



Adviesgroep AVIV BV
Piet Heinstraat 12
7511 JE Enschede

Consequentieonderzoek / NERI

Project 235557
Datum 1 juli 2024

Consequentieonderzoek / NERI

Project 235557

Datum 1 juli 2024

Auteur(s) Ing. A.J.H. Schulenberg
Ing. A.M. op den Dries
Ing. L.M.A. Mentink

Versie nr. 1.2

Opdrachtgever Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Centrum Veiligheid
Afdeling Omgevingsveiligheid
Antonie van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1 Inleiding	7
2 Bedrijven	8
2.1 Werkwijze bedrijven	8
2.2 Resultaten bedrijven	9
2.3 Discussie en extrapolatie bedrijven	16
2.4 Validiteit en beperkingen bij onderzoek bedrijven	20
2.5 Conclusie bedrijven	21
3 Vervoer gevaarlijke stoffen (Vgs)	22
3.1 Werkwijze vgs	22
3.2 Resultaten en discussie vgs	24
3.3 Realistische situatie	30
3.4 Validiteit en beperkingen bij onderzoek vgs	33
3.5 Conclusie vgs	33
4 Buisleidingen	35
4.1 Werkwijze buisleidingen	35
4.2 Resultaten buisleidingen	38
4.3 Discussie buisleidingen	47
4.4 Validiteit en beperkingen bij onderzoek buisleidingen	49
4.5 Conclusie buisleidingen	49
5 Conclusies NERI Consequentieonderzoek	51
Referenties	53
Bijlage 1. Afbeeldingen PR-contouren bedrijven	55
Bijlage 2 Uitgangspunten en resultaten vgs	73
Bijlage 3 Selectie buisleidingen	80
Bijlage 4 Resultaten overige buisleidingen	85

Samenvatting

In 2025 loopt het contract af met de leverancier van het wettelijk voorgeschreven rekenpakket Safeti-NL (DNV [1,2]). Het ministerie van IenW heeft een nieuw contract met DNV afgesloten. Het uitgangspunt in dit onderzoek is dat Safeti-NL vanaf 2025 dan ook gebruikt wordt voor het berekenen van de risico's van hogedrukaardgasleidingen (ter vervanging van CAROLA [12]) en de risico's van het vervoer van gevaarlijke stoffen (ter vervanging van RBM II [3]). Het ministerie van IenW besluit uiteindelijk over het **Nieuwe Externe veiligheid Reken Instrument (NERI)**.

Het ministerie van IenW wil daarom graag inzicht in de consequenties van de overgang naar Safeti-NL versie 2025 voor de motivatie van het besluit om deze versie al dan niet voor te schrijven in de regelgeving. De doelstelling van dit consequentieonderzoek is inzicht te geven in de gevolgen die het voorschrijven van Safeti-NL versie 2025 heeft op de berekende omgevingsveiligheidsrisico's van activiteiten met gevaarlijke stoffen. Het consequentieonderzoek is daarom uitgevoerd voor bedrijven, vervoer gevaarlijke stoffen en buisleidingen.

Bedrijven

Voor de activiteiten in het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) waarvoor nu Safeti-NL wordt toegepast, is gekeken of toepassing van Safeti-NL versie 8.8 leidt tot verandering van de plaatsgebonden risicocontour (PR-contour) zoals berekend met de nu voorgeschreven Safeti-NL versie 8.3. Daarvoor zijn de verschillen tussen Safeti-NL versie 8.3 en versie 8.8 geïnterpreteerd [1, 2]. Op basis van deze verschillen zijn typen activiteiten en bedrijven geselecteerd waarvoor een verandering van de PR 10^{-6} contour te verwachten is. Dit heeft geresulteerd in 59 bedrijven die met beide versies van Safeti-NL zijn doorgerekend en waarvan de berekende PR-contouren met elkaar zijn vergeleken. Daarnaast is beoordeeld of de PR-contouren berekend met Safeti-NL versie 8.8 leiden tot saneringssituaties voor de ruimtelijke ordening.

Vervoer gevaarlijke stoffen

Voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor wordt onderzocht wat de verschillen zijn tussen het rekenprogramma RBM II versie 2.3 (hierna RBM II) en Safeti-NL versie 8.8 met elk hun eigen modellen en tussen de verschillende rekenvoorschriften. Hiervoor zijn voor een spoor situatie de plaatsgebonden risicocontouren berekend met beide programma's. Om de verschillen goed in kaart te brengen zijn deze berekeningen in verschillende stappen doorgerekend. Daarnaast is onderzocht wat de verschillen zijn in de invoer en de rekentijd tussen beide programma's. Voor dit laatste wordt een realistische, maar complexe situatie ingevoerd en doorgerekend met beide rekenprogramma's.

Buisleidingen

Voor het consequentieonderzoek is voor buisleidingen onderscheid gemaakt tussen hogedruk aardgasleidingen en buisleidingen met andere gevaarlijke stoffen. Voor elk type buisleiding zijn representatieve, fictieve buisleidingen geselecteerd. Voor deze geselecteerde buisleidingen is het plaatsgebonden risico berekend op basis van de huidige methodiek en met Safeti-NL versie 8.8. De uitkomsten zijn met elkaar vergeleken.

Voor hogedruk aardgasleidingen wordt het plaatsgebonden risico berekend met het rekenprogramma CAROLA en met Safeti-NL versie 8.8. De plaatsgebonden risicocontouren zijn met elkaar vergeleken. Daarnaast is onderzocht wat de verschillen zijn in de invoer en de rekentijd tussen beide programma's. Voor dit laatste wordt een realistische, maar complexe situatie ingevoerd en doorgerekend met beide rekenprogramma's.

Overige buisleidingen zijn buisleidingen met andere gevaarlijke stoffen dan aardgas. Op basis van een steekproef van verschillende buisleidingen is het verschil tussen Safeti-NL versie 8.3 en Safeti-NL versie 8.8 voor verschillende gevaarlijke stoffen inzichtelijk gemaakt. Per stof en type leiding is het berekende plaatsgebonden risico van beide versies van het rekenprogramma met elkaar vergeleken.

Conclusies

Algemeen kan gesteld worden dat het in Safeti-NL versie 8.8 opgenomen Miller model en het nieuwe zwaargas model van invloed zijn op de PR-contouren (voor alle modaliteiten).

De invoer in RBM II en CAROLA is eenvoudiger dan in Safeti-NL. Invoer in Safeti-NL vraagt meer kennis van de gebruiker. Aanbevolen wordt te gaan werken met standaard invoermodules voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over weg, water en spoor en voor aardgasbuisleidingen.

Een verandering in de probitwaarden of voorbeeldstof geeft afhankelijk van de wijziging (meer of minder toxisch) een groter of kleiner plaatsgebonden risico.

Door de complexiteit aan stoffen en procescondities bij bedrijven is op basis van dit onderzoek niet te zeggen of bij bedrijven waar de geselecteerde stoffen aanwezig zijn de PR-contouren veel zullen veranderen. Ook is niet te zeggen dat bij de overige bedrijven de PR-contouren niet zullen veranderen.

De berekeningen met Safeti-NL versie 8.8 leiden voor de doorgerekende bedrijven in relatie tot kwetsbare objecten tot één nieuw kwetsbaar object binnen de PR 10^{-6} contour.

Voor de overige bedrijven (en bedrijf 15) geldt dat er grotere PR 10^{-6} contouren worden berekend bij bedrijven waar stoffen in de categorieën LT1, LT2 en/of LT3 bepalend zijn voor de ligging van deze contour. Voor deze stoffen werden de toenames van de contouren niet vooraf verwacht. Het gaat hier immers niet om stoffen waar het zwaar gas model voor wordt

gebruikt. Er zitten bij deze berekeningen onduidelijkheden in de uitvoer van Safeti-NL. Aanbevolen wordt verder te onderzoeken hoe de verschillen bij LT-stoffen te verklaren zijn.

Voor het vervoer van gevaarlijk stoffen is in het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid (Rvov), ten opzichte van de Handleiding risicoanalyse transport (Hart), sprake van andere beginfrequenties voor de verschillende stofcategorieën die gehanteerd worden in de huidige rekenmethodiek (Hart). Daarnaast is er een andere kansverdeling in de gebeurtenisbomen waardoor bij toxische stoffen de continue scenario's in het Rvov een grotere kans van optreden hebben. Ook is in het Rvov de Blevé kans kleiner dan in de Hart. Afhankelijk van de stofcategorieën en bijhorende gebeurtenisboom wordt het plaatsgebonden risico groter of kleiner.

Voor de aardgasbuisleidingen is het plaatsgebonden risico berekend met Safeti-NL versie 8.8 in een aantal gevallen groter en in een aantal gevallen kleiner dan de contouren die berekend zijn met CAROLA. De berekeningswijze van CAROLA is niet transparant. Het is daarom niet goed te duiden waardoor het plaatsgebonden risico bij de kleinere leidingen 8 en 12 inch op korte afstand overeenkomen en op grotere afstand uiteenlopen.

Voor de meeste overige buisleidingen is er geen significante verandering van de PR contouren waargenomen. Alleen bij waterstof neemt het plaatsgebonden risico af. Op basis van de uitgevoerde berekeningen worden voor deze buisleidingen geen knelpunten verwacht bij het invoeren van Safeti-NL versie 2025.

1 Inleiding

In 2025 loopt het contract af met de leverancier van het wettelijk voorgeschreven rekenpakket Safeti-NL (DNV [1,2]). Het ministerie van IenW heeft een nieuw contract met DNV afgesloten. Het uitgangspunt in dit onderzoek is dat Safeti-NL vanaf 2025 dan ook gebruikt wordt voor het berekenen van de risico's van hogedrukaardgasleidingen (ter vervanging van CAROLA [12]) en de risico's van het vervoer van gevaarlijke stoffen (ter vervanging van RBM II [3]). Het ministerie van IenW besluit uiteindelijk over het **Nieuwe Externe veiligheid Reken Instrument (NERI)**.

Vanaf 2025 gaat een nieuwe versie van Safeti-NL gebruikt worden (hierna Safeti-NL versie 2025). Met DNV is afgesproken dat Safeti-NL versie 2025 inhoudelijk gelijk is aan Safeti-NL versie 8.8; alleen de gebruiksvriendelijkheid wordt verbeterd en eventuele bugs worden gerepareerd. Safeti-NL versie 2025 kan leiden tot andere rekenresultaten dan zoals berekend met de huidige voorgeschreven rekenpakketten (Safeti-NL versie 8.3, RBM II en CAROLA).

Het ministerie van IenW wil graag inzicht in de consequenties van de overgang naar Safeti-NL versie 2025 voor de motivatie van een besluit om deze versie al dan niet voor te schrijven in de regelgeving. Om die reden wordt dit consequentieonderzoek uitgevoerd, waarin onderzocht wordt of het voorschrijven van Safeti-NL versie 2025 leidt tot knelpunten in de ruimtelijke ordening.

De doelstelling van dit onderzoek is inzicht te geven in de gevolgen die het voorschrijven van Safeti-NL versie 2025 heeft op de berekende omgevingsveiligheidsrisico's van activiteiten (inrichtingen, buisleidingen, vervoer) met gevaarlijke stoffen. Concreet betekent dit dat voor de risicovolle activiteiten waarvoor nu Safeti-NL, CAROLA en RBM II worden toegepast, is gekeken of toepassing van Safeti-NL versie 2025 leidt tot verandering van de plaatsgebonden risicocontour en wat de gevolgen hiervan zijn voor de ruimtelijke ordening.

Het consequentieonderzoek is uitgevoerd voor bedrijven, vervoer gevaarlijke stoffen en buisleidingen. Hoofdstuk twee, drie en vier beschrijven de werkwijze, resultaten, discussie en conclusie per modaliteit. Hoofdstuk vijf ten slotte bevat de conclusie van dit onderzoek. In de bijlagen zijn per modaliteit aanvullende achtergrondinformatie en toelichtingen op de werkwijze en discussie opgenomen.

2 Bedrijven

2.1 Werkwijze bedrijven

Voor de activiteiten in het Bkl waarvoor nu Safeti-NL wordt toegepast, is gekeken of toepassing van Safeti-NL versie 8.8 leidt tot verandering van de plaatsgebonden risicocontour (PR-contour) zoals berekend met de nu voorgeschreven Safeti-NL versie 8.3. Het Bkl maakt onderscheid naar activiteiten met vastgestelde afstanden voor het plaatsgebonden risico (activiteiten A.1 – A.12, B.1 – B.5) en activiteiten waarvoor de afstand berekend moet worden (D.2 en E.2 – E.13). Het consequentieonderzoek is voor bedrijven op de volgende manier afgebakend:

- Het onderzoek is beperkt tot de PR 10^{-6} contour;
- Het onderzoek is beperkt tot de activiteiten waarvoor gerekend moet worden;
- Voor het onderzoek is een steekproef gedaan waarbij de focus ligt op de verschillen tussen Safeti-NL versie 8.3 en Safeti-NL versie 8.8;
- Het onderzoek is beperkt tot de ligging van de PR 10^{-6} contour en een inventarisatie van de aanwezigheid van bestaande en geplande (zeer) kwetsbare objecten binnen deze contour.

De verschillen tussen Safeti-NL versie 8.3 en versie 8.8 zijn geïnventariseerd [1, 2]. Op basis van de verschillen zijn typen activiteiten en bedrijven geselecteerd waarvoor een verandering van de PR 10^{-6} contour te verwachten is. Tabel 1 geeft deze selectiecriteria weer.

Aanpassing in versie 8.8	Verwachting	Geselecteerde stoffen
Verbeterd zwaar gas model	Verwacht wordt dat de PR 10^{-6} groter is met verbeterd zwaar gas model. In het nieuwe model is de spreiding van de wolk anders waardoor de wolk minder breed is, maar wel langer ¹ en daardoor verder reikt.	Chloor, LNG, NH ₃ , Fosgeen
Miller-model ipv Cone-model (fakkel)	In het Miller model is een nieuwe vorm en andere warmtestraling voor de fakkel voor gasvormig waterstof verondersteld. Hierdoor wordt verwacht dat de effectafstand en daarmee de PR 10^{-6} groter is met het Miller model ²	Waterstof
Probit ingevuld, nu ook toxisch effect	Naast een brand effect is er nu ook een toxisch effect voor deze stoffen, dit kan van invloed te zijn op de PR 10^{-6} contour.	Propyleenoxide, methanol
Dippr aangepast	Aanpassing van de Dippr database geeft verandering van de stofgegevens en sommige formules zijn veranderd. Dit kan van invloed zijn op de PR 10^{-6} .	1,3-butadiëen, Fosgeen

Tabel 1. Selectiecriteria op basis van Safeti-NL verschillen

¹ Wijziging op basis van Jack Rabbit II experimenten.

² Zie <https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/prs.11867>

Bedrijven waarbij de geselecteerde stoffen onderdeel uitmaken van de bedrijfsvoering zijn in overleg met het RIVM steekproefsgewijs geselecteerd. Naast de aanwezigheid van de geselecteerde stoffen is ook een verdeling over het land gemaakt, zodat vanuit alle landsdelen bedrijven zijn geselecteerd. Per stof zijn ten minste twee bedrijven geselecteerd. Aanvullend op deze gerichte selectie, zijn ook bedrijven meegenomen waarvoor geen verandering verwacht wordt. Het resultaat van deze selectie is een lijst van 70 bedrijven waarvoor het RIVM bij de betreffende omgevingsdiensten de rekenfiles heeft opgevraagd.

In de selectie bleken twee bedrijven twee keer geselecteerd te zijn op basis van verschillende selectiecriteria. Deze stonden dubbel op de lijst. Daarnaast zijn van tien bedrijven de rekenfiles niet geleverd omdat bijvoorbeeld het bedrijf niet meer bleek te bestaan. Aanvullend is één extra bedrijf toegevoegd (waaraan nummer 72 is toegekend). Het resultaat van de inventarisatie is dat in totaal 59 rekenfiles zijn ontvangen en zijn doorgerekend. De bedrijven die dubbel zijn geselecteerd hebben de nummers 5 en 12 en 15 en 47. In paragraaf 2.2 worden dus 61 resultaten getoond. Verder zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De rekenfiles worden geopend en doorgerekend met Safeti-NL versie 8.3 en versie 8.8;
- Files opgesteld met Safeti-NL versie 6.54 worden eerst omgezet naar versie 8.3 en doorgerekend. De studies versie 6.54 worden automatisch ingelezen, maar aanvullend zijn wel handmatige bewerkingen nodig. Dit betreft het aanpassen van Long pipeline scenario's en het aanpassen en invullen van modelparameters (de hoogte van de vloeistofkolom (tank head) en de hoogte van de uitstroming (elevation)). Daar waar noodzakelijk zijn deze aanpassingen gedaan. De resultaten van de naar versie 8.3 omgezette studie worden vergeleken met de resultaten van versie 8.8;
- Voor het omzetten naar versie 8.8 van studies met daarin methanol of propyleenoxide is het noodzakelijk de nieuwe stoffen met toxische probit te selecteren;
- Files opgesteld met Safeti-NL versie 8.5 worden vergeleken met versie 8.8. Deze versie kan niet worden "teruggezet" naar versie 8.3.

De PR 10^{-6} contouren van beide berekeningen worden met elkaar vergeleken en in een afbeelding geplaatst. Op basis van de oppervlakte van de contour wordt bepaald of de contour groter of kleiner wordt. Tot slot is geïnventariseerd hoeveel objecten en geprojecteerde objecten aanwezig zijn binnen de beide PR 10^{-6} contouren en of het aantal (geprojecteerde) objecten toeneemt binnen de PR 10^{-6} contour berekend met Safeti-NL versie 8.8. Daarvoor is gebruik gemaakt van de WFS (Web Feature Service) -Kaartlaag 'Kwetsbaarheid gebouwen (Bkl)' [8].

2.2 Resultaten bedrijven

De resultaten van de berekeningen worden anoniem gepresenteerd. Elk bedrijf is voorzien van een nummer. De resultaten van het onderzoek van de bedrijven worden per geselecteerde stof uitgewerkt in een tabel. De eerste kolom van de tabel geeft het nummer van het bedrijf. De tweede kolom geeft aan wat het verschil is tussen de PR 10^{-6} contour met Safeti-NL versie 8.8 en de contour die berekend is met versie 8.3. Hiervoor is gekeken naar

het verschil in het totale oppervlak van de twee PR 10^{-6} contouren. Daarbij zijn onderstaande criteria gehanteerd:

Toe- / afname oppervlak PR 10^{-6}	Beoordeling
+/- 1%	=
+ 1% tot 20%	+
+ 20% tot 60%	++
+ 60% tot 100%	+++
- 1% tot -20%	-
- 20% tot -60%	--
- 60% tot -100%	---

Tabel 2. Beoordeling verandering PR 10^{-6}

Als in de kolom aanvullend (+/-) staat, ligt een deel van de versie 8.8 contour binnen en een deel buiten de PR-contour van versie 8.3. Dit kan bijvoorbeeld voorkomen bij bedrijven waar meerdere verschillende stoffen aanwezig zijn.

In de laatste kolom staan de opmerkingen. In bijlage 1 staat per bedrijf een afbeelding met daarop de PR-contour berekend met versie 8.3 (of versie 8.5) en met versie 8.8.

2.2.1 Resultaten Chloor

In Safeti-NL versie 8.8 wordt een verbeterd zwaar gas model gebruikt. De stof chloor is geselecteerd voor de beschouwing van dit verschil tussen de twee versies van het rekenmodel. Voor de analyse van deze stof zijn vier bedrijven doorgerekend. De resultaten staan in tabel 3.

Id	PR toe- / afname	Opmerking
3	+	
5	-	PR wordt niet bepaald door chloor, maar door waterstof (fireball en explosie)
6	+	
7	+	

Tabel 3. Resultaten berekeningen geselecteerde stof Chloor

Bij drie bedrijven neemt de omvang van de PR 10^{-6} contour toe. De contour van één bedrijf wordt kleiner. Bij bedrijf 5 wordt de PR-contour niet bepaald door chloor, maar zijn de fireball en explosie van waterstof bepalend.

2.2.2 Resultaten LNG

In Safeti-NL versie 8.8 wordt een verbeterd zwaar gas model gebruikt. De stof LNG is geselecteerd voor de beschouwing van dit verschil tussen de twee versies van het rekenmodel. Voor de analyse van deze stof zijn vijf bedrijven doorgerekend. De resultaten staan in tabel 4.

Id	PR toe- / afname	Opmerking
26	-	PR contour wordt vooral bepaald door fakkelbrand met plasbrand effect
27	-	
28	+	PR contour wordt vooral bepaald door wolkbrand/explosie met plasbrand effect
29	=	Geen verschil in modellering tussen versie 8.5 en versie 8.8
30	--	PR contour wordt vooral bepaald door propaan en ethyleen

Tabel 4. Resultaten berekeningen geselecteerde stof LNG

Bij drie bedrijven neemt de omvang van de PR 10^{-6} contour af. De contour van één bedrijf neemt toe. Hier is specifiek het effect wolkbrand/explosie van invloed op de PR-contour. Bij bedrijf 30 wordt de PR-contour niet bepaald door LNG, maar zijn propaan en ethyleen bepalend voor de resultaten. Hieruit blijkt dat de PR 10^{-6} contour zowel toe kan nemen als kan afnemen indien deze wordt bepaald door LNG. Dit is afhankelijk van het type scenario dat bepalend is voor de PR 10^{-6} contour.

2.2.3 Resultaten Ammoniak

In Safeti-NL versie 8.8 wordt een verbeterd zwaar gas model gebruikt. De stof ammoniak is geselecteerd voor de beschouwing van dit verschil tussen de twee versies van het rekenmodel. Voor de analyse van deze stof zijn vijf bedrijven doorgerekend. De resultaten staan in tabel 5.

Id	PR toe- / afname	Opmerking
32	+	
33	=	
34	-	PR contour wordt vooral bepaald door hexaan en methaan
35	++	
37	+	

Tabel 5. Resultaten berekeningen geselecteerde stof ammoniak

Bij drie bedrijven neemt de omvang van de PR 10^{-6} contour toe. De contour van één bedrijf neemt af. Hier zijn andere stoffen bepalend voor de PR-contour. Bij bedrijf 33 blijft de PR-contour gelijk. Het voornaamste verschil tussen bedrijf 33 en de andere bedrijven is de temperatuur van de ammoniak.

2.2.4 Resultaten Fosgeen

In Safeti-NL versie 8.8 wordt een verbeterd zwaar gas model gebruikt. De stof Fosgeen is geselecteerd voor de beschouwing van dit verschil tussen de twee versies van het rekenmodel. Daarnaast zijn voor Fosgeen ook de stofgegevens in de Dippr database aangepast. Voor de analyse van deze stof zijn twee bedrijven doorgerekend. De resultaten staan in tabel 6.

Id	PR toe- / afname	Opmerking
43	+	PR toename niet door fosgeen, maar door aanwezigheid CO
44	-	

Tabel 6. Resultaten berekeningen geselecteerde stof Fosgeen

Bij één bedrijf neemt de omvang van de PR 10^{-6} contour toe. Dit wordt niet veroorzaakt door fosgeen, maar door de aanwezigheid van tot vloeistof gekoeld koolmonoxide. Hierop is het zwaargas model van invloed. De invloed van fosgeen op de PR contour van dit bedrijf blijft vrijwel gelijk tussen beide versies van het rekenprogramma. De contour van het andere bedrijf neemt af.

2.2.5 Resultaten Waterstof

In Safeti-NL versie 8.8 wordt voor gasvormig waterstof het Miller-model gebruikt in plaats van het Cone-model voor het fakkemodel. De fakkel wordt met het Miller-model langer waardoor voor gasvormig waterstof een toename van de PR 10^{-6} contour verwacht wordt. De stof waterstof is geselecteerd voor de beschouwing van dit verschil tussen de twee versies van het rekenmodel. Voor de analyse van deze stof zijn vijf bedrijven doorgerekend. De resultaten staan in tabel 7.

Id	PR toe- / afname	Opmerking
8	=	PR wordt niet bepaald door fakkel maar door standalone fireball
9	+	
10	+	Vergelijking Safeti-NL versie 8.5 en versie 8.8
11	=	Waterstof is niet bepalend voor PR-contour
12	-	PR wordt niet bepaald door fakkel maar door fireball en explosie

Tabel 7. Resultaten berekeningen geselecteerde stof Waterstof

Bij twee bedrijven neemt de omvang van de PR 10^{-6} contour toe. De contour van één bedrijf wordt kleiner. Bij bedrijf 12 wordt de PR-contour niet bepaald door de fakkel, maar zijn de fireball en explosie van waterstof bepalend. Bij dit bedrijf zijn meerdere gevaarlijke stoffen aanwezig. Bij twee bedrijven blijft de PR 10^{-6} contour gelijk, hier is de waterstof fakkel niet bepalend voor de PR 10^{-6} contour.

2.2.6 Resultaten propyleenoxide

In Safeti-NL versie 8.8 is voor de giftige en ontvlambare stof 1,2-propyleenoxide de probitwaarde ingevuld, zodat ook de giftige effecten kunnen worden berekend. De stof propyleenoxide is daarom geselecteerd voor de beschouwing van dit verschil tussen de twee versies van het rekenmodel. Voor de analyse van deze stof zijn zes bedrijven doorgerekend. De resultaten staan in tabel 8.

Id	PR toe- / afname	Opmerking
13	--	PR wordt lager door kleiner risico propyleenoxide.
14	-	PR wordt lager door kleiner risico propyleenoxide. Ook K1 stof aanwezig
15	++	Allylamine bepalend voor 10^{-6} contour.
16	=	
17	-	Ethyleenoxide en ammoniak bepalend voor 10^{-6} contour
18	=	

Tabel 8. Resultaten berekeningen geselecteerde stof propyleenoxide

Bij één bedrijf neemt de omvang van de PR 10^{-6} contour toe. Propyleenoxide is bij dit bedrijf niet bepalend voor de PR 10^{-6} contour. Dit komt door allylamine. Dit wordt in paragraaf 2.3.10 beschouwd. De contour van drie bedrijven wordt kleiner en bij twee blijft deze gelijk. Uit de berekeningen blijkt dat het toevoegen van het toxische effect van propyleenoxide geen invloed heeft op de ligging van de PR 10^{-6} contour.

2.2.7 Resultaten methanol

In Safeti-NL versie 8.8 is voor de giftige en ontvlambare stof methanol de probitwaarde ingevuld, zodat ook de giftige effecten kunnen worden berekend. De stof methanol is daarom geselecteerd voor de beschouwing van dit verschil tussen de twee versies van het rekenmodel. Voor de analyse van deze stof zijn zes bedrijven doorgerekend. De resultaten staan in tabel 9.

Id	PR toe- / afname	Opmerking
19	-	
20	- (+/-)	PR wordt lager door aanwezigheid PGS 15 opslag. Methanol blijft gelijk
22	=	
23	=	
24	=	Geen methanol in de psux-file
25	+ (+/-)	PR contour wordt bij methanol kleiner

Tabel 9. Resultaten berekeningen geselecteerde stof methanol

Bij één bedrijf neemt de omvang van de PR 10^{-6} contour toe. Methanol is bij dit bedrijf niet bepalend voor de PR 10^{-6} contour. De contour van twee bedrijven wordt kleiner en bij drie blijft deze gelijk. Uit de berekeningen blijkt dat het toevoegen van het toxische effect van methanol geen invloed heeft op de ligging van de PR 10^{-6} contour.

2.2.8 Resultaten 1,3-butadiëen

In Safeti-NL versie 8.8 zijn voor 1,3-butadiëen de stofgegevens in de Dippr database aangepast. Deze stof is geselecteerd voor de beschouwing van dit verschil tussen de twee versies van het rekenmodel. Voor de analyse van deze stof zijn twee bedrijven doorgerekend. De resultaten staan in tabel 10.

Id	PR toe- / afname	Opmerking
45	+	PR neemt alleen bij waterstof toe, PR contour wordt niet door 1,3-butadiëen veroorzaakt
46	=	

Tabel 10. Resultaten berekeningen geselecteerde stof 1,3-butadiëen

Bij één bedrijf neemt de omvang van de PR 10^{-6} contour toe. Dit wordt niet veroorzaakt door 1,3-butadiëen, maar door de aanwezigheid van andere stoffen die bepalend zijn voor de PR 10^{-6} contour. De contour van het andere bedrijf blijft gelijk. De voorlopige conclusie is dat het aanpassen van de Dippr database van 1,3-butadiëen geen invloed heeft op de ligging van de PR 10^{-6} contour.

2.2.9 Resultaten PGS 15 warehouse

In dit onderzoek is aanvullend gekeken naar eventuele verschillen tussen Safeti-NL versie 8.8 en versie 8.3 bij de berekening van de PR-contouren van bedrijven met opslag van gevaarlijke stoffen in emballage (PGS 15). Voor de analyse van deze stof zijn zes bedrijven doorgerekend waarbij het warehousemodel in de psux-file aanwezig is en is één bedrijf doorgerekend waarbij het vrijkomen van onverbrand product (ADR 6.1) bepalend is voor de PR 10^{-6} contour. De resultaten staan in tabel 11.

Id	PR toe- / afname	Opmerking
38	--	
39	=	
40	nvt	Geen PR 10^{-6} contour berekend
41	-	
42	=	
63	++	PR is gelijk waar deze wordt veroorzaakt door PGS 15, groter waar deze wordt veroorzaakt door propaan
72	+++	Onverbrand product bepalend voor de PR contour

Tabel 11. Resultaten berekeningen PGS 15

Bij vier bedrijven neemt de omvang van de PR 10^{-6} contour af of blijft deze gelijk. Alleen bij het scenario met onverbrand product neemt de contour fors toe. Dit wordt in paragraaf 2.3.9 verder beschouwd.

2.2.10 Resultaten overige bedrijven

Onderdeel van dit onderzoek is het kijken naar eventuele verschillen tussen Safeti-NL versie 8.8 en versie 8.3 bij de berekening van andere stoffen dan hierboven genoemd. Enerzijds ter bevestiging van de eerder gemaakte lijst met stoffen waarop dit deel van het onderzoek is gebaseerd en anderzijds om te zien of er andere PR-contouren ontstaan bij andere stoffen. De resultaten staan in tabel 12.

Id	PR toe- / afname	Opmerking
47	++	Allylamine bepalend voor 10^{-6} contour
48	-	PR contour aan noord zijde groter door PGS 15 opslag, aan zuidzijde kleiner door n-hexaan
50	+	PR groter door LT3
51	+	PR groter door LT3
52	--	PR kleiner waar deze wordt veroorzaakt door hexaan wolkbrand met plasbrand en gelijk waar deze wordt veroorzaakt door hexaan fakkelbrand
53	- (+/-)	PR kleiner waar deze wordt veroorzaakt door propaan jettfire en groter waar deze wordt veroorzaakt door CO ₂ . De totale oppervlakte PR neemt af.
54	-	PR kleiner waar deze wordt veroorzaakt door hexaan wolkbrand met plasbrand en gelijk waar deze wordt veroorzaakt door butaan
55	-	PR kleiner waar deze wordt veroorzaakt door ethanol of hexaan wolkbrand met plasbrand
56	-	PR kleiner waar deze wordt veroorzaakt door hexaan wolkbrand met plasbrand en gelijk waar deze wordt veroorzaakt door pentaan
57	-	PR gelijk waar deze wordt veroorzaakt door waterstof fluoride, PR iets kleiner daar waar deze wordt veroorzaakt door hexaan wolkbrand met plasbrand. De totale oppervlakte PR neemt af.
58	- (+/-)	PR is groter waar deze wordt veroorzaakt door acrylnitril (LT1) en kleiner waar deze wordt veroorzaakt door hexaan wolkbrand met plasbrand. De totale oppervlakte PR neemt af.
59	=	PR overal gelijk, geen verschil tussen versie 8.5 en 8.8 bij standalone BLEVE, hexaan wolkbrand, hexaan jettfire en standalone jettfire
60	=	PR overal gelijk, wordt veroorzaakt door styreen jet fire
61	=	PR is iets groter waar deze wordt veroorzaakt door mierenzuur
62	-	PR contour kleiner waar deze wordt veroorzaakt door zwaveltrioxide
65	=	PR overal gelijk, wordt veroorzaakt door toxisch effect methylmercaptaan
66	= (+/-)	PR groter waar deze wordt veroorzaakt door acrylnitril (LT1) en chloor en kleiner waar deze wordt veroorzaakt door Aniline.
69	-	PR kleiner waar deze wordt veroorzaakt door waterstofchloride
70	++	PR groter waar deze wordt veroorzaakt door zwaveltrioxide en perazijnzuur

Tabel 12. Resultaten berekeningen overige bedrijven

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de voorbeeldstoffen voor LT1, LT2 en LT3 (acrylnitril, allylamine en acroléine) leiden tot grotere PR contouren. Dit wordt in paragraaf 2.3.10 beschouwd. Verder blijkt dat de PR 10^{-6} contour afneemt indien deze wordt veroorzaakt door het scenario wolkbrand met plasbrand van hexaan of door waterstofchloride. Voor de stoffen pentaan, waterstoffluoride, styreen en methylmercaptaan zijn geen veranderingen in de PR 10^{-6} contour gezien. Ten slotte is er zowel een toename als een afname van de PR 10^{-6} contour te zien bij zwaveltrioxide. Beide beschouwde bedrijven gebruiken een geïmporteerd stoffbestand waarin deze stof als toxisch is ingedeeld. Er is echter geen verschil in gebruikte stoffeigenschappen tussen de beide bestanden. Dit wordt in paragraaf 2.3.10 beschouwd.

2.3 Discussie en extrapolatie bedrijven

2.3.1 Chloor

Door het verbeterde zwaar gas model is de verwachting dat de PR 10^{-6} contour groter zal worden. De resultaten van de berekeningen laten zien dat voor alle beschouwde bedrijven waar chloor bepalend is voor de ligging van de PR 10^{-6} contour, deze toeneemt. Het is daarom aan te nemen dat dit ook geldt voor alle andere bedrijven waar chloor bepalend is voor de ligging van de PR 10^{-6} contour. De toename wordt veroorzaakt door het verbeterde zwaar gas model.

2.3.2 LNG

Uit paragraaf 2.2.2 blijkt dat de PR 10^{-6} contour zowel toe kan nemen als kan afnemen indien deze wordt bepaald door LNG. Dit is afhankelijk van het type scenario dat bepalend is voor de PR 10^{-6} contour. Indien een fakkel het dominante scenario is voor de ligging van de PR 10^{-6} contour, dan wordt een afname van de contour gezien in Safeti-NL versie 8.8. Bij een wolkbrand als dominant scenario wordt juist een toename gezien van de PR 10^{-6} contour.

2.3.3 Ammoniak

Door het verbeterde zwaar gas model is de verwachting dat de PR 10^{-6} contour groter zal worden. De resultaten van de berekeningen laten zien dat voor de meeste beschouwde bedrijven waar ammoniak bepalend is voor de ligging van de PR 10^{-6} contour, deze toeneemt. Er is één bedrijf waarbij dit niet het geval is. Het gaat hier om een bedrijf met een ammoniakkoelinstallatie. De ligging van de PR 10^{-6} contour blijft hier gelijk.

2.3.4 Fosgeen

Er is één bedrijf doorgerekend waar fosgeen de bepalende stof is van de PR 10^{-6} contour. Bij dit bedrijf neemt de PR 10^{-6} contour af. Dit kan zowel komen door de aanpassing in de gebruikte Dippr database als door het verbeterde zwaar gas model. Aangezien andere toxische stoffen een toename laten zien van de PR 10^{-6} contour wordt in deze consequentie

studie aangenomen dat de oorzaak van het lagere plaatsgebonden risico ligt in de aanpassing in de gebruikte Dippr database.

2.3.5 Waterstof

Voor alle beschouwde bedrijven waar het scenario fakkelfbrand van gasvormig waterstof bepalend is voor de ligging van de PR 10^{-6} contour, neemt deze toe. Het is daarom aan te nemen dat dit ook geldt voor alle bedrijven waar het scenario fakkelfbrand van waterstof bepalend is voor de ligging van de PR 10^{-6} contour. De toename wordt veroorzaakt door het Miller-model dat in Safeti-NL versie 8.8 gebruikt wordt voor het modelleren van een waterstoffakkel.

Dit model wordt niet gebruikt bij mengsels met waterstof, het is daarom aannemelijk dat deze toename niet geldt voor bedrijven waar een fakkel met een mengsel met waterstof bepalend is voor de ligging van de PR 10^{-6} contour. Verder blijkt dat de ligging van de PR 10^{-6} contour kleiner wordt daar waar deze wordt bepaald door het instantaan vrijkomen van waterstof waarbij een vuurbal en een explosie kan ontstaan. Tenslotte blijkt dat de effecten van een standalone fireball gelijk blijven.

2.3.6 Propyleenoxide

Voor alle bedrijven is gekeken of het toevoegen van de toxische probitwaarde effect heeft op de ligging van de PR 10^{-6} contour. Uit het onderzoek blijkt dat dit voor geen van de onderzochte bedrijven het geval is. In sommige gevallen neemt de omvang toe, bij andere neemt het af en bij weer andere blijft de PR 10^{-6} contour gelijk. Nergens wordt de PR 10^{-6} contour (mede) bepaald door de toxische component van propyleenoxide.

2.3.7 Methanol

Voor alle bedrijven is gekeken of het toevoegen van de toxische probitwaarde effect heeft op de ligging van de PR 10^{-6} contour. Uit het onderzoek blijkt dat dit voor geen van de onderzochte bedrijven het geval is. In sommige gevallen neemt de omvang toe, bij andere neemt het af en bij weer andere blijft de PR 10^{-6} contour gelijk. Nergens wordt de PR 10^{-6} contour (mede) bepaald door de toxische component van methanol.

2.3.8 1,3-butadiëen

Er zijn twee bedrijven geselecteerd met 1,3-butadiëen. Uit de berekeningen blijkt dat maar bij één bedrijf de ligging van de PR 10^{-6} contour wordt bepaald door deze stof. Bij dit bedrijf verandert de PR 10^{-6} contour niet. De voorlopige conclusie is dat het aanpassen van de Dippr database van 1,3-butadiëen geen invloed heeft op de ligging van de PR contour.

2.3.9 PGS 15 warehouse

De verwachting was dat het verbeterde zwaar gas model mogelijk zou leiden tot grotere afstand van de PR 10^{-6} contour vanwege zwaveldioxide. Uit de berekeningen bleek dat in de meeste gevallen de PR 10^{-6} contour ongeveer gelijk bleef. Alleen bij onverbrand product ADR 6.1 VP I en II is een grote toename geconstateerd van de PR 10^{-6} contour. Het zwaar gas model is bij het warehouse model door de invloed van de brand en de opmenging in de lijwervel niet van invloed. De toxische verbrandingsproducten (zoals SO_2) gassen gedragen zich hierdoor niet als zware gassen.

Bij onverbrand product ADR 6.1 VP I en II is een grote toename geconstateerd van de PR 10^{-6} contour. Het blijkt dat Safeti-NL versie 8.3 geen gebruik maakt van de opmenging in de lijwervel. Ook is de 1% letaliteitsafstand bij F1.5 bij Safeti-NL versie 8.8, met lijwervel, groter dan bij Safeti-NL versie 8.3. Dit moet nader onderzocht worden.

2.3.10 Overige bedrijven

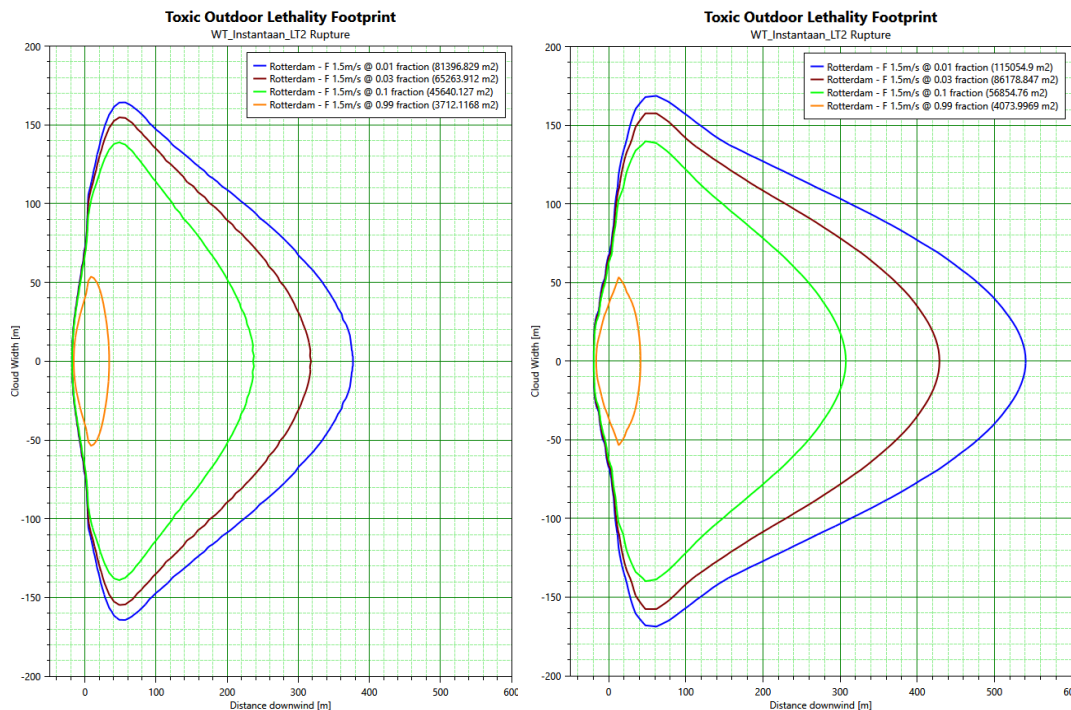
Voor de overige bedrijven (en bedrijf 15) geldt dat er grotere PR 10^{-6} contouren worden gezien bij bedrijven waar LT1, LT2 en/of LT3 bepalend is voor de ligging van deze contour. De verwachting is dat dit ook gaat gelden voor emplacementen en stuwadoorsbedrijven waar deze stoffen aanwezig zijn. Voor deze stoffen zijn de toenames van de contouren niet vooraf verwacht. Het gaat hier immers niet om stoffen waar het zwaar gas model voor wordt gebruikt. Uit een vergelijking van de 1% letaliteitsafstanden in het Summary Maximum Effect Zones (SMEZ) rapport blijkt dat er geen verschil is tussen 8.3 en 8.8. De grafieken laten echter een ander beeld zien zoals blijkt uit figuur 1 waarin de letaliteit van het instantaan falen van een container LT2 bij F1.5 's nachts is uitgezet tegen de afstand.

Verder blijkt dat de PR 10^{-6} contour afneemt indien deze wordt veroorzaakt door het scenario wolkbrand met plasbrand van hexaan. Dit volgscenario komt voor bij het scenario instantaan falen. Dit scenario is vooral dominant bij grotere opslagen van hexaan.

Ook voor waterstofchloride is een afname te zien. De dichtheid van dit gas is vergelijkbaar met lucht waardoor het zwaar gas model niet wordt gebruikt bij het modelleren van de verspreiding.

Voor de stoffen pentaan, waterstoffluoride, styreen en methylmercaptaan zijn geen veranderingen in de PR 10^{-6} contour gezien.

Bij zwaveltrioxide is zowel een toename als een afname te zien van de PR 10^{-6} contour. Op basis van deze twee berekeningen is niet direct duidelijk is waar dit door wordt veroorzaakt. Beide berekeningen maken gebruik van hetzelfde geïmporteerde stoffbestand en niet van de stofgegevens opgenomen in Safeti-NL versie 8.8. Dit zal nader onderzocht moeten worden.



Figuur 1. Letaliteit Safeti-NL versie 8.3 (links) versus versie 8.8 (rechts)

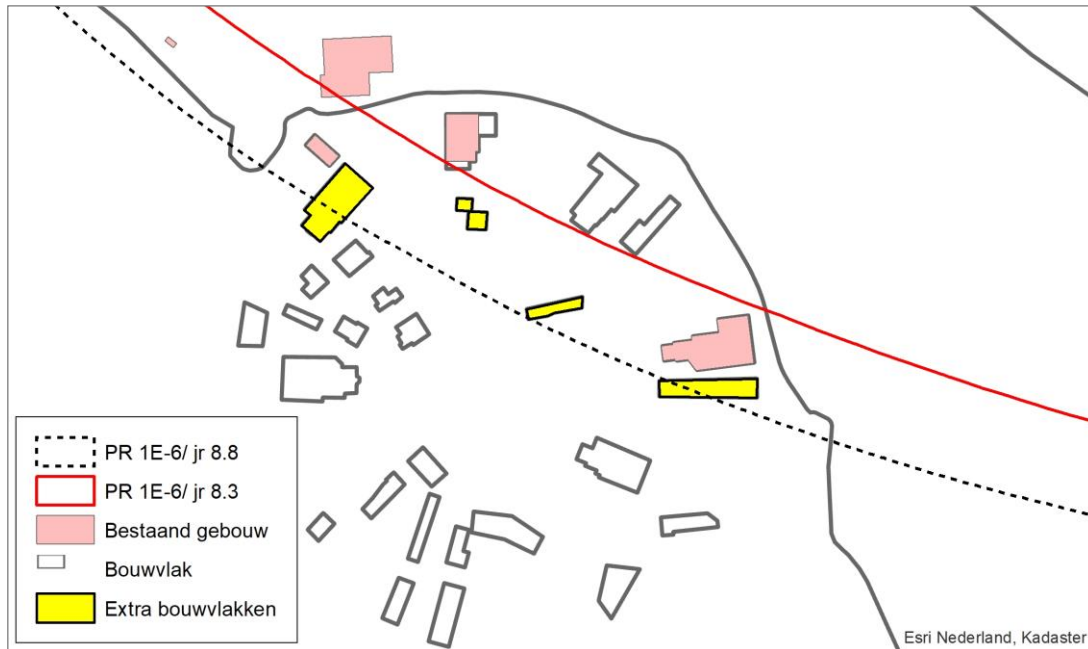
2.3.11 Aantal kwetsbare objecten binnen PR 10⁻⁶ contour

Op basis van de berekende PR 10⁻⁶ contouren met Safeti-NL versie 8.3 en versie 8.8 is bepaald hoeveel (zeer) kwetsbare gebouwen binnen deze contouren zijn gelegen in beide situaties. Daarvoor is gebruik gemaakt van de WFS (Web Feature Service) - Kaartlaag ‘Kwetsbaarheid gebouwen (Bkl)’ [8]. De gebouwen in deze laag zijn ingedeeld als Zeer kwetsbaar, Kwetsbaar, Beperkt kwetsbaar, Mogelijk kwetsbaar of Overige gebouwen.

In drie gevallen is er een verschil bij de kwetsbare gebouwen. Bij bedrijf 15 en 72 komt er in beide gevallen door de berekening met Safeti-NL versie 8.8 één extra kwetsbaar gebouw binnen de PR 10⁻⁶ te liggen. Bij bedrijf 15 is sprake van een vastgestelde veiligheidscontour voor het gebied. De PR 10⁻⁶ contour berekend met Safeti-NL versie 8.8 blijft binnen deze veiligheidscontour. Voor bedrijf 72 geldt dat het kwetsbare object een kantoorgebouw betreft. Bij bedrijf 52 liggen 7 kwetsbare gebouwen minder binnen de PR 10⁻⁶ contour. Op basis van de resultaten van dit onderzoek leiden de berekeningen met Safeti-NL versie 8.8 bij de onderzochte bedrijven tot één saneringssituatie.

Naast de bestaande bebouwing is ook gekeken naar geprojecteerde bebouwing. Hiervoor is binnen de PR-contouren die ruimer worden, de bestaande bebouwing zoals geïdentificeerd met de WFS-laag [8] vergeleken met bestemmingsplaninformatie [9]. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van figuur 2. De gebouwen uit de WFS-laag zijn roze gekleurd. Geel weergegeven zijn de vier bouwvlakken die zich tussen de twee contouren bevinden. Hoewel

op dit moment nog onbebouwd is er binnen de bouwvlakken de mogelijkheid om gebouwen op te richten. In dit geval gaat het om de bestemming 'bedrijventerrein'.



Figuur 2. Inventariseren geprojecteerde objecten

Op deze wijze is voor 18 bedrijven (met ruimere PR 10^{-6} contour) de situatie in beeld gebracht en beoordeeld. In totaal zijn zes bouwvlakken geïdentificeerd die alle een bedrijfsbestemming hebben. Het resultaat van beide exercities wordt getoond in tabel 21 na de figuren in bijlage 1.

2.4 Validiteit en beperkingen bij onderzoek bedrijven

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van circa 60 verschillende rekenbestanden. Door het kiezen van verschillende typen bedrijven met verschillende stoffen is getracht een zo goed mogelijk beeld te schetsen van de te verwachten verandering van de PR 10^{-6} contour. Gezien de verscheidenheid van bedrijven in Nederland kan het zijn dat de 60 bedrijven niet het gehele beeld geven van de te verwachten verandering van de PR 10^{-6} contour.

Sommige geselecteerde stoffen komen maar bij een beperkt aantal bedrijven voor (fosgeen, 1,3-butadiëen) waardoor de te selecteren bedrijven beperkt zijn. Het is niet zeker of er meer bedrijven zijn met deze stoffen. Voor andere typen geselecteerde stoffen is in verhouding maar een beperkt aantal bedrijven geselecteerd (bijvoorbeeld ammoniak, warehouses). In de praktijk zijn bij meer bedrijven deze stoffen aanwezig in verschillende procescondities. De conclusies voor deze stoffen zijn daarmee ook voorlopig. Andere procescondities kunnen bijvoorbeeld leiden tot andere verschillen in de resultaten.

2.5 Conclusie bedrijven

Het verbeterde zwaar gas model leidt tot grotere PR contouren bij toxische stoffen waar de dispersiemodellering gebruik maakt van dit model.

Voor waterstof kan de contour toenemen als deze wordt bepaald door het (horizontale) fakkelscenario en wordt deze kleiner als deze wordt bepaald door een wolkbrand/explosie. Voor LNG geldt het omgekeerde, hier is er een afname te zien als de PR contour wordt veroorzaakt door een fakkel.

Voor de stoffen propyleenoxide, methanol en 1,3-butadiëen is geen significante wijziging van de PR 10^{-6} contour gesignaleerd.

Bij de stof fosgeen neemt de PR 10^{-6} contour af. Dit is ook het geval bij hexaan indien het scenario wolkbrand met plasbrand bepalend is voor de ligging van de PR 10^{-6} contour.

De berekeningen met Safeti-NL versie 8.8 leiden voor de doorgerekende bedrijven in relatie tot kwetsbare objecten binnen de PR 10^{-6} contour van bedrijf 72 tot één nieuw kwetsbaar object, te weten een kantoor met bruto vloer oppervlak groter dan 1500 m^2 . In relatie tot geprojecteerde kwetsbare objecten zijn geen extra objecten geïdentificeerd.

3 Vervoer gevaarlijke stoffen (Vgs)

3.1 Werkwijze vgs

Voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor wordt onderzocht wat de verschillen zijn tussen het rekenprogramma RBM II versie 2.3 (hierna RBM II) en de bijhorende Handleiding risicoanalyse transport (Hart) [3, 4] en Safeti-NL versie 8.8 en het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid (Rvov) [5]. Hiervoor worden voor een spoor situatie de plaatsgebonden risicocontouren berekend met beide programma's. Ook wordt onderzocht wat de verschillen zijn in de invoer en de rekentijd tussen beide programma's. Voor dit laatste wordt een realistische, maar complexe situatie ingevoerd en doorgerekend met beide rekenprogramma's.

Bij het opstellen van zowel de standaard als de realistische situatie wordt ten minste rekening gehouden met de volgende verschillen tussen RBM II en Safeti-NL versie 8.8:

- De gebeurtenisbomen in RBM II zijn anders dan die in het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid. Met name voor stofcategorie A/GF3 is dit van belang (zie bijlage 2 voor de gebeurtenisbomen);
- De faalfrequenties zijn in het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid verschillend van die in RBM II;
- In het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid wordt voor spoor nu dezelfde stofcategorietoelating gehanteerd als bij weg en water, is gekozen voor enkele andere voorbeeldstoffen en zijn voor een aantal stoffen de probitwaarden gewijzigd.

3.1.1 Werkwijze standaardsituatie spoor

De verschillen tussen de twee rekenprogramma's kunnen leiden tot verschillen in de plaatsgebonden risicocontouren. Om deze verschillen goed in kaart te brengen zijn de berekeningen voor de standaard spoor situaties in verschillende stappen doorgerekend. De uitgangspunten voor de berekeningen worden hieronder beschreven.

Voor de uitvoering van de berekeningen zijn zes projectbestanden opgesteld, één per stofcategorie. De RBM II-bestanden hebben de volgende kenmerken:

- Werkveld van 10000x10000 m
- Weerstation RIVM homogeen
- Spoorlengte ca. 6000 m (van x:y 2000:5000 tot x:y 8000:5000)
- Spoorbreedte 9 meter
- Frequentie hoge snelheid met wisseltoeslag
- Aantal transporten zodanig dat per afzonderlijke stofcategorie PR 10^{-6} contouren worden berekend. Opgemerkt wordt dat deze onrealistisch hoog zijn. Om dit te illustreren worden in tabel 13 ter vergelijking ook de aantallen van het gerealiseerde vervoer in 2023 getoond.

Stof-categorie	Voorbeeld -stof	Aantal transporten		Opmerking
		Consequen-tieonderzoek	Realisatiecijfers 2023 [10]	
A	Propaan	50000	10424	Warme/koude Blevé-verhouding 1
B2	Ammoniak	200000	29120	Warme/koude Blevé-verhouding 1
B3	Chloor	150000	730	100% 's nachts
C3	Pentaaan	50000	18096	
D3	Acrylnitril	100000	2203	
D4	Acroleïne	10000	570	

Tabel 13. Gehanteerd aantal transporten in de berekeningen

Rekenronde 1: standaard RBM II berekening

Als eerste zijn de te beschouwen standaard situaties doorgerekend met RBM II. De gebeurtenisboom en stofcategorïeën zijn conform de Handleiding risicoanalyse transport [4]. Per stofcategorie is het plaatsgebonden risico berekend.

Rekenronde 2: Verschil tussen rekenprogramma's

Voor het in kaart brengen van de verschillen tussen de beide rekenprogramma's zijn de RBM II bestanden nagebouwd in Safeti-NL versie 8.8. Hierbij zijn de gebeurtenisbomen (zie bijlage 2), frequenties, probitwaarden en voorbeeldstoffen van RBM II gehanteerd (op basis van de Hart).

Rekenronde 3: Verschil tussen Handleiding risicoanalyse transport en Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid

Het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid gaat, ten opzichte van de Handleiding risicoanalyse transport, uit van een andere rekenmethodiek. In Safeti-NL versie 8.8 zijn de gebeurtenisbomen en de faalfrequenties volgens het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid ingevoerd. Hierbij zijn de kenmerken van het spoor ongewijzigd gebleven. De uitkomsten van deze rekenronde worden vergeleken met de uitkomsten van de Safeti-NL berekening uit rekenronde 2. Hiermee wordt de invloed van de nieuwe rekenmethodiek in beeld gebracht.

Rekenronde 4: Verschil stofindeling, nieuwe voorbeeldstoffen en aangepaste probits

Tot slot wordt in de vierde rekenronde de invloed van een gewijzigde stoffenindeling en gewijzigde probits op de uitkomsten inzichtelijk gemaakt. De probitwaarden en voorbeeldstoffen volgens de 'Actualisatie giftige voorbeeldstoffen transport gevaarlijke stoffen' [6] worden gehanteerd. Voor de stofindeling wordt uitgegaan van het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid. Omdat het om een vergelijking met RBM II gaat, is hierbij gekeken naar dezelfde vier toxische stofcategorïeën. Tabel 14 toont de nieuwe stofindeling en geeft aan welke verschillen er zijn voor de betreffende stoffen.

Stofcategorie Hart	Voorbeeldstof Hart	Stofcategorie Rvov	Voorbeeldstof Rvov	Opmerking
A	Propaan	GF3	Propaan	
B2	Ammoniak	GT3	Ammoniak (TG)*	Gewijzigde probit
B3	Chloor	GTCI	Chloor (TG)	Gewijzigde probit
C3	Pentaaan	LF2	Pentaaan	
D3	Acrylnitril	LT1	Acrylnitril (TG)	Gewijzigde probit
D4	Acroleïne	LT3	Broom (TG)	Andere voorbeeldstof

Tabel 14. Stofcategorieën rekenronde 4 (* TG: Toxisch gewijzigd zie Safeti-NL)

3.1.2 Werkwijze realistische situatie spoor

Voor de realistische situatie ligt de focus op de aspecten die van belang zijn voor de invoer en rekestijd in Safeti-NL en is de berekening niet in stappen opgedeeld. De invoer, de rekestijd en de berekende plaatsgebonden risicocontouren van RBM II zijn direct vergeleken met Safeti-NL versie 8.8.

De realistische situatie is een spoorroute met zowel een A- (zonder wissel), B- (met wissel) als een C-traject (breed traject met meerdere wissels). De spoorindeling is gebaseerd op de ligging van het spoor in Hengelo, maar aangepast naar een voor dit onderzoek gekozen situatie met een A-, B- en C-traject.

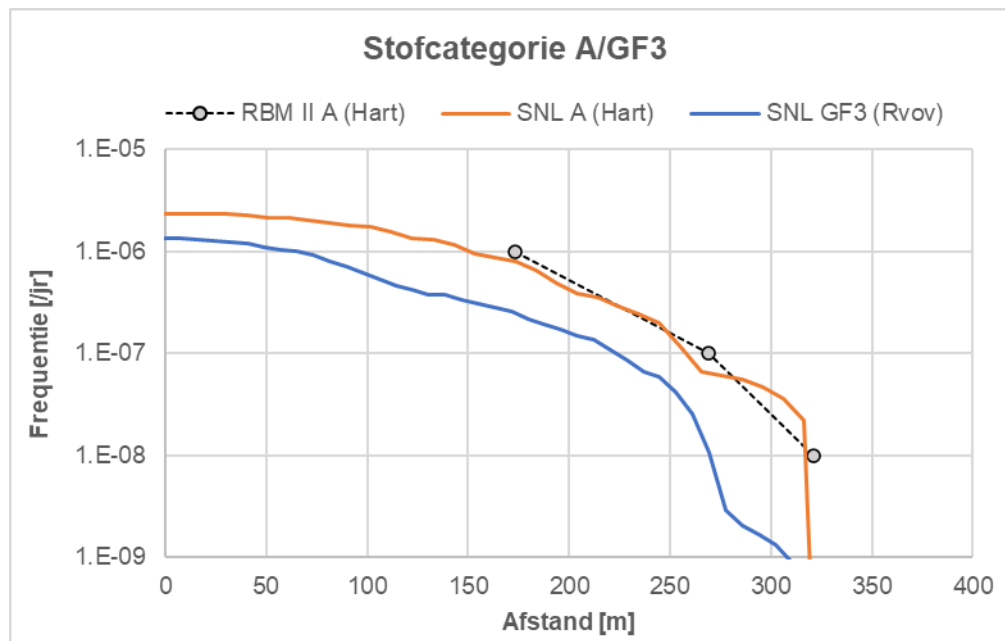
3.2 Resultaten en discussie vgs

Per stofcategorie zijn voor het spoor de resultaten van de rekenrondes in een PR-x grafiek gezet. De volgende afkortingen worden in de grafieken gebruikt:

- RBM II (Hart) : Rekenronde 1 berekening RBM II volgens de Hart
- SNL (Hart) : Rekenronde 2 berekening Safeti-NL versie 8.8 volgens de Hart
- SNL (Rvov) : Rekenronde 3 berekening Safeti-NL versie 8.8 volgens het Rvov
- SNL (Rvov) + Probit : Rekenronde 4 berekening als ronde 3 met aangepaste probit

Opgemerkt wordt dat de afstanden tot de PR 10^{-6} , PR 10^{-7} en PR 10^{-8} contour in het werkveld van RBM II zijn opgemeten. De PR-x curve van RBM II bestaat daardoor uit slechts drie punten. Met Safeti-NL kan een PR-x grafiek geëxporteerd worden die een vloeiend verloop laat zien.

3.2.1 Stofcategorie A/GF3



Figuur 3. Resultaat PR-x stofcategorie A/GF3 inclusief warme Bleve (als stand alone fireball)

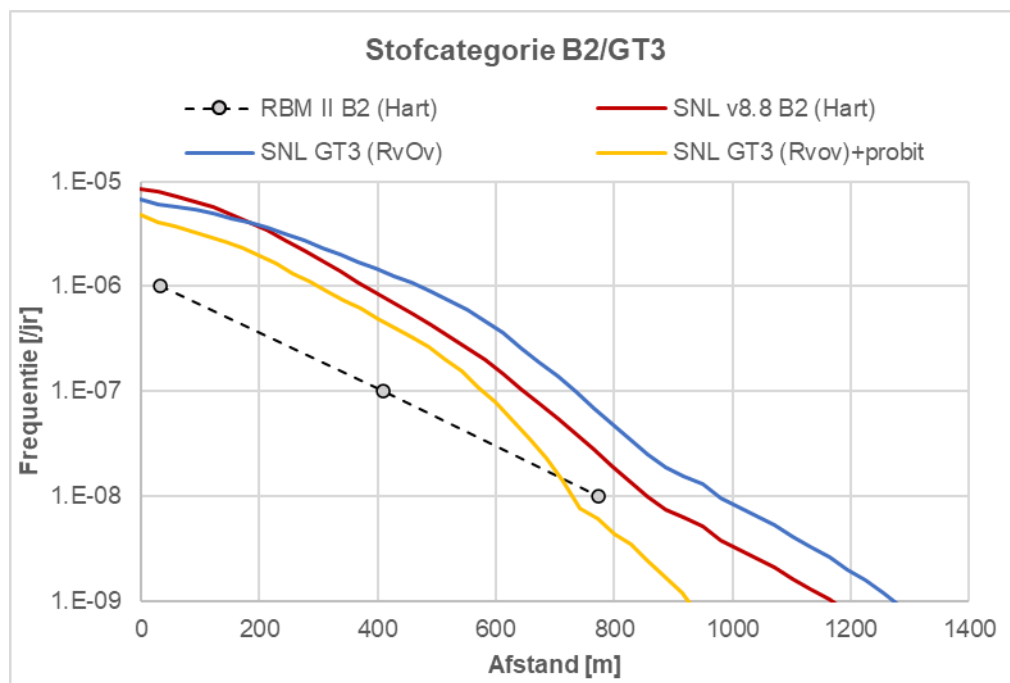
Ronde 1 (RBM II A (Hart)) vs Ronde 2 (SNL A (Hart))

Het vergelijkbare deel van de PR-x-curves van RBM II en Safeti-NL komt goed overeen als wordt uitgegaan van uitstroming inclusief de kans op warme Bleve (bij een warme/koude Bleve-verhouding 1). Als geen warme Bleve wordt meegenomen, berekent Safeti-NL een beduidend grotere PR 10^{-6} afstand dan RBM II (zie bijlage 2).

Ronde 2 (SNL A (Hart)) vs Ronde 3 (SNL GF3 (Rvov))

Ondanks de hogere beginfrequentie in de nieuwe rekenmethode, is het plaatsgebonden risico beduidend lager. Dit is vooral het gevolg van de lagere kans op de warme Bleve. De berekening zonder warme Bleve leidt tot een minder groot verschil (zie bijlage 2).

3.2.2 Stofcategorie B2/GT3



Figuur 4. Resultaat PR-x stofcategorie B2/GT3

Ronde 1 (RBM II B2 (Hart)) vs Ronde 2 (SNL B2 (Hart))

Het plaatsgebonden risiconiveau in Safeti-NL is aanzienlijk hoger dan in RBM II. In beide programma's is de invloed van de warme Blevé waarneembaar.

Net als bij de inrichtingen worden met Safeti-NL voor de stof ammoniak grotere PR-afstanden berekend. Bij het verklaren van de verschillen is het volgende geconstateerd:

- De bronterm is bij beide modellen vergelijkbaar, 70 kg/s.
- Bij RBM II regent ongeveer 60/70% uit en wordt geen plasverdamping meegenomen, de netto bronterm is ca. 25 kg/s.
- Bij Safeti-NL regent 20% uit en wordt plasverdamping meegenomen, de netto bronterm is ca. 60 kg/s.

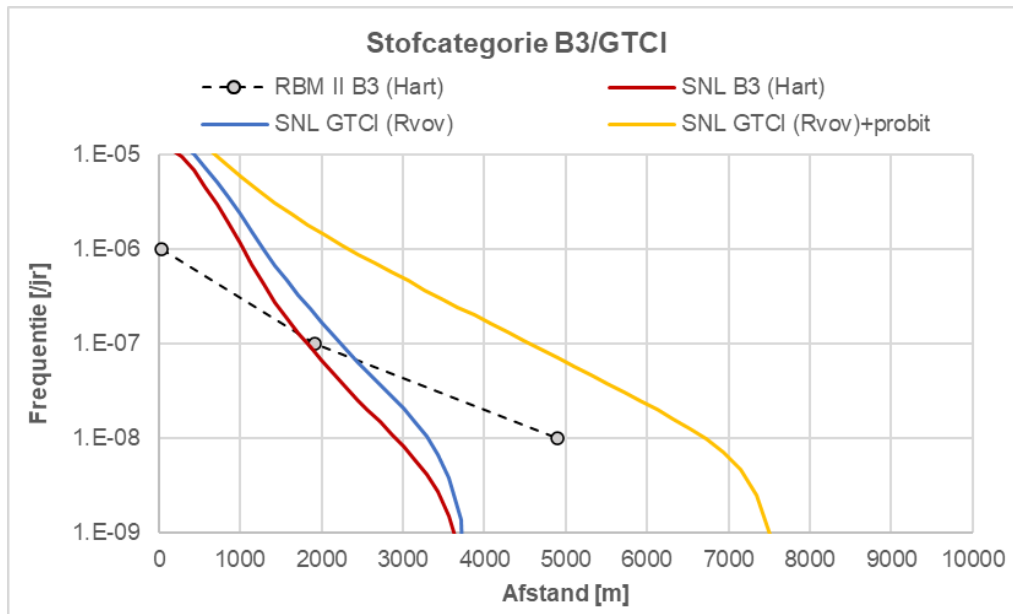
Ronde 2 (SNL B2 (Hart)) vs Ronde 3 (SNL GT3 (Rvov))

In de nieuwe rekenmethode is sprake van een hogere beginfrequentie en is de kans op continue uitstroming groter. Dit leidt tot een groter PR. De invloed van de warme BLEVE is nagenoeg verdwenen.

Ronde 3 (SNL GT3 (Rvov)) vs Ronde 4 (SNL GT3 (Rvov) + probit)

De nieuwe probit relatie leidt tot kleinere PR-afstanden. In vergelijking met RBM II is het PR echter nog steeds groter. De invloed van de warme BLEVE is nagenoeg verdwenen.

3.2.3 Stofcategorie B3/GTCI



Figuur 5. Resultaat PR-x stofcategorie B3/GTCI

Ronde 1 (RBM II B3 (Hart)) vs Ronde 2 (SNL B3 (Hart))

Tot een afstand van ca. 2000 m ligt de PR-x-curve van Safeti-NL hoger dan die van RBM II. Vanaf ca. 2000 m is het PR-niveau berekend met Safeti-NL lager.

Net als bij ammoniak worden voor chloor grotere PR-afstanden berekend. De vermoedelijke oorzaak daarvan is, net als bij stofcategorie B2, het verschil in de uitregende fractie en het wel of niet meenemen van plasverdamping.

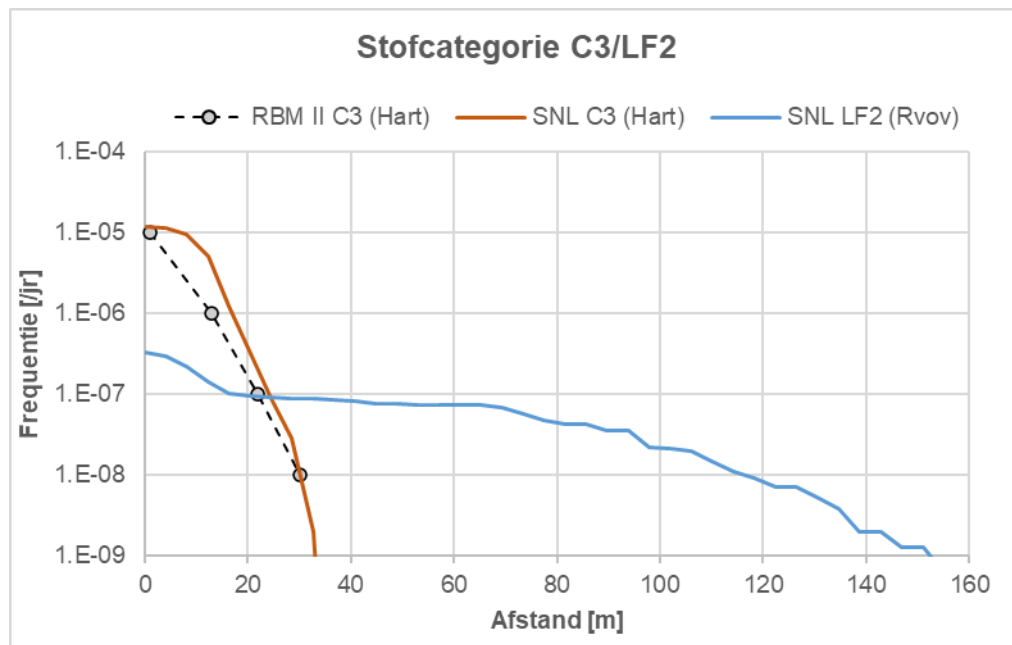
Ronde 2 (SNL B3 (Hart)) vs Ronde 3 (SNL GTCI (Rvov))

In de nieuwe rekenmethode is sprake van een hogere beginfrequentie en is de kans op continue uitstroming groter. Dit leidt tot een groter PR.

Ronde 3 (SNL GTCI (Rvov)) vs Ronde 4 (SNL GTCI (Rvov) + probit)

De nieuwe probitrelatie leidt tot grotere PR-afstanden.

3.2.4 Stofcategorie C3/LF2



Figuur 6. Resultaat PR-x stofcategorie C3/LF2

Ronde 1 (RBM II C3 (Hart)) vs Ronde 2 (SNL C3 (Hart))

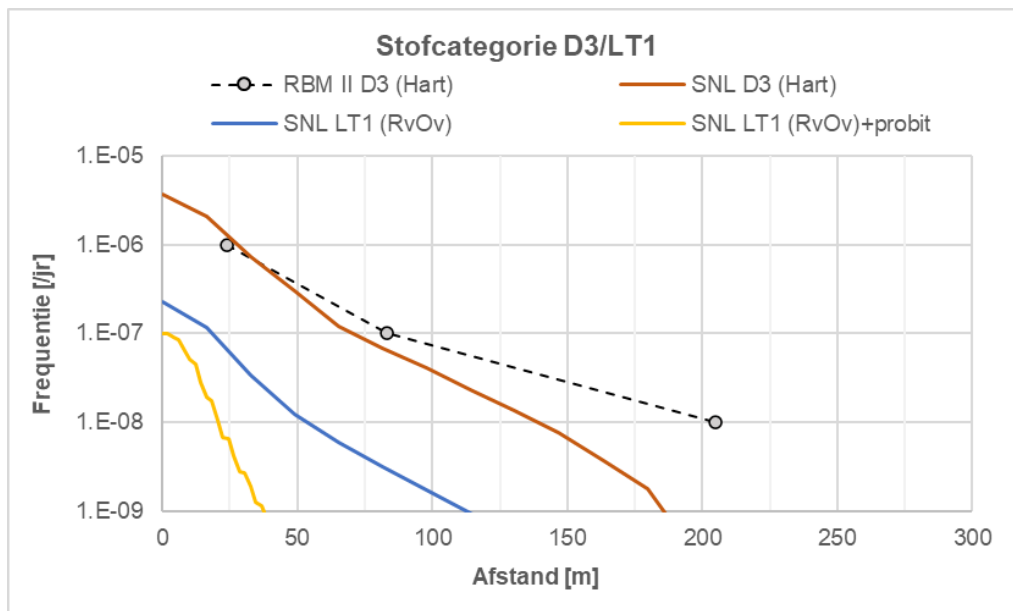
Op korte afstand loopt de PR-x-curve van Safeti-NL horizontaler. Hoe groter de afstand hoe dichter beide curven naar elkaar toe kruipen. Het verschil in PR 10^{-6} afstand is enkele meters.

Ronde 2 (SNL C3 (Hart)) vs Ronde 3 (SNL LF2 (Rvov))

In de nieuwe rekenmethode is sprake van een lagere beginfrequentie en is de kans op continue uitstroming, resulterend in een kleinere plas, groter. Dit leidt tot een PR-niveau lager dan 10^{-6} . Door het scenario vloeistof-BLEVE loopt de PR-curve door tot op grotere afstand.

Het vervoer van brandbare vloeistoffen is in de huidige methodiek van grote invloed op de ligging van de PR 10^{-6} contour. Uit figuur 6 blijkt dat die invloed in de nieuwe methodiek aanzienlijk is verminderd.

3.2.5 Stofcategorie D3/LT1



Figuur 7. Resultaat PR-x stofcategorie D3/LT1

Ronde 1 (RBM II D3 (Hart)) vs Ronde 2 (SNL D3 (Hart))

De PR 10^{-6} afstand berekend met Safeti-NL is groter, het verschil bedraagt enkele meters. Vanaf ongeveer dat punt ligt de PR-x-curve van Safeti-NL lager.

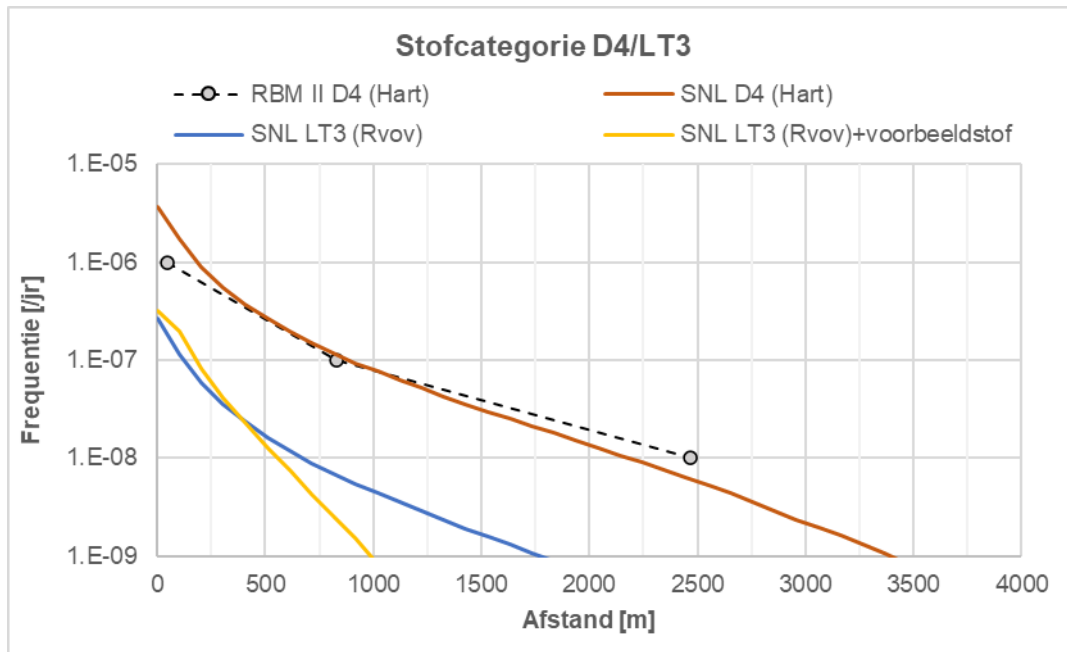
Ronde 2 (SNL D3 (Hart)) vs Ronde 3 (SNL LT1 (Rvov))

In de nieuwe rekenmethode is sprake van een lagere beginfrequentie en is de kans op continue uitstroming, resulterend in een kleinere plas, groter. Dit leidt voor de gehele PR-x-curve tot een PR-niveau dat ongeveer een factor tien lager is in vergelijking met de methodiek conform de Hart.

Ronde 3 (SNL LT1 (Rvov)) vs Ronde 4 (SNL LT1 (Rvov) + probit)

De nieuwe probitrelatie voor acrylnitril leidt tot minder grote PR-afstanden. Door de gewijzigde probit wordt de stof in de berekening als minder toxisch meegenomen.

3.2.6 Stofcategorie D4/LT3



Figuur 8. Resultaat PR-x stofcategorie D4/LT3

Ronde 1 (RBM II D4 (Hart)) vs Ronde 2 (SNL D4 (Hart))

De PR 10^{-6} afstand van Safeti-NL is hoger, een verschil van meer dan 100 m. Vanaf een frequentie van ongeveer $3.00E-7$ gaan beide curven redelijk gelijk op waarbij die van Safeti-NL steeds lager wordt.

Ronde 2 (SNL D4 (Hart)) vs Ronde 3 (SNL LT3 (Rvov))

In de nieuwe rekenmethode is sprake van een lagere beginfrequentie en is de kans op continue uitstroming, resulterend in een kleinere plas, groter. Dit leidt voor de gehele PR-x-curve tot een PR-niveau dat ongeveer een factor tien lager is in vergelijking met de methodiek conform de Hart.

Ronde 3 (SNL LT3 (Rvov)) vs Ronde 4 (SNL LT3 (Rvov) + voorbeeldstof)

Tot het PR-niveau 10^{-8} lopen de PR-x curven van de oude en nieuwe voorbeeldstof redelijk gelijk. Vanaf dat punt loopt de PR-x curve van de nieuwe voorbeeldstof steiler omlaag.

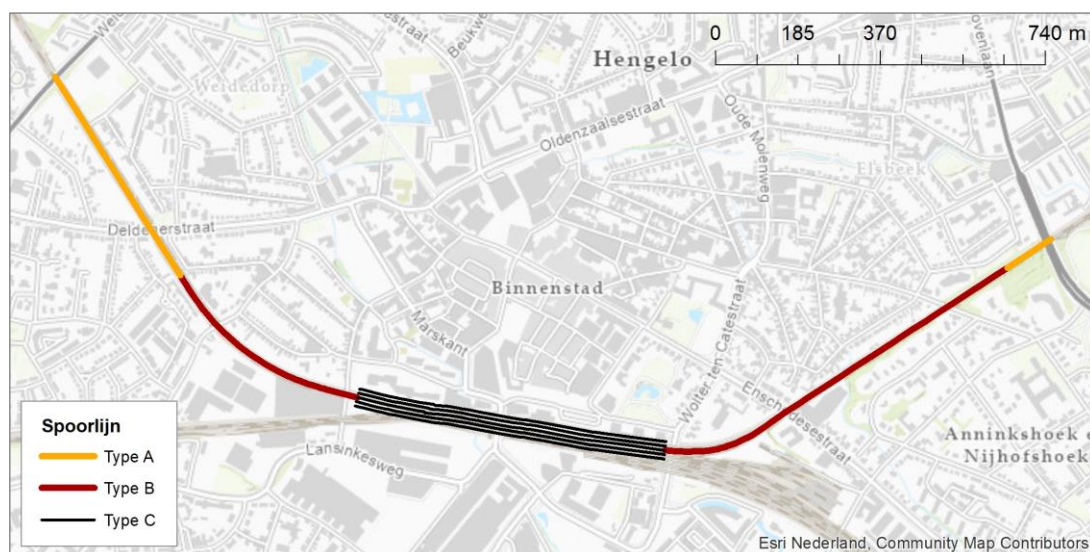
3.3 Realistische situatie

De realistische situatie is gebaseerd op het spoor door Hengelo. Het aantal transporten is ontleend aan de vorige versie van de Regeling Basisnet [7] en wordt getoond in tabel 15. In de vigerende versie van de Regeling Basisnet zijn geen transportaantallen meer opgenomen.

Stofcategorie	Aantal transporten
A/GF3	1920
B2/GT3	200
B3/GTCI	0
C3/LF2	2000
D3/LT1	50
D4/LT3	50

Tabel 15. Vervoersstroom realistische situatie (route 30, Hengelo West - Hengelo Oost)

Figuur 9 toont de vijf onderscheiden trajectdelen. In RBM II is voor alle trajecten Hoge Snelheid geselecteerd. Vanwege de breedte van het C-traject ter plaatse van het station zijn hiervoor meerdere parallelle routes gedefinieerd. Als weerstation is Twente gekozen.



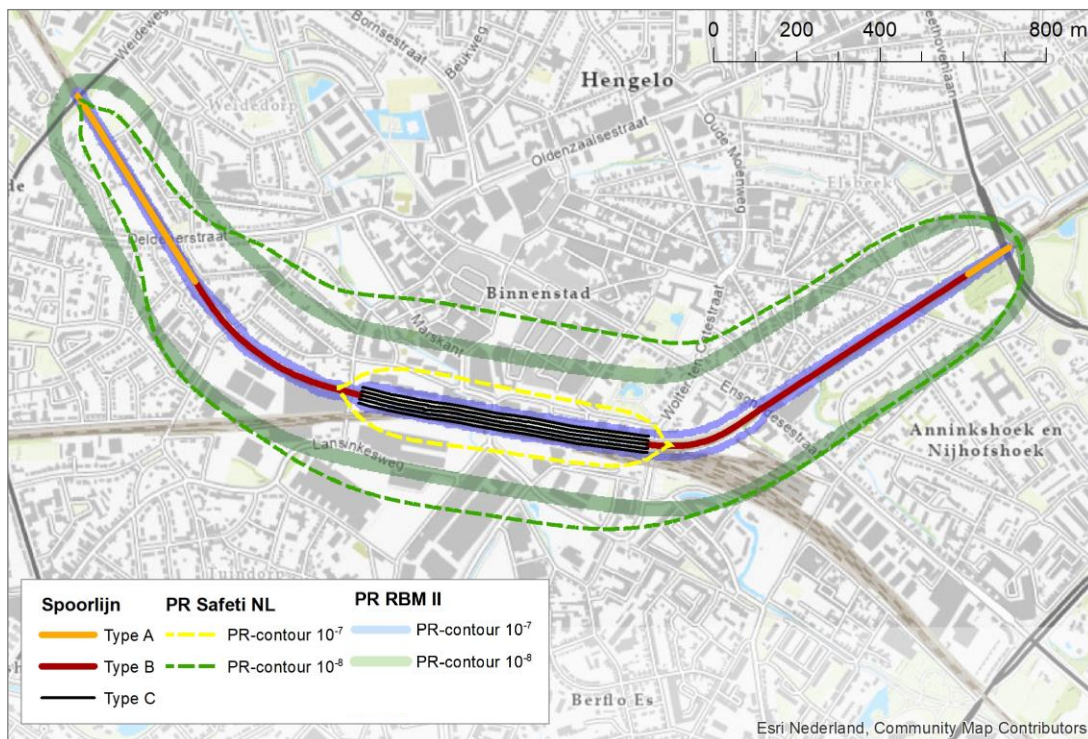
Figuur 9. Spoorindeling realistische situatie

In Safeti-NL kan een transportroute op verschillende manieren gemodelleerd worden. Per stofcategorie kan een traject worden gemodelleerd, of per traject kunnen meerdere stofcategorieën met hun eigen scenario's worden gekoppeld. In bijlage 2 wordt de invoer van de rekenfile in Safeti-NL versie 8.8 nader toegelicht. Hierbij wordt ook aangegeven waarom gekozen is voor de toegepaste methode.

Safeti	RBM II	Breedte
Spoortype A	Hoge Snelheid, zonder wissels	9
Spoortype B	Hoge Snelheid, met wissels	9
Spoortype C	Hoge Snelheid, met wissels	49
Spoortype B	Hoge Snelheid, met wissels	9
Spoortype A	Hoge Snelheid, zonder wissels	9

Tabel 16. Trajecten

Het modelleren van de route in RBM II heeft, inclusief berekening, grofweg een half uur gekost. De PR berekening zelf duurt, afhankelijk van de gekozen machine, ca. 1.5 tot 5 minuten. In Safeti-NL kost het invoeren en berekenen samen ongeveer acht uur. De PR berekening zelf duurt, afhankelijk van de gekozen machine, ca. 22 tot 45 minuten. De veel langere modelleringstijd in Safeti-NL is deels te wijten aan het 'uitvinden' van de werkwijze, maar in belangrijke mate aan het veelvoud aan handelingen die verricht moeten worden om het model op te bouwen.



Figuur 10. Vergelijking PR RBM II (Hart) vs Safeti NL v8.8 (Rvov)

Omdat hier niet alleen twee verschillende rekenprogramma's, maar ook twee verschillende rekenmethodieken zijn gehanteerd, is een goede vergelijking van de uitkomsten eigenlijk niet mogelijk. De resultaten laten zien dat door zowel RBM II als Safeti-NL versie 8.8 geen PR 10^{-6} contour wordt berekend. Safeti-NL berekent uitsluitend bij spoortype C een PR 10^{-7} contour, terwijl RBM II voor alle trajectdelen een PR 10^{-7} contour laat zien. De PR 10^{-8} contour van Safeti-NL versie 8.8 komt op spoortype B-trajecten redelijk overeen met de RBM II contour.

3.3.1 Invoer in het model en de rekentijd

De verschillen in de invoer van de realistische situatie in RBM II en Safeti-NL is groot. De invoer in Safeti-NL heeft ca. 8 uur geduurd. In RBM II kost dit een half uur. Uitgaande van het feit dat een RBM II gebruiker niet vanzelfsprekend een reguliere Safeti-NL gebruiker is, zal deze invoertijd mogelijk nog langer zijn.

Om te kunnen rekenen conform het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid zijn door het RIVM in de gebeurtenissenboom van stofcategorie A/GF3 de vervolgekansen voor gaswolkexplosie en wolkbrand in Safeti-NL gewijzigd. Op dit moment kan dit door de gebruiker van Safeti-NL niet zelf aangepast worden.

De in deze studie gebruikte methodiek van invoer van verschillende trajectdelen leerde dat het in Safeti-NL versie 8.8 niet meer mogelijk is parallelle trajecten op te geven. Safeti-NL versie 6.54 beschikte over de optie 'Define parallel tracks' waarmee parallelle trajecten aan weerszijden van het originele traject konden worden gesimuleerd. Als Safeti-NL versie 8.8 deze mogelijkheid zou bieden, zou dit de invoer van spoortype C-trajecten kunnen versnellen.

Op basis van de huidige mogelijkheden in Safeti-NL is de invoer van dit realistische spoortraject op basis van de Rvov complexer en neemt significant meer tijd in beslag. Ook het berekenen van het plaatsgebonden risico neemt met Safeti-NL meer tijd in beslag: ongeacht de hardware is Safeti-NL ca. 10 keer langer bezig.

3.4 Validiteit en beperkingen bij onderzoek vgs

Voor een goede vergelijking van de twee rekenmodellen is voor de berekeningen van de afzonderlijke stofcategorieën uitgegaan van een uitzonderlijk hoog aantal transporten. Hiervoor is gekozen zodat overall een PR 10^{-6} contour berekend wordt. Vooral voor de toxische stoffen zijn dit onrealistische aantallen, zie ook tabel 13. In de realistische situatie is uitgegaan van aantallen conform de regeling Basisnet zoals die gold tot 31 december 2023. In dat geval wordt geen PR 10^{-6} contour berekend.

De vermoedelijke oorzaken van de verschillen tussen RBM II en Safeti-NL versie 8.8 voor wat betreft stofcategorie B2 en B3 zijn de uitgerogene fractie en het wel of niet meenemen van plasverdamping van de uitgerogene fractie. meegenomen, de netto bronterm is ca. 25 kg/s.

3.5 Conclusie vgs

Voor dit consequentieonderzoek is voor het vervoer van gevaarlijke stoffen uitgegaan van één recht spoortraject. Per stofcategorie is het plaatsgebonden risico berekend met RBM II, Safeti-NL versie 8.8 conform Hart, Safeti-NL versie 8.8 conform Rvov en Safeti-NL versie 8.8 conform Rvov met gewijzigde probits en voorbeeldstof. Ook is een realistisch scenario met meerdere deeltrajecten met verschillende trajecteigenschappen doorgerekend met zowel RBM II als Safeti-NL versie 8.8.

In het Rvov is ten opzichte van de Hart sprake van andere beginfrequenties voor de verschillende stofcategorieën. Daarnaast is er sprake van een andere kansverdeling van de verschillende scenario's die kunnen optreden. De continue scenario's hebben in het Rvov een grotere kans van optreden.

Ook is in het Rvov de Blevé kans kleiner dan in de Hart. Hierdoor wordt voor stofcategorie A/GF3 het plaatsgebonden risico kleiner.

Een verandering in de probitwaarden of voorbeeldstof geeft afhankelijk van de wijziging (meer of minder toxisch) een groter of kleiner plaatsgebonden risico. In vergelijking met RBM II vergt het modelleren van de realistische spoor situatie in Safeti-NL versie 8.8 op dit moment aanzienlijk meer tijd dan in RBM II. Goede kennis van Safeti-NL is daarbij onontbeerlijk. Waar RBM II een programma is met relatief weinig vrijheidsgraden, zijn in Safeti-NL verschillende manieren van modelleren mogelijk. Gebleken is dat de rekentijd van Safeti-NL ca. een factor 10 langer is dan van RBM II.

Het opstellen en invoeren van de realistische spoor situatie in Safeti-NL versie 8.8 conform het Rvov vereist aanpassingen die niet door de gebruiker zelf gedaan kunnen worden. Aanbevolen wordt de kansverdeling conform het Rvov in Safeti-NL versie 2025 de standaard te laten zijn. Ook wordt aanbevolen voor de verdere invoer van Basisnetroutes een standaard invoerfile (Excel) voor de gebruiker op te stellen.

4 Buisleidingen

4.1 Werkwijze buisleidingen

Voor het consequentieonderzoek is voor buisleidingen onderscheid gemaakt tussen hogedruk aardgasleidingen en buisleidingen met andere gevaarlijke stoffen. Voor elk type buisleiding zijn representatieve, fictieve buisleidingen geselecteerd. Voor deze geselecteerde buisleidingen is het plaatsgebonden risico berekend op basis van de huidige methodiek en met Safeti-NL versie 8.8. De uitkomsten worden met elkaar vergeleken.

4.1.1 Werkwijze aardgasbuisleidingen

Voor hogedruk aardgasleidingen wordt het plaatsgebonden risico berekend met het rekenprogramma CAROLA en met Safeti-NL versie 8.8. Tabel 17 toont de buisleidingen die voor dit onderzoek zijn geselecteerd. Hoe gekomen is tot deze selectie staat in bijlage 3 beschreven. AVIV heeft de leidingbestanden (csv) aangeleverd, het RIVM heeft deze omgezet in versleutelde leidingdatabestanden die ingelezen kunnen worden in CAROLA. In Safeti-NL versie 8.8 zijn de aardgasleidingen met dezelfde specificaties gemodelleerd. Hierbij is in Safeti-NL gekozen voor het Long pipe model. Een andere mogelijkheid voor het modelleren van een aardgasbuisleiding is met het Jet fire model. Dit geeft gelijkwaardige uitkomsten (zie bijlage 3).

Naam leiding	Diameter [inch]	Druk [bar]	Diepte- ligging [m]	Lengte leiding [m]	Weerstation
Aardgas 8 inch	8	40	1.25	64000	Soesterberg
Aardgas 12 inch	12	40	1.25	64000	Soesterberg
Aardgas 36 inch	36	66.2	1.75	64000	Soesterberg
Aardgas 48 inch 66 bar	48	66.2	1.75	64000	Soesterberg
Aardgas 48 inch 80 bar m1	48	79.9	1.75	64000	Soesterberg
Aardgas 48 inch 80 bar m2	48	79.9	1.75	64000	Schiphol

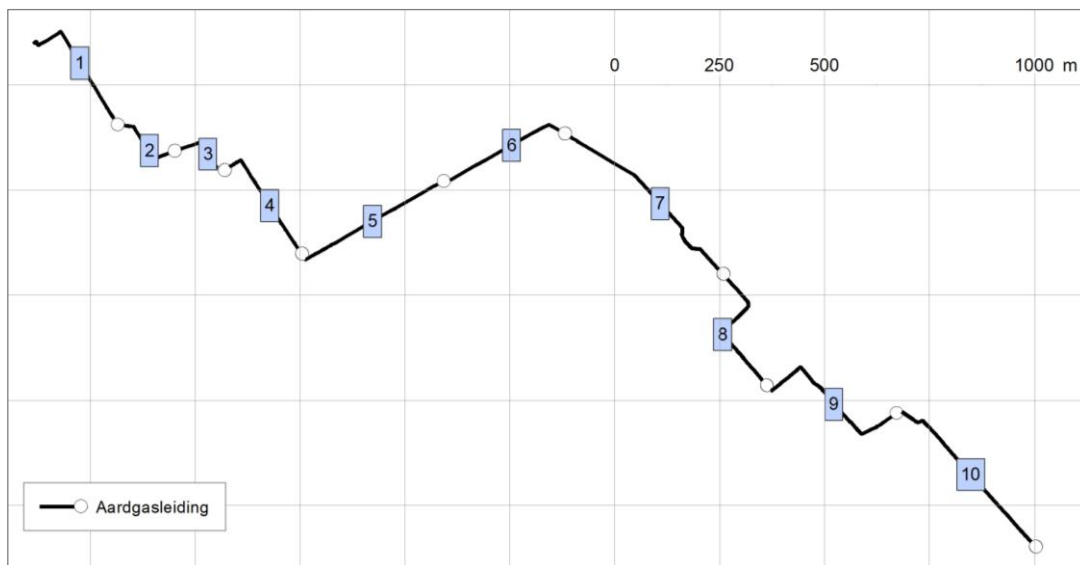
Tabel 17. Leidinggegevens doorgerekende leidingen

Uitgangspunten voor de modellering van de buisleidingen in Safeti-NL versie 8.8 zijn:

- Lengte, druk en diameter zoals beschreven in tabel 17.
- Material: H-gas. Temperature 8.9 °C.
- Kans op direct ontsteking: 1. Invoeren boundary niet nodig.
- Pumped inflow: 0 kg/s.
- Pipe roughness: 0.045 mm. Pipeline surroundings: Burried. Soil cover type: Mixed.
- Relative breach aperture: 1. Crater modelling: Full bore rupture.
- Invoeren als 2 keer Long pipeline: 1 x voor periode 0-20 s, 1 x voor periode 120-140 s.

4.1.2 Werkwijze realistische situatie

Figuur 11 toont het gemodelleerd leidingtracé voor de realistische situatie. Het tracé bestaat uit tien leidingdelen met verschillende eigenschappen die zijn samengevat in tabel 18. De leiding is in basis als Long pipeline gemodelleerd in Safeti-NL versie 8.8. Vervolgens zijn met behulp van 'Variations from default' meerdere verschillende diameters, drukken en diepteliggings (resultierend in afwijkende frequenties) opgegeven.



Figuur 11. Gemodelleerde leidingtracé

Deel	Diameter [mm]	Druk [bar]	Wanddikte [mm]	Diepteliggering [m]	Charpy energie [J]	Rekgrens [N/mm ²]	Faalfrequentie [/jaar]
1	219.1	40	6.2	1.2	14	241	1.65E-6
2	273.1	40	13.1	1.4	14	241	3.55E-9
3	273.1	40	6.2	1.8	14	241	6.73E-7
4	219.1	40	6.2	1.7	14	241	4.96E-7
5	219.1	40	6.2	1.2	14	241	1.65E-6
6	219.1	40	6.2	0.9	14	241	3.38E-6
7	219.1	40	6.2	1.2	14	241	1.65E-6
8	168.3	40	6.2	1.4	14	241	5.11E-6
9	219.1	40	6.2	1.2	14	241	1.65E-6
10	219.1	40	6.2	1.1	14	241	2.09E-6

Tabel 18. Eigenschappen aardgasleiding

4.1.3 Werkwijze overige buisleidingen

Overige buisleidingen zijn buisleidingen met andere gevaarlijke stoffen dan aardgas. Op basis van een steekproef (zie bijlage 3) van verschillende buisleidingen is het verschil tussen Safeti-NL versie 8.3 en Safeti-NL versie 8.8 voor verschillende gevaarlijke stoffen inzichtelijk gemaakt. Onderstaande tabellen tonen alle uitgangspunten van de risicoberekeningen. De berekeningen zijn eerst uitgevoerd in Safeti-NL versie 8.3 en daarna ingeladen in versie 8.8 en herberekend.

Stof	Diameter [mm]			Werkdruk [bar]		
	klein	middel	groot	klein	middel	groot
Waterstof	103.1	155.5	205.1	75	75	25
Ammoniak	203.2	304.8	609.6	100	100	100
n-Octaan	303	595	1039	15	25	35
Etheenoxide		81			15	
Waterstofchloride		254			7	
Kooldioxide	199	646		100	100	
Propyleen	104	146	154	41	100	100
Butaan	106	199	201	26	6	40

Tabel 19. Basisgegevens geselecteerde overige buisleidingen

Frequentie voor breuk van de leiding is $2.59 \cdot 10^{-5}$ /km.jr en voor een lek $1.03 \cdot 10^{-4}$ /km.jr.

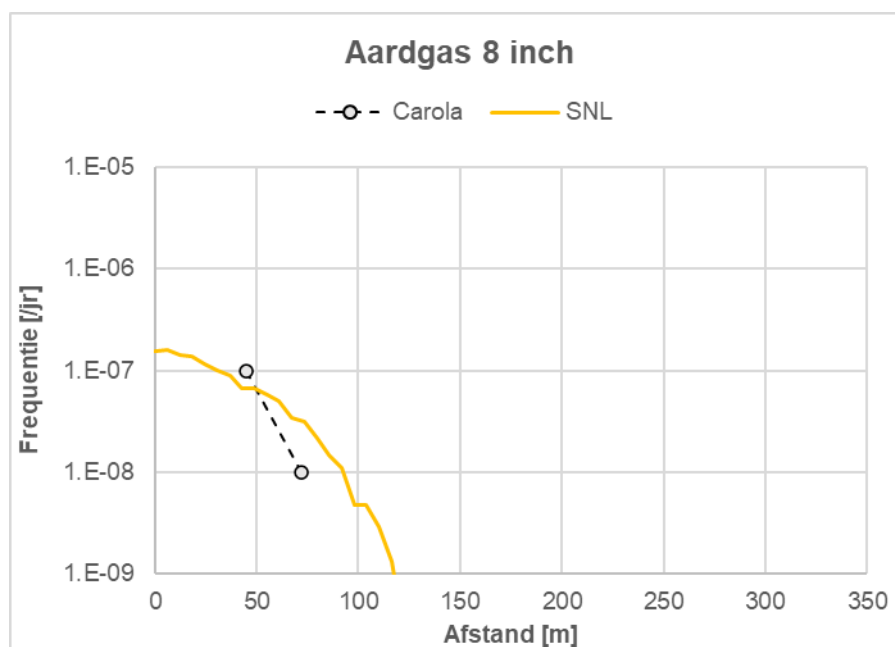
Stof	Diameter [mm] / Werkdruk [bar]	Pomp-debiet [kg/s]	Krater-model	Totale lengte [m]	Lengte upstream [m]
Waterstof	103.1 / 75	nvt	ja	50000	25000
	155.5 / 75	nvt	ja	50000	25000
	205.1 / 25	nvt	ja	50000	25000
Ammoniak	203.2 / 100	nvt	nee	50000	25000
	304.8 / 100	nvt	nee en ja	50000	25000
	609.6 / 100	nvt	nee	50000	25000
n-Octaan	303 / 15	0.139	nvt	50000	nvt
	595 / 25	0.3	nvt	50000	nvt
	1039 / 35	0.6	nvt	50000	nvt
Etheenoxide	81 / 15	45	nee	65000	25000
Waterstofchloride	254 / 7	8.33	nee	2750	nvt
Kooldioxide	199 / 22	3.35	nee	102000	50000
	646 / 22	35.3	nee	102000	50000
Propyleen	104 / 41	nvt	nee	27000	13000
	146 / 100	nvt	nee	27000	13000
	154 / 100	nvt	nee	27000	13000
Butaan	106 / 26	nvt	nee	67000	32000
	199 / 6	nvt	nee	67000	32000
	201 / 40	nvt	nee en ja	67000	32000

Tabel 20. Uitgebreide gegevens geselecteerde overige buisleidingen

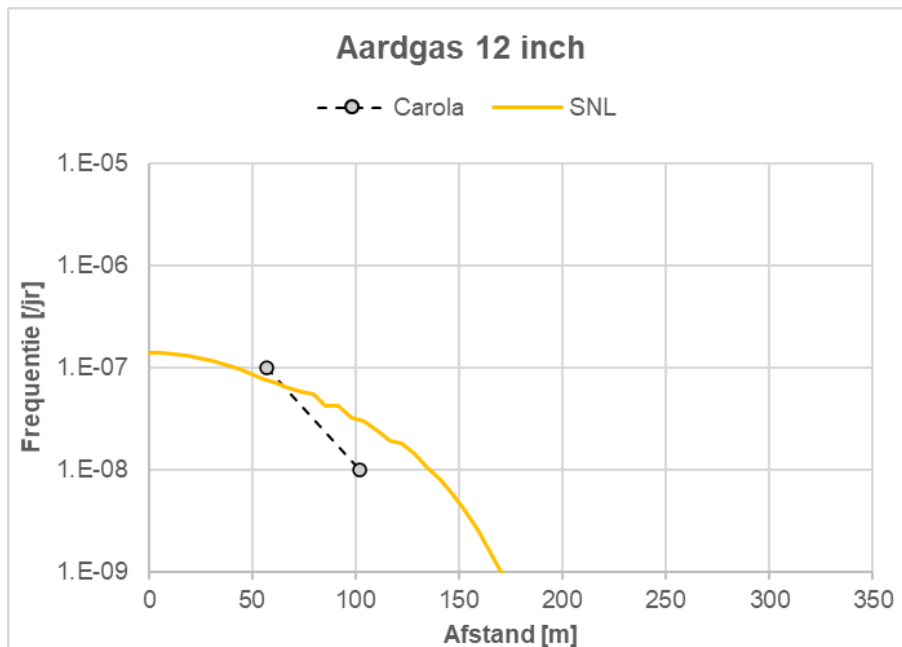
4.2 Resultaten buisleidingen

4.2.1 Resultaat en discussie aardgasbuisleidingen

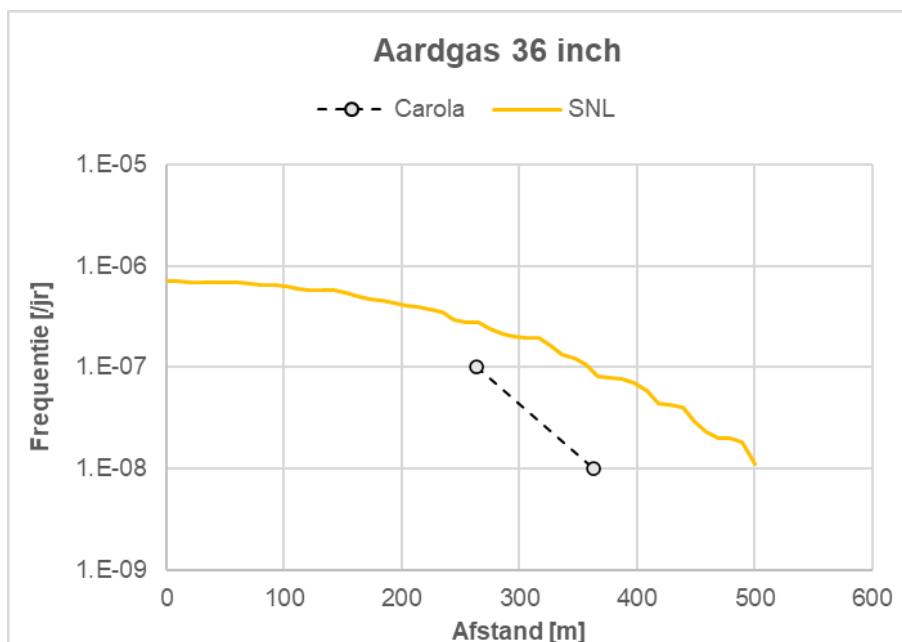
Voor de geselecteerde aardgasleidingen zijn de resultaten van de berekeningen opgenomen in PR-x grafieken. Opgemerkt wordt dat de afstanden tot de PR 10^{-7} en PR 10^{-8} contour in het werkveld van CAROLA zijn opgemeten. De PR-x curve van CAROLA bestaat daardoor uit slechts twee punten. Met Safeti-NL kan een PR-x grafiek geëxporteerd worden die een vloeiend verloop laat zien. Voor de 48"-leiding is alleen een PR 10^{-8} contour berekend. In figuur 15 en figuur 16 bestaat de 'PR-curve' van CAROLA daarom slechts uit één punt.



Figuur 12. Resultaat PR-x aardgasleiding 8 inch 40 bar

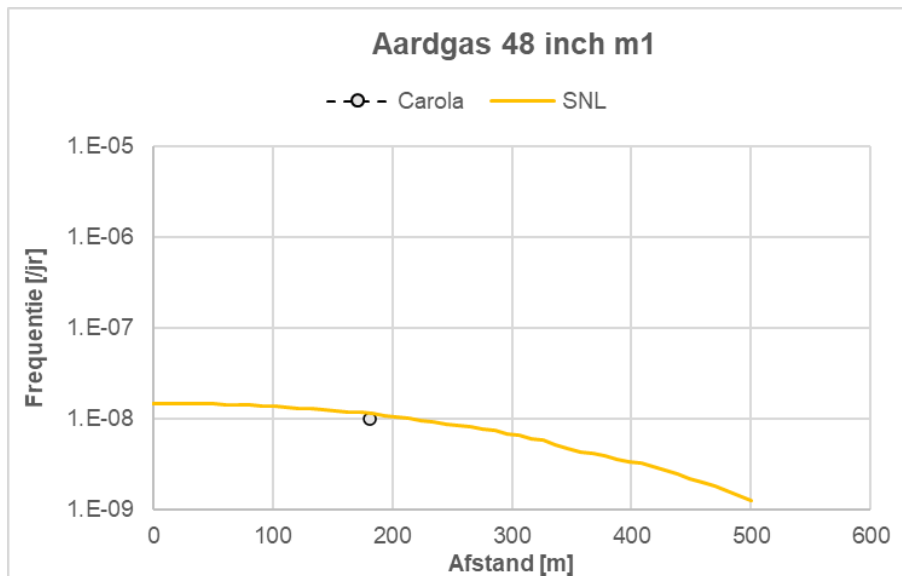


Figuur 13. Resultaat PR-x aardgasleiding 12 inch 40 bar

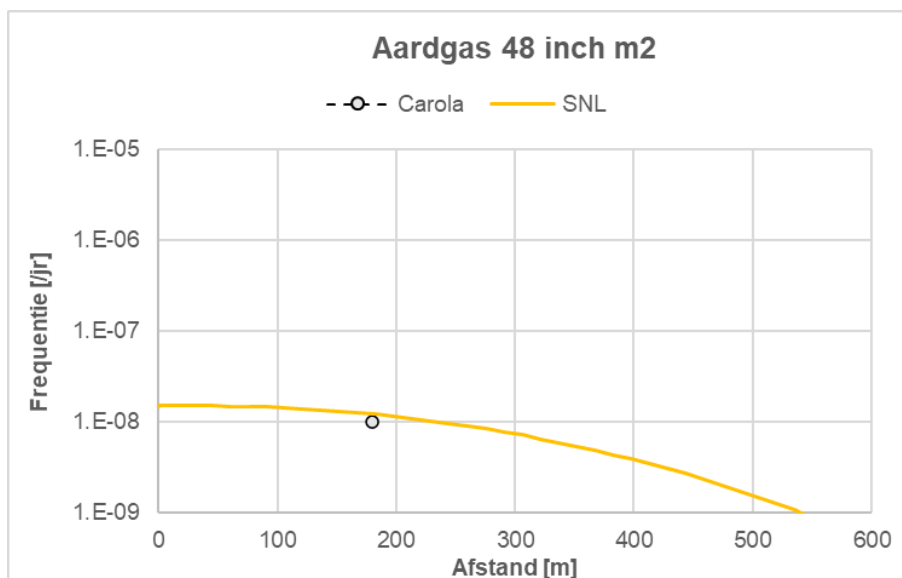


Figuur 14. Resultaat PR-x aardgasleiding 36 inch 66.2 bar

Voor de aardgasleiding met code “Aardgas 48 inch 66 bar” worden met zowel CAROLA als Safeti-NL geen plaatsgebonden risicocontouren berekend. De combinatie diameter, druk en diepteliging is zodanig dat het plaatsgebonden risiconiveau de waarde 10^{-8} niet overstijgt.



Figuur 15. Resultaat PR-x aardgasleiding 48 inch 79.9 bar weerstation Soesterberg

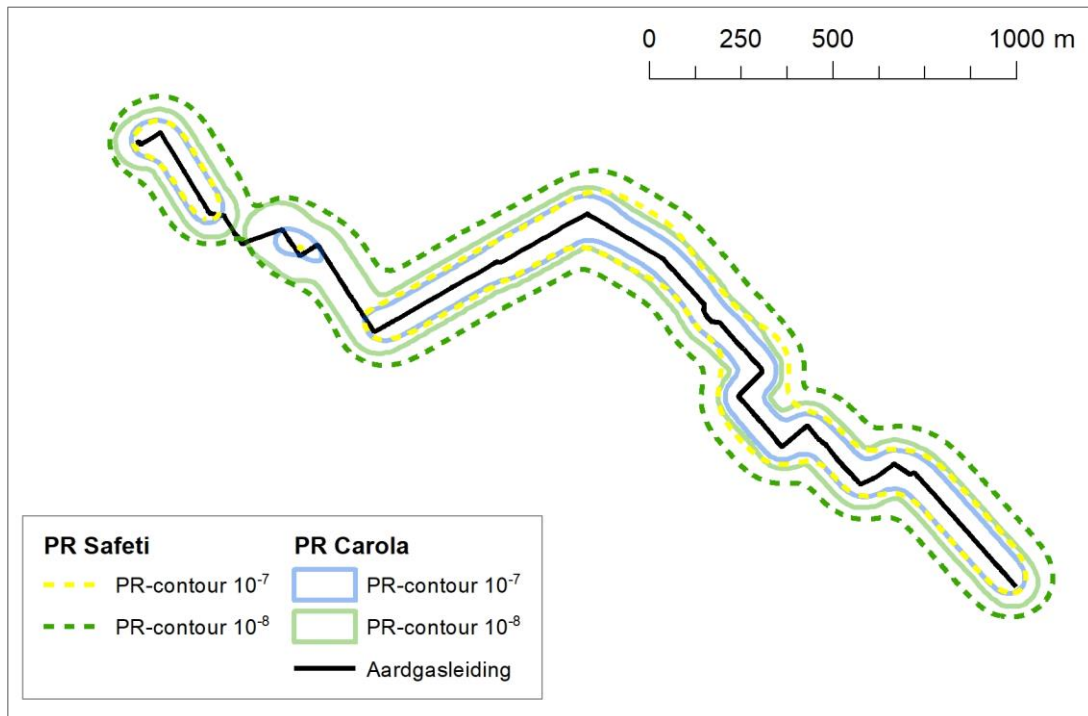


Figuur 16. Resultaat PR-x aardgasleiding 48 inch 79.9 bar weerstation Schiphol

4.2.2 Resultaat realistische aardgasbuisleiding

De resultaten laten zien dat Safeti-NL versie 8.8 grotere contouren berekent dan CAROLA, met name de PR 10⁻⁸ contour. De PR 10⁻⁷ contour is op een aantal punten gelijk en op een paar plekken met Safeti-NL versie 8.8 een fractie groter. Een PR 10⁻⁶ contour wordt met beide

programma's niet berekend. De oorzaak van de verschillen is niet met zekerheid vast te stellen. CAROLA is minder transparant dan Safeti-NL. Stofeigenschappen en modellen zijn maar beperkt bekend.



Figuur 17. Plaatsgebonden risicocontouren realistische aardgasbuisleiding

De rekentijd van Safeti-NL bedraagt 15 minuten. In CAROLA is dit nog geen minuut. Qua rekentijd duurt Safeti-NL langer. Dit is wel afhankelijk van de gebruikte hardware. Door DNV wordt gewerkt aan verbeteringen om de rekentijd te verkorten.

Op dit moment is het invoeren van een realistische aardgasleiding in Safeti-NL versie 8.8 een tijdrovende klus. Voor Safeti-NL versie 2025 zal een Excel-tool beschikbaar komen waarmee de invoer wordt vergemakkelijkt of wordt een importfunctie in Safeti-NL versie 2025 ingebouwd. Naar verwachting ligt de benodigde tijd dan tussen de 15 en 30 minuten. Met de verwachte aanpassingen in Safeti-NL wordt dit waarschijnlijk nog wat minder.

Een belangrijk punt is de lengte van de leiding. Op dit moment kunnen ca. 3000 segmenten ingevoerd worden. Voor een groot deel van de leidingen zal dit toereikend zijn. Langere leidingen zullen meerdere imports vereisen, elk van deze zou zo'n 15 tot 30 minuten duren.

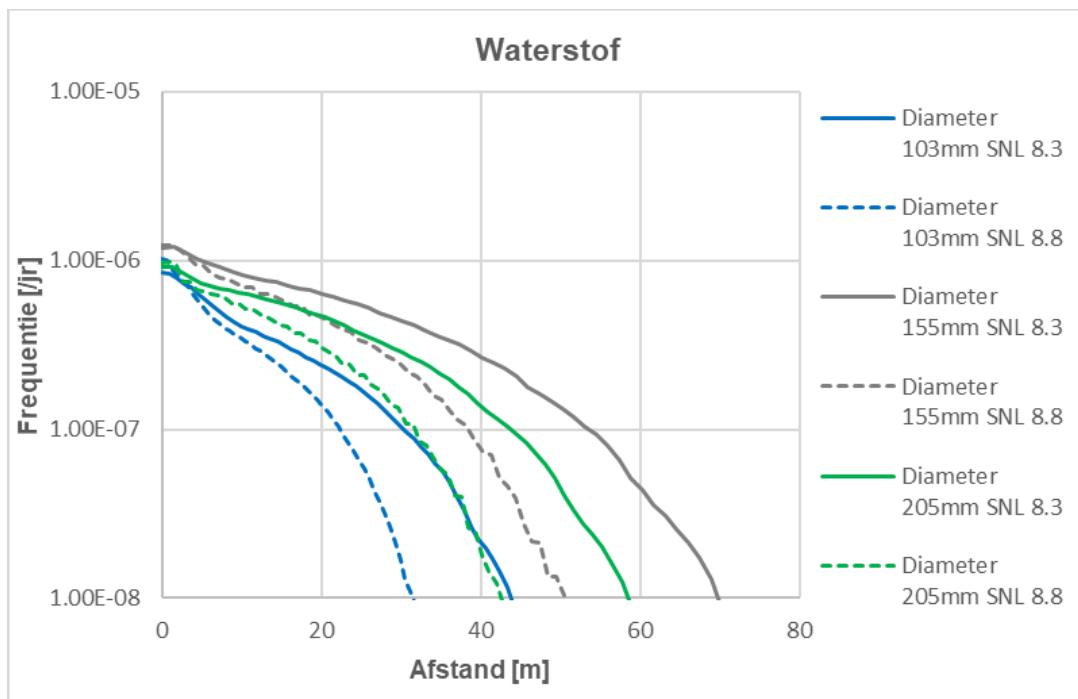
4.2.3 Resultaat overige buisleidingen

De resultaten van het onderzoek van de overige buisleidingen zijn per stof en diameter in een PR-x grafiek gezet. In bijlage 4 staat per leiding een afbeelding met daarop alle PR-contouren.

Resultaat Waterstof

Het Miller model geeft voor gasvormig waterstof een lagere warmtestraling op 1 meter hoogte. De warmtestraling neemt sneller af met de afstand. De PR contouren 10^{-7} en 10^{-8} zijn daarom kleiner in Safeti-NL versie 8.8 in vergelijking met Safeti-NL versie 8.3. In paragraaf 4.3.2. wordt dit verder toegelicht.

De middelgrote leiding (155mm) heeft hogere druk dan de grote leiding (205mm), hierdoor zijn de PR afstanden ook groter bij de middelgrote leiding in vergelijking met de grote leiding.

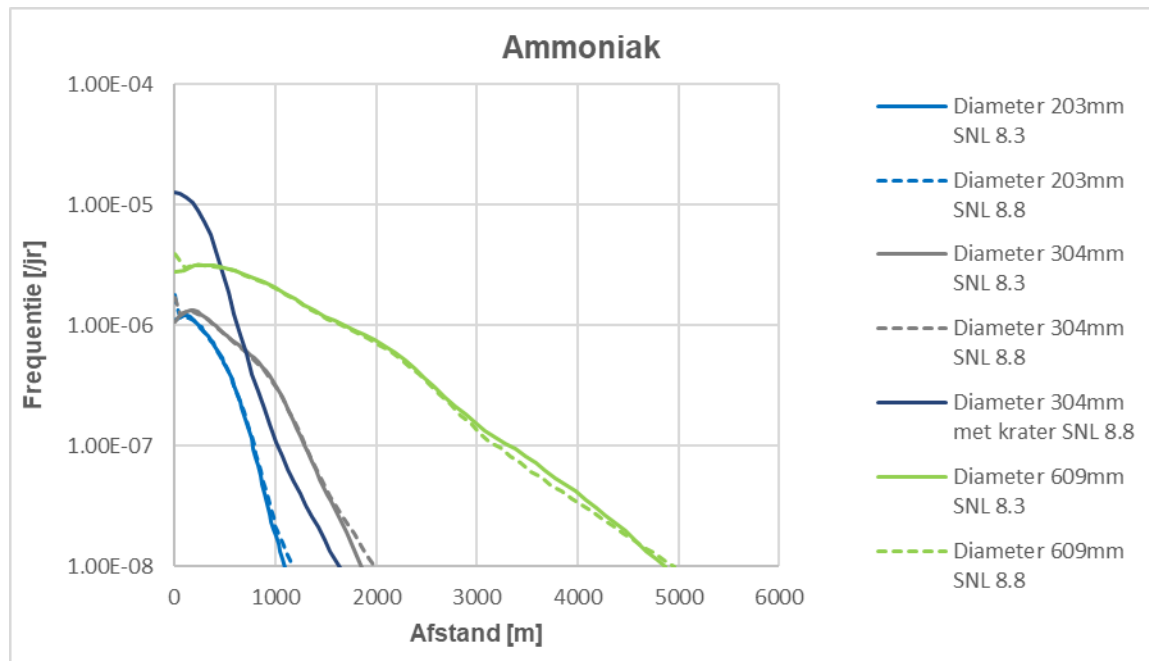


Figuur 18. Resultaat PR-x Waterstof leiding verschillende diameters

Resultaat ammoniak

Bij ammoniak is het verschil in PR afstanden tussen Safeti-NL versie 8.3 en versie 8.8 relatief klein. Omdat deze afstanden wel vrij groot zijn is het absolute verschil wel groot. Tussen de beide PR 10^{-8} contouren zit circa 70 tot 180 meter verschil.

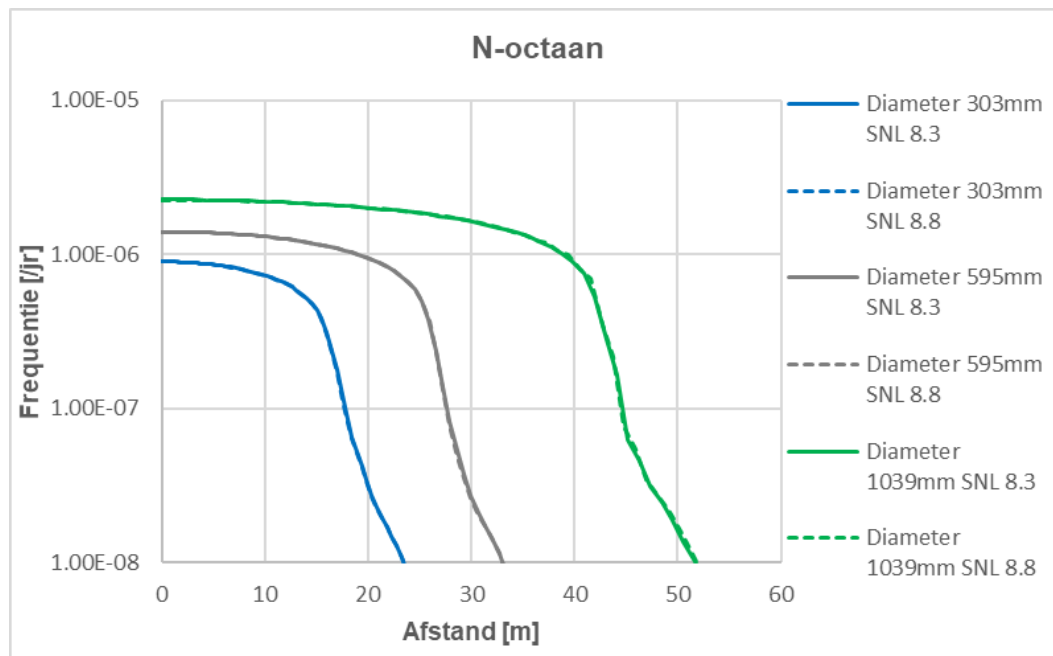
Voor een van de leidingdiameters is ook een berekening gemaakt met kratermodel in Safeti-NL 8.8. Het plaatsgebonden risico is tot op circa 800 m hoger en op grotere afstand lager.



Figuur 19. Resultaat PR-x Ammoniak leiding verschillende diameters

Resultaat n-octaan

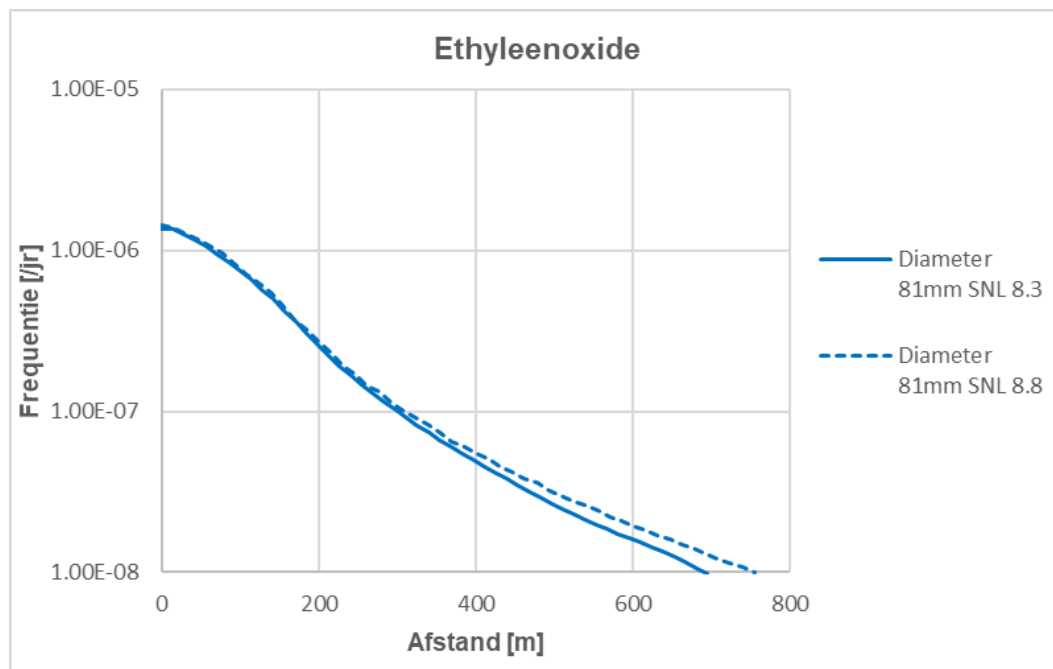
Bij n-octaan is geen significant verschil in PR afstanden tussen Safeti-NL versie 8.3 en versie 8.8.



Figuur 20. Resultaat PR-x N-octaan leiding verschillende diameters

Resultaat ethyleenoxide

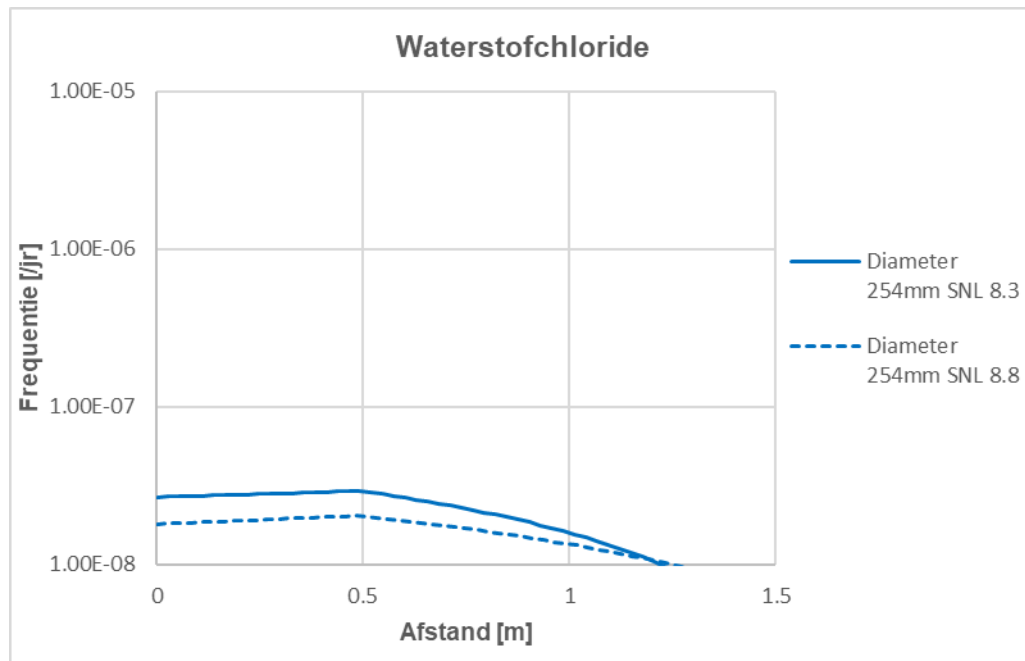
Het plaatsgebonden risico van etheenoxide verschilt op korte afstand weinig tussen Safeti-NL versie 8.3 en versie 8.8. Op grotere afstand is het plaatsgebonden risico groter bij Safeti-NL versie 8.8.



Figuur 21. Resultaat PR-x Ethyleenoxide leiding

Resultaat waterstofchloride

Bij een verticale uitstroming van waterstofchloride blijft de concentratie op grondniveau relatief laag. Het plaatsgebonden risico wordt bepaald op 1 meter hoogte. Op deze hoogte is de concentratie zodanig laag dat het plaatsgebonden risico kleiner is dan $1,00E-8$. In de discussie wordt een zijaanzicht getoond (zie Figuur 27) voor 3 verschillende concentratieniveaus waarmee dit inzichtelijk wordt gemaakt.

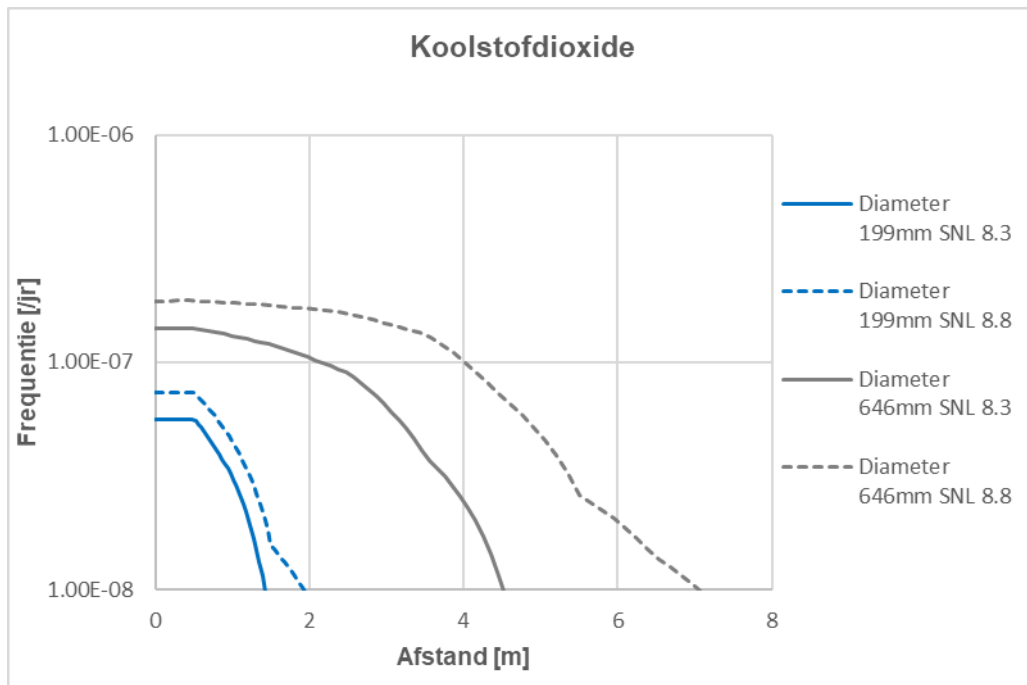


Figuur 22. Resultaat PR-x Waterstofchloride leiding

Resultaat koolstofdioxide

De afstanden tot de PR contouren zijn bij koolstofdioxide relatief klein. Het verschil in PR tussen Safeti-NL versie 8.3 en versie 8.8 is ook klein. Het verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het aangepaste zwaar gas model. Het gaat in deze situatie om een buisleiding met vloeibare koolstofdioxide ondergronds zonder kratermodel³. Om er zeker van te zijn dat in de berekeningen het “blanket model” door Safeti-NL versie 8.8 niet gebruikt wordt is deze uitgezet.

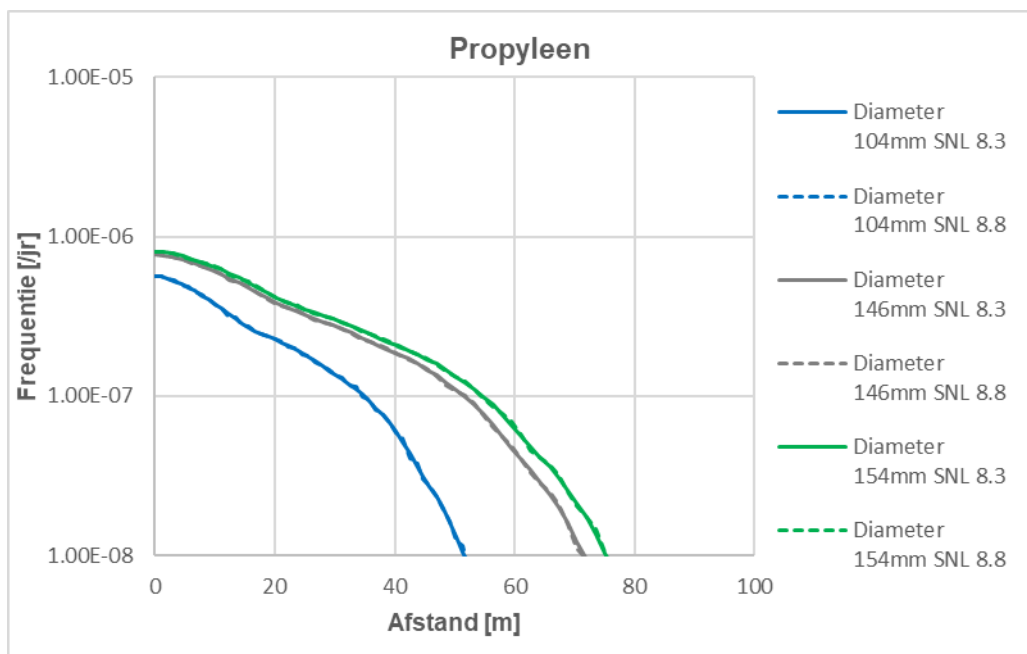
³ In het Safeti-NL model betekent dit dat zowel in versie 8.3 als in versie 8.8 gerekend is met een verticale uitstroming vanuit de buisleiding op 0.01 m hoogte waarbij het kratermodel niet is meegenomen.



Figuur 23. Resultaat PR-x Koolstofdioxide leiding verschillende diameters

Resultaat propyleen

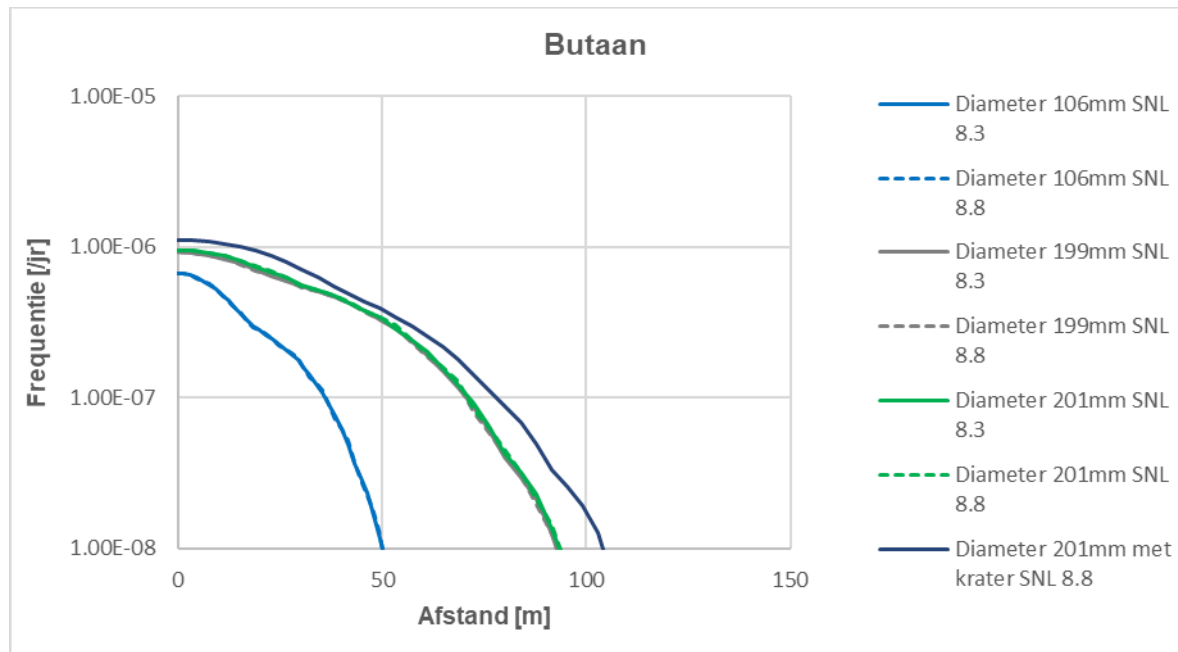
Bij propyleen is geen significant verschil in PR afstanden tussen Safeti-NL versie 8.3 en versie 8.8.



Figuur 24. Resultaat PR-x Propyleen leiding verschillende diameters

Resultaat butaan

Bij butaan is geen significant verschil in PR afstanden tussen Safeti-NL versie 8.3 en versie 8.8. Als gebruik wordt gemaakt van het krater model in Safeti-NL versie 8.8, dan neemt het PR toe.



Figuur 25. Resultaat PR-x Butaan leiding verschillende diameters

4.3 Discussie buisleidingen

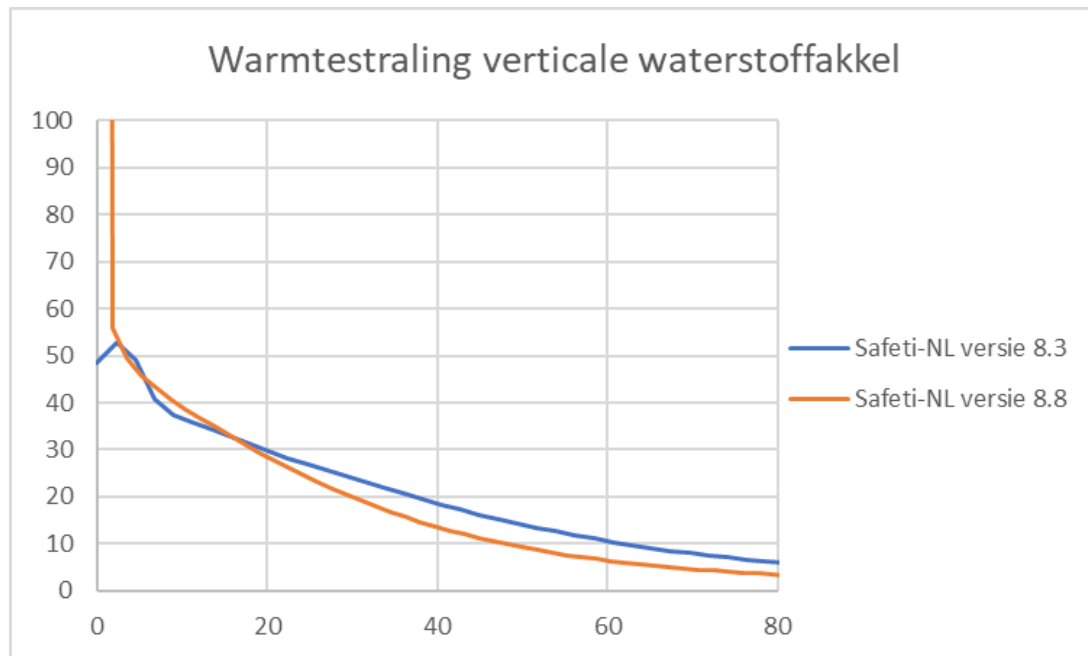
4.3.1 Discussie aardgasleidingen

Berekening in CAROLA zijn niet transparant. Het is daarom niet goed te duiden waardoor het plaatsgebonden risico bij de kleinere leidingen 8 en 12 inch op korte afstand overeenkomen en op grotere afstand uiteenlopen. Hierbij rekent Safeti-NL een hoger plaatsgebonden risico. Bij de grote leidingen (48 inch) is bij CAROLA sprake van een kans van $1.00E-7$ terwijl Safeti-NL net iets boven de $1.00E-8$ begint. Voor de 36 inch leiding is het plaatsgebonden risico met Safeti-NL overall groter dan die berekend met CAROLA.

4.3.2 Discussie overige leidingen

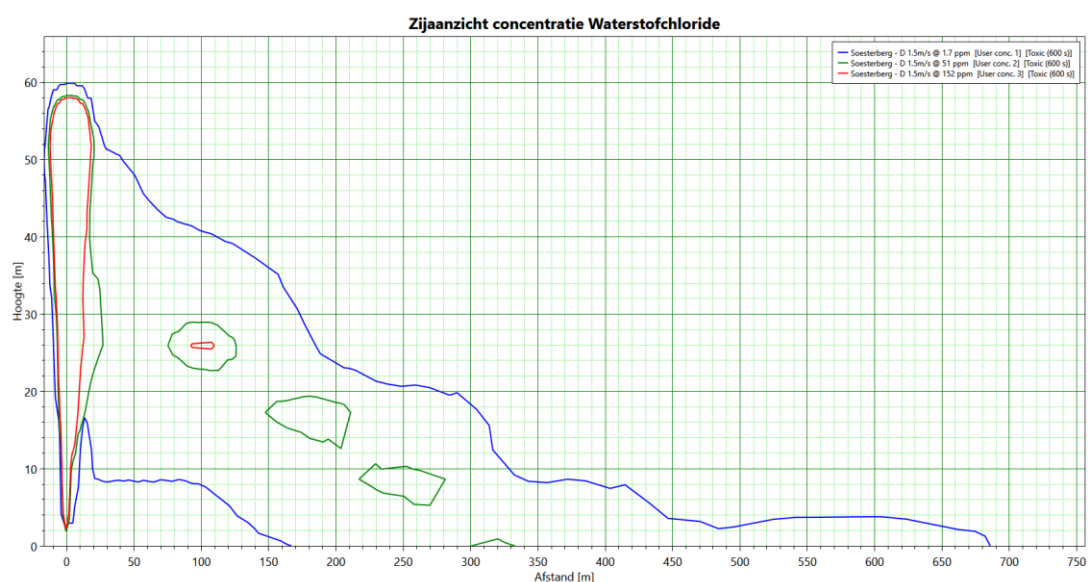
Bij het merendeel van de doorgerekende buisleidingen is geen groot verschil in plaatsgebonden risico tussen Safeti-NL versie 8.3 en versie 8.8. Alleen bij waterstof neemt het plaatsgebonden risico af bij gebruik van Safeti-NL versie 8.8. Uit de berekeningen blijkt dat de warmtestraling door het Miller model veel hoger is op korte afstand en lager op grotere

afstand. Dit leidt dan ook tot een kleinere afstand van de PR 10^{-6} contour. Figuur 26 toont de warmtestralingsgrafieken voor beide versies van Safeti-NL.



Figuur 26. Warmtestraling verticale waterstoffakkell Safeti-NL versie 8.3 en 8.8

Het plaatsgebonden risico van de waterstofchloride leiding is voor beide programmaversies laag. Uit de berekeningen blijkt dat waterstofchloride op hoogte snel verspreidt en dat de concentratie op afstand zeer laag is, waardoor de letaliteit hier lager is dan 1%. Figuur 27 toont een zij aanzicht van de concentratie uitgetzet in afstand en hoogte.



Figuur 27. Zijaanzicht concentratie waterstofchloride bij verticale uitstroming

4.3.3 Invoer aardgasleiding in het model en de rekentijd

De verschillen in de invoer van de realistische situatie in CAROLA en Safeti-NL is groot. De invoer in Safeti-NL is door het RIVM gedaan en zij geven aan dat dit 15 tot 30 minuten geduurd heeft. Het RIVM had namelijk voor leidingen al een tool beschikbaar. Zonder tool kost dit veel meer tijd. In CAROLA kost dit een paar minuten (inlezen leidingdatabestand). Uitgaande van het feit dat een CAROLA gebruiker niet vanzelfsprekend een reguliere Safeti-NL gebruiker is zal deze invoertijd misschien nog langer zijn. Op basis van de huidige mogelijkheden in Safeti-NL is de invoer van deze realistische buisleiding complexer en neemt significant meer tijd in beslag. Ook het doorrekenen van het bestand neemt met Safeti-NL meer tijd in beslag (ca. 15 min) dan met CAROLA (enkele seconden). De rekenduur is lastig te controleren omdat dit onder andere sterk afhankelijk is van de capaciteit van de hardware waarmee gerekend wordt. Naar verwachting ligt de rekentijd met Safeti-NL een factor 100 hoger. Met de verwachte aanpassingen in Safeti-NL versie 2025 in combinatie met een Excel-tool voor de import van leidinggegevens bedraagt de benodigde tijd voor modellering tussen de 15 en 30 minuten.

4.4 Validiteit en beperkingen bij onderzoek buisleidingen

Het standaard aantal gridcellen in Safeti-NL versie 8.8 is vergroot in vergelijking met het standaard aantal gridcellen in Safeti-NL versie 8.3. Dit zorgt niet voor andere PR afstanden, maar wel voor een andere weergave van de PR-contouren. Dit is het duidelijkst te zien bij langere buisleidingen en bij het beoordelen van de figuren in bijlage 4 moet hiermee rekening gehouden worden.

4.5 Conclusie buisleidingen

Voor de aardgasbuisleidingen is het plaatsgebonden risico berekend met Safeti-NL versie 8.8 in een aantal gevallen groter en voor een aantal gevallen kleiner dan de contouren die berekend zijn met CAROLA.

Berekening in CAROLA zijn niet transparant. Het is daarom niet goed te duiden waardoor het plaatsgebonden risico bij de kleinere leidingen 8 en 12 inch op korte afstand overeenkomen en op grotere afstand uiteenlopen.

De verschillen in de invoer van de realistische situatie in CAROLA en Safeti-NL is groot. Op basis van de huidige mogelijkheden in Safeti-NL is de invoer van de realistische buisleiding complexer en neemt significant meer tijd in beslag. Ook het doorrekenen van het bestand neemt met Safeti-NL meer tijd in beslag dan met CAROLA.

Voor de meeste overige buisleidingen is er geen significante verandering van de PR contouren gezien. Alleen bij waterstof neemt het plaatsgebonden risico af. Op basis van de

gemaakte berekeningen worden voor deze buisleidingen geen knelpunten verwacht bij het invoeren van Safeti-NL versie 2025.

5 Conclusies NERI Consequentieonderzoek

In 2025 loopt het contract af met de leverancier van het wettelijk voorgeschreven rekenpakket Safeti-NL (DNV). In dit onderzoek is onderzocht wat de consequenties zijn als Safeti-NL vanaf 2025 ook gebruikt wordt voor het berekenen van de risico's van hogedrukaardgasleidingen (ter vervanging van CAROLA) en de risico's van het vervoer van gevaarlijke stoffen (ter vervanging van RBM II). Dit consequentieonderzoek geeft inzicht in de gevolgen die het voorschrijven van Safeti-NL versie 2025 heeft op de berekende omgevingsveiligheidsrisico's van activiteiten met gevaarlijke stoffen. Het consequentieonderzoek is daarom uitgevoerd voor bedrijven, vervoer gevaarlijke stoffen en buisleidingen.

Algemeen

Het in Safeti-NL versie 8.8 opgenomen Miller model en het nieuwe zwaargas model zijn van invloed op de PR-contouren (voor alle modaliteiten).

De invoer in RBM II en CAROLA is eenvoudiger dan in Safeti-NL. Invoer in Safeti-NL vraagt meer kennis van de gebruiker. Aanbevolen wordt te gaan werken met standaard invoermodules voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over weg, water en spoor en voor aardgasbuisleidingen.

Een verandering in de probitwaarden of voorbeeldstof geeft afhankelijk van de wijziging (meer of minder toxisch) een groter of kleiner plaatsgebonden risico.

Bedrijven

Door de complexiteit aan stoffen en procescondities is op basis van dit onderzoek niet te zeggen of bij bedrijven waar de geselecteerde stoffen aanwezig zijn de PR-contouren veel zullen veranderen. Ook is niet te zeggen dat bij de overige bedrijven de PR-contouren niet zullen veranderen.

De berekeningen met Safeti-NL versie 8.8 leiden voor de doorgerekende bedrijven in relatie tot kwetsbare objecten tot één nieuw kwetsbaar object binnen de PR 10^{-6} contour.

Voor de overige bedrijven (en bedrijf 15) geldt dat er grotere PR 10^{-6} contouren worden berekend bij bedrijven waar LT1, LT2 en/of LT3 bepalend is voor de ligging van deze contour. Voor deze stoffen zijn de toenames van de contouren niet vooraf verwacht. Het gaat hier immers niet om stoffen waar het zwaar gas model voor wordt gebruikt. Er zitten bij deze berekeningen onduidelijkheden in de uitvoer van Safeti-NL. Aanbevolen wordt verder te onderzoeken hoe de verschillen bij LT-stoffen te verklaren zijn.

Vervoer gevaarlijke stoffen

In het Rvov is ten opzichte van de Hart sprake van andere beginfrequenties voor de verschillende stofcategorieën. Daarnaast zijn de gebeurtenisbomen verschillend waardoor de continue scenario's in het Rvov een grotere kans van optreden hebben. Ook is in het Rvov de Bleve kans kleiner dan in de Hart. Afhankelijk van de stofcategorieën en bijhorende gebeurtenisboom wordt het plaatsgebonden risico groter of kleiner.

Buisleidingen

Voor de aardgasbuisleidingen is het plaatsgebonden risico berekend met Safeti-NL versie 8.8 in een aantal gevallen groter en voor een aantal gevallen kleiner dan de contouren die berekend zijn met CAROLA.

Berekening in CAROLA zijn niet transparant. Het is daarom niet goed te duiden waardoor het plaatsgebonden risico bij de kleinere leidingen 8 en 12 inch op korte afstand overeenkomen en op grotere afstand uiteenlopen.

Voor de meeste overige buisleidingen is er geen significante verandering van de PR contouren gezien. Alleen bij waterstof neemt het plaatsgebonden risico af. Op basis van de gemaakte berekeningen worden voor deze buisleidingen geen knelpunten verwacht bij het invoeren van Safeti-NL versie 2025.

Referenties

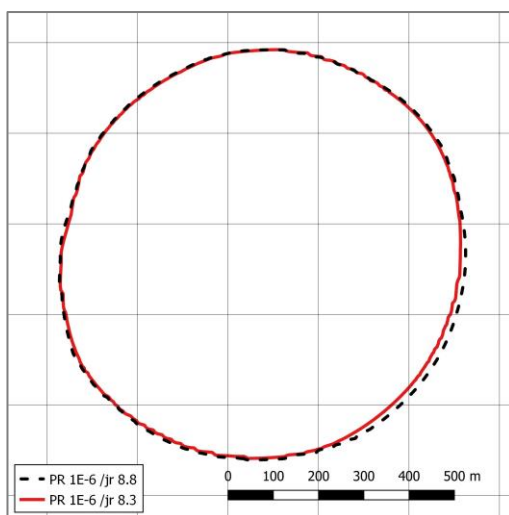
1. DNV 2020 Safeti NL versie 8.3
2. DNV 2023 Safeti NL versie 8.8
3. Ministerie I&M 2014 RBM II versie 2.3
4. Ministerie I&M 2017 Handleiding risicoanalyse transportroutes, versie 1.2
5. RIVM 2022 Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid, Module III - Vervoer van gevaarlijke stoffen, versie maart 2022
6. RIVM 2018 Actualisatie giftige voorbeeldstoffen transport gevaarlijke stoffen. Rapportnr. 2018-0152
7. Ministerie I&M 2014 Regeling Basisnet, Stct. 28 maart 2014, 8242
Laatst gewijzigd Stb. 2023, 11246
8. Ipo 2024 WFS-kaartlaag Kwetsbaarheid gebouwen (BKL). URL:
https://nl.ev-signaleringskaart.nl/geoserver/kwetsbaarheid_objecten/kwetsbaarheid_gebouwen_bkl/ows?service=WFS&acceptversions=2.0.0&request=GetCapabilities
9. PDOK 2024 Ruimtelijke plannen. WMS-kaartlaag. URL:
https://service.pdok.nl/kadaster/plu/wms/v1_0?request=GetCapabilities
Layer:bouwvlak
10. AVIV 2024 Rapport toetsing realisatiecijfers vervoer gevaarlijke stoffen over het spoor aan de risicoplafonds Basisnet
Versie RO_23_K4 v01
11. RRGs 2016 zh_201603.gdb (geodatabase). Ontvangen in het kader van 'Aanvullend consequentieonderzoek modernisering omgevingsveiligheid'

Bijlage 1. Afbeeldingen PR-contouren bedrijven

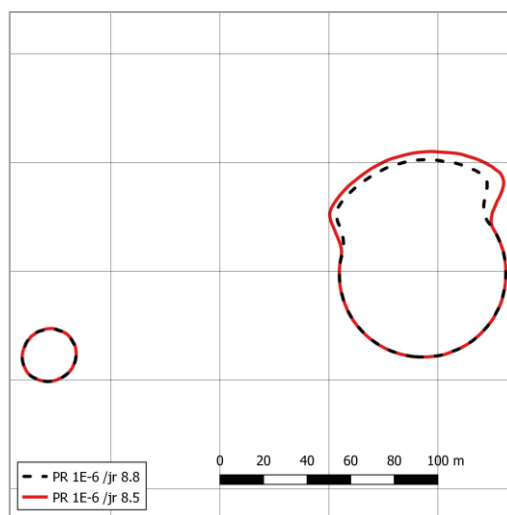
Per bedrijf een overzicht van de PR 10^{-6} contour berekend met Safeti-NL versie 8.3 en Safeti-NL versie 8.8.

In totaal 70 bedrijven geselecteerd waarvan 59 zijn doorgerekend. Per geselecteerde stof worden de PR 10^{-6} contouren getoond.

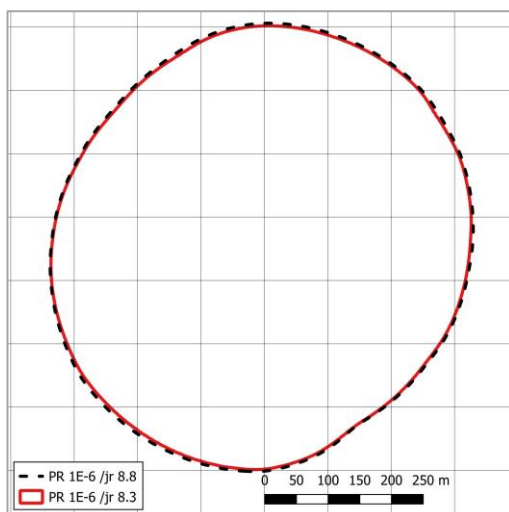
Resultaten Chloor



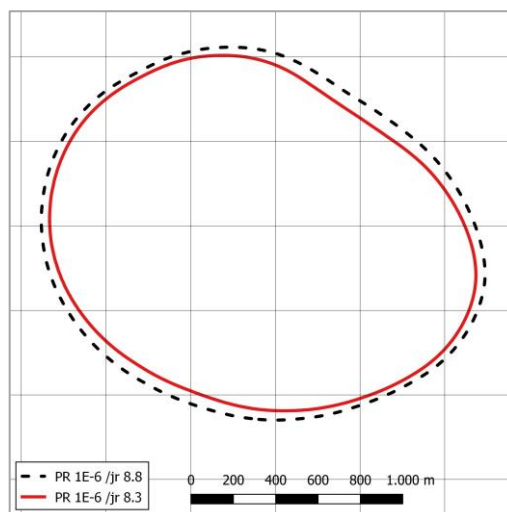
Figuur 28. Bedrijf 3



Figuur 29. Bedrijf 5

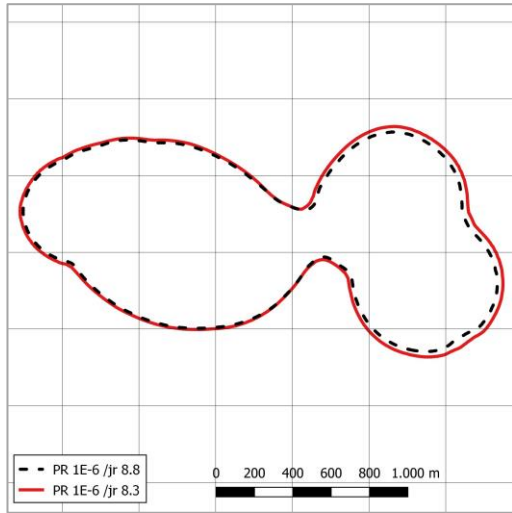


Figuur 30. Bedrijf 6

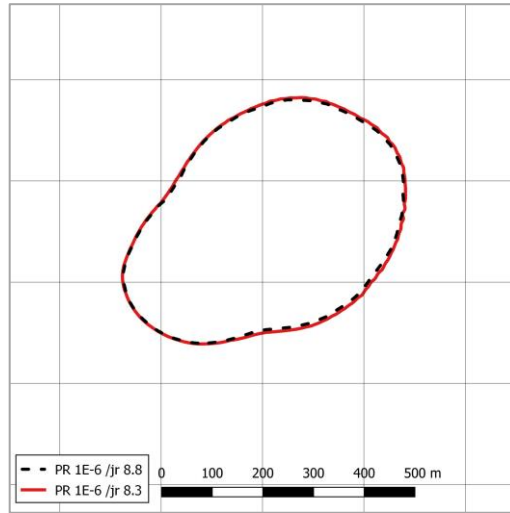


Figuur 31. Bedrijf 7

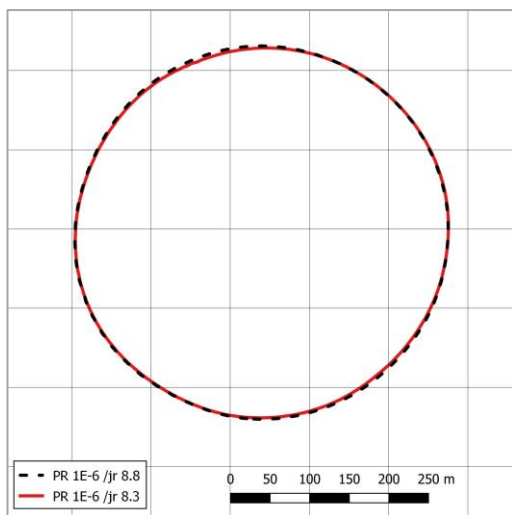
Resultaten LNG



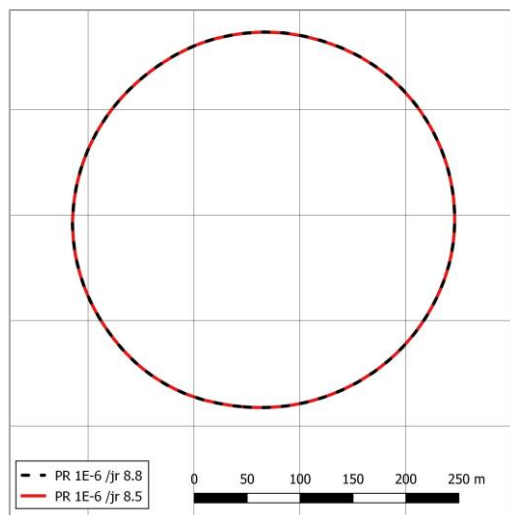
Figuur 32. Bedrijf 26



Figuur 33. Bedrijf 27

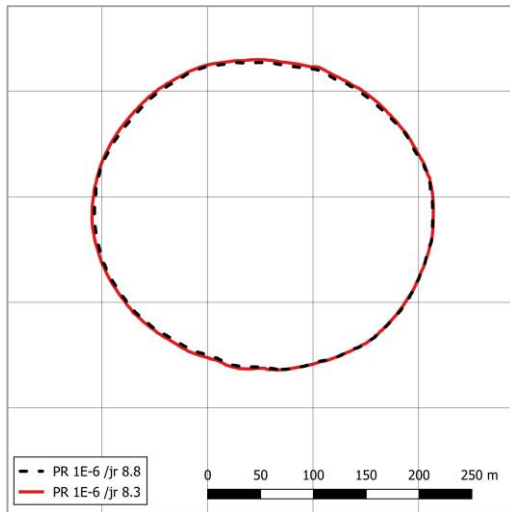


Figuur 34. Bedrijf 28



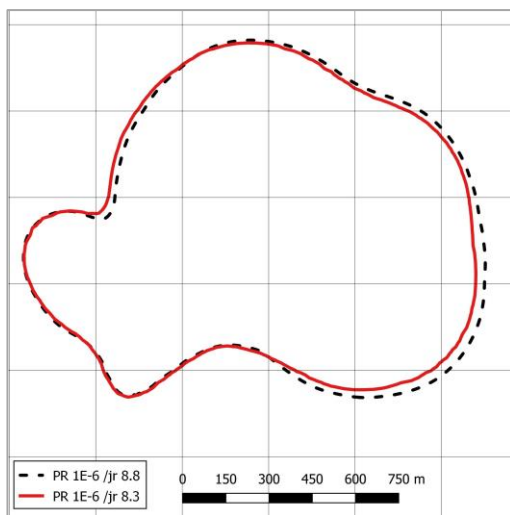
Figuur 35. Bedrijf 29

Resultaten LNG

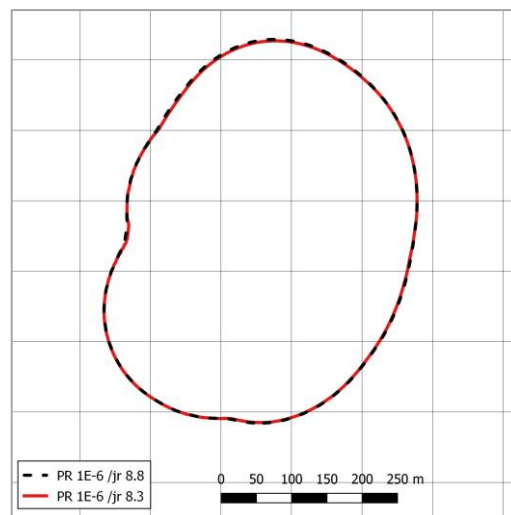


Figuur 36. Bedrijf 30

Resultaten ammoniak

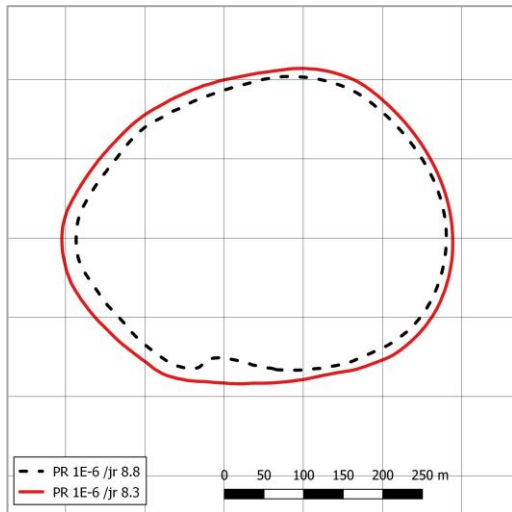


Figuur 37. Bedrijf 32

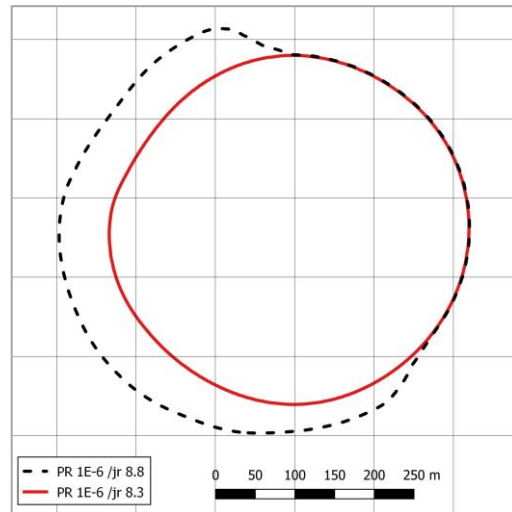


Figuur 38. Bedrijf 33

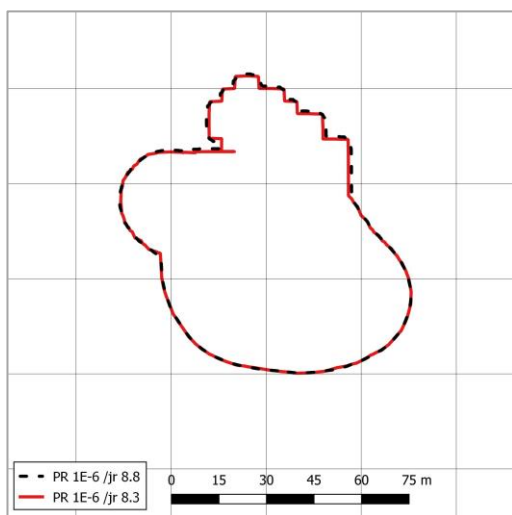
Resultaten ammoniak



Figuur 39. Bedrijf 34

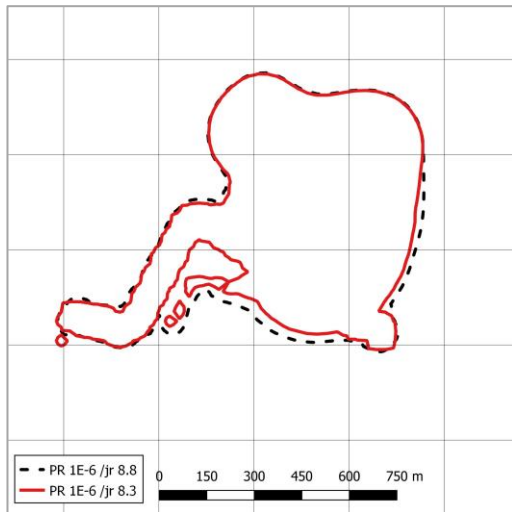


Figuur 40. Bedrijf 35

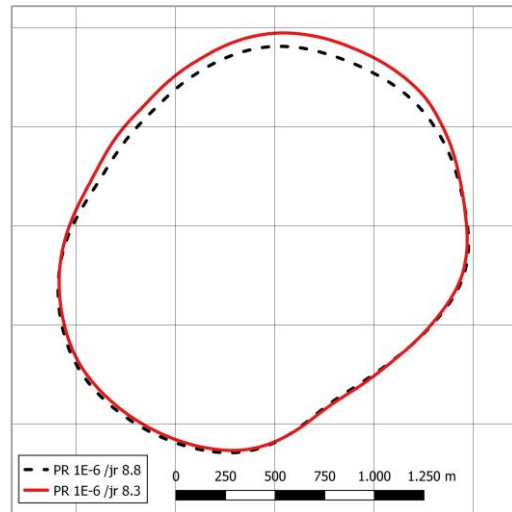


Figuur 41. Bedrijf 37

Resultaten fosgeen

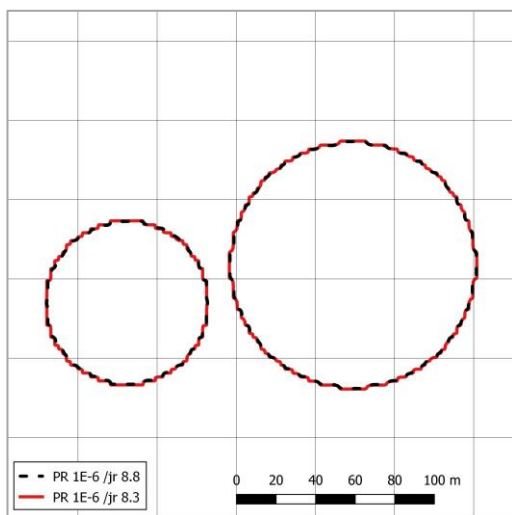


Figuur 42. Bedrijf 43

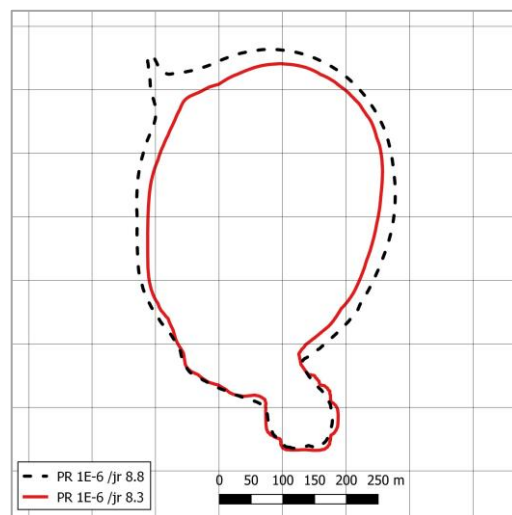


Figuur 43. Bedrijf 44

Resultaten waterstof

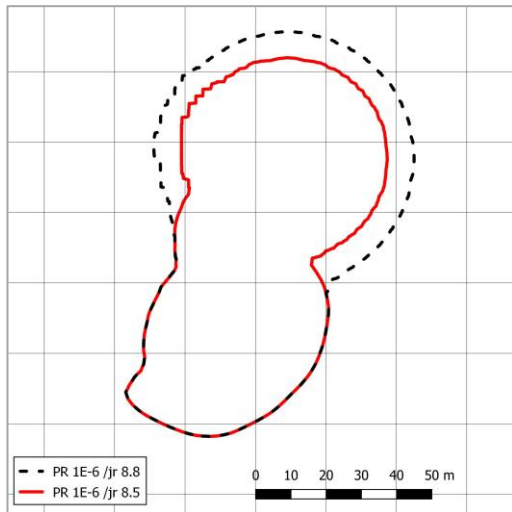


Figuur 44. Bedrijf 8

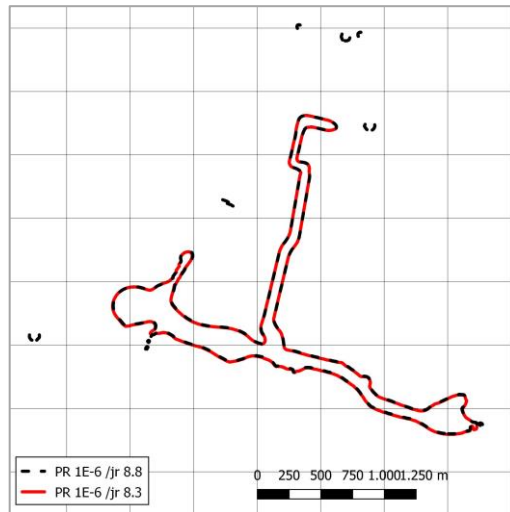


Figuur 45. Bedrijf 9

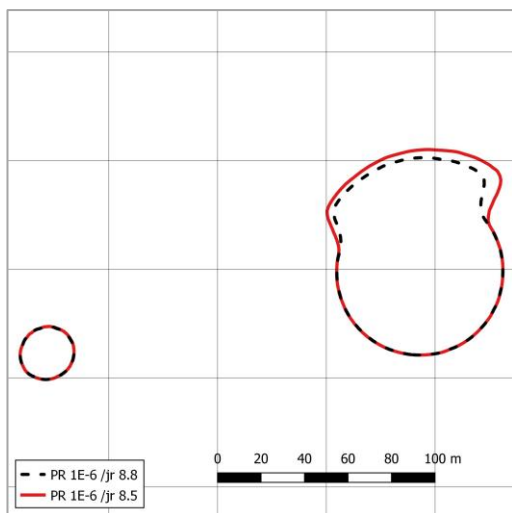
Resultaten waterstof



Figuur 46. Bedrijf 10

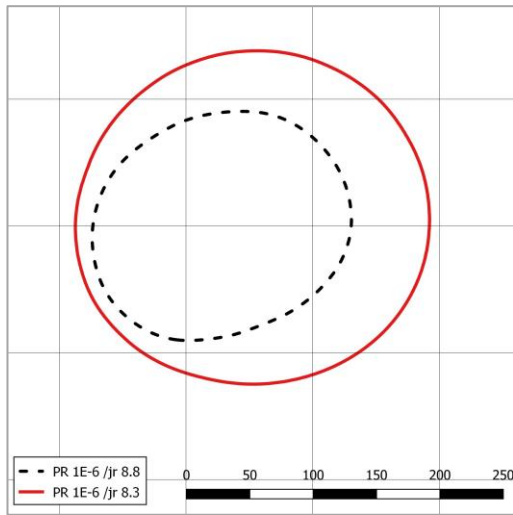


Figuur 47. Bedrijf 11

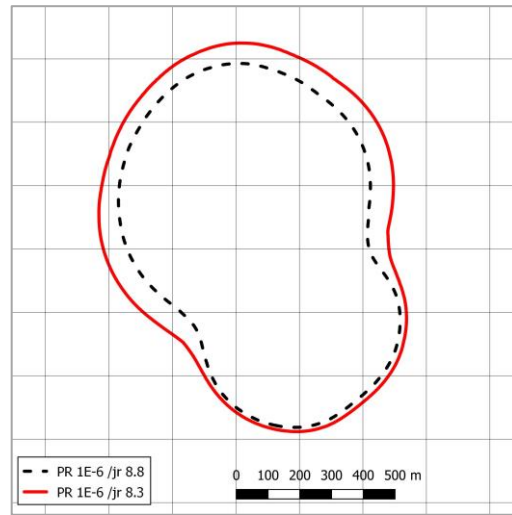


Figuur 48. Bedrijf 12

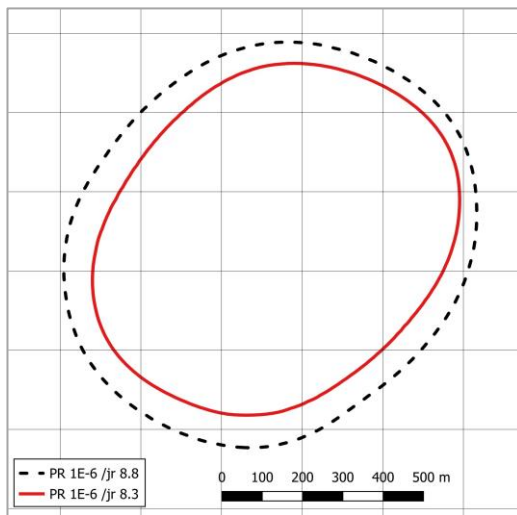
Resultaten propyleenoxide



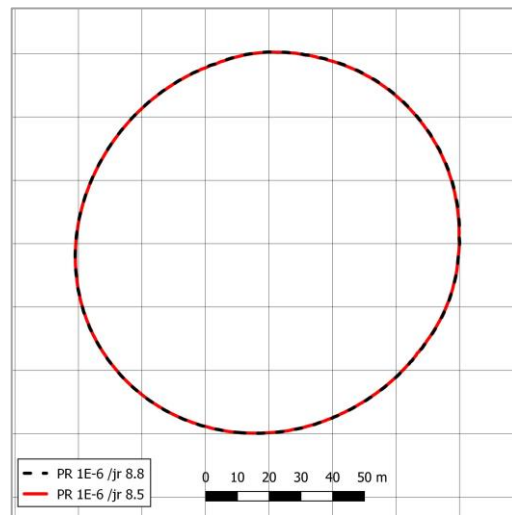
Figuur 49. Bedrijf 13



Figuur 50. Bedrijf 14

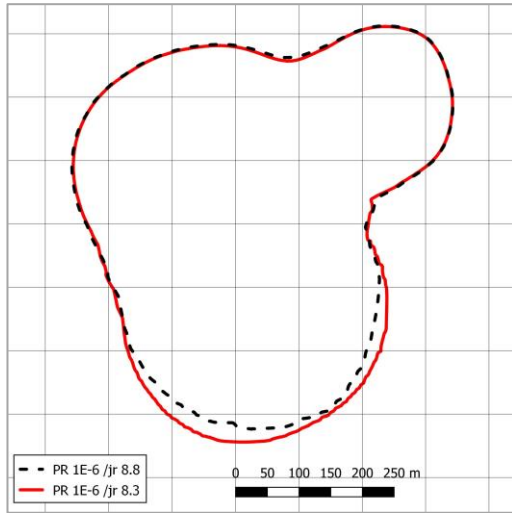


Figuur 51. Bedrijf 15

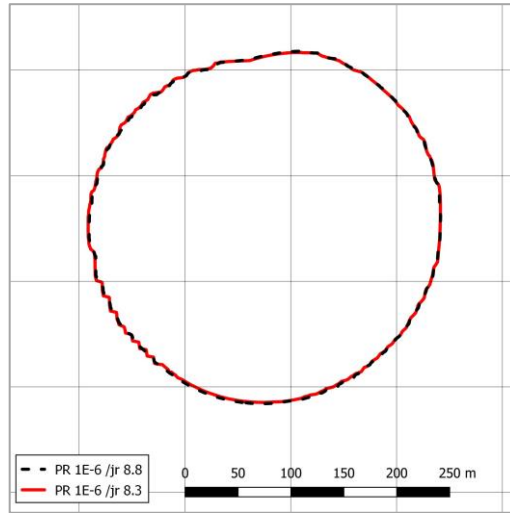


Figuur 52. Bedrijf 16

Resultaten propyleenoxide

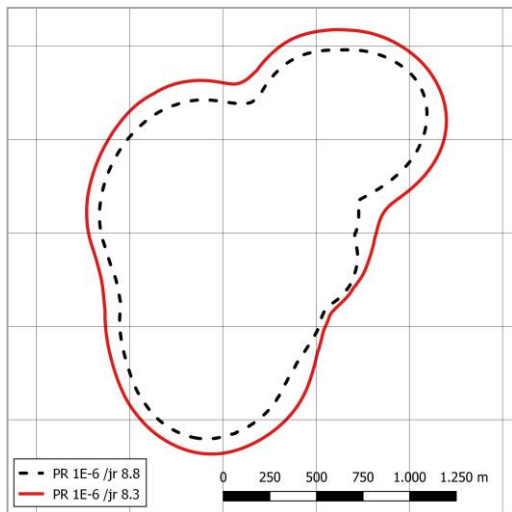


Figuur 53. Bedrijf 17

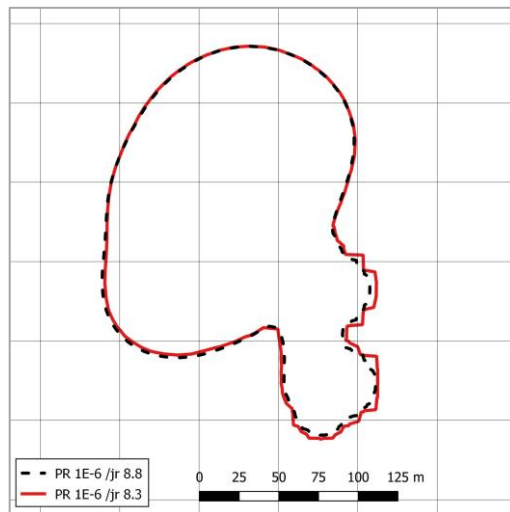


Figuur 54. Bedrijf 18

Resultaten methanol

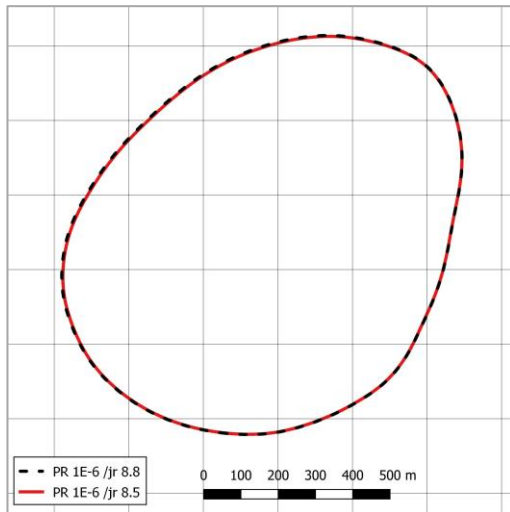


Figuur 55. Bedrijf 19

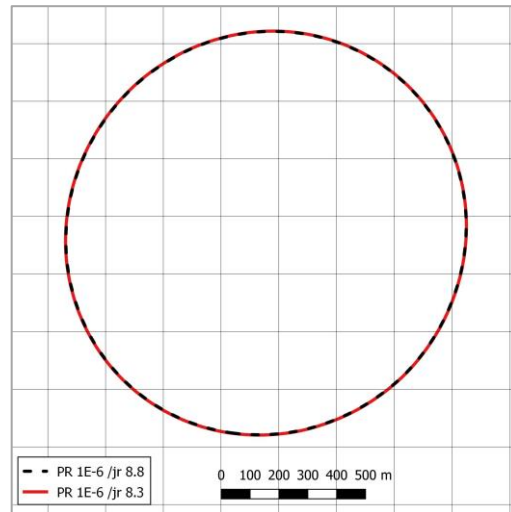


Figuur 56. Bedrijf 20

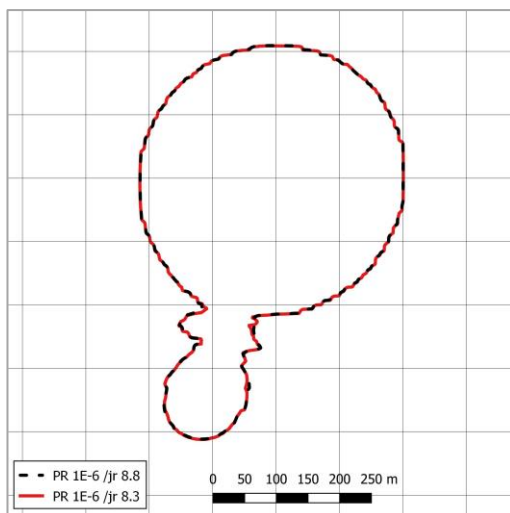
Resultaten methanol



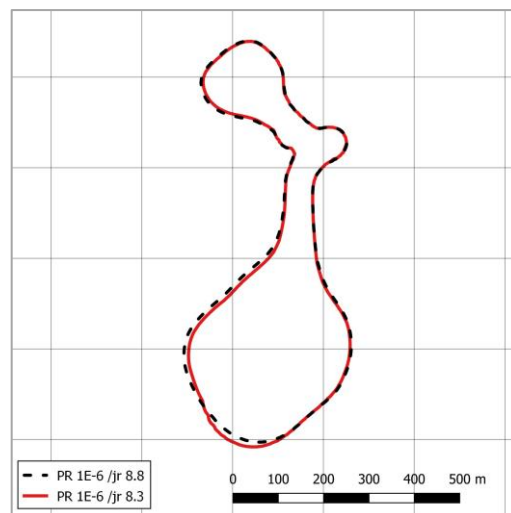
Figuur 57. Bedrijf 22



Figuur 58. Bedrijf 23

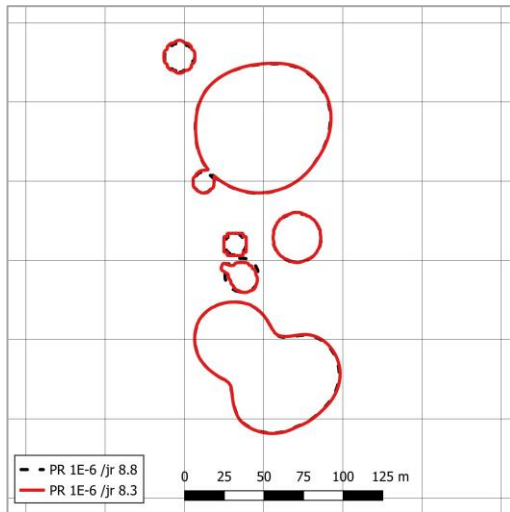


Figuur 59. Bedrijf 24

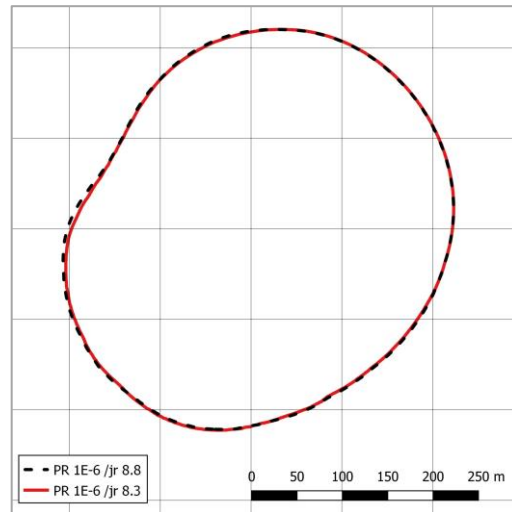


Figuur 60. Bedrijf 25

Resultaten 1,3-butadiëen

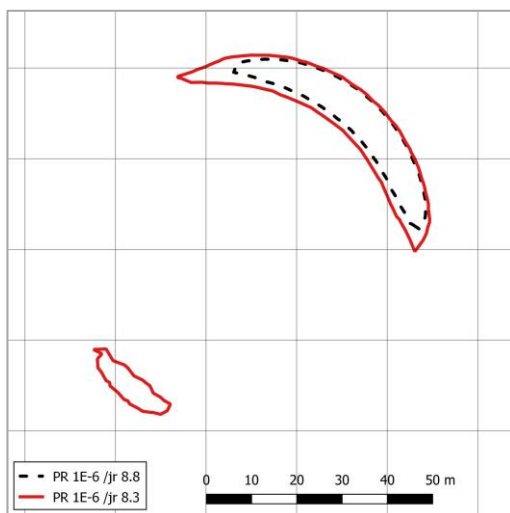


Figuur 61. Bedrijf 45

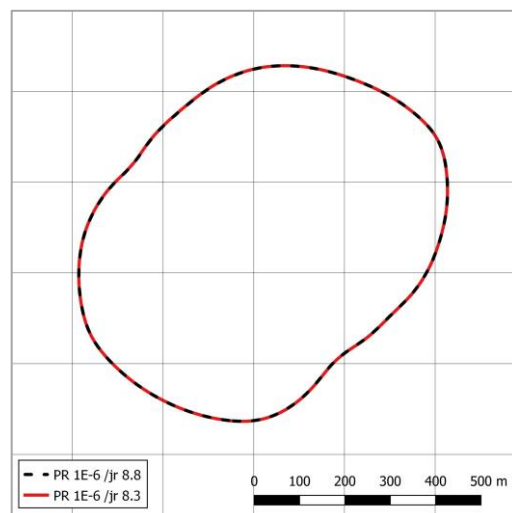


Figuur 62. Bedrijf 46

Resultaten PGS 15

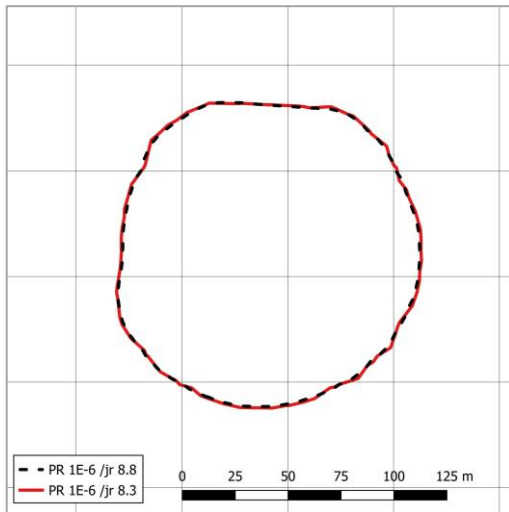


Figuur 63. Bedrijf 38

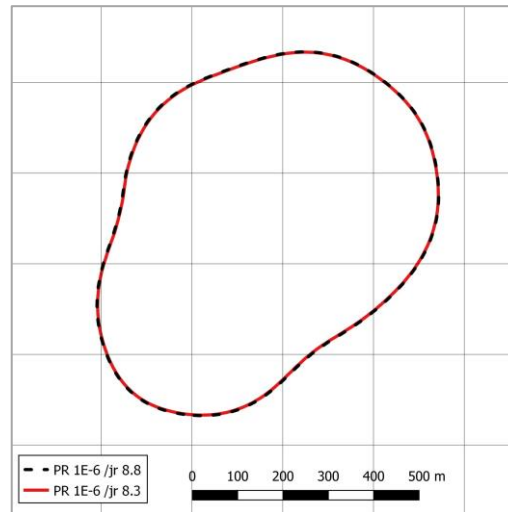


Figuur 64. Bedrijf 39

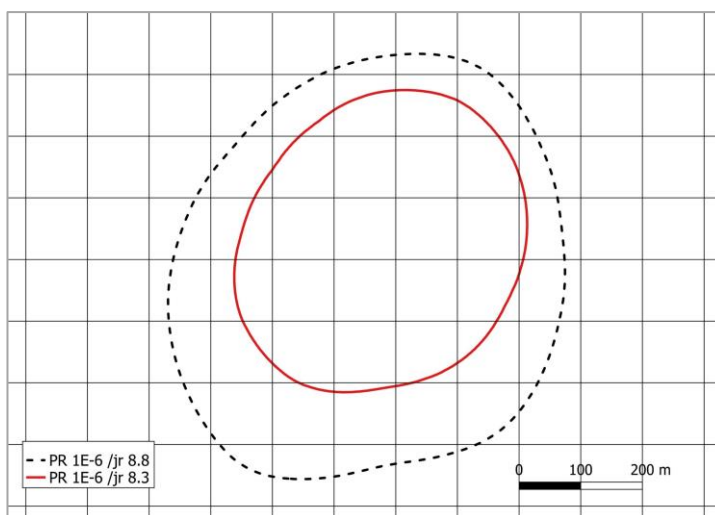
Resultaten PGS 15



Figuur 65. Bedrijf 41

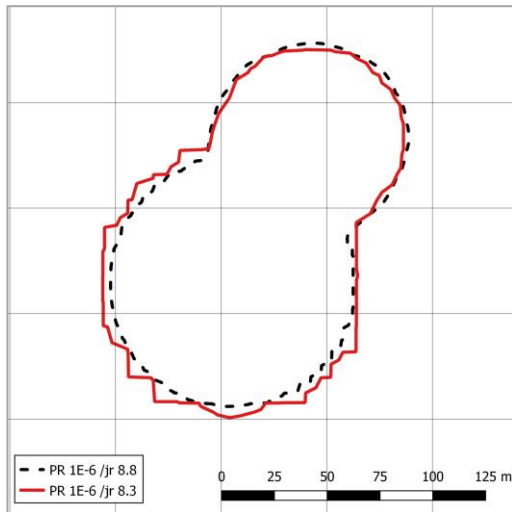


Figuur 66. Bedrijf 42

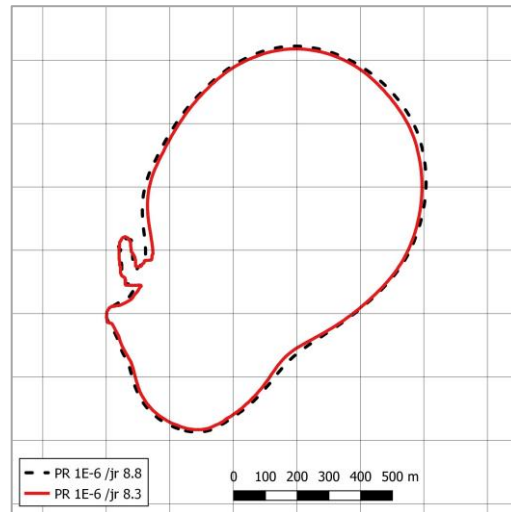


Figuur 67. Bedrijf 72 (onverbrand toxisch product)

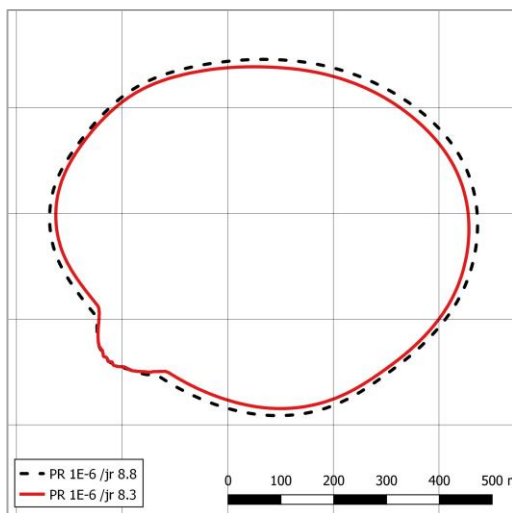
Resultaten overige bedrijven



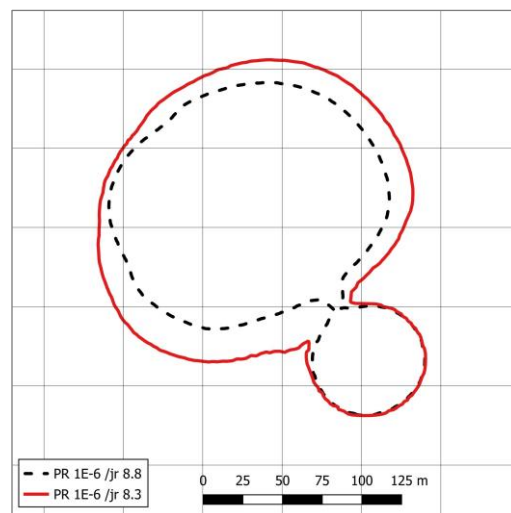
Figuur 68. Bedrijf 48



Figuur 69. Bedrijf 50

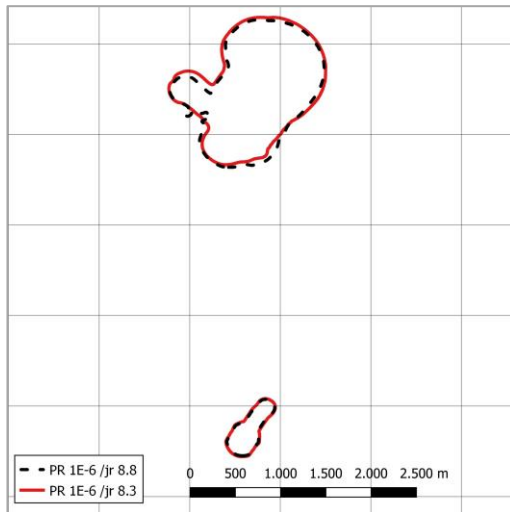


Figuur 70. Bedrijf 51

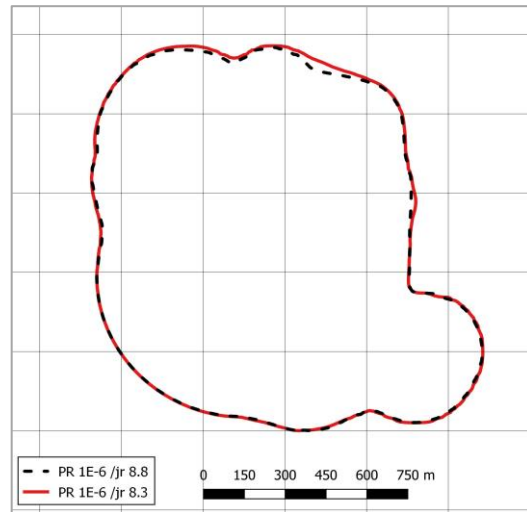


Figuur 71. Bedrijf 52

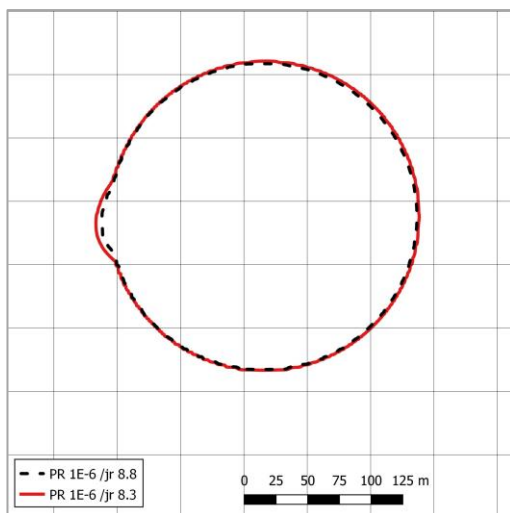
Resultaten overige bedrijven



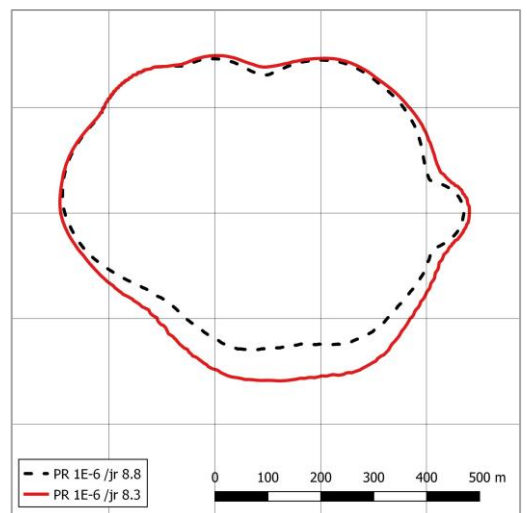
Figuur 72. Bedrijf 53



Figuur 73. Bedrijf 54

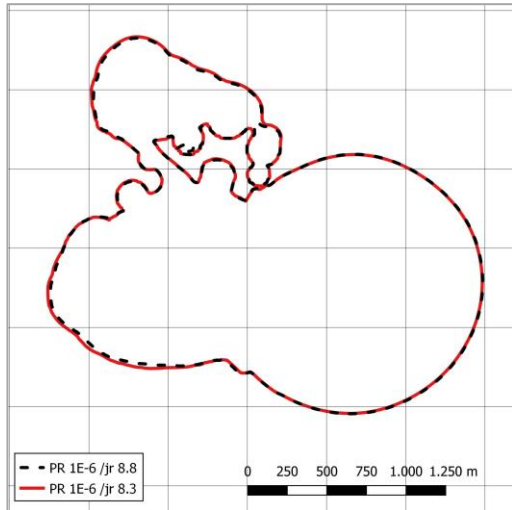


Figuur 74. Bedrijf 55

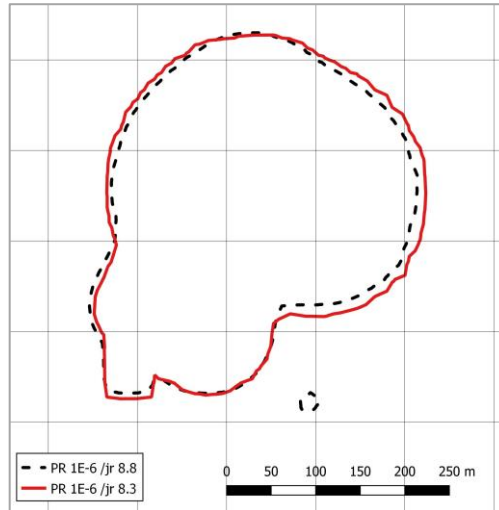


Figuur 75. Bedrijf 56

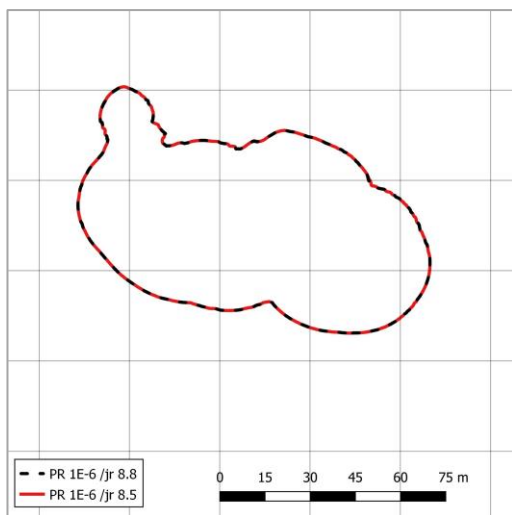
Resultaten overige bedrijven



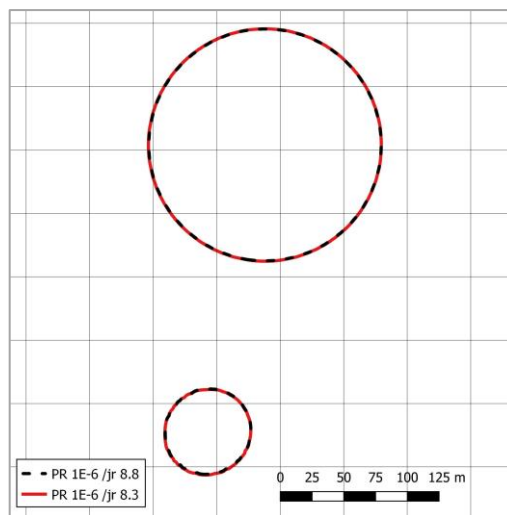
Figuur 76. Bedrijf 57



Figuur 77. Bedrijf 58

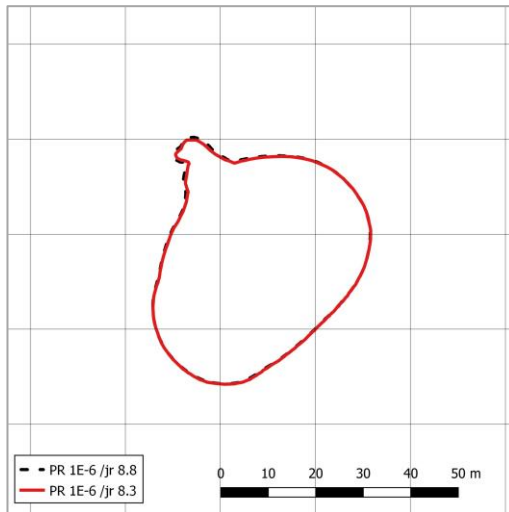


Figuur 78. Bedrijf 59

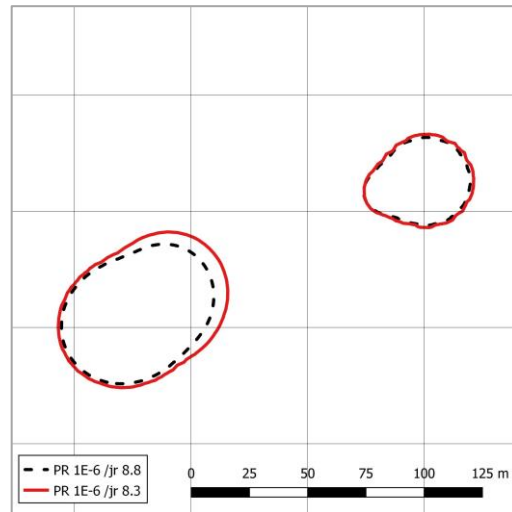


Figuur 79. Bedrijf 60

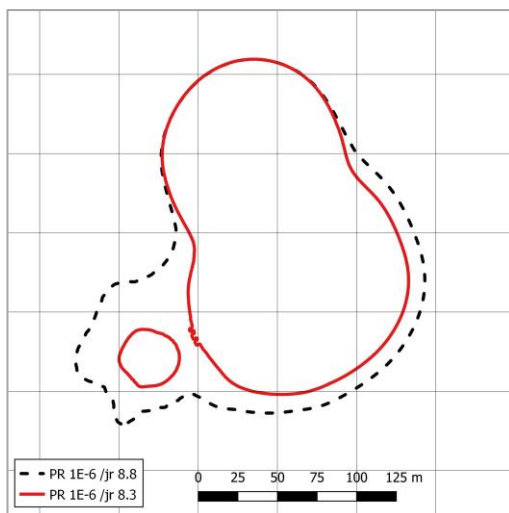
Resultaten overige bedrijven



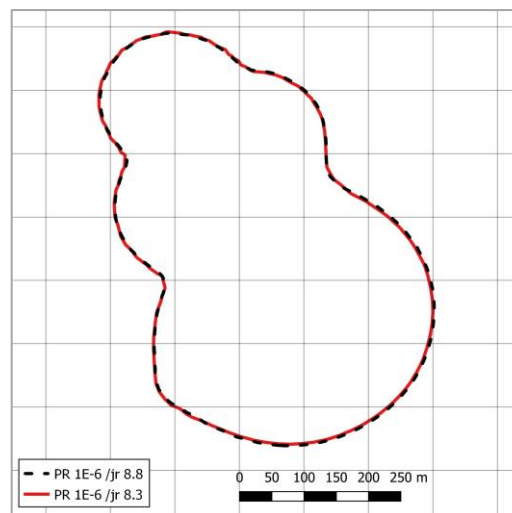
Figuur 80. Bedrijf 61



Figuur 81. Bedrijf 62

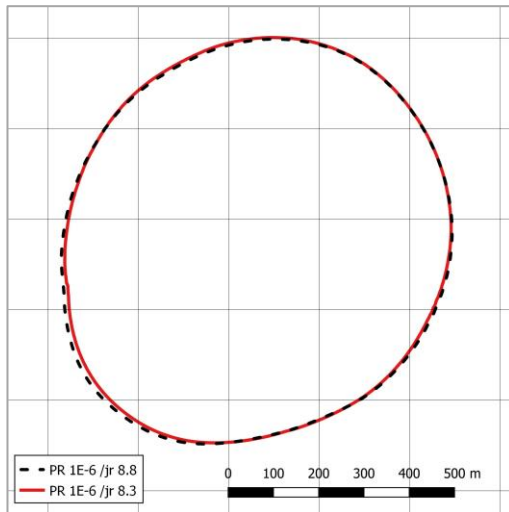


Figuur 82. Bedrijf 63

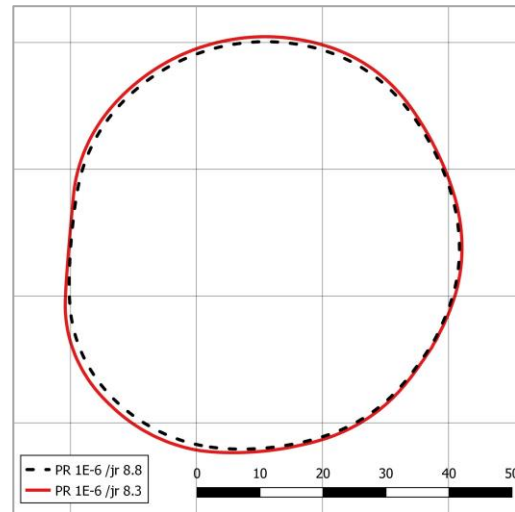


Figuur 83. Bedrijf 65

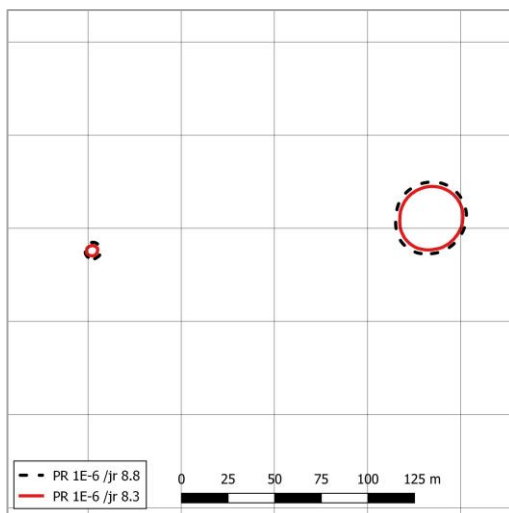
Resultaten overige bedrijven



Figuur 84. Bedrijf 66



Figuur 85. Bedrijf 69



Figuur 86. Bedrijf 70

Op basis van de berekende PR 10^{-6} contouren met Safeti-NL versie 8.3 en versie 8.8 is bepaald hoeveel (zeer) kwetsbare gebouwen binnen deze contouren zijn gelegen in beide situaties. Daarvoor is gebruik gemaakt van de WFS (Web Feature Service) - Kaartlaag 'Kwetsbaarheid gebouwen (Bkl)' [8]. Naast de bestaande bebouwing is ook gekeken naar geprojecteerde bebouwing. Hiervoor is binnen de PR-contouren die ruimer zijn geworden, de bestaande bebouwing zoals geïdentificeerd met de WFS-laag vergeleken met bestemmingsplaninformatie [9].

Het resultaat van beide exercities wordt getoond in tabel 21. Een negatieve waarde in de kolom 'Oppervlakte' betekent een afname van het oppervlak van de PR 10⁻⁶ contour. Een negatieve waarde in de overige kolommen betekent een afname van het aantal gebouwen/bouwvlakken ten opzichte van versie 8.3. In die gevallen is niet gecontroleerd op geprojecteerde bebouwing en is niets ingevuld in de kolom 'GB'. De betekenis van de afkortingen in de veldnamenrij voor gebouwen is als volgt:

BK : Beperkt kwetsbaar
 K : Kwetsbaar
 ZK : Zeer kwetsbaar
 MK : Mogelijk kwetsbaar
 OV : Overig
 WK : Waarschijnlijk kwetsbaar
 GB : Geprojecteerde bebouwing

Id	Oppervlakte		Toe-/afname gebouwen v88 vs v83							Opmerking
	[m ²]	[%]	BK	K	ZK	MK	OV	WK	GB	
3	14070	2.2	1	-	-	-	-	-	-	
5	-488	-7.4	-	-	-	-	-	-	-	
6	6343	1.8	-	-	-	-	1	-	-	
7	262285	10.4	12	-	-	-	3	-	4	Bouwvlakken (bedrijventerrein)
8	-139	-0.8	-	-	-	-	-	-	-	
9	25661	16.2	4	-	-	-	-	-	-	
10	1163	23.0	1	-	-	1	-	-	-	
11	13261	1.9	9	-	-	-	5	-	-	
13	-29089	-50.3	-2	-	-	-	-1	-	-	
14	-161063	-18.3	-1	-	-	-	-	-	-	
15	190655	31.6	2	1	-	-	2	-	-	
16	27	0.2	-	-	-	-	-	-	-	
17	-9045	-3.3	-	-	-	-	-	-	-	
18	3	0.0	-	-	-	-	-	-	-	
19	-548301	-19.1	-24	-	-	-1	-13	-	-	
20	-496	-1.7	-	-	-	-	-	-	-	
22	4996	0.6	-	-	-	-	-	-	-	
23	-4191	-0.3	-	-	-	-	-	-	-	
24	77	0.0	-	-	-	-	-	-	-	
25	4261	2.7	1	-	-	-	-	-	-	
26	-117802	-6.1	-1	-	-	-	-	-	-	
27	-5324	-2.7	-	-	-	-	-	-	-	
28	1665	1.0	-	-	-	-	-	-	-	
29	84	0.1	-	-	-	-	-	-	-	
30	-74341	-50.5	-4	-	-	-	-	-	-	
32	41972	3.1	-1	-	-	-	-	-	1	Uiterste puntje bouwvlak (bedrijf)

Id	Oppervlakte		Toe-/afname gebouwen v88 vs v83							Opmerking	
	[m ²]	[%]	BK	K	ZK	MK	OV	WK	GB		
33	1061	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	
34	-19400	-12.6	-1	-	-	-	-1	-	-	-	
35	47169	30.8	1	-	-	-	-	-	-	1	Bouwvlak (bedrijf)
37	82	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	
38	-271	-42.1	-1	-	-	-	-1	-	-	-	
39	-300	-0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	
41	-304	-1.8	-	-	-	-	-	-	-	-	
42	2694	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	
43	62491	11.9	4	-	-	-	1	-	-	-	
44	-120202	-3.7	-1	-	-	1	1	-	-	-	
45	-99	-0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	
46	965	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	
48	-822	-4.9	-	-	-	-	-	-	-	-	
50	30998	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
51	27607	7.0	1	-	-	-	-	-	-	-	
52	-8158	-25.0	-	-7	-	-	-3	-	-	-	
53	-72240	-3.9	1	-	-	-	-1	-	-	-	
54	-23034	-1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	
55	-1109	-2.3	-	-	-	-	-	-	-	-	
56	-44144	-12.5	-1	-	-	-	-1	-	-	-	
57	-45198	-1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	
58	-5699	-5.2	-4	-	-	-	-	-	-	-	
59	-3	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
60	-141	-0.5	-1	-	-	-	-	-	-	-	
61	12	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	
62	-769	-15.5	-1	-	-	-	-9	-	-	-	
63	8041	32.8	1	-	-	-	-	-	-	?	Geen bp-informatie
65	747	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	
66	5504	0.9	3	-	-	-	1	-	-	-	
69	-126	-3.8	-	-	-	-	-	-	-	-	
70	283	30.1	-	-	-	-	-	-	-	-	
72	170845	94.5	2	1	-	-	1	-	-	?	Geen bp-informatie

Tabel 21. Gebouwen binnen PR 10⁻⁶ contour

Bijlage 2 Uitgangspunten en resultaten vgs

Rekenronde 1

Berekeningen met RBM II. De stofcategorieën zijn alle afzonderlijk doorgerekend. Het aantal transporten is zodanig hoog gekozen dat ten minste sprake is van een PR-contour 10^{-6} . Dit is geen weergave van de realiteit, maar zorgt voor een goede vergelijking van de resultaten. Niet op elke spoorroute is in de praktijk sprake van het scenario "Warme" BLEVE. Daarom is voor stofcategorieën A/GF3 en B2/GT3 een extra berekening uitgevoerd zonder dit scenario.

Rekenronde 2

In rekenronde 2 zijn de RBM II bestanden nagebouwd in Safeti-NL versie 8.8, met dezelfde gebeurtenisbomen, frequenties, probitwaarden en voorbeeldstoffen. Voor de gehanteerde invoergegevens en parameters wordt verwezen naar de met dit rapport meegepaste Safeti NL versie 8.8 bestanden.

De tabellen 21 en 22 tonen de gehanteerde probitwaarden in RBM II en Safeti-NL versie 8.8. Deze zijn vergelijkbaar.

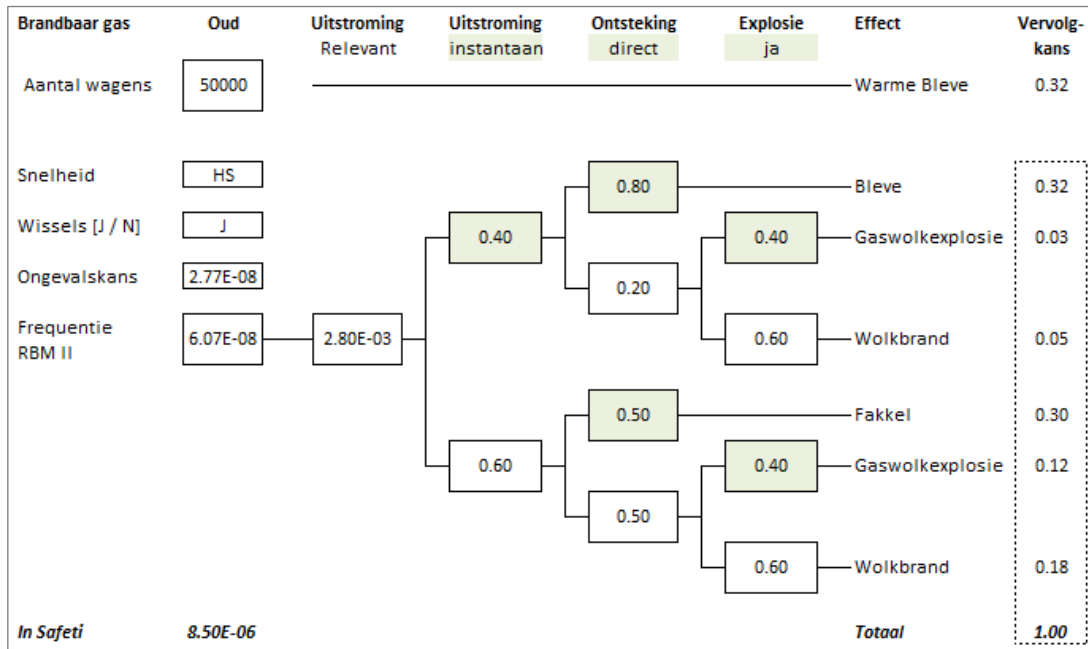
Stof-categorie	Stof	Cas-nr	a	b	n
B2	Ammoniak	7664-41-7	-15.60	1	2
B3	Chloor	7782-50-5	-6.35	0.5	2.75
D3	Acrylnitril	107-13-1	-8.60	1	1.3
D4	Acroleïne	107-02-8	-4.10	1	1

Tabel 22. Probitrelaties RBM II (C in mg/m^3 , t in min)

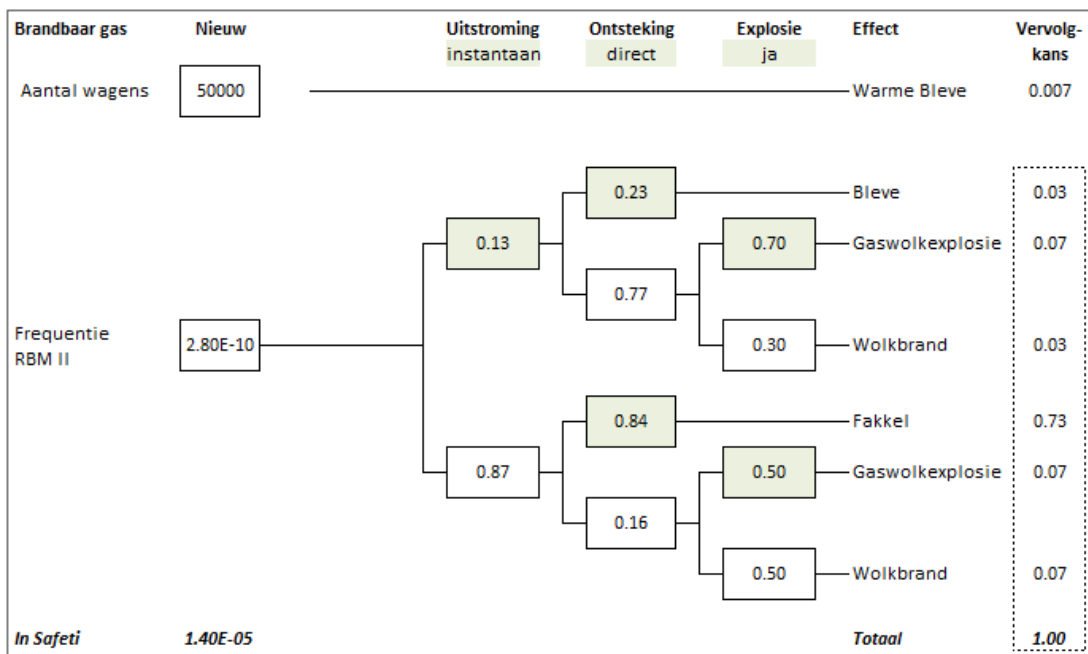
Stof-categorie	Stof	Cas-nr	a	b	n
B2	Ammoniak	7664-41-7	-16.21	1	2
B3	Chloor	7782-50-5	-4.81	0.5	2.75
D3	Acrylnitril	107-13-1	-7.52	1	1.3
D4	Acroleïne	107-02-8	-3.21	1	1

Tabel 23. Probitrelaties Safeti-NL (C in ppm)

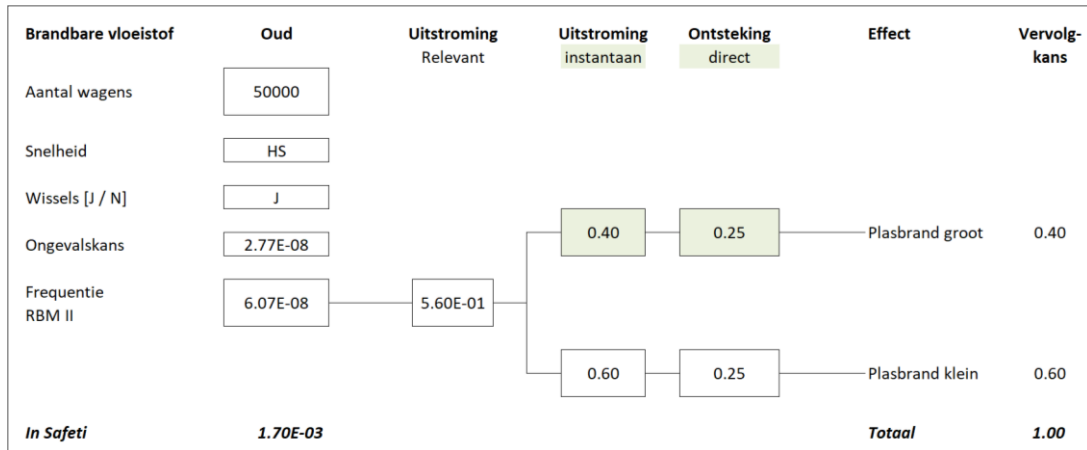
Gebeurtenissenbomen



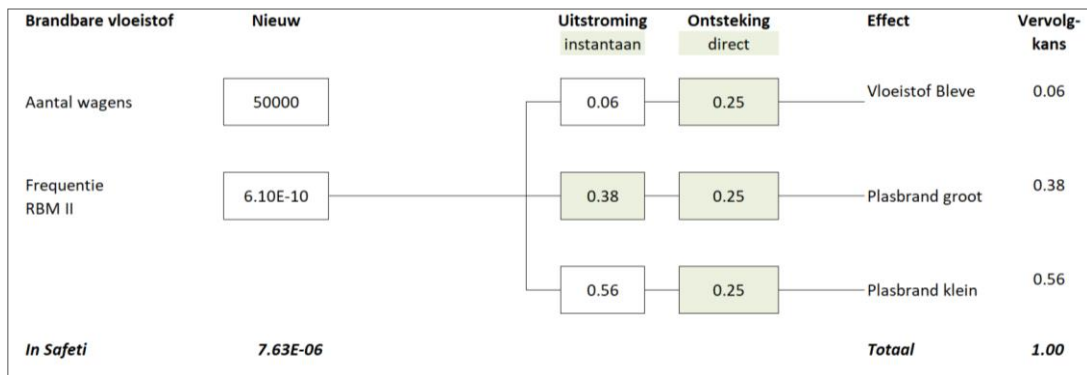
Figuur 87. Gebeurtenissenboom stofcategorie A huidige rekenmethodiek spoor



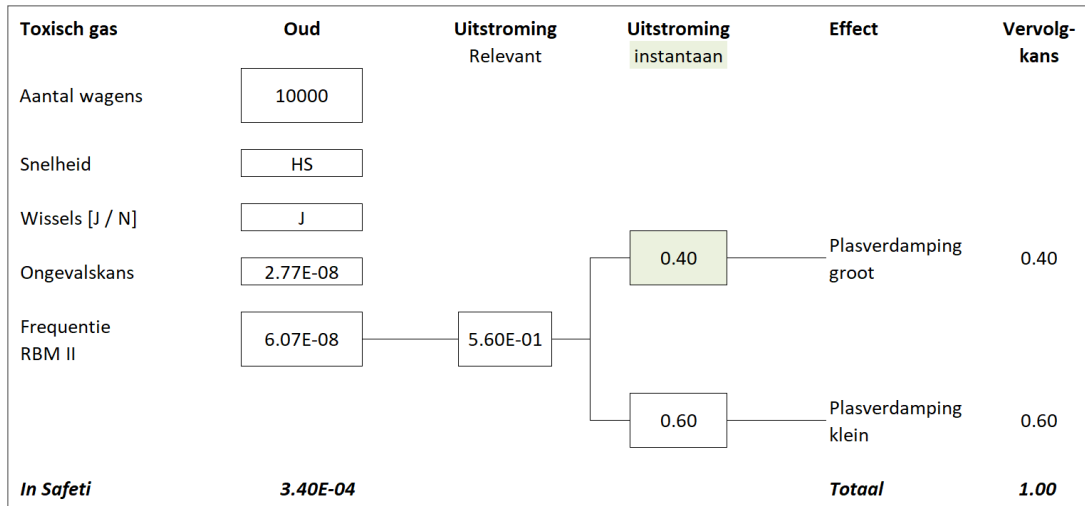
Figuur 88. Gebeurtenissenboom stofcategorie GF3 nieuwe rekenmethode spoor



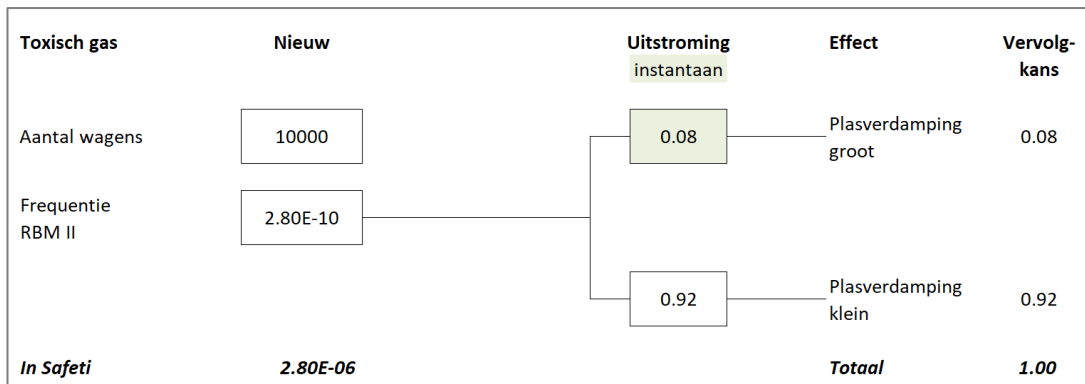
Figuur 91. Gebeurtenissenboom stofcategorie C3 huidige rekenmethode spoor



Figuur 92. Gebeurtenissenboom stofcategorie LF2 nieuwe rekenmethode spoor



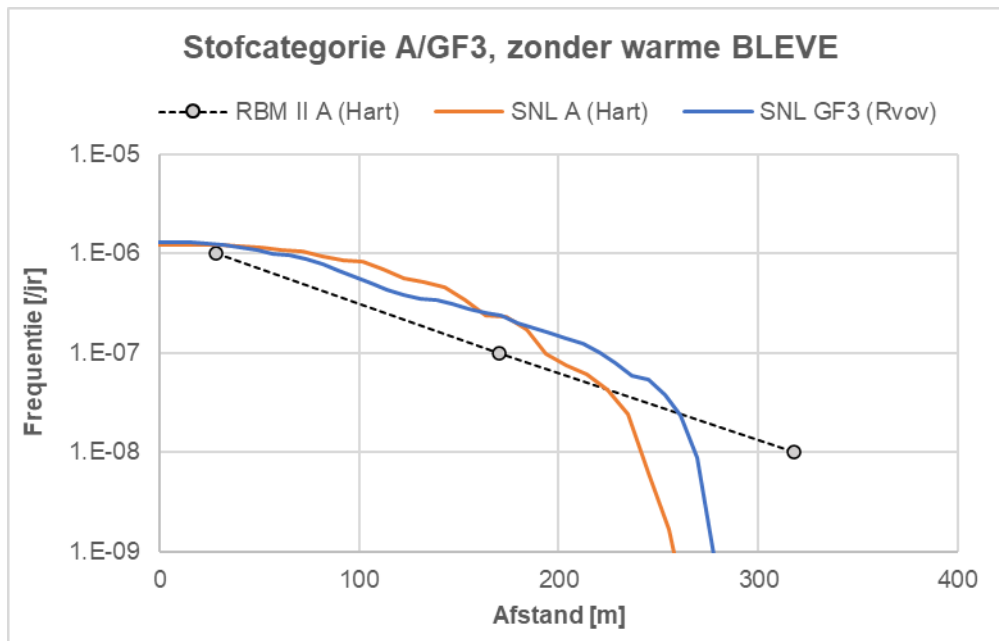
Figuur 93. Gebeurtenissenboom stofcategorie D3/D4 huidige rekenmethode spoor



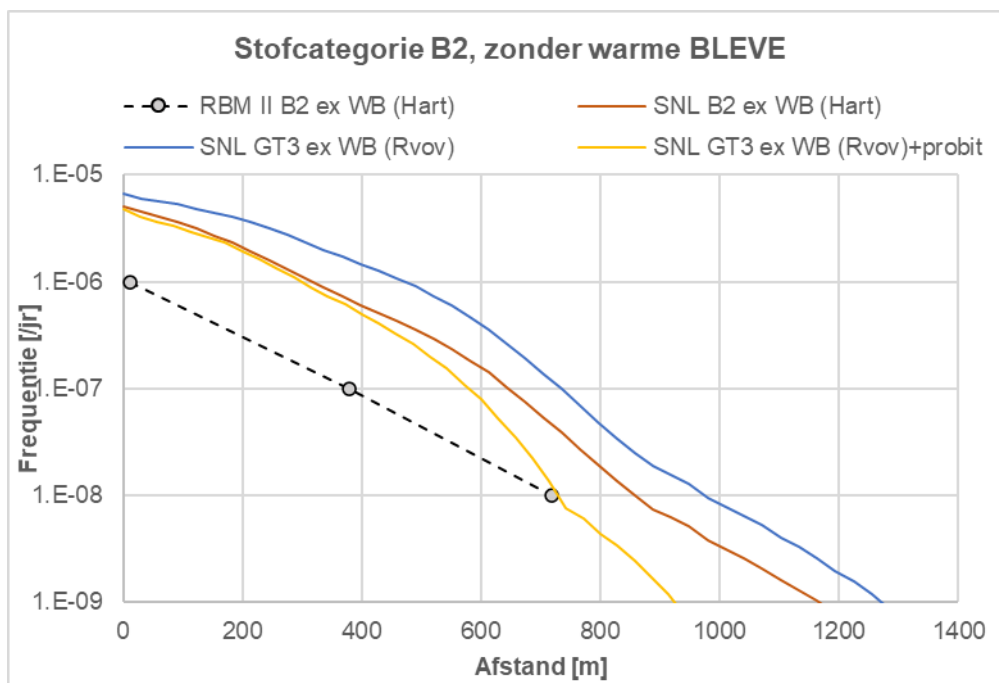
Figuur 94. Gebeurtenissenboom stofcategorie LT1/LT3 nieuwe rekenmethode spoor

Geen warme Blevé

Niet op alle spoortrajecten wordt het scenario warme Blevé verwacht op te kunnen treden. De invloed van het achterwege laten van dit scenario op de rekenresultaten is aanvullend beschouwd. Figuur 95 toont het resultaat voor stofcategorie A/GF3 en figuur 96 voor stofcategorie B2/GT3. Opgemerkt wordt dat volgens het Rvov het scenario warme Blevé in alle gevallen wordt beschouwd.



Figuur 95. Resultaat PR-x stofcategorie A inclusief warme Bleve (als vessel)



Figuur 96. Resultaat PR-x stofcategorie B2 exclusief warme Bleve

Invoer realistisch scenario in Safeti NL

Het modelleren van een route en het toekennen van transporten in SNL kan op twee manieren:

1. Voor elke stofcategorie wordt per deeltraject een eigen Route segment aangemaakt. De kans op instantane of continue ontwikkeling wordt per stofcategorie als fractie opgegeven, optellend tot 1. Voor GF3 en GT3 is dit hoger dan 1 omdat de ontwikkeling van een Warme Blevende (tak WB) als extra wordt gezien. In het geval van Hengelo worden voor één deeltraject vijf routes ingevoerd, zie als voorbeeld tabel 24.

Route	Frequentie	Tak	Fractie
GF3	5.38E-07	WB	0.007
		Instantaan	0.13
		Continu	0.87
GT3	5.60E-08	WB	0.007
		Instantaan	0.08
		Continu	0.92
LF2	3.05E-07	WB	0.06
		Groot	0.38
		Klein	0.56
LT1	1.40E-08	Groot	0.08
		Klein	0.92
LT3	1.40E-08	Groot	0.08
		Klein	0.92

Tabel 24. Elke stofcategorie een eigen route segment (spoortype B, o.b.v. aantallen tabel 15)

2. Voor elk deeltraject wordt één Route segment aangemaakt waaraan alle stofcategorieën worden toegekend. De kansen op instantane of continue ontwikkeling van alle stofcategorieën tezamen worden als fractie opgegeven, optellend tot 1. In het geval van Hengelo wordt voor één deeltraject één route ingevoerd met de kansverdeling conform tabel 25.

Stofcat	Tak	Fractie
GF3	WB	0.0040
	Instantaan	0.0751
	Continu	0.5025
GT3	WB	0.0004
	Instantaan	0.0048
	Continu	0.0554
LF2	WB	0.0197
	Groot	0.1245
	Klein	0.1835
LT1	Groot	0.0012
	Klein	0.0138
LT3	Groot	0.0012
	Klein	0.0138
	Totaal	1.0000

Tabel 25. Alle stofcategorieën toegekend aan één Route segment

Bijlage 3 Selectie buisleidingen

Selectie Aardgasleidingen

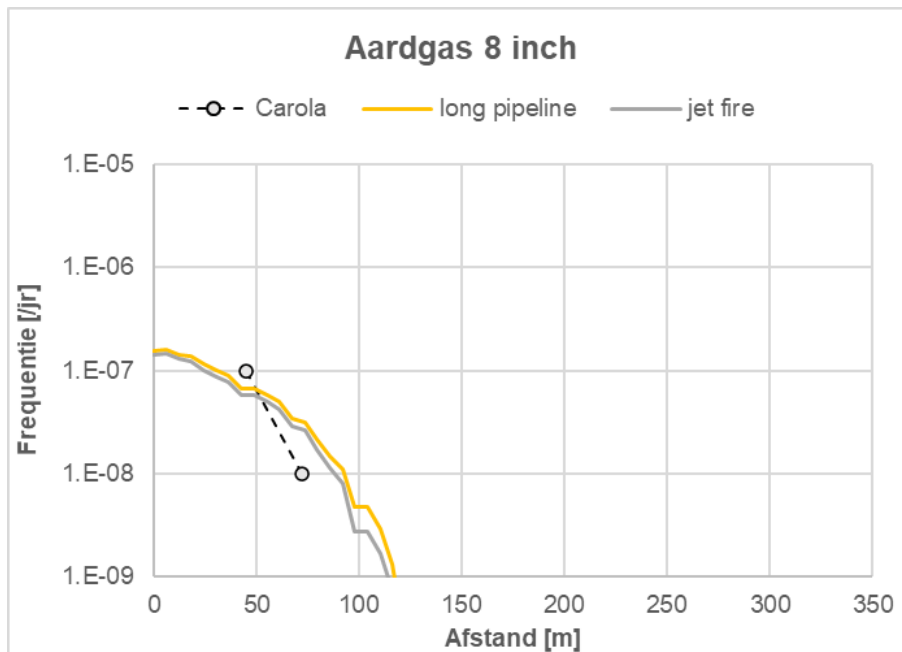
Voor de selectie van de aardgasleidingen die beoordeeld worden, is gekeken naar het type leiding dat het meest voorkomt in Nederland. Daartoe is gebruik gemaakt van een RRGSDownload uit 2016 [11] De leidingen die op basis van het aantal kilometer leiding het meest voorkomen in Nederland zijn geselecteerd voor dit consequentieonderzoek.

Diameter [inch]	Aantal km leiding bij druk			Totaal km
	40 bar	66.2 bar	79.9 bar	
Niet ingevuld	16	1	93	109
2	10	1		10
4	737	33	9	779
6	1424	29	3	1456
8	1563	56	6	1625
10	74	2		76
12	1442	217	43	1702
14	94			94
16	262	77	14	353
18	68	320	8	397
20	4	35	4	43
24	4	341	133	477
30	0	178	53	231
36	2	1321	103	1426
42		976	61	1038
48		968	660	1628
<i>Totaal km</i>	<i>5700</i>	<i>4555</i>	<i>1189</i>	<i>11444</i>

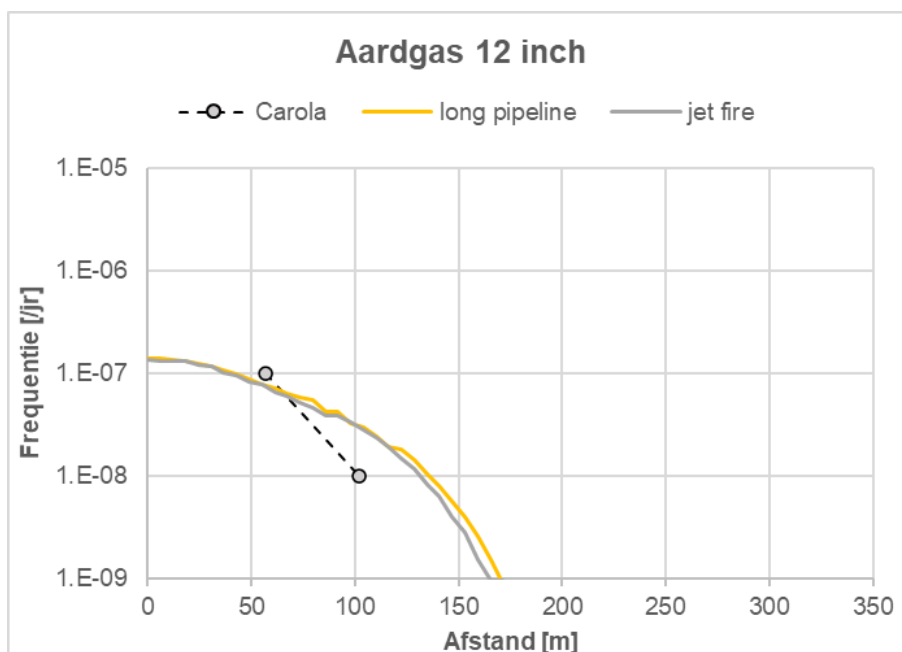
Tabel 26. Kenmerken aardgasbuisleidingen

Berekeningen Aardgasleidingen

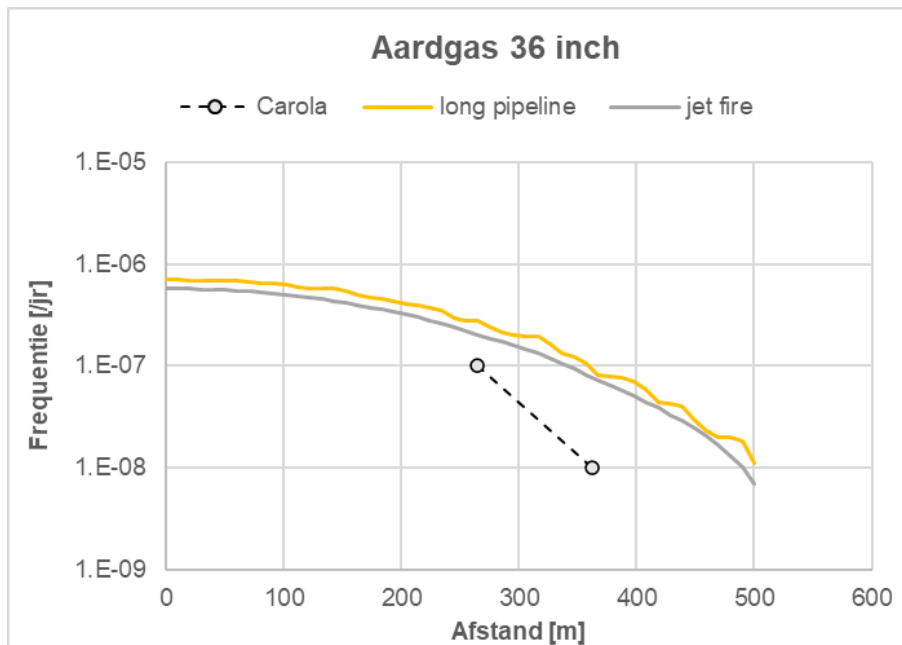
De berekeningen van de aardgasleidingen zijn zowel met CAROLA als Safeti-NL uitgevoerd. In Safeti-NL kan dit met een Long pipe model en met een Jet fire model. CAROLA rekent met het Long pipe model en daarom is in dit onderzoek ook gekozen voor dit model. Een vergelijking met het Jet fire model leert dat dit geen significante verschillen laat zien in vergelijking met het Long pipe model. Zie ook onderstaande figuren.



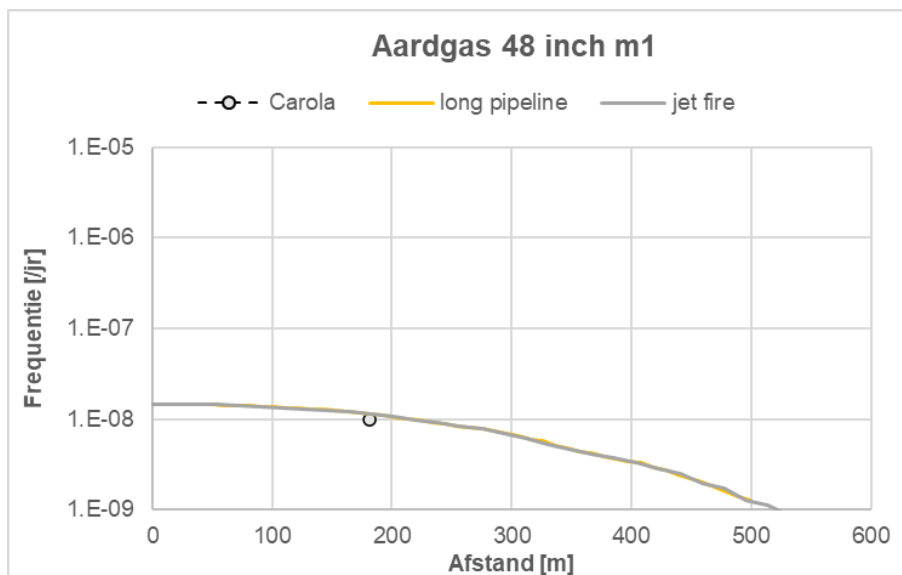
Figuur 97. Resultaat PR-x aardgasleiding 8 inch



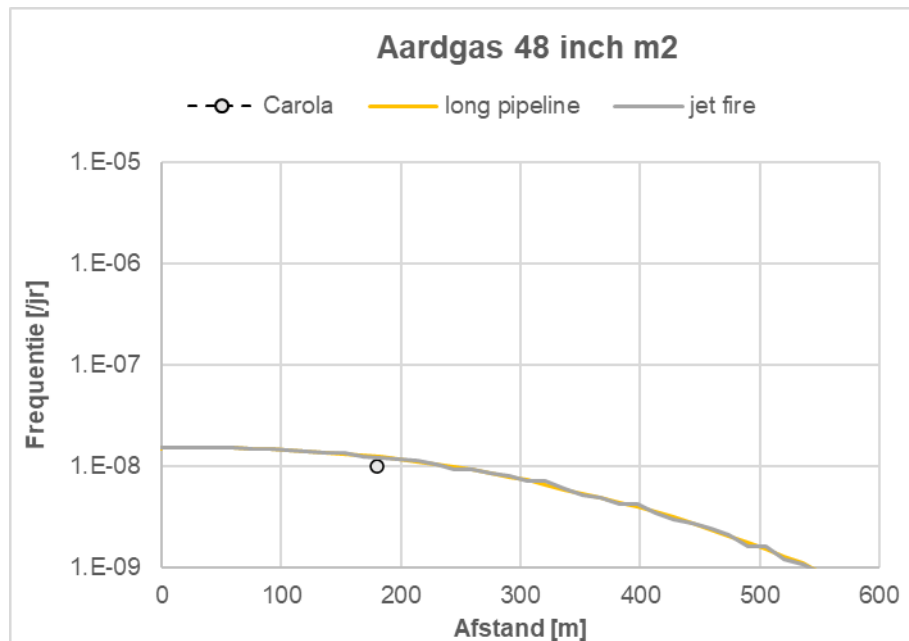
Figuur 98. Resultaat PR-x aardgasleiding 12 inch



Figuur 99. Resultaat PR-x aardgasleiding 36 inch



Figuur 100. Resultaat PR-x aardgasleiding 48 inch 79.9 bar weerstation Soesterberg



Figuur 101. Resultaat PR-x aardgasleiding 48 inch 79.9 bar weerstation Schiphol

Selectie overige buisleidingen

Door opdrachtgever zijn relevante stoffen voor de modellering van overige buisleidingen aangegeven. Het betreft de volgende stoffen:

- Aardgas
- Waterstof
- Ammoniak
- N-octaan
- Etheenoxide
- Propaan
- Waterstofchloride
- Kooldioxide

Aan de hand van een RRGs-download uit 2016 is een overzicht opgesteld van buisleidingen in NL [11]. Op basis van onze inventarisatie blijkt dat:

- Propaan niet wordt vervoerd door buisleidingen.
- De totale lengte van de waterstofchloride leiding slechts 9 km bedraagt.
- Niet voor alle stoffen meerdere diameter/druk-combinaties voorkomen.
- n-Nonaan is vergelijkbaar met n-Octaan.

Daarom is in overleg met opdrachtgever besloten in plaats van propaan de stoffen propeen en n-butaan mee te nemen in het onderzoek. n-Nonaan wordt niet meegenomen in het onderzoek. Dit heeft geen meerwaarde. De groen gearceerde rijen in tabel 27 zijn

geselecteerd voor het onderzoek. De vermelde diameters en drukken zijn realistische waarden. De PR-afstanden van de geselecteerde leidingen worden berekend met Safeti 8.3 en 8.8.

Stof	Diameter [mm]			Werkdruk [bar]			Lengte tot [km]
	klein	middel	groot	klein	middel	groot	
Waterstof	103.1	155.5	205.1	75	75	25	251
Ammoniak	203.2	305	508	100	100	100	--
n-Octaan	303	595	1039	15	25	35	583
Etheenoxide		81			15		65
Waterstofchloride		254			7		9
Kooldioxide ⁴	199	646		22	22		102
Propyleen	104	146	154	41	100	100	27
Butaan	106	199	201	26	6	40	67
n-Nonaan	104.7	312	444	10	80	35.5	626

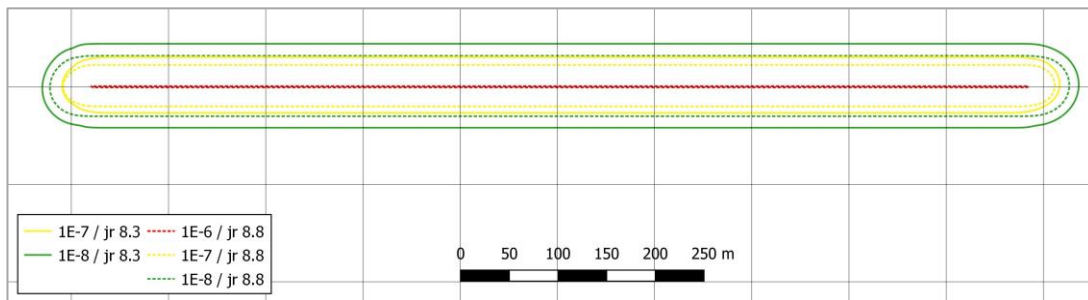
Tabel 27. Kenmerken buisleidingen met gevaarlijke stoffen

⁴ Voor kooldioxide zijn de risicoberekeningen uitgevoerd met de Probit opgesteld door Tebodin in 2008. Deze probit geeft een conservatiever beeld dan met de probit van HSE, welke nu in Safeti-NL versie 8.8 is opgenomen.

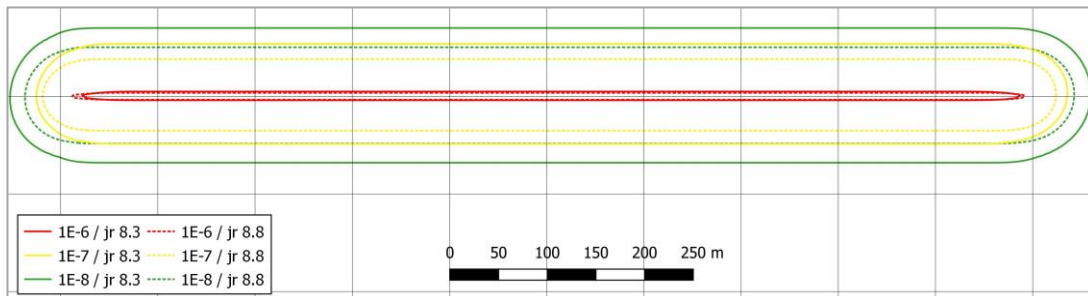
Bijlage 4 Resultaten overige buisleidingen

In het rapport zijn de resultaten van de verschillende tussen de plaatsgebonden risicocontouren berekend met Safeti-NL versie 8.3 en versie 8.8 weergegeven in PR-x tabellen. Hieronder worden diezelfde resultaten als afbeelden getoond.

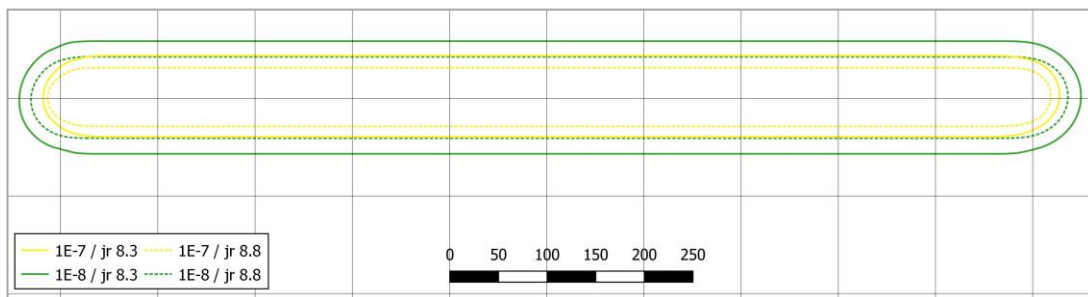
Buisleiding Waterstof



Figuur 102. Buisleiding waterstof diameter 103 mm

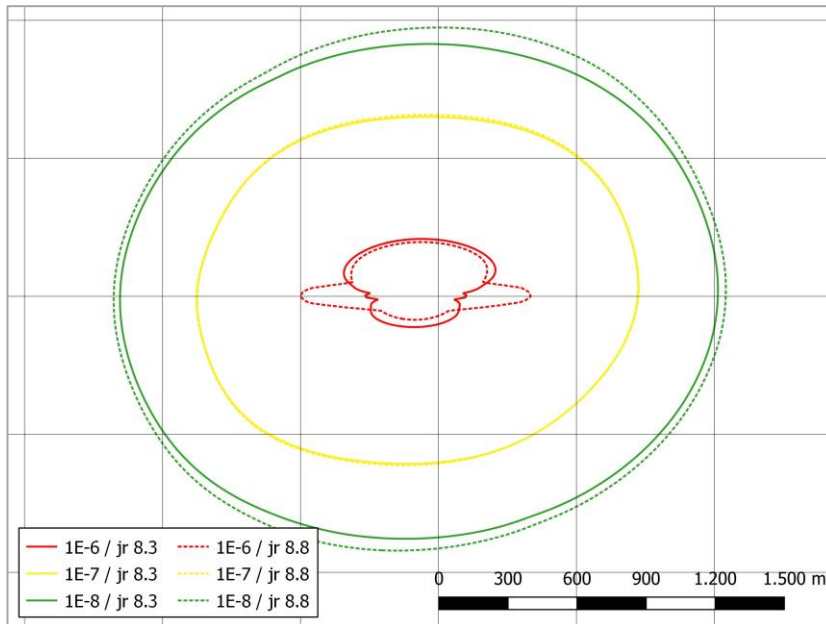


Figuur 103. Buisleiding waterstof diameter 155 mm

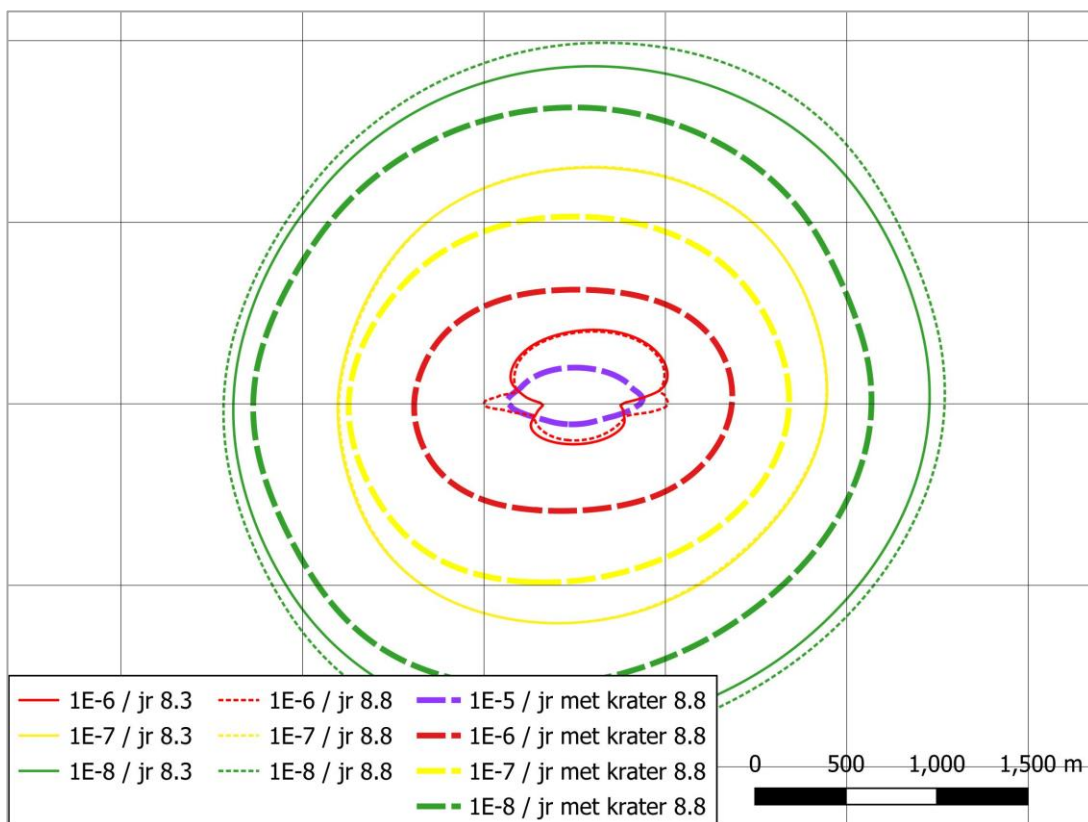


Figuur 104. Buisleiding waterstof diameter 205 mm

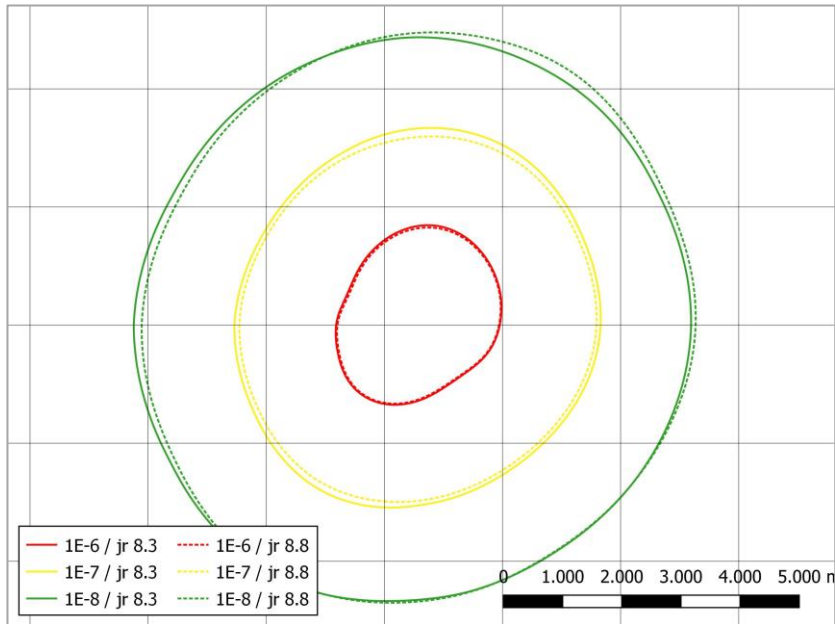
Buisleiding Ammoniak



Figuur 105. Buisleiding ammoniak diameter 203 mm

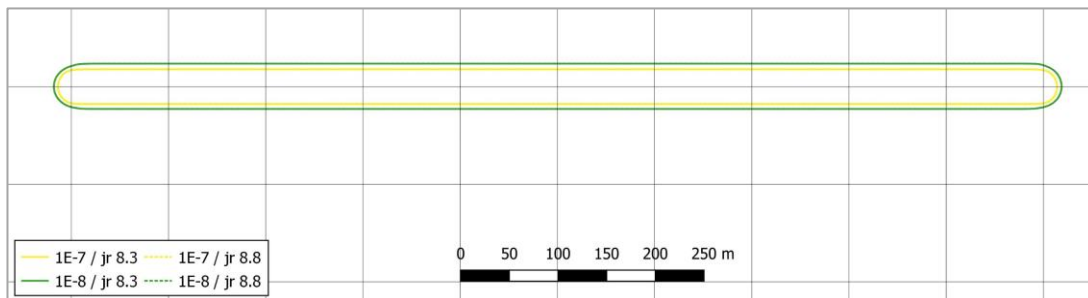


Figuur 106. Buisleiding ammoniak diameter 304 mm

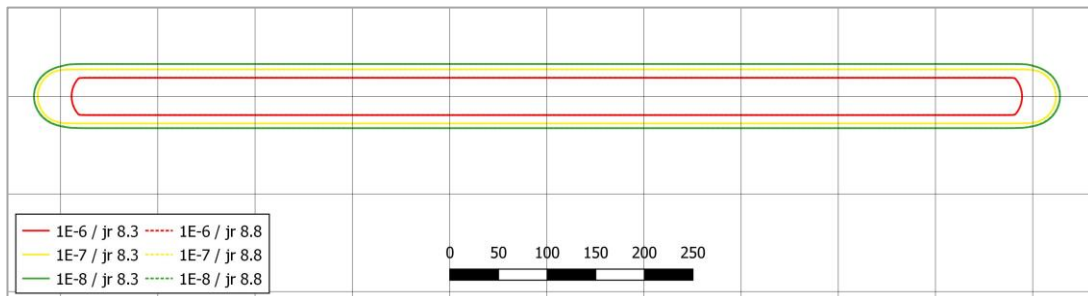


Figuur 107. Buisleiding ammoniak diameter 609 mm

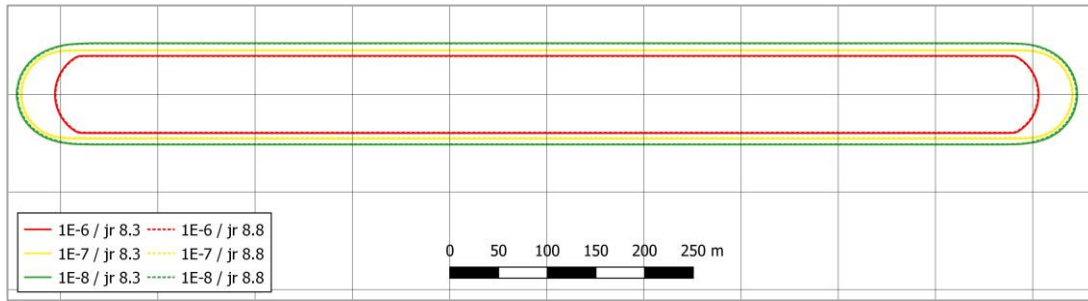
Buisleiding n-Octaan



Figuur 108. Buisleiding n-Octaan diameter 303 mm

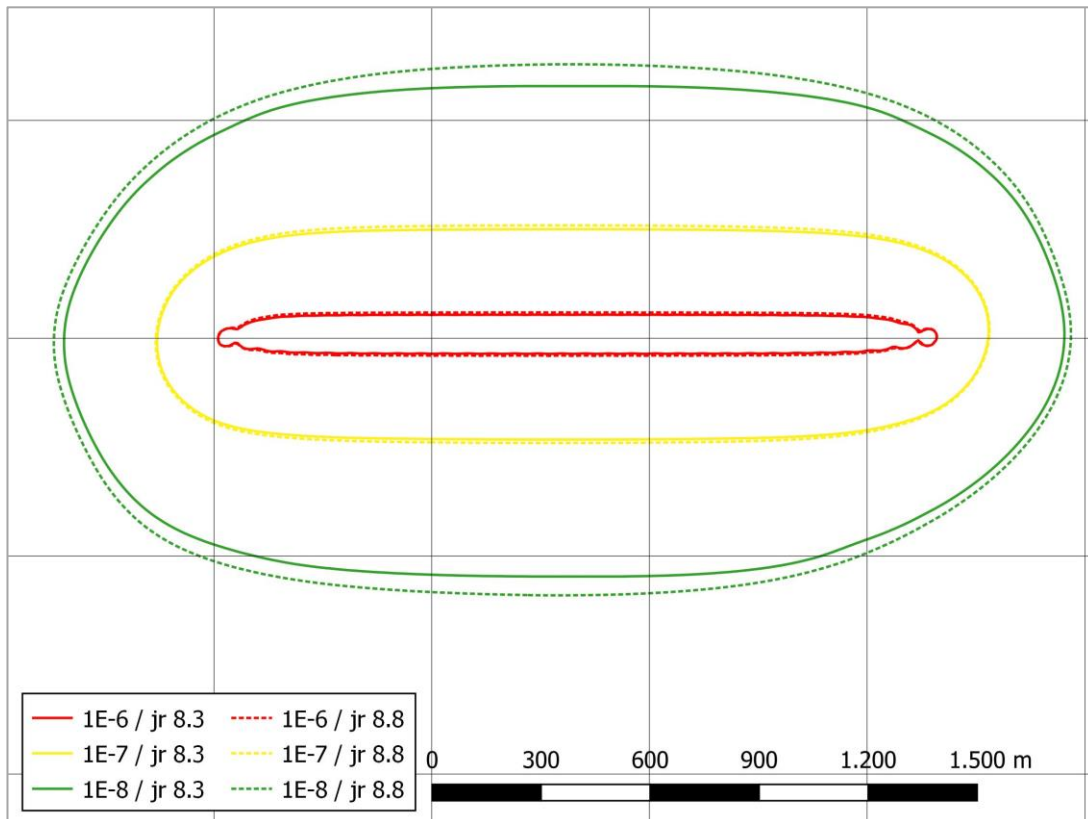


Figuur 109. Buisleiding n-Octaan diameter 595 mm



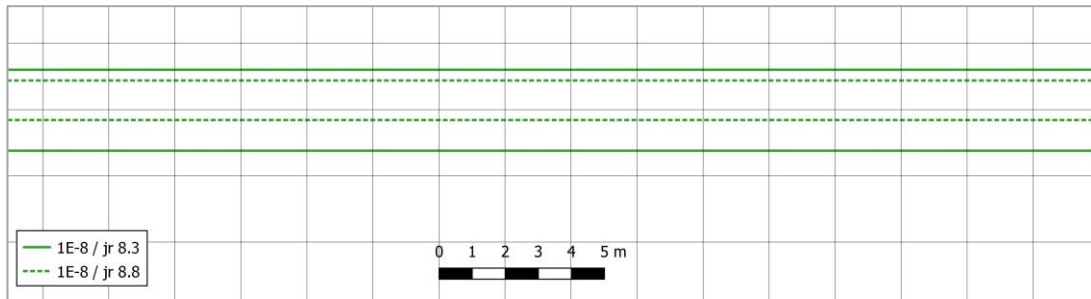
Figuur 110. Buisleiding n-Octaan diameter 1039 mm

Buisleiding Ethyleenoxide



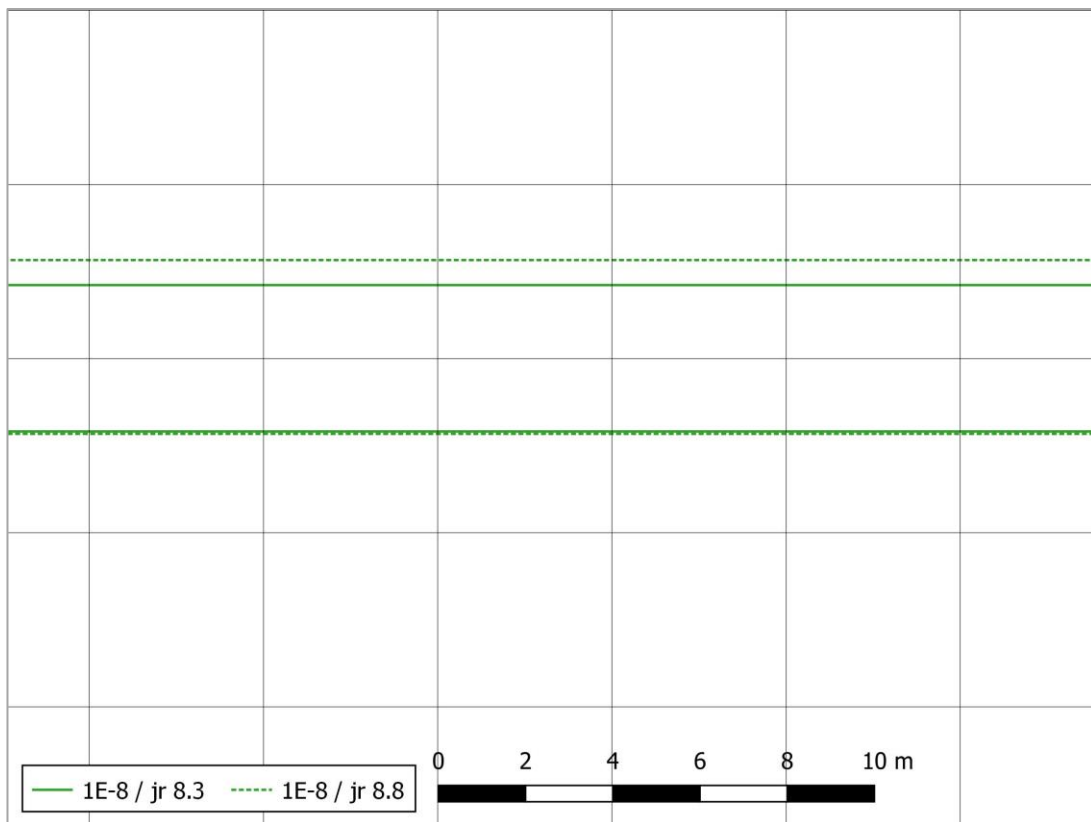
Figuur 111. Buisleiding Ethyleenoxide diameter 81 mm

Buisleiding Waterstofchloride

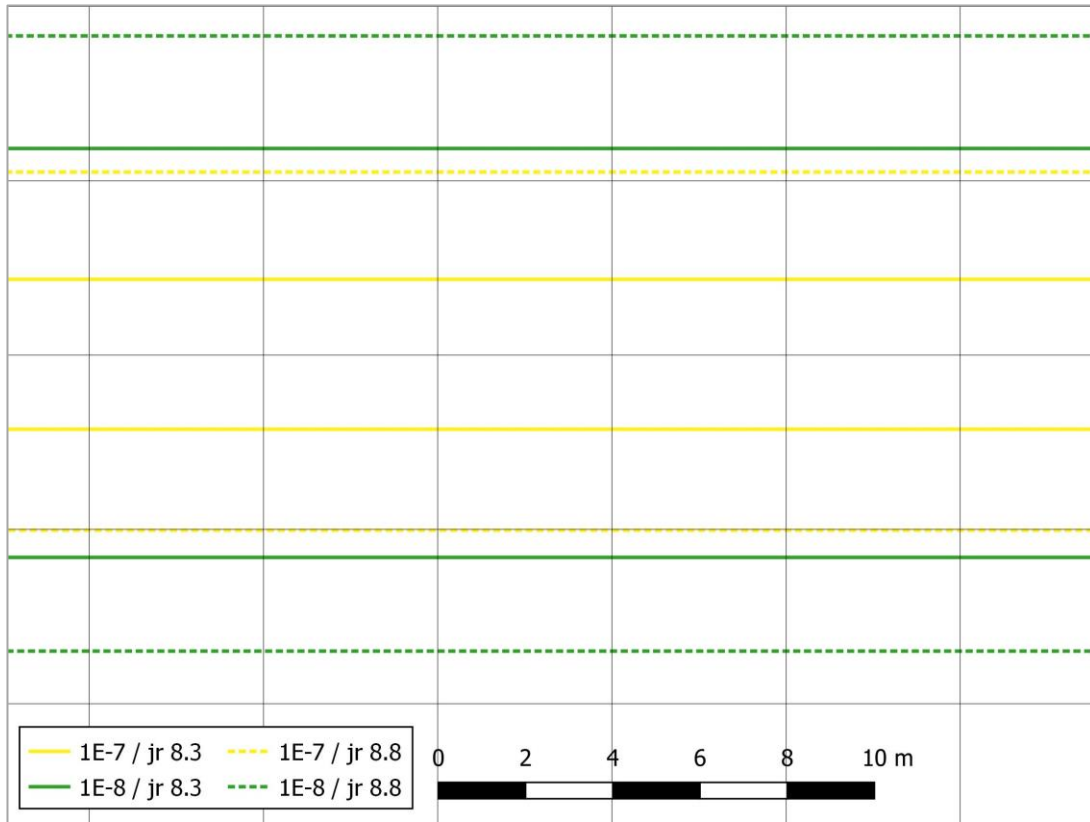


Figuur 112. Buisleiding Waterstofchloride diameter 254 mm

Buisleiding Koolstofdioxide (CO₂)

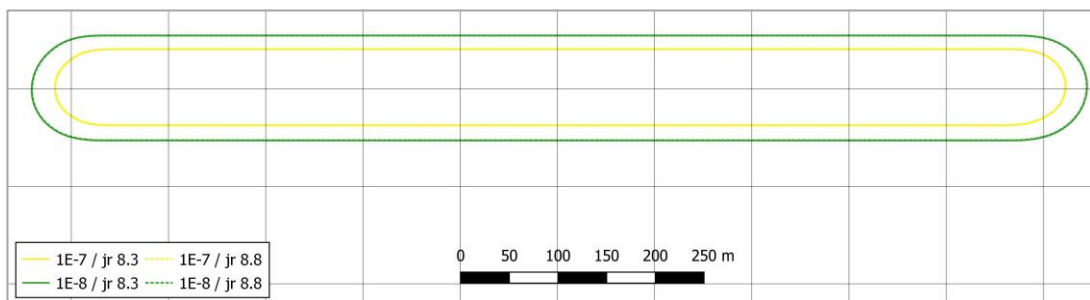


Figuur 113. Buisleiding Koolstofdioxide diameter 199 mm

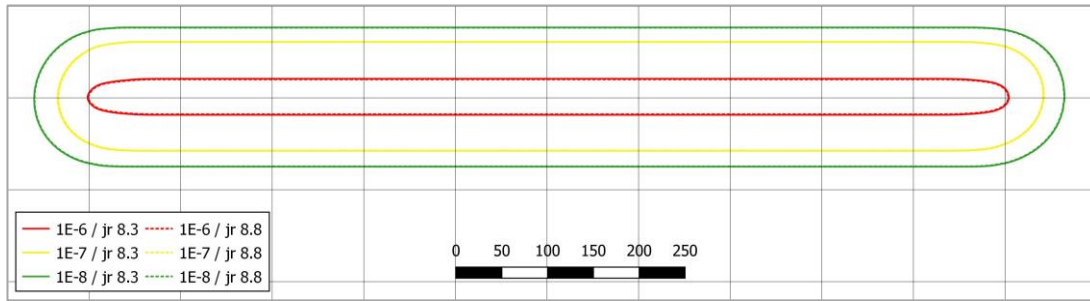


Figuur 114. Buisleiding Koolstofdioxide diameter 646 mm

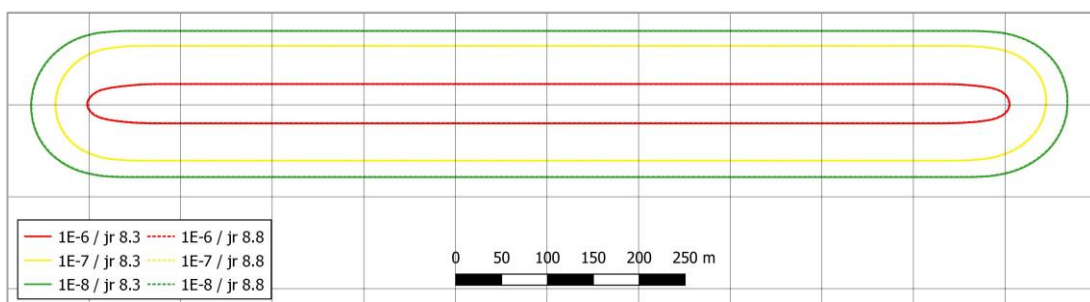
Buisleiding Propyleen



Figuur 115. Buisleiding Propyleen diameter 104 mm

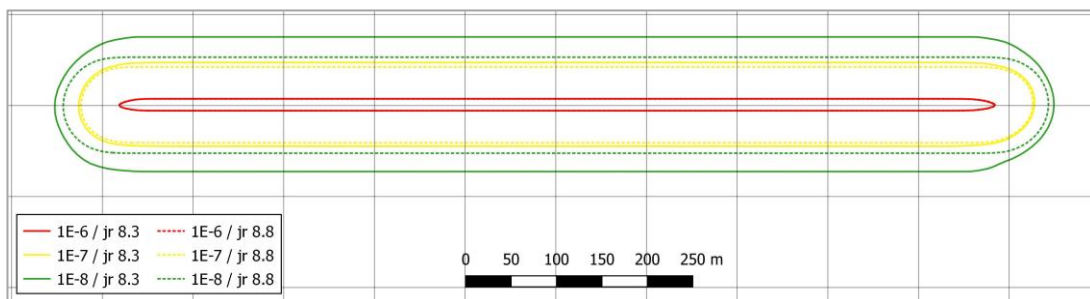


Figuur 116. Buisleiding Propyleen diameter 146 mm

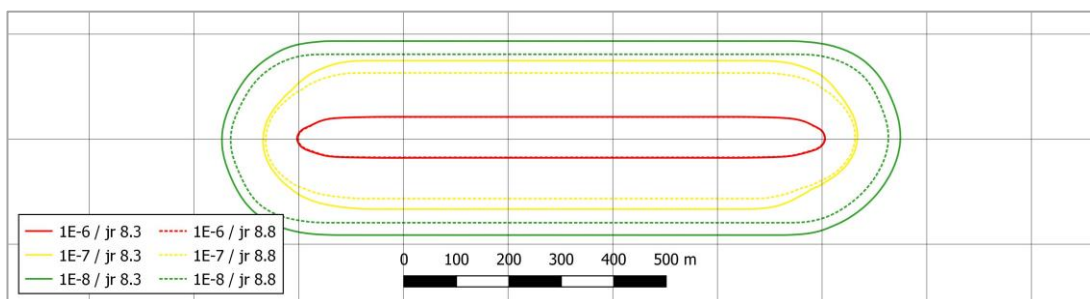


Figuur 117. Buisleiding Propyleen diameter 154 mm

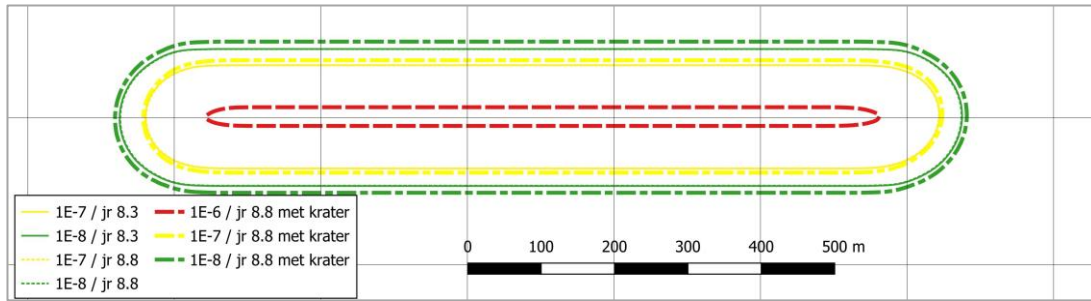
Buisleiding n-Butaan



Figuur 118. Buisleiding n-Butaan diameter 106 mm



Figuur 119. Buisleiding n-Butaan diameter 199 mm



Figuur 120. Buisleiding n-Butaan diameter 201 mm