⁻⁶ per jaar zijn	Openbaar	Nee
Voorgestelde preventieve en repressieve maatregelen die in de QRA zijn meegenomen	Openbaar	Ja

2 Invoergegevens

De risicoberekeningen die in dit rapport zijn beschreven zijn uitgevoerd met CAROLA versie 1.0.0.52. De gehanteerde parameterfile heeft versienummer 1.3. De berekeningen zijn uitgevoerd op 31-01-2022.

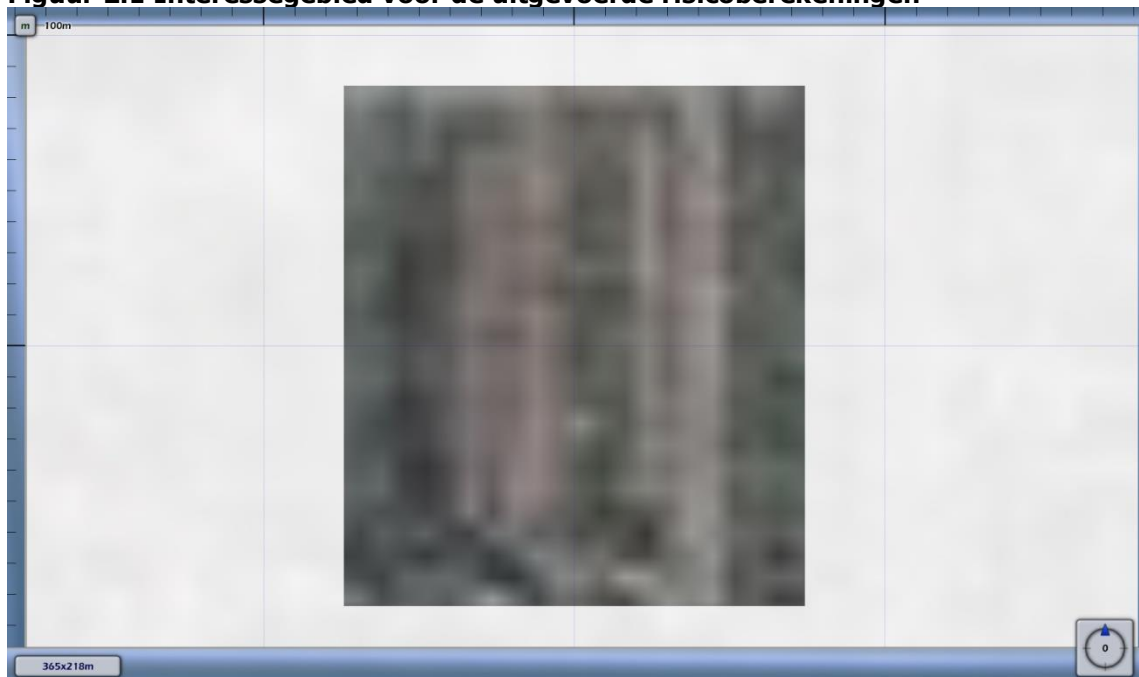
Dit project is opgeslagen onder de naam P:\prj100\BRO\127\2_Werk\Onderzoek\Externe veiligheid\1_Carola\Zeeheldenwijk Barendrecht.crp en is laatstelijk bijgewerkt op 31-01-2022. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de meteorologische gegevens van het weerstation Rotterdam. De gebruikte ruwheidslengte is 0,1 meter.

In dit hoofdstuk worden de verschillende invoergegevens nader gespecificeerd in de navolgende secties.

2.1 Interessegebied

Het interessegebied is weergegeven in figuur 2.1

Figuur 2.1 Interessegebied voor de uitgevoerde risicoberekeningen



2.2 Relevante leidingen

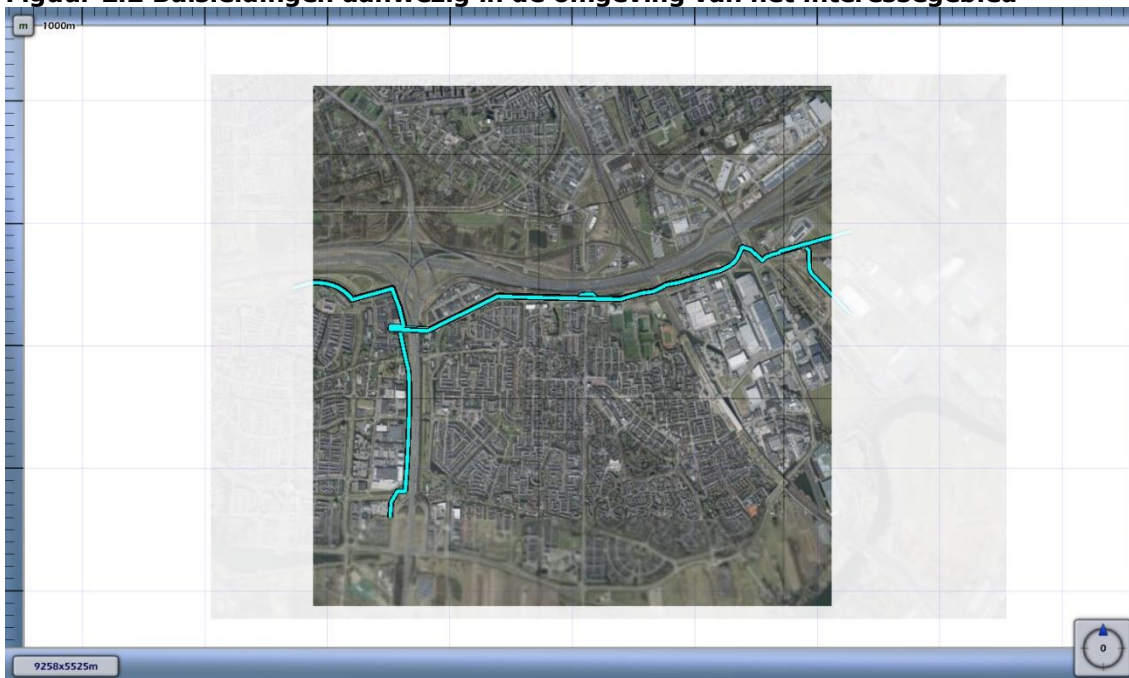
Op basis van het gespecificeerde interessegebied zijn de volgende aardgastransportleidingen meegenomen.

Eigenaar	Leidingnaam	Diameter [mm]	Druk [bar]	Datum aanleveren gegevens
N.V. Nederlandse Gasunie	7928_leiding-A-517-deel-1	762.00	66.20	31-01-2022
N.V. Nederlandse Gasunie	7928_leiding-A-555-deel-1	1066.80	66.20	31-01-2022
N.V. Nederlandse Gasunie	7928_leiding-A-559-07-deel-1	457.00	79.90	31-01-2022
N.V. Nederlandse Gasunie	7928_leiding-A-559-deel-1	914.40	66.20	31-01-2022

De exploitant specifieke factoren voor casuïstiek (cluster 1b), actief rappel (cluster 1C) en mitigerende maatregelen corrosie staan beschreven in Tabel 11 van Module B van de Handleiding Risicoberekeningen Bevb [1].

De leidingen zijn gevisualiseerd in figuur 2.2.

Figuur 2.2 Buisleidingen aanwezig in de omgeving van het interessegebied



Leidingen meegenomen in de risicoberekeningen

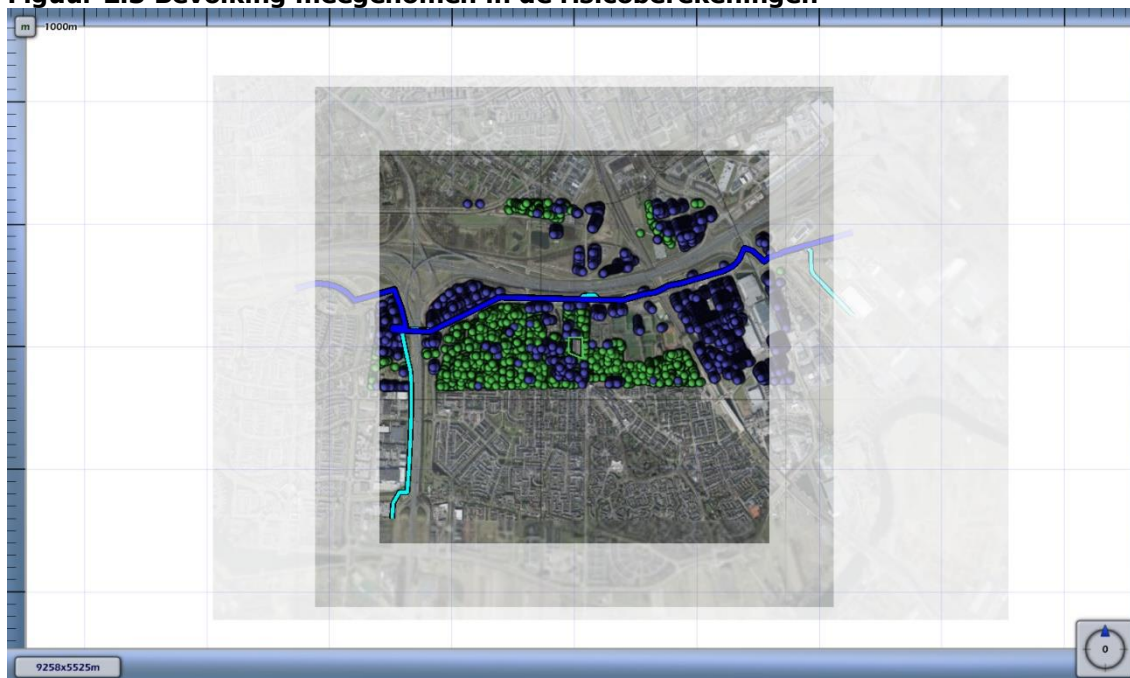


Voor de in bovenstaande tabel opgenomen leidingen zijn geen risico mitigerende maatregelen verdisconteerd in de bijbehorende risicoberekeningen.

2.3 Populatie

De ingevoerde populatie is weergegeven in figuur 2.3

Figuur 2.3 Bevolking meegenomen in de risicoberekeningen



Populatietype	Polygoonpunten	Populatiepolygoon
Wonen		
Werken		
Evenement		

Populatiepolygonen

Label	Type	Aantal	Dichtheid	Vervangmodus	Percentage Personen
Plangebied huidig, 88 woningen	Wonen	211.2		Vervangen Bestaande Populatie	

Populatiebestanden

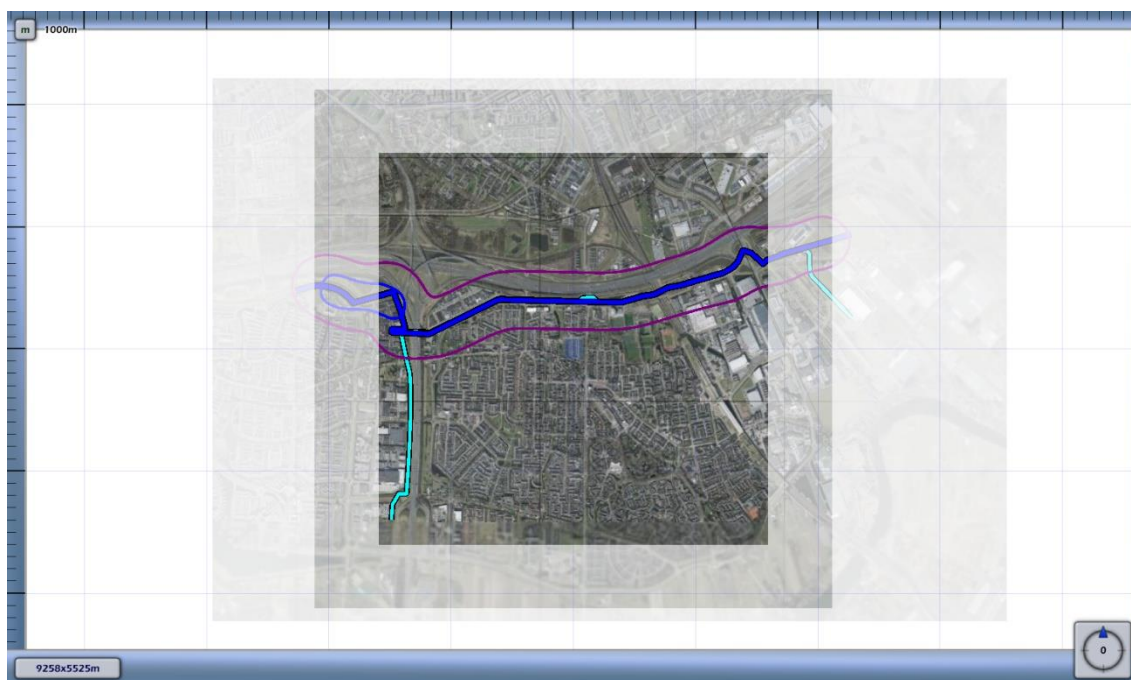
Pad				Ty pe	A a n t a l	Per cen tag e Per son en
BRO127+Zeeheldenbuurt,+Barendrecht_geval+1_resultaten_resultaten\bi jeen_sport_cel_zkh-dag100-nacht80.txt				W er ke n	7 8 7 2	100 / 80/ 7/ 1/ 100 / 100
BRO127+Zeeheldenbuurt,+Barendrecht_geval+1_resultaten_r esultaten\hotel-dag0-nacht100.txt				W o n e n	3 1	0 / 1 0 0 / 7 / 1 / 1 0 0 / 1 0 0
BRO127+Zeeheldenbuurt,+Barendrecht_geval+1_res ultaten_resultaten\industrie-dag100-nacht30.txt				W er ke n	3 2 1 6	100/ 30/ 7/ 1/ 100/ 100
BRO127+Zeeheldenbuurt,+Barendrecht_ge val+1_resultaten_resultaten\kantoor_klinie k_onderwijs_winkel-dag100-nacht0.txt				W er ke n	1 0 6	

				4 8	
BRO127+Zeeheldenbuurt,+Bare ndrecht_geval+1_resultaten_res ultaten\wonend_vakantiehuis- dag50-nacht100.txt	W o n e n	6 8 9 2			

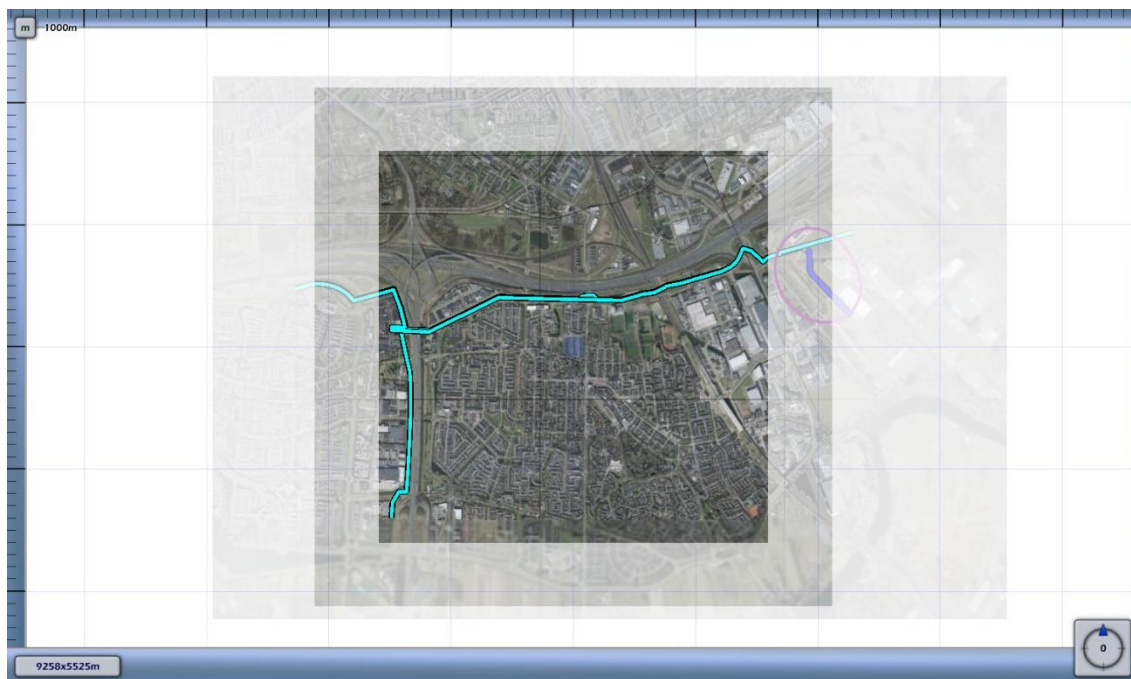
3 Plaatsgebonden risico

Voor de in voorgaande hoofdstuk genoemde leidingen is het plaatsgebonden risico bepaald. Voor elk van de leidingen wordt het plaatsgebonden risico weergegeven als iso-risicocontouren op een achtergrondkaart.

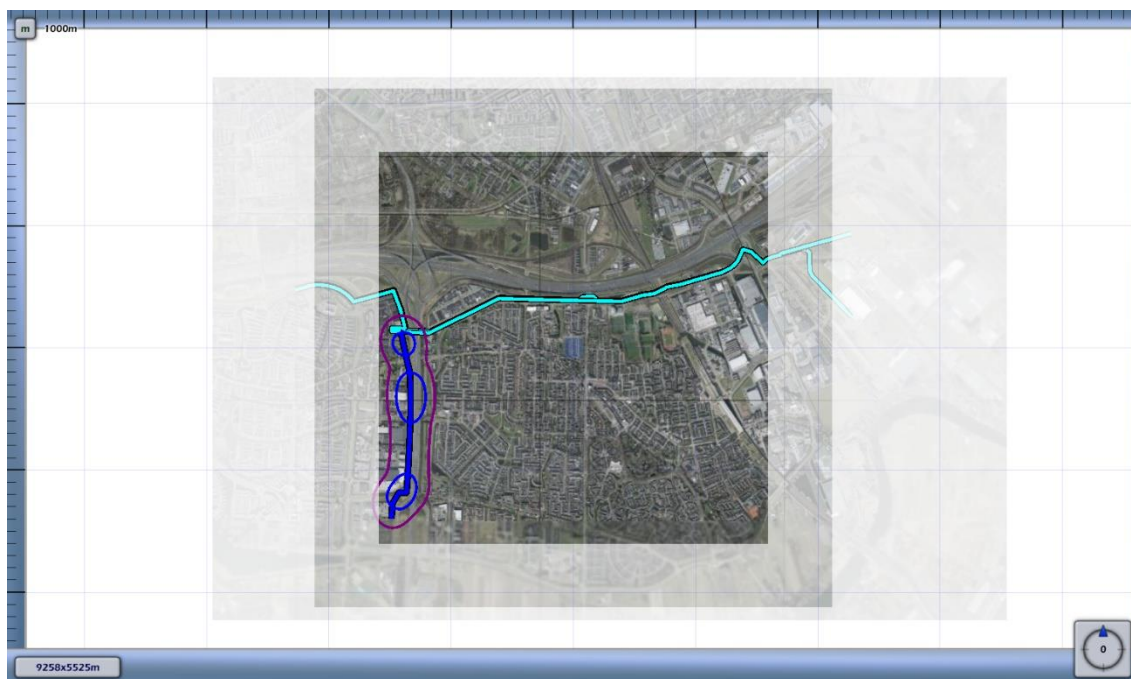
3.1 Figuur 3.1 Plaatsgebonden risico voor 7928_leiding-A-517-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



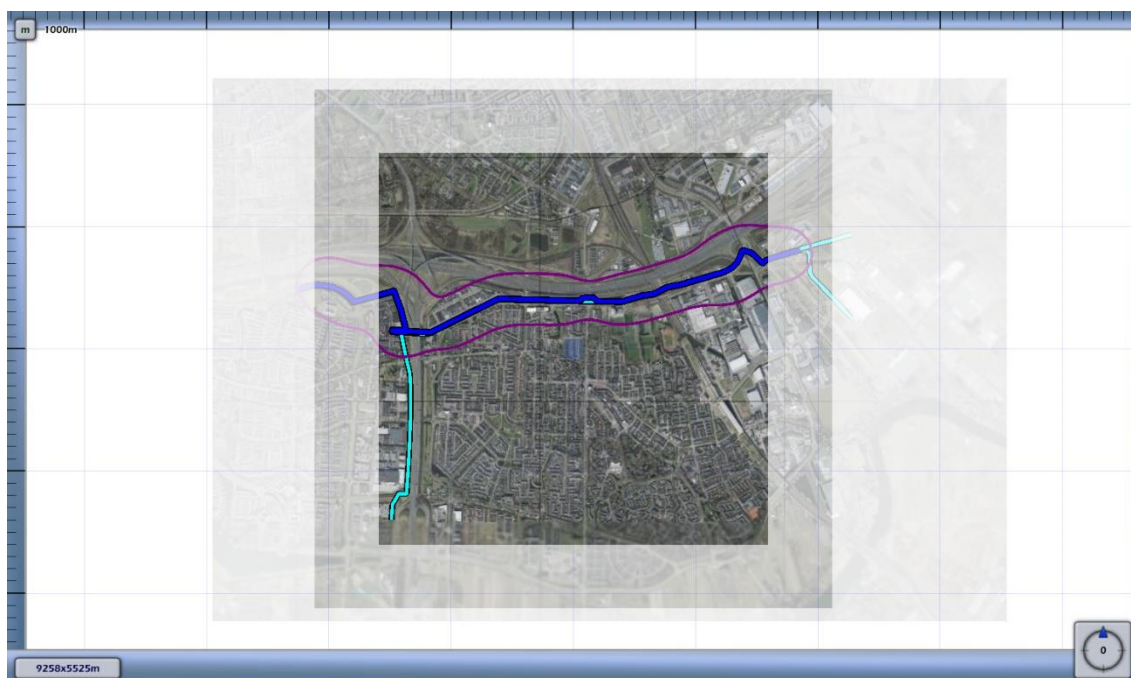
3.2 Figuur 3.2 Plaatsgebonden risico voor 7928_leiding-A-555-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



3.3 Figuur 3.3 Plaatsgebonden risico voor 7928_leiding-A-559-07-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



3.4 Figuur 3.4 Plaatsgebonden risico voor 7928_leiding-A-559-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



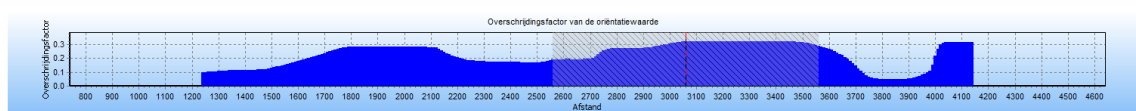
1E-4	
1E-5	
1E-6	
1E-7	
1E-8	

4 Groepsrisico screening

Om in één oogopslag een indruk te krijgen van het groepsrisico wordt het groepsrisico gescreend alvorens voor specifieke segmenten FN-curves te visualiseren. Voor elk van de leidingen wordt per stationing de overschrijdingsfactor van de oriëntatiewaarde van het groepsrisico weergegeven. Deze is berekend door rondom elk punt op de leiding één 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 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 1 geeft aan dat de FN-curve onder de oriëntatiewaarde blijft. Bij een waarde van 1 zal de FN-curve de oriëntatiewaarde raken. Bij een waarde groter dan 1 wordt de oriëntatiewaarde overschreden.

4.1 Figuur 4.1 Groepsrisico screening voor 7928_leiding-A-517-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



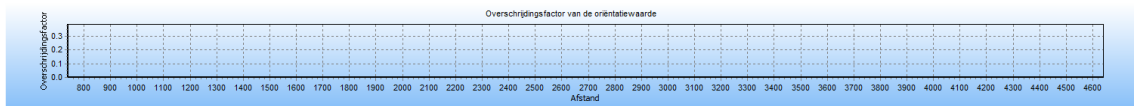
De maximale overschrijdingsfactor van deze kilometer leiding wordt gevonden bij 586 slachtoffers en een frequentie van $9.33E-009$.

De maximale overschrijdingsfactor voor dit tracé is gelijk aan 0.320 en correspondeert met die kilometer leiding die gekarakteriseerd wordt door stationing 2560.00 en stationing 3560.00. Voor deze kilometer leiding is de FN-curve opgenomen in het volgende hoofdstuk. De betreffende kilometer leiding is gevisualiseerd in figuur 4.1

Figuur 4.1 Kilometer leiding behorende bij de maximale overschrijding van de FN-curve voor 7928_leiding-A-517-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



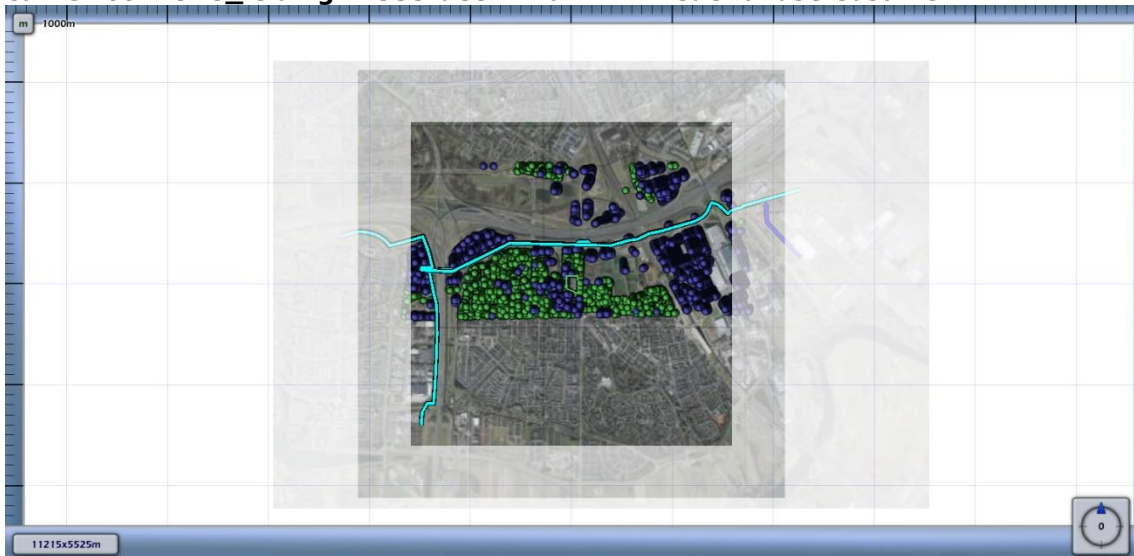
4.2 Figuur 4.2 Groepsrisico screening voor 7928_leiding-A-555-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



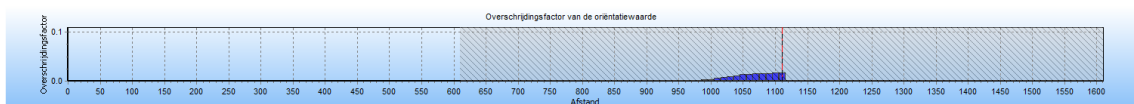
De maximale overschrijdingsfactor van deze kilometer leiding wordt gevonden bij 0 slachtoffers en een frequentie van 0.00E+000.

De maximale overschrijdingsfactor voor dit tracé is gelijk aan 0.000E+000 en correspondeert met die kilometer leiding die gekarakteriseerd wordt door stationing 0.00 en stationing 0.00. Voor deze kilometer leiding is de FN-curve opgenomen in het volgende hoofdstuk. De betreffende kilometer leiding is gevisualiseerd in figuur 4.2

Figuur 4.2 Kilometer leiding behorende bij de maximale overschrijding van de FN-curve voor 7928_leiding-A-555-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



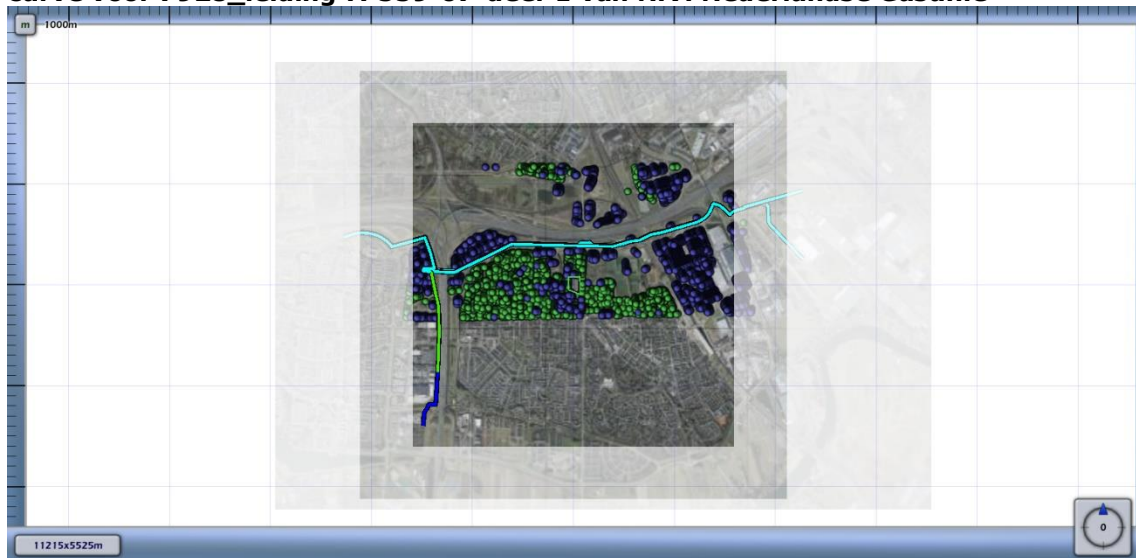
4.3 Figuur 4.3 Groepsrisico screening voor 7928_leiding-A-559-07-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



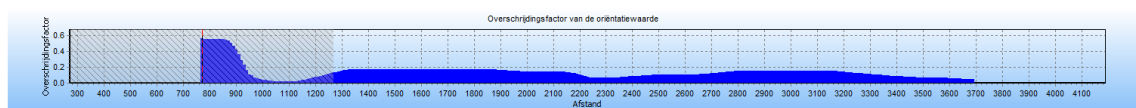
De maximale overschrijdingsfactor van deze kilometer leiding wordt gevonden bij 79 slachtoffers en een frequentie van 2.66E-008.

De maximale overschrijdingsfactor voor dit tracé is gelijk aan 0.017 en correspondeert met die kilometer leiding die gekarakteriseerd wordt door stationing 610.00 en stationing 1610.00. Voor deze kilometer leiding is de FN-curve opgenomen in het volgende hoofdstuk. De betreffende kilometer leiding is gevisualiseerd in figuur 4.3

Figuur 4.3 Kilometer leiding behorende bij de maximale overschrijding van de FN-curve voor 7928_leiding-A-559-07-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



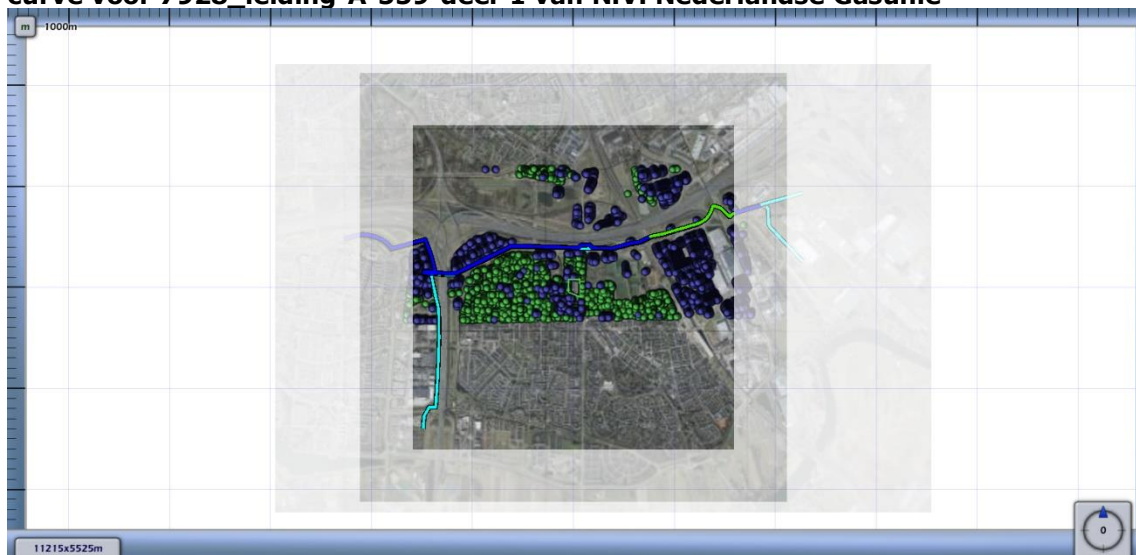
4.4 Figuur 4.4 Groepsrisico screening voor 7928_leiding-A-559-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



De maximale overschrijdingsfactor van deze kilometer leiding wordt gevonden bij 1375 slachtoffers en een frequentie van 2.98E-009.

De maximale overschrijdingsfactor voor dit tracé is gelijk aan 0.563 en correspondeert met die kilometer leiding die gekarakteriseerd wordt door stationing 270.00 en stationing 1270.00. Voor deze kilometer leiding is de FN-curve opgenomen in het volgende hoofdstuk. De betreffende kilometer leiding is gevisualiseerd in figuur 4.4

Figuur 4.4 Kilometer leiding behorende bij de maximale overschrijding van de FN-curve voor 7928_leiding-A-559-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



5 FN curves

Voor elk van de eerder genoemde leidingen is het groepsrisico berekend. Een samenvatting van de resultaten hiervan is gegeven in het voorgaande hoofdstuk; in dit hoofdstuk wordt voor elk van de leidingen de daadwerkelijke FN-curve gegeven van de (in termen van groepsrisico) "slechtste" kilometer van het betreffende tracé.

5.1 Figuur 5.1 FN curve voor 7928_leiding-A-517-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie voor de kilometer tussen stationing 2560.00 en stationing 3560.00



5.2 Figuur 5.2 FN curve voor 7928_leiding-A-555-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie voor de kilometer tussen stationing 0.00 en stationing 0.00



5.3 Figuur 5.3 FN curve voor 7928_leiding-A-559-07-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie voor de kilometer tussen stationing 610.00 en stationing 1610.00



5.4 Figuur 5.4 FN curve voor 7928_leiding-A-559-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie voor de kilometer tussen stationing 270.00 en stationing 1270.00



6 Referenties

- [1] Handleiding Risicoberekeningen Bevb. Versie 1.0. 20 december 2010.
- [2] Risicomethodiek aardgastransportleidingen. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Brief 390/06 CEV Lah/pbz-1191. 6 november 2006.
- [3] Risicomethodiek aardgastransportleidingen. Ministerie van VROM. Brief 2006.334302. 7 december 2006.
- [4] Laheij GMH, Vliet AAC van, Kooi ES. Achtergronden bij de vervanging van zoneringafstanden hogedruk aardgastransportleidingen van de N.V. Nederlandse Gasunie. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapport 620121001/2008. 2008.
- [5] M. Gielisse, M.T. Dröge, G.R. Kuik. Risicoanalyse aardgastransportleidingen. N.V. Nederlandse Gasunie. DEI 2008.R.0939. 2008.

B2 CAROLA BEREKENING – TOEKOMSTIGE SITUATIE

Kwantitatieve Risicoanalyse Zeeheldenbuurt Barendrecht

Toekomstige situatie

Inhoud

1 Inleiding	3
2 Invoergegevens	5
2.1 Interessegebied	5
2.2 Relevante leidingen.....	6
2.3 Populatie.....	7
3 Plaatsgebonden risico.....	10
3.1 Figuur 3.1 Plaatsgebonden risico voor 7928_leiding-A-517-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie.....	10
3.2 Figuur 3.2 Plaatsgebonden risico voor 7928_leiding-A-555-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie.....	10
3.3 Figuur 3.3 Plaatsgebonden risico voor 7928_leiding-A-559-07-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie.....	11
3.4 Figuur 3.4 Plaatsgebonden risico voor 7928_leiding-A-559-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie.....	11
4 Groepsrisico screening	13
4.1 Figuur 4.1 Groepsrisico screening voor 7928_leiding-A-517-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie.....	13
4.2 Figuur 4.2 Groepsrisico screening voor 7928_leiding-A-555-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie.....	14
4.3 Figuur 4.3 Groepsrisico screening voor 7928_leiding-A-559-07-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie.....	14
4.4 Figuur 4.4 Groepsrisico screening voor 7928_leiding-A-559-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie.....	15
5 FN curves.....	16
5.1 Figuur 5.1 FN curve voor 7928_leiding-A-517-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie voor de kilometer tussen stationing 2560.00 en stationing 3560.00.....	16
5.2 Figuur 5.2 FN curve voor 7928_leiding-A-555-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie voor de kilometer tussen stationing 0.00 en stationing 0.00	16
5.3 Figuur 5.3 FN curve voor 7928_leiding-A-559-07-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie voor de kilometer tussen stationing 610.00 en stationing 1610.00.....	17
5.4 Figuur 5.4 FN curve voor 7928_leiding-A-559-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie voor de kilometer tussen stationing 270.00 en stationing 1270.00	17
6 Referenties.....	18

1 Inleiding

In deze rapportage worden de gebruikte invoergegevens en de door CAROLA gegenereerde resultaten weergegeven. Deze gegevens vormen de basis voor een QRA-rapportage. Naast deze basisinvoergegevens en –resultaten wordt in de Handleiding Risicoberekeningen Bevb aangegeven welke elementen ook in de QRA beschreven moeten worden. In onderstaand overzicht worden welke elementen beschreven moeten worden en of deze door CAROLA worden aangeleverd. Indien de elementen niet door CAROLA worden gegenereerd, moeten ze door de opsteller van de QRA-rapportage worden ingevuld. Het meest recente overzicht van de te beschrijven elementen wordt gegeven in de van kracht zijnde versie van de Handleiding Risicoberekeningen Bevb.

In CAROLA berekeningen wordt gebruik gemaakt van de parameters conform de Handleiding Risicoberekeningen Bevb [1]. Achtergrondinformatie over de berekeningen kan worden gevonden in [2, 3, 4, 5].

Overzicht van de elementen die in een QRA gerapporteerd moeten worden.

Onderwerp	Vertrouwelijk/ Openbaar	Aangeleverd door CAROLA
1 Algemene rapportgegevens		
Administratieve gegevens:	Openbaar	Deels
- naam en adres van de leidingexploitant(en) (volgens Bevb) - naam en adres van de opsteller van de QRA		Nee
Reden opstellen QRA	Openbaar	Nee
Gevolgde methodiek	Openbaar	Ja
- rekenpakket met versienummer - parameterbestand met versienummer		
Peildatum QRA	Openbaar	
- datum van de berekening - datum van aanmaak van de buisleidinggegevens		Ja Nee
2 Algemene beschrijving van de buisleiding(en)		
Gegevens buisleiding	Openbaar	
- naam buisleiding - diameter - druk - eventuele mitigerende maatregelen		Ja Ja Ja Ja
Ligging van de leiding, aan de hand van kaart(en) op schaal.	Openbaar	
- leiding - noordpijl en schaalindicatie		Ja Ja
3 Beschrijving omgeving		
Omgevingsbebouwing en gebiedsfuncties	Openbaar	
bestemmingsplannen al dan niet gedeeltelijk binnen de PR 10⁻⁶-contour en het invloedsgebied		Ja indien ingevoerd
Actuele topografische kaart	Openbaar	Ja indien ingevoerd
Een beschrijving van de bevolking rond de buisleiding, onder opgave van de wijze waarop deze beschrijving tot stand is gekomen (o.a. incidentele bebouwing, lintbebouwing)	Openbaar	Nee
Mogelijke gevaren van buiten de buisleiding die op de buisleiding effect kunnen hebben (risicoverhogende objecten, buurtbedrijven/activiteiten, vliegroutes, windturbines)	Openbaar	
Gebruikt weerstation	Openbaar	Ja
4 Beschrijving per leiding van mogelijke risico's voor de omgeving		
Samenvattend overzicht van de resultaten van de QRA, waarin tenminste is opgenomen:	Openbaar	Ja
Kaart met het berekende plaatsgebonden risico, met contouren voor 10 ⁻⁴ , 10 ⁻⁵ , 10 ⁻⁶ , 10 ⁻⁷ en 10 ⁻⁸ (indien aanwezig)	Openbaar	Ja
FN-curve, voor zowel huidige als toekomstige situatie, met het groepsrisico voor de kilometer buisleiding met de grootste overschrijding van de oriënterende waarde. Op de horizontale as van de grafiek met de FN-curve wordt het aantal dodelijke slachtoffers uitgezet, op de verticale as de cumulatieve kans tot 10 ⁻⁹ per jaar	Openbaar	Ja
FN-datapunt waarbij de maximale overschrijding van de oriëntatiewaarde optreedt, inclusief de factor van de overschrijding	Openbaar	Ja
Grafiek met de screening van het groepsrisico	Openbaar	Nee
Beschrijving of er kwetsbare bestemmingen en/of beperkt kwetsbare bestemmingen binnen de PR contour van 10 ⁻⁶ per jaar zijn	Openbaar	
Voorgestelde preventieve en repressieve maatregelen die in de QRA zijn meegenomen	Openbaar	Ja

2 Invoergegevens

De risicoberekeningen die in dit rapport zijn beschreven zijn uitgevoerd met CAROLA versie 1.0.0.52. De gehanteerde parameterfile heeft versienummer 1.3. De berekeningen zijn uitgevoerd op 31-01-2022.

Dit project is opgeslagen onder de naam P:\prj100\BRO\127\2_Werk\Onderzoek\Externe veiligheid\1_Carola\Zeeheldenwijk Barendrecht.crp en is laatstelijk bijgewerkt op 31-01-2022. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de meteorologische gegevens van het weerstation Rotterdam. De gebruikte ruwheidslengte is 0,1 meter.

In dit hoofdstuk worden de verschillende invoergegevens nader gespecificeerd in de navolgende secties.

2.1 Interessegebied

Het interessegebied is weergegeven in figuur 2.1

Figuur 2.1 Interessegebied voor de uitgevoerde risicoberekeningen



2.2 Relevante leidingen

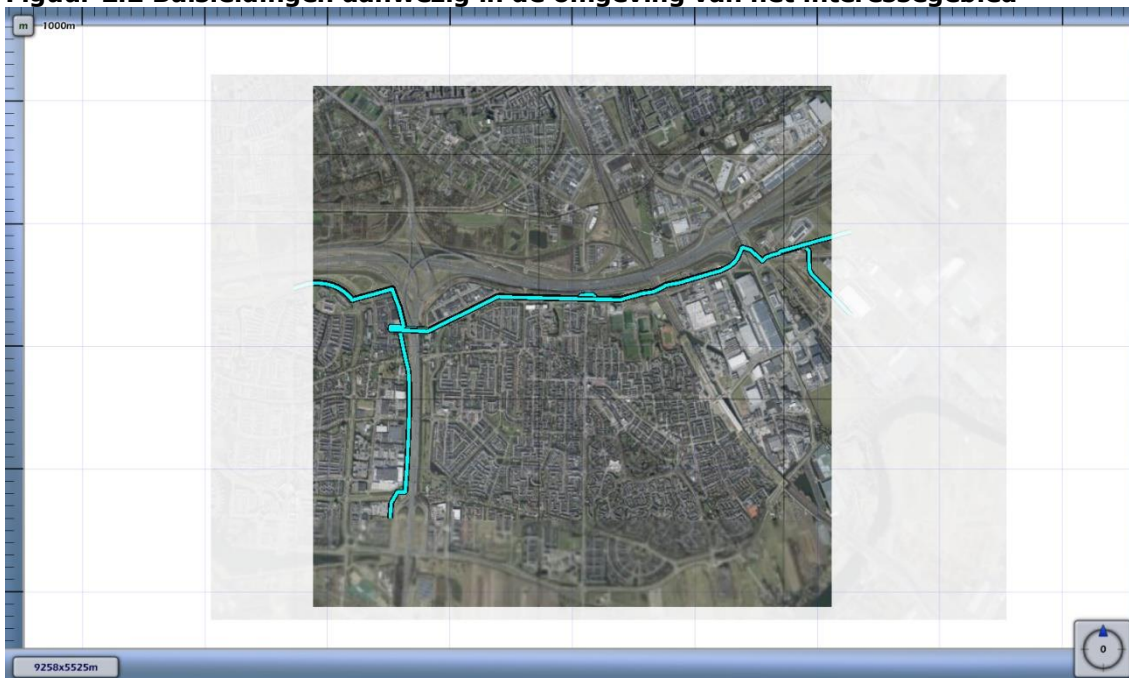
Op basis van het gespecificeerde interessegebied zijn de volgende aardgastransportleidingen meegenomen.

Eigenaar	Leidingnaam	Diameter [mm]	Druk [bar]	Datum aanleveren gegevens
N.V. Nederlandse Gasunie	7928_leiding-A-517-deel-1	762.00	66.20	31-01-2022
N.V. Nederlandse Gasunie	7928_leiding-A-555-deel-1	1066.80	66.20	31-01-2022
N.V. Nederlandse Gasunie	7928_leiding-A-559-07-deel-1	457.00	79.90	31-01-2022
N.V. Nederlandse Gasunie	7928_leiding-A-559-deel-1	914.40	66.20	31-01-2022

De exploitant specifieke factoren voor casuïstiek (cluster 1b), actief rappel (cluster 1C) en mitigerende maatregelen corrosie staan beschreven in Tabel 11 van Module B van de Handleiding Risicoberekeningen Bevb [1].

De leidingen zijn gevisualiseerd in figuur 2.2.

Figuur 2.2 Buisleidingen aanwezig in de omgeving van het interessegebied



Leidingen meegenomen in de risicoberekeningen

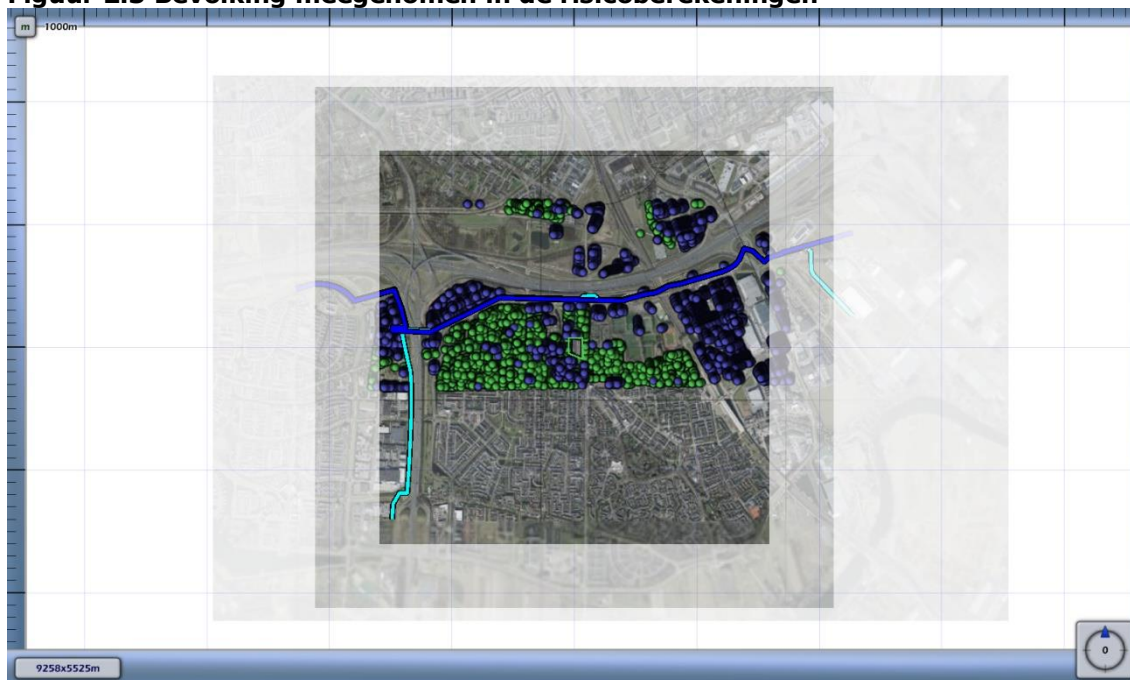


Voor de in bovenstaande tabel opgenomen leidingen zijn geen risico mitigerende maatregelen verdisconteerd in de bijbehorende risicoberekeningen.

2.3 Populatie

De ingevoerde populatie is weergegeven in figuur 2.3

Figuur 2.3 Bevolking meegenomen in de risicoberekeningen



Populatietype	Polygoonpunten	Populatiepolygoon
Wonen		
Werken		
Evenement		

Populatiepolygonen

Label	Type	Aantal	Dichtheid	Vervangmodus	Percentage Personen
Plangebied, 99 woningen	Wonen	237.6		Vervangen Bestaande Populatie	

Populatiebestanden

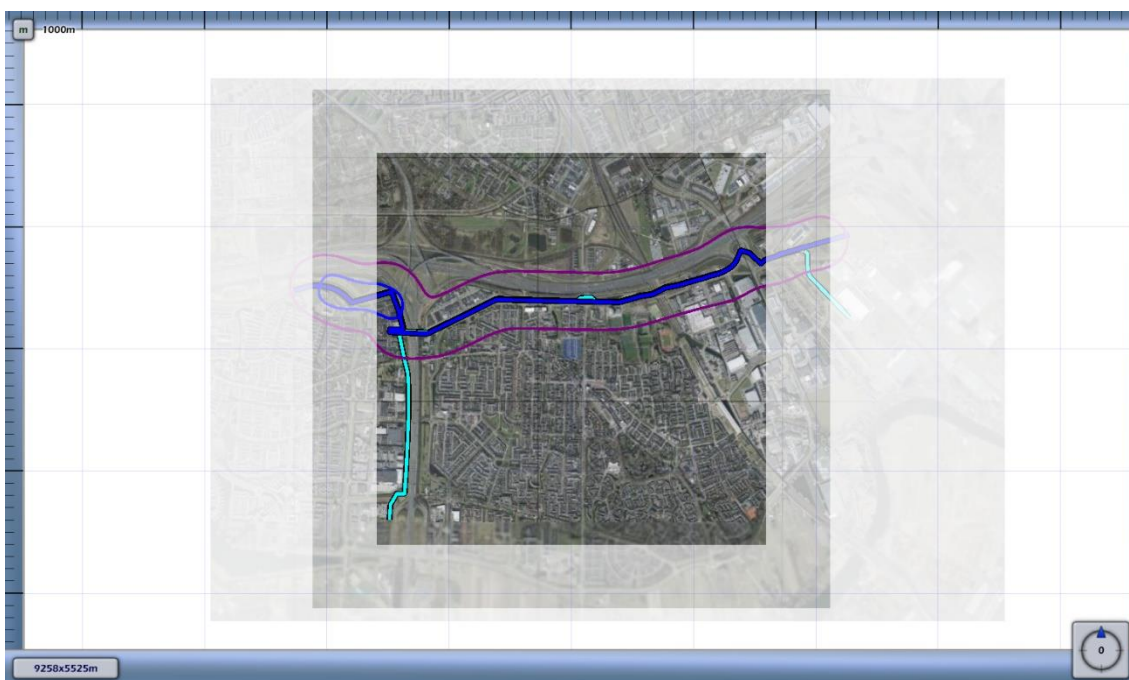
Pad				Type	Aantal	Percentage Personen
BRO127+Zeeheldenbuurt,+Barendrecht_geval+1_resultaten_resultaten\bi jeen_sport_cel_zkh-dag100-nacht80.txt				Werken	7872	100 / 80 / 7 / 100 / 100
BRO127+Zeeheldenbuurt,+Barendrecht_geval+1_resultaten_r esultaten\hotel-dag0-nacht100.txt				Wonen	301	0 / 100 / 7 / 1 / 100 / 100
BRO127+Zeeheldenbuurt,+Barendrecht_geval+1_res ultaten_resultaten\industrie-dag100-nacht30.txt				Werken	3216	100 / 30 / 7 / 100 / 100
BRO127+Zeeheldenbuurt,+Barendrecht_ge val+1_resultaten_resultaten\kantoor_klinie k_onderwijs_winkel-dag100-nacht0.txt				Wonen	106	

				4 8	
BRO127+Zeeheldenbuurt,+Bare ndrecht_geval+1_resultaten_res ultaten\wonend_vakantiehuis- dag50-nacht100.txt	W o n e n	6 8 9 2			

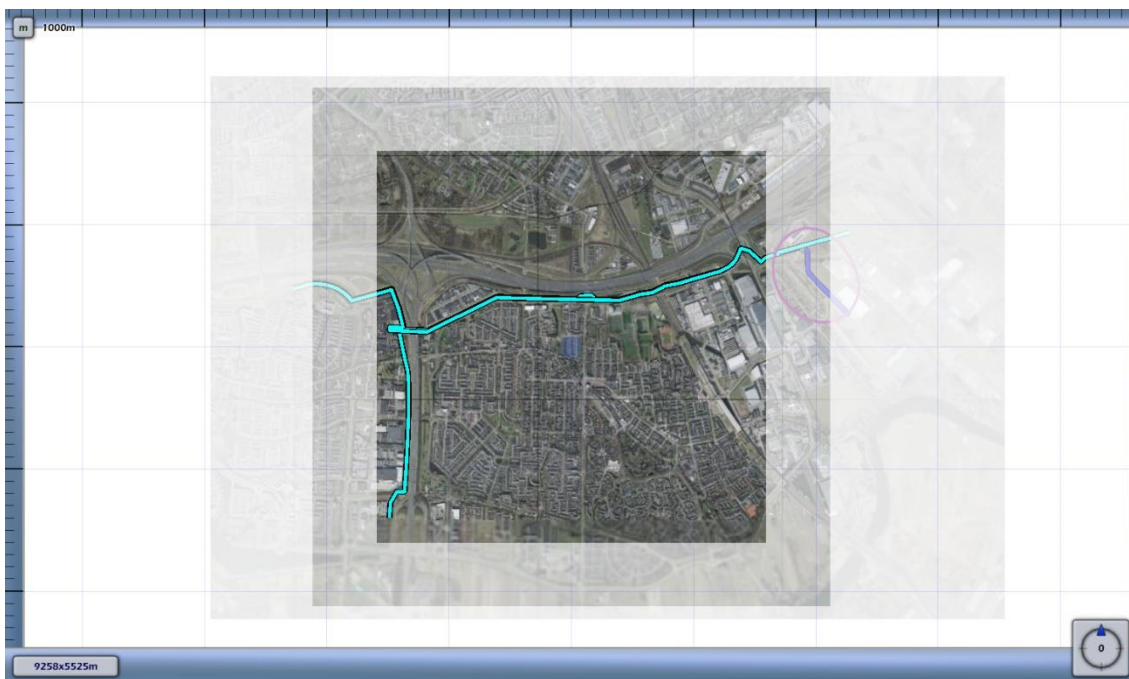
3 Plaatsgebonden risico

Voor de in voorgaande hoofdstuk genoemde leidingen is het plaatsgebonden risico bepaald. Voor elk van de leidingen wordt het plaatsgebonden risico weergegeven als iso-risicocontouren op een achtergrondkaart.

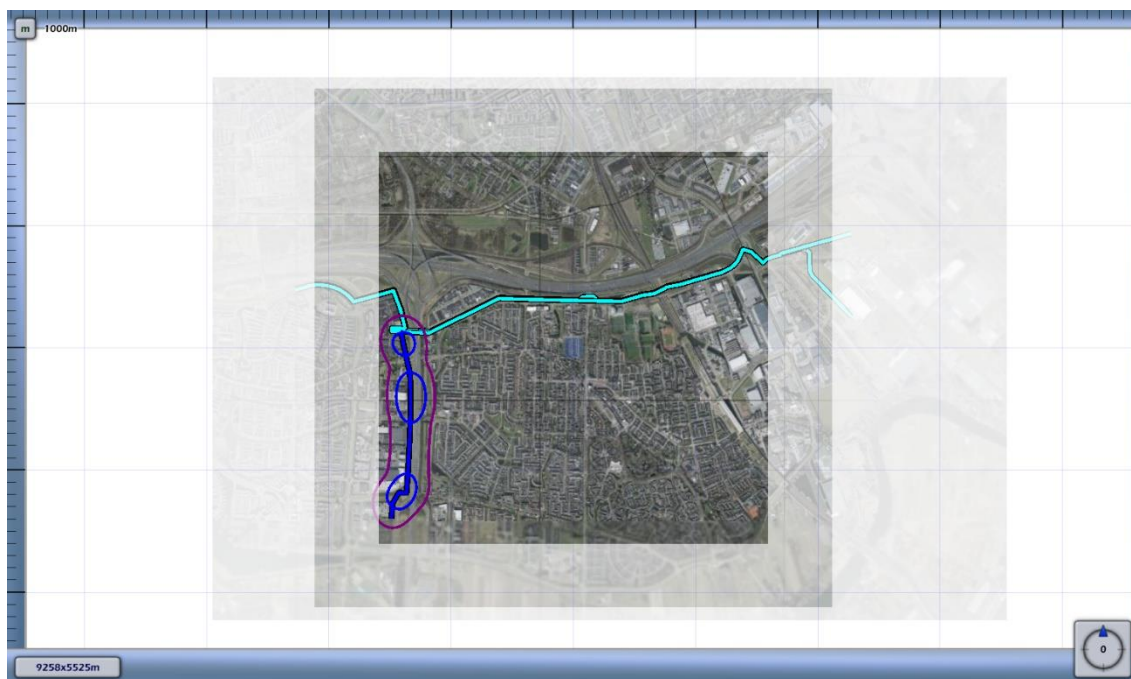
3.1 Figuur 3.1 Plaatsgebonden risico voor 7928_leiding-A-517-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



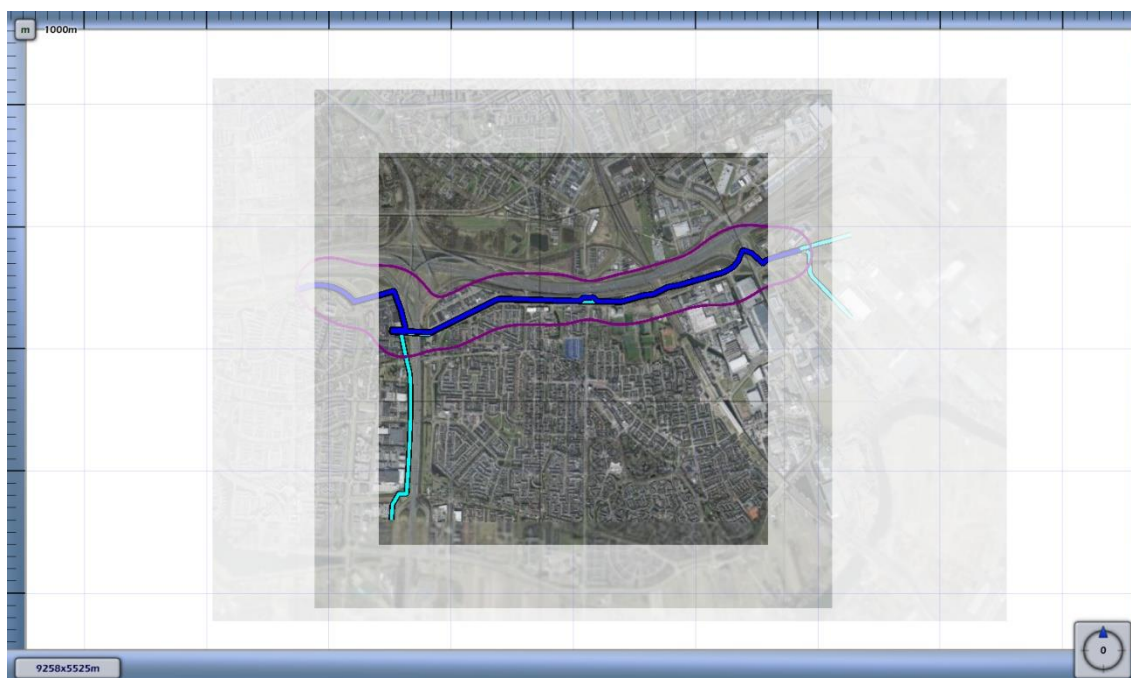
3.2 Figuur 3.2 Plaatsgebonden risico voor 7928_leiding-A-555-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



3.3 Figuur 3.3 Plaatsgebonden risico voor 7928_leiding-A-559-07-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



3.4 Figuur 3.4 Plaatsgebonden risico voor 7928_leiding-A-559-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



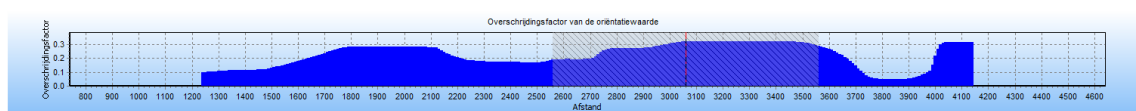
1E-4	
1E-5	
1E-6	
1E-7	
1E-8	

4 Groepsrisico screening

Om in één oogopslag een indruk te krijgen van het groepsrisico wordt het groepsrisico gescreend alvorens voor specifieke segmenten FN-curves te visualiseren. Voor elk van de leidingen wordt per stationing de overschrijdingsfactor van de oriëntatiewaarde van het groepsrisico weergegeven. Deze is berekend door rondom elk punt op de leiding één 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 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 1 geeft aan dat de FN-curve onder de oriëntatiewaarde blijft. Bij een waarde van 1 zal de FN-curve de oriëntatiewaarde raken. Bij een waarde groter dan 1 wordt de oriëntatiewaarde overschreden.

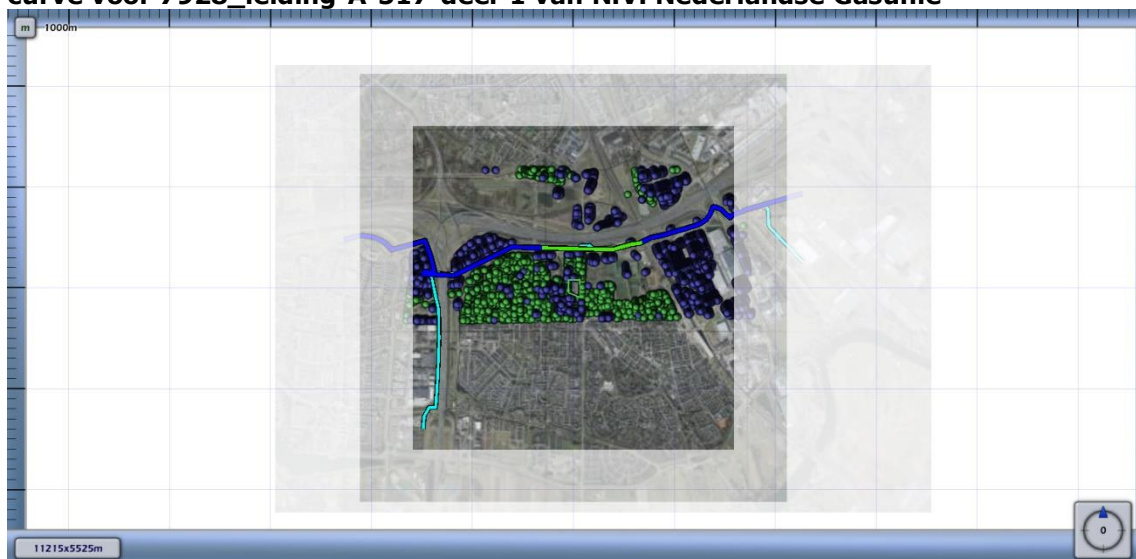
4.1 Figuur 4.1 Groepsrisico screening voor 7928_leiding-A-517-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



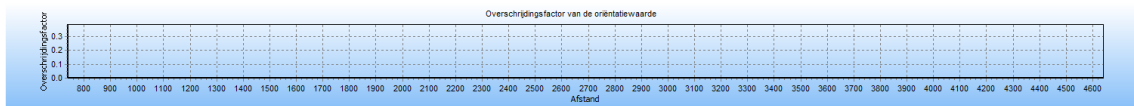
De maximale overschrijdingsfactor van deze kilometer leiding wordt gevonden bij 586 slachtoffers en een frequentie van $9.33E-009$.

De maximale overschrijdingsfactor voor dit tracé is gelijk aan 0.320 en correspondeert met die kilometer leiding die gekarakteriseerd wordt door stationing 2560.00 en stationing 3560.00. Voor deze kilometer leiding is de FN-curve opgenomen in het volgende hoofdstuk. De betreffende kilometer leiding is gevisualiseerd in figuur 4.1

Figuur 4.1 Kilometer leiding behorende bij de maximale overschrijding van de FN-curve voor 7928_leiding-A-517-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



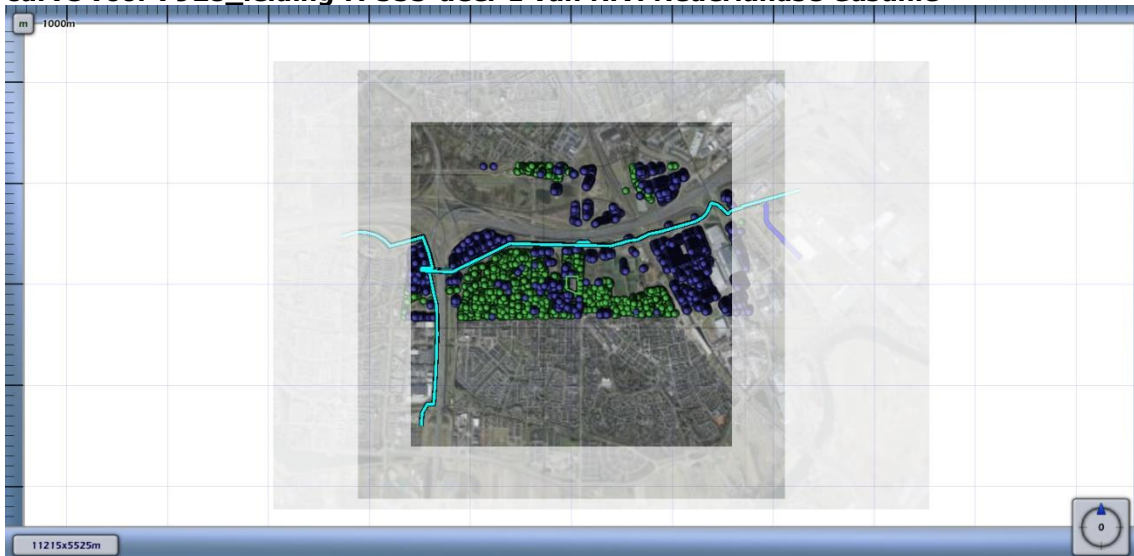
4.2 Figuur 4.2 Groepsrisico screening voor 7928_leiding-A-555-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



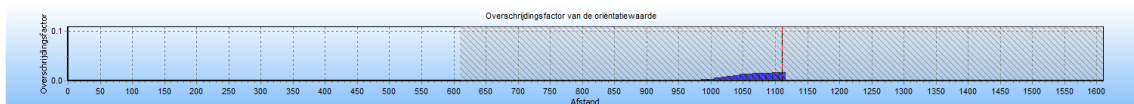
De maximale overschrijdingsfactor van deze kilometer leiding wordt gevonden bij 0 slachtoffers en een frequentie van 0.00E+000.

De maximale overschrijdingsfactor voor dit tracé is gelijk aan 0.000E+000 en correspondeert met die kilometer leiding die gekarakteriseerd wordt door stationing 0.00 en stationing 0.00. Voor deze kilometer leiding is de FN-curve opgenomen in het volgende hoofdstuk. De betreffende kilometer leiding is gevisualiseerd in figuur 4.2

Figuur 4.2 Kilometer leiding behorende bij de maximale overschrijding van de FN-curve voor 7928_leiding-A-555-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



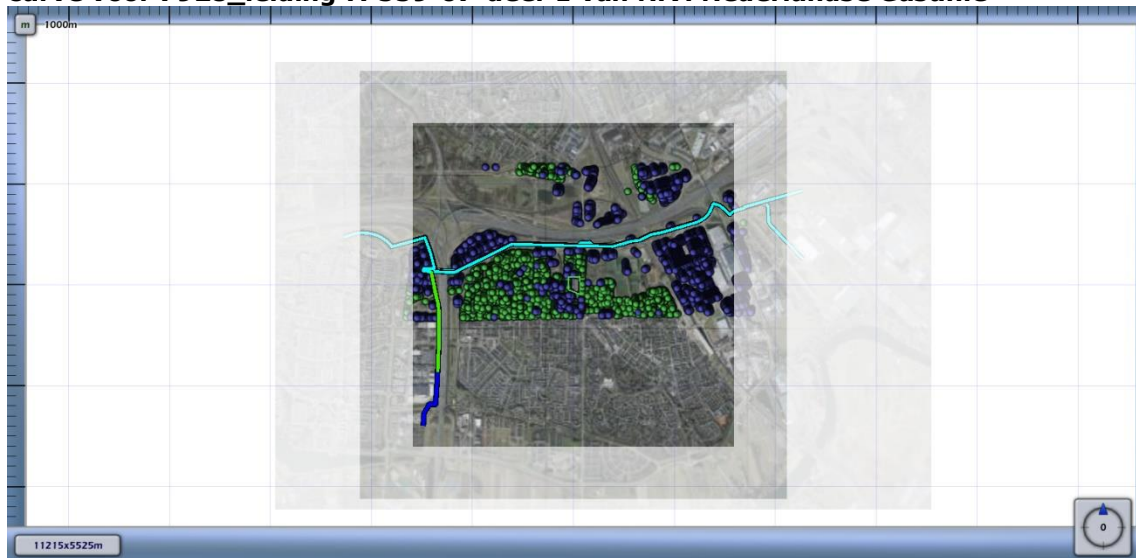
4.3 Figuur 4.3 Groepsrisico screening voor 7928_leiding-A-559-07-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



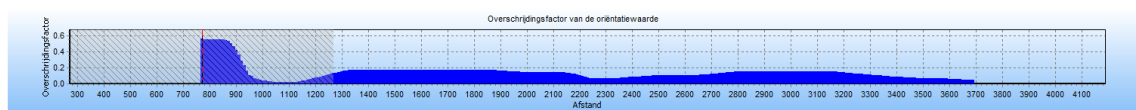
De maximale overschrijdingsfactor van deze kilometer leiding wordt gevonden bij 79 slachtoffers en een frequentie van 2.66E-008.

De maximale overschrijdingsfactor voor dit tracé is gelijk aan 0.017 en correspondeert met die kilometer leiding die gekarakteriseerd wordt door stationing 610.00 en stationing 1610.00. Voor deze kilometer leiding is de FN-curve opgenomen in het volgende hoofdstuk. De betreffende kilometer leiding is gevisualiseerd in figuur 4.3

Figuur 4.3 Kilometer leiding behorende bij de maximale overschrijding van de FN-curve voor 7928_leiding-A-559-07-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



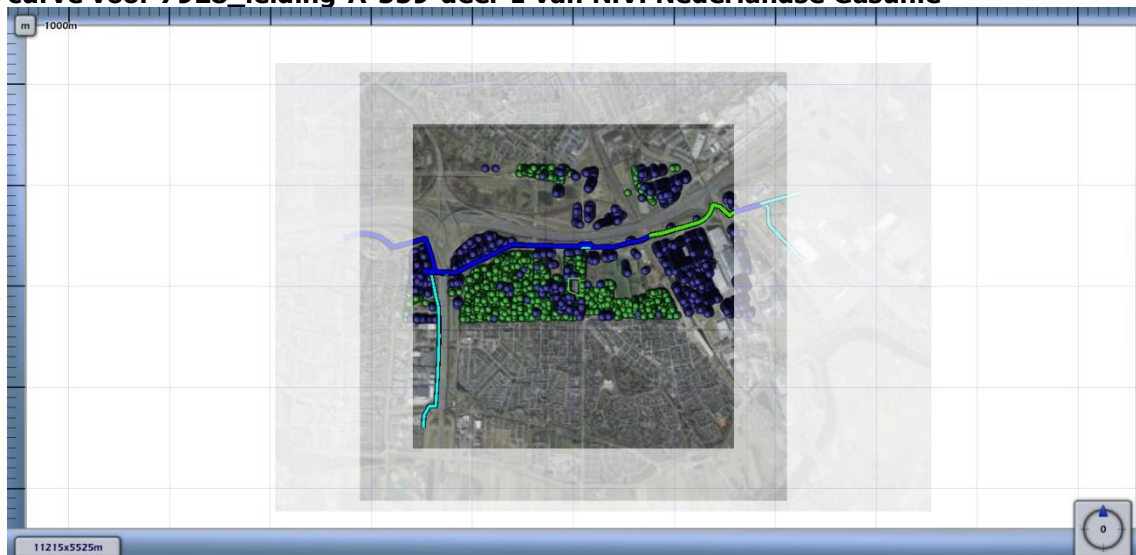
4.4 Figuur 4.4 Groepsrisico screening voor 7928_leiding-A-559-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



De maximale overschrijdingsfactor van deze kilometer leiding wordt gevonden bij 1375 slachtoffers en een frequentie van 2.98E-009.

De maximale overschrijdingsfactor voor dit tracé is gelijk aan 0.563 en correspondeert met die kilometer leiding die gekarakteriseerd wordt door stationing 270.00 en stationing 1270.00. Voor deze kilometer leiding is de FN-curve opgenomen in het volgende hoofdstuk. De betreffende kilometer leiding is gevisualiseerd in figuur 4.4

Figuur 4.4 Kilometer leiding behorende bij de maximale overschrijding van de FN-curve voor 7928_leiding-A-559-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie



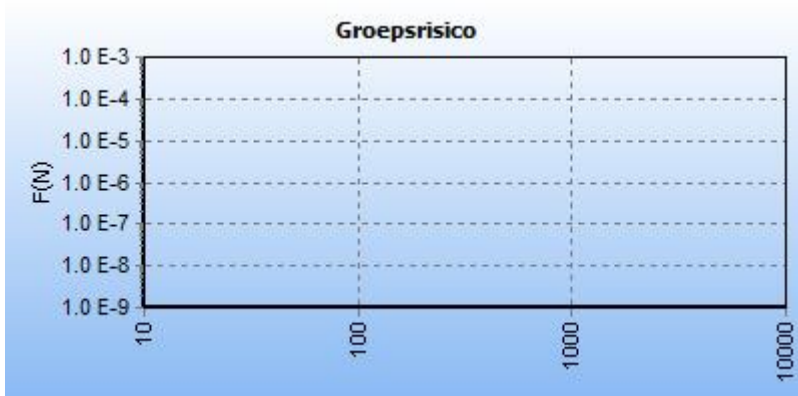
5 FN curves

Voor elk van de eerder genoemde leidingen is het groepsrisico berekend. Een samenvatting van de resultaten hiervan is gegeven in het voorgaande hoofdstuk; in dit hoofdstuk wordt voor elk van de leidingen de daadwerkelijke FN-curve gegeven van de (in termen van groepsrisico) "slechtste" kilometer van het betreffende tracé.

5.1 Figuur 5.1 FN curve voor 7928_leiding-A-517-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie voor de kilometer tussen stationing 2560.00 en stationing 3560.00



5.2 Figuur 5.2 FN curve voor 7928_leiding-A-555-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie voor de kilometer tussen stationing 0.00 en stationing 0.00



5.3 Figuur 5.3 FN curve voor 7928_leiding-A-559-07-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie voor de kilometer tussen stationing 610.00 en stationing 1610.00



5.4 Figuur 5.4 FN curve voor 7928_leiding-A-559-deel-1 van N.V. Nederlandse Gasunie voor de kilometer tussen stationing 270.00 en stationing 1270.00



6 Referenties

- [1] Handleiding Risicoberekeningen Bevb. Versie 1.0. 20 december 2010.
- [2] Risicomethodiek aardgastransportleidingen. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Brief 390/06 CEV Lah/pbz-1191. 6 november 2006.
- [3] Risicomethodiek aardgastransportleidingen. Ministerie van VROM. Brief 2006.334302. 7 december 2006.
- [4] Laheij GMH, Vliet AAC van, Kooi ES. Achtergronden bij de vervanging van zoneringafstanden hogedruk aardgastransportleidingen van de N.V. Nederlandse Gasunie. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapport 620121001/2008. 2008.
- [5] M. Gielisse, M.T. Dröge, G.R. Kuik. Risicoanalyse aardgastransportleidingen. N.V. Nederlandse Gasunie. DEI 2008.R.0939. 2008.