

QRA Aardgasbuffer Zuidwending

1 gastechnische installatie en 6 cavernes

EnergyStock B.V.

17 oktober 2025 - Public

Contactpersoon

5.1.2. e

Consultant Safety

5.1.2. e

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
Plaatsgebonden risico	5
Aandachtsgebieden en groepsrisico	5
1 Algemene rapportgegevens	7
1.1 Rekenmethode	7
1.2 Relevante wet- en regelgeving	7
1.3 Documenten	9
2 Algemene beschrijving van installatie	10
2.1 Proces en aanwezige gevaarlijke stoffen	12
2.1.1 Proces	12
2.1.2 Aanwezige gevaarlijke stoffen	13
2.2 Installatieonderdelen	14
3 Algemene beschrijving van omgeving	15
3.1 Bestemmingen / functies van gebieden in omgeving	15
3.2 Bevolkingsgegevens	15
3.3 Risicoverhogende bouwwerken in omgeving	16
3.4 Ontstekingsbronnen	16
3.5 Gebruikte ruwheidslengte en weerstation	16
4 Uitgangspunten	17
4.1 Installatieonderdelen	17
4.2 Algemene parameters en uitgangspunten	17
4.3 Modellerings van installatieonderdelen	20
4.3.1 Gasputten	21
4.3.2 Hogedruk gastransportleidingen	23
4.3.3 Centrifugaalseparatoren	24
4.3.4 Vloeistofvangsers	25

4.3.5	Filterseparatoren	26
4.3.6	Hogedruk centrifugaalcompressoren	26
4.3.7	Warmtewisselaars	27
5	Resultaten	28
5.1	Plaatsgebonden risico	28
5.1.1	PR-contouren	28
5.1.2	Bijdragen van scenario's aan PR ter plaatse van risk ranking points	29
5.2	Aandachtsgebieden en groepsrisico	31
5.2.1	Aandachtsgebieden	31
5.2.1.1	Brandaandachtsgebied	31
5.2.1.2	Explosieaandachtsgebied	33
5.2.1.3	Gifwolkaandachtsgebied	33
5.2.1.4	Scenario's met grootste schadeafstanden bij weerklasse F1,5 en weerklasse D5	33
5.2.2	Groepsrisico	35
5.2.2.1	Groepsrisico	35
5.2.2.2	Scenario's met 10 of meer dodelijke slachtoffers	35
6	Conclusies	37
6.1	Conclusies plaatsgebonden risico	37
6.2	Conclusies aandachtsgebieden en groepsrisico	37
	Referenties	39
	Bijlagen	40
	Bijlage A: Overzicht van alle inputparameters per installatieonderdeel	40
	Colofon	41

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de uitgangspunten en de resultaten van de risicoberekeningen die zijn uitgevoerd voor Aardgasbuffer Zuidwending van EnergyStock B.V. (EnergyStock). EnergyStock is een 100% dochteronderneming van N.V. Nederlandse Gasunie (Gasunie). Aardgasbuffer Zuidwending ligt aan de aan de Zoutweg 3, 9644 TW in Veendam.

EnergyStock heeft Arcadis Nederland B.V. (Arcadis) verzocht om een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uit te voeren voor Aardgasbuffer Zuidwending bestaande uit 1 gastechnische installatie (Zuid) en 6 cavernes (A1, A2, A3, A4, A6 en A7). Met de QRA is inzichtelijk gemaakt wat de gevolgen van Aardgasbuffer Zuidwending voor de externe veiligheid zijn.

Het model in versie 8.3 van SAFETI-NL voor Aardgasbuffer Zuidwending bestaande uit 2 gastechnische installaties en 10 cavernes dat hoort bij het door Arcadis opgestelde rapport Kwantitatieve risicoanalyse (QRA) UGS Zuidwending met 10 cavernes van 21 april 2021 [5] is het uitgangspunt van de QRA.¹ Dit model is stap voor stap aangepast.²

De risicoberekeningen zijn uitgevoerd met versie 8.8 van SAFETI-NL. Dit rapport dient in samenhang met het bij dit rapport horende rekenbestand gelezen te worden (**QRA Aardgasbuffer Zuidwending (oktober 2025).psux**).

De risicoberekeningen zijn uitgevoerd conform de relevante wet- en regelgeving op het gebied van externe veiligheid [1] en Module II van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid [2]. Hoofdstuk 10 van [2] beschrijft de rekenmethode voor het behandelen, regelen en meten van aardgas en het exploiteren van mijnbouwwerken (de milieubelastende activiteiten die vallen onder deel A.1, deel E.7 en deel E.11.1 van Bijlage VII van het Bkl). Dit hoofdstuk en de hierin genoemde vereenvoudigde invoermethode is toegepast in de QRA (zie Paragraaf 10.9.4 van [2]).

Plaatsgebonden risico

De dichtstbijzijnde bebouwing ligt op een afstand van ongeveer 850 m ten zuidwesten van het hekwerk van de gastechnische installatie (een woning). Binnen de PR 10^{-6} per jaar contour van Aardgasbuffer Zuidwending bevinden zich geen beperkt kwetsbare gebouwen, geen beperkt kwetsbare locaties, geen kwetsbare gebouwen, geen kwetsbare locaties en geen zeer kwetsbare gebouwen. Aardgasbuffer Zuidwending voldoet aan artikel 5.7, eerste lid van het Bkl (de grenswaarde wordt in acht genomen).

Aandachtsgebieden en groepsrisico

Aardgasbuffer Zuidwending heeft een brandaandachtsgebied. Binnen het brandaandachtsgebied van Aardgasbuffer Zuidwending liggen beperkt kwetsbare gebouwen (onder andere verspreid liggende woningen) en kwetsbare gebouwen

¹ Dit model was gebaseerd op het model in versie 6.54 van SAFETI-NL voor Aardgasbuffer Zuidwending bestaande uit 2 gastechnische installaties en 10 cavernes dat hoort bij het door Arcadis opgestelde rapport Kwantitatieve risicoanalyse (QRA) Aardgasbuffer Zuidwending (A-436) van 10 juli 2019 [4]. Dit model was weer gebaseerd op het model in versie 6.54 van SAFETI-NL voor Aardgasbuffer Zuidwending bestaande uit 1 gastechnische installatie en 6 cavernes dat hoort bij de vergunning.

² Onder andere:

- zijn 4 cavernes (A5, A8, A9 en A10), 1 gastechnische installatie (Noord) en de ondergrondse leidingen tussen deze cavernes en deze gastechnische installatie verwijderd;
- is de equivalente diameter voor downstream aangepast;
- zijn de relative aperture areas aangepast;
- is voor alle ondergrondse leidingdelen het kratermodel toegepast (pipeline surrounding = buried, depth of soil cover = 1,00 m voor alle ondergrondse leidingdelen binnen het hekwerk van de gastechnische installatie / depth of soil cover = 2,00 m voor alle ondergrondse leidingdelen buiten het hekwerk van de gastechnische installatie en soil cover type = sand);
- is voor alle ondergrondse leidingen het scenario lek van ondergrondse leiding toegepast;
- is de temperatuur van het aardgas aangepast van 9 °C naar 9,8 °C.

De modellering van de scenario's voor de putten is niet aangepast.

(onder andere woningen). Binnen het brandaandachtsgebied van Aardgasbuffer Zuidwending liggen geen beperkt kwetsbare locaties, geen kwetsbare locaties en geen zeer kwetsbare gebouwen.

Aardgasbuffer Zuidwending heeft geen explosieaandachtsgebied. Aardgasbuffer Zuidwending heeft geen gifwolkaandachtsgebied.

Het GR van Aardgasbuffer Zuidwending ligt onder de oriëntatiewaarde. Er zijn 2 scenario's met 10 of meer dodelijke slachtoffers.

1 Algemene rapportgegevens

Dit rapport beschrijft de uitgangspunten en de resultaten van de risicoberekeningen die zijn uitgevoerd voor Aardgasbuffer Zuidwending van EnergyStock B.V. (EnergyStock). EnergyStock is een 100% dochteronderneming van N.V. Nederlandse Gasunie (Gasunie). Aardgasbuffer Zuidwending ligt aan de aan de Zoutweg 3, 9644 TW in Veendam.

EnergyStock heeft Arcadis Nederland B.V. (Arcadis) verzocht om een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uit te voeren voor Aardgasbuffer Zuidwending bestaande uit 1 gastechnische installatie (Zuid) en 6 cavernes (A1, A2, A3, A4, A6 en A7). Met de QRA is inzichtelijk gemaakt wat de gevolgen van Aardgasbuffer Zuidwending voor de externe veiligheid zijn.

Het model in versie 8.3 van SAFETI-NL voor Aardgasbuffer Zuidwending bestaande uit 2 gastechnische installaties en 10 cavernes dat hoort bij het door Arcadis opgestelde rapport Kwantitatieve risicoanalyse (QRA) UGS Zuidwending met 10 cavernes van 21 april 2021 [5] is het uitgangspunt van de QRA.³ Dit model is stap voor stap aangepast.⁴

De risicoberekeningen zijn uitgevoerd met versie 8.8 van SAFETI-NL. Dit rapport dient in samenhang met het bij dit rapport horende rekenbestand gelezen te worden (**QRA Aardgasbuffer Zuidwending (oktober 2025).psux**).

1.1 Rekenmethode

De risicoberekeningen zijn uitgevoerd conform de relevante wet- en regelgeving op het gebied van externe veiligheid [1] en Module II van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid [2]. Hoofdstuk 10 van [2] beschrijft de rekenmethode voor het behandelen, regelen en meten van aardgas en het exploiteren van mijnbouwwerken (de milieubelastende activiteiten die vallen onder deel A.1, deel E.7 en deel E.11.1 van Bijlage VII van het Bkl). Dit hoofdstuk en de hierin genoemde vereenvoudigde invoermethode is toegepast in de QRA (zie Paragraaf 10.9.4 van [2]).

1.2 Relevante wet- en regelgeving

De relevante wet- en regelgeving op het gebied van externe veiligheid [1] is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: De relevante wet- en regelgeving op het gebied van externe veiligheid.

Omgevingswet (Ow)	Onder de Ow zijn regels op het gebied van externe veiligheid vastgelegd in: het Bal (regels voor burgers en bedrijven met betrekking tot activiteiten);
Besluit activiteiten leefomgeving (Bal)	
Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl)	
Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl)	

³ Dit model was gebaseerd op het model in versie 6.54 van SAFETI-NL voor Aardgasbuffer Zuidwending bestaande uit 2 gastechnische installaties en 10 cavernes dat hoort bij het door Arcadis opgestelde rapport Kwantitatieve risicoanalyse (QRA) Aardgasbuffer Zuidwending (A-436) van 10 juli 2019 [4]. Dit model was weer gebaseerd op het model in versie 6.54 van SAFETI-NL voor Aardgasbuffer Zuidwending bestaande uit 1 gastechnische installatie en 6 cavernes dat hoort bij de vergunning.

⁴ Onder andere:

- zijn 4 cavernes (A5, A8, A9 en A10), 1 gastechnische installatie (Noord) en de ondergrondse leidingen tussen deze cavernes en deze gastechnische installatie verwijderd;
- is de equivalente diameter voor downstream aangepast;
- zijn de relative aperture areas aangepast;
- is voor alle ondergrondse leidingdelen het kratermodel toegepast (pipeline surrounding = buried, depth of soil cover = 1,00 m voor alle ondergrondse leidingdelen binnen het hekwerk van de gastechnische installatie / depth of soil cover = 2,00 m voor alle ondergrondse leidingdelen buiten het hekwerk van de gastechnische installatie en soil cover type = sand);
- is voor alle ondergrondse leidingen het scenario lek van ondergrondse leiding toegepast;
- is de temperatuur van het aardgas aangepast van 9 °C naar 9,8 °C.

De modellering van de scenario's voor de putten is niet aangepast.

Omgevingsbesluit (Ob)	• het Bkl (regels voor overheden); • het Bbl (regels voor burgers en bedrijven met betrekking tot bouwwerken);
Omgevingsregeling (Or)	• het Ob; • de Or.

De mileubelastende activiteiten op Aardgasbuffer Zuidwending vallen onder deel E.11.1 van Bijlage VII van het Bkl (het exploiteren van een mijnbouwwerk).

Onder de Ow moeten het plaatsgebonden risico (PR) van Aardgasbuffer Zuidwending en de aandachtsgebieden van Aardgasbuffer Zuidwending worden berekend. Dat is gedaan in de QRA. Onder de Ow hoeft het groepsrisico (GR)⁵ van Aardgasbuffer Zuidwending niet te worden berekend. Echter, in deze QRA is het GR van Aardgasbuffer Zuidwending wel berekend.

Conform artikel 5.6 van het Bkl is het plaatsgebonden risico de kans op het overlijden van een onbeschermd en continu aanwezig persoon buiten de begrenzing van de locatie waar een activiteit wordt verricht als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval veroorzaakt door die activiteit. Conform artikel 5.7, eerste lid van het Bkl wordt in een omgevingsplan een grenswaarde voor het plaatsgebonden risico van een activiteit in acht genomen van ten hoogste 1 op de 1.000.000 per jaar voor kwetsbare en zeer kwetsbare gebouwen en kwetsbare locaties. Conform artikel 5.11, eerste lid van het Bkl wordt in een omgevingsplan rekening gehouden met een standaardwaarde voor het plaatsgebonden risico van een activiteit van 1 op de 1.000.000 per jaar voor beperkt kwetsbare gebouwen en beperkt kwetsbare locaties.

Het PR is een maat voor de kans dat iemand op een bepaalde plaats in de omgeving van een activiteit met externe veiligheidsrisico's overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongeval met gevaarlijke stoffen bij die activiteit. Plaatsen met een gelijk PR worden op een kaart door middel van een PR-contour weergegeven. Binnen de PR 10^{-6} per jaar contour is de kans op het overlijden van een onbeschermd en continu aanwezig persoon buiten de begrenzing van de locatie waar de activiteit wordt verricht als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval veroorzaakt door die activiteit dus groter dan 1 op de 1.000.000 per jaar (10^{-6} per jaar).

Conform artikel 5.12, eerste lid van het Bkl is een brandaandachtsgebied de locatie begrensd door de afstand, waar als gevolg van een ongewoon voorval dat leidt tot een plasbrand of een fakkelbrand de warmtestraling ten hoogste 10 kW / m² is. Conform artikel 5.12, tweede lid van het Bkl is een explosieaandachtsgebied de locatie begrensd door de afstand, waar als gevolg van een ongewoon voorval dat leidt tot:

- een kokende vloeistof-gasexpansie-explosie (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion, BLEVE) de warmtestraling ten hoogste 35 kW / m² is; of
- een explosie, anders dan onder a, de overdruk ten hoogste 10 kPa is.

Conform artikel 5.12, derde lid van het Bkl is een gifwolkaandachtsgebied de locatie begrensd door de afstand, waar als gevolg van een ongewoon voorval dat leidt tot een gifwolk, personen in een gebouw overlijden door blootstelling aan ten hoogste de bij ministeriele regeling vastgestelde concentratie van een gevaarlijke stof gedurende een daarbij aangegeven periode.

Conform artikel 5.15, eerste lid van het Bkl wordt in een omgevingsplan voor beperkt kwetsbare, kwetsbare en zeer kwetsbare gebouwen en beperkt kwetsbare en kwetsbare locaties binnen een brandaandachtsgebied, een explosieaandachtsgebied en een gifwolkaandachtsgebied rekening gehouden met de kans op het overlijden van een groep van 10 of meer personen per jaar als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval veroorzaakt door een activiteit. Conform artikel 5.15, tweede lid van het Bkl wordt aan artikel 5.15, eerste lid van het Bkl in ieder geval voldaan als een omgevingsplan binnen een aandachtsgebied:

⁵ Het GR geeft de kans weer waarbij een groep van 10 of meer personen tegelijkertijd om het leven komt door een ongeval bij een activiteit met externe veiligheidsrisico's. De waarde voor het GR wordt in een grafiek weergegeven met een fN-curve. In de grafiek wordt het aantal dodelijke slachtoffers op de horizontale as uitgezet tegen de cumulatieve frequentie per jaar op de verticale as. In de grafiek wordt ook de oriëntatiewaarde weergegeven. Dit is de waarde voor het GR weergegeven door de lijn ($f \times N^2 = 10^{-3}$ per jaar) die de punten met elkaar verbindt waarbij de kans op een ongeval met 10 of meer dodelijke slachtoffers 10^{-4} per jaar, de kans op een ongeval met 100 of meer dodelijke slachtoffers 10^{-6} per jaar en de kans op een ongeval met 1000 of meer dodelijke slachtoffers 10^{-8} per jaar is.

- a. geen beperkt kwetsbare, kwetsbare en zeer kwetsbare gebouwen en beperkt kwetsbare en kwetsbare locaties toelaat; of
- b. waar het omgevingsplan beperkt kwetsbare, kwetsbare en zeer kwetsbare gebouwen en beperkt kwetsbare en kwetsbare locaties toelaat, waarborgt:
 - 1°. dat maatregelen zijn getroffen ter bescherming van personen in die gebouwen en op die locaties; of
 - 2°. dat het aantal doorgaans aanwezige personen of de tijd dat die aanwezig zijn in die gebouwen en op die locaties beperkt is.

Conform artikel 5.15a is artikel 5.15 niet van toepassing:

- a. voor zover activiteiten op grond van een omgevingsplan of een omgevingsvergunning voor een buitenplanse omgevingsplanactiviteit al rechtmatig op een locatie worden verricht of zijn toegestaan op het tijdstip van inwerkingtreding van die bepaling; of
- b. op beperkt kwetsbare, kwetsbare en zeer kwetsbare gebouwen en beperkt kwetsbare en kwetsbare locaties voor zover die op grond van een omgevingsplan of een omgevingsvergunning voor een buitenplanse omgevingsplanactiviteit al rechtmatig op een locatie zijn toegestaan op het tijdstip van inwerkingtreding van die bepaling.

Wat wordt verstaan onder beperkt kwetsbare gebouwen, beperkt kwetsbare locaties, kwetsbare gebouwen, kwetsbare locaties en zeer kwetsbare gebouwen, is vastgelegd in Bijlage VI van het Bkl.

1.3 Documenten

De documenten die zijn gebruikt voor het tot stand komen van dit rapport zijn weergegeven in Tabel 2. De belangrijkste documenten zijn oranje gearceerd.

Tabel 2: De documenten die zijn gebruikt voor het tot stand komen van dit rapport.

Document	Titel	Datum	Revisie
⁶	Kwantitatieve risicoanalyse (QRA) Aardgasbuffer Zuidwending	10 juli 2019	-
⁷	Kwantitatieve risicoanalyse (QRA) UGS Zuidwending met 10 cavernes	21 april 2021	-

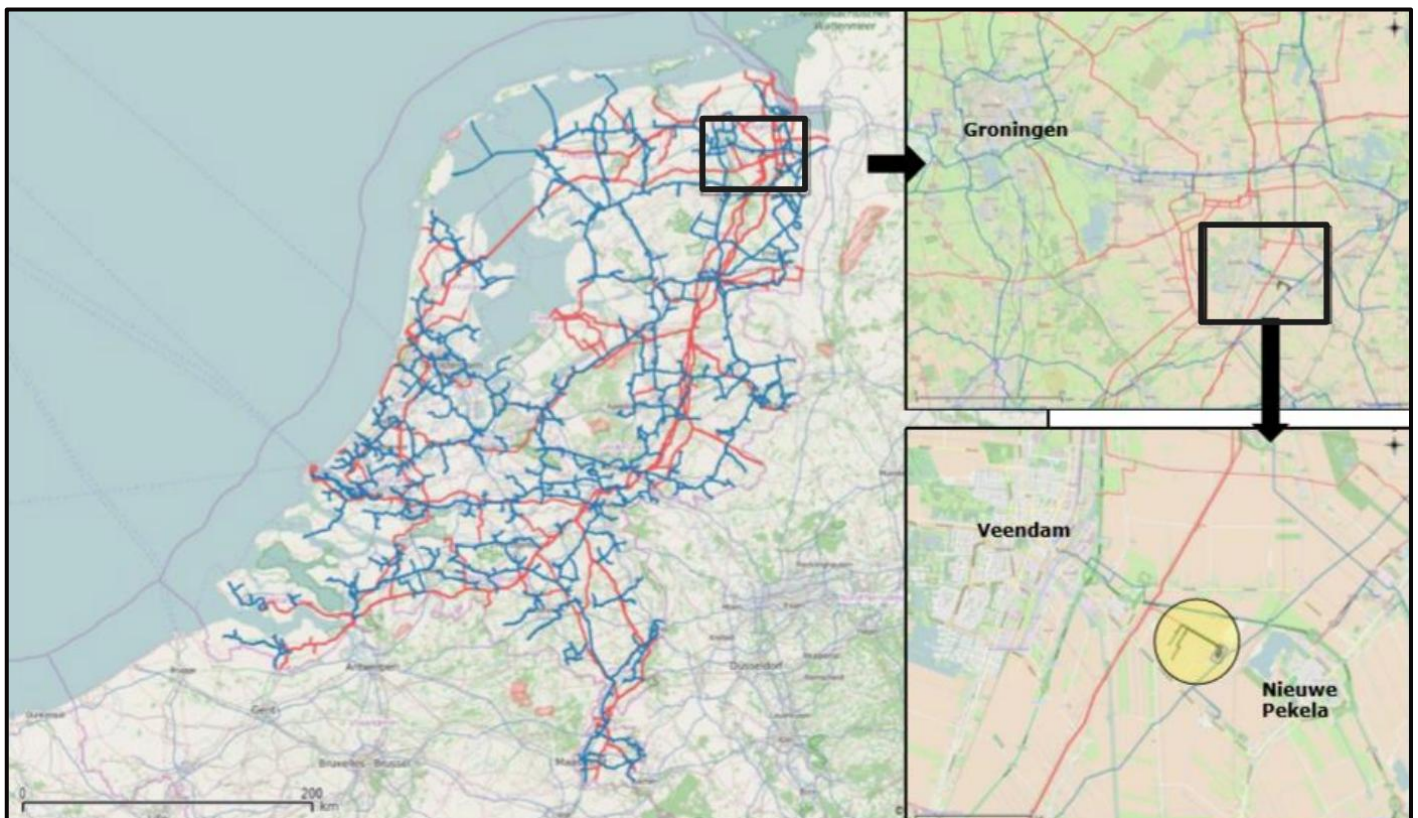
⁶ Zie [4].

⁷ Zie [5].

2 Algemene beschrijving van installatie

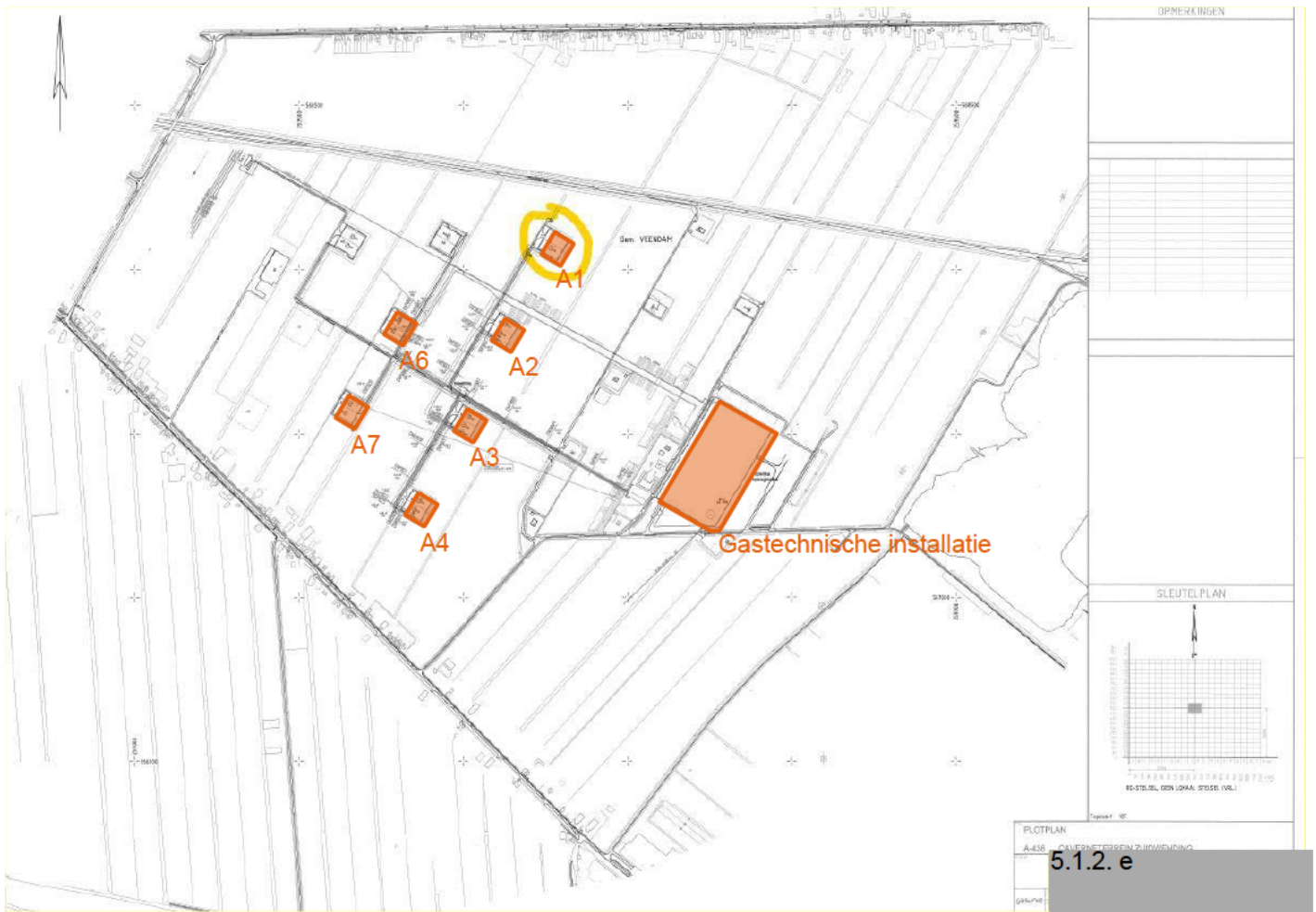
Aardgasbuffer Zuidwending is een opslag van aardgas, die enerzijds aangesproken kan worden in geval van (plotseling) toenemende vraag naar gas en die anderzijds gebruikt kan worden voor opslag ingeval het aanbod in de gasmarkt groter is dan de vraag. De aardgasbuffer is aangesloten op het gastransportnet van Gasunie Transport Services B.V. (GTS). De inrichting is eind 2010 in gebruik genomen. In ondergrondse zoutformaties wordt het aardgas opgeslagen. Door middel van uitloging van de zoutformaties ter plaatse zijn 6 cavernes (A1, A2, A3, A4, A6 en A7) operationeel voor de opslag van aardgas, elk met een (water)inhoud tussen 600.000 m³ en 1.000.000 m³. Het aardgas ten behoeve van opslag wordt onttrokken aan het gastransportnet en op vraag later weer teruggevoerd in het gastransportnet.

Om het gas in de cavernes te kunnen injecteren en ook weer daaruit te kunnen uitzenden is een gastechnische installatie aanwezig. Deze installatie bestaat uit een compressiedeel met een gaskoeleenheid om de temperatuur van het te injecteren gas te kunnen verlagen en een gasbehandelingsdeel welke een verwarmings-, drukreductie- en drooginstallatie omvat om het uit de opslag onttrokken en geëxpandeerde gas weer op temperatuur te brengen en te drogen. Aardgasbuffer Zuidwending bestaat in hoofdlijnen uit een gasreiniging voor het aangevoerde aardgas, een compressie-eenheid voor het invoeren van het aardgas in de cavernes, de opslag van aardgas in de ondergrondse cavernes en uit een behandelingsinstallatie voor het gas dat uit de cavernes afkomstig is. De plaats van Aardgasbuffer Zuidwending binnen het gastransportnet van GTS in Nederland wordt weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: De plaats van Aardgasbuffer Zuidwending binnen het gastransportnet van GTS in Nederland.

Aardgasbuffer Zuidwending is ook weergegeven in Figuur 2. Een luchtfoto van Aardgasbuffer Zuidwending is weergegeven in Figuur 3.



Figuur 2: Aardgasbuffer Zuidwending.

 Omgevingsloket Regels op de kaart



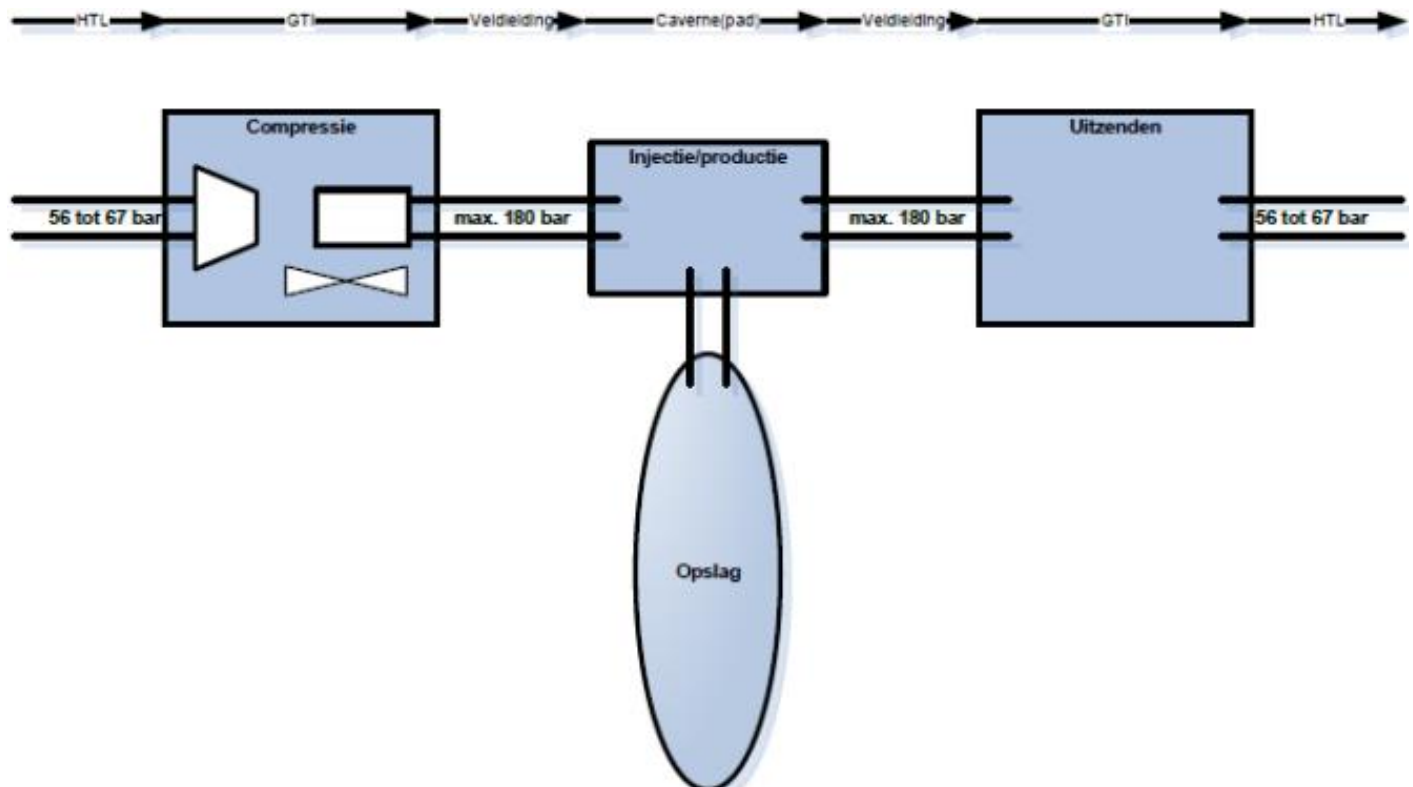
Figuur 3: Een luchtfoto van Aardgasbuffer Zuidwending.

2.1 Proces en aanwezige gevaarlijke stoffen

Aardgasbuffer Zuidwending is tijdens kantooruren bemand en 365 dagen per jaar, 24 uren per dag in bedrijf. Vanuit de Centrale Commando Post (CCP) van Gasunie in Groningen wordt de besturing uitgevoerd. De CCP van Gasunie in Groningen is 24 uren per dag bemand.

2.1.1 Proces

Aardgasbuffer Zuidwending is een inrichting van ongeveer 8 hectare groot voor de ondergrondse opslag van aardgas in zoutformaties. Door steenzout met water op te lossen uit zoutformaties (uitlogen) worden cavernes gecreëerd. EnergyStock heeft 6 cavernes operationeel voor de opslag van aardgas. De inhoud van de cavernes varieert tussen ongeveer 600.000 m³ en ongeveer 1.000.000 m³. In Figuur 4 wordt het proces weergegeven ten aanzien van het injecteren en het produceren van aardgas in de cavernes.



Figuur 4: Het proces ten aanzien van het injecteren en het produceren van aardgas in de cavernes.

Op de gastechnische installatie staan installaties benodigd voor het injecteren en uitzenden van gas tussen cavernes en het gastransportnet van GTS. De injectiecapaciteit betreft 1,1 miljoen Nm³ aardgas per uur. Via elektrisch aangedreven compressoren wordt het gas gecomprimeerd tot een druk welke boven de heersende druk in de caverne ligt en maximaal 180 bar bedraagt. Vervolgens wordt het gas via luchtcoolers afgekoeld van 140 °C naar 40 °C. Via een verdeelstraat wordt het gas naar de cavernes gezonden. Er zijn per caverne twee boringen (Well A en Well B) waarmee het gas geïnjecteerd respectievelijk geproduceerd wordt. In de productiefase wordt het gas eerst geleid via inlaatseparatoren en verwarmd. Via smoorkleppen wordt de druk van het gas gereduceerd tot het de vereiste druk heeft bereikt voor de droogkolommen/glycol contactor. Daar wordt de laatste aanwezige waterdamp met gebruikmaking van glycol verwijderd. Heeft het gas tenslotte de vereiste specificaties bereikt dan wordt het ingevoerd in het grid.

Bij het proces treden geen chemische (neven-)reacties plaats. Warmte-effecten treden alleen op bij drukverhoging / drukverlaging (het zogenoemde Joule-Thomson effect) en hebben geen invloed op de externe veiligheid.

2.1.2 Aanwezige gevaarlijke stoffen

Op Aardgasbuffer Zuidwending zijn de volgende gevaarlijke stoffen aanwezig:

- aardgas (g-gas);
- aardgascondensaat;
- waterstof;
- glycol;
- diesel.

Gezien de risico's (de schadeafstanden) zijn aardgascondensaat, waterstof, glycol en diesel niet relevant voor de QRA. Zie ook [4] / [5]. Gezien de risico's (de schadeafstanden) is aardgas (g-gas) relevant voor de QRA. De globale samenstelling van aardgas (g-gas) is weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: De globale samenstelling van aardgas (g-gas).

Stof	Fractie [mol%]
Methaan	81,0
Ethaan	2,8
Propan	0,4
Overige koolwaterstoffen	0,3
Koolstofdioxide	1,0
Stikstof	14,0

Conform Paragraaf 10.2.2 van [2] wordt voor aardgas (een mengsel van voornamelijk methaan en andere gasvormige producten met minder dan 80 m³ condensaat per miljoen Nm³ gas) de voorbeeldstof methaan gebruikt in de QRA. De gevaaridentificatie van methaan is weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4: De gevaaridentificatie van methaan.

Stof	Chemische formule	UN-nummer	GEVI	NFPA	CAS-nummer	Etiket ⁸	H- en P-zinnen
Methaan	CH ₄	1971	23	240	74-82-8	- GHS02 - GHS04 - F+	- H220 - H280 - P210 - P377 - P381

2.2 Installatieonderdelen

Aardgasbuffer Zuidwending bestaat uit 6 cavernes met elk 2 putten, de gastechnische installatie en de verbindingleidingen hiertussen. De gastechnische installatie en de putlocaties zijn afzonderlijk omsloten door een hekwerk. De risicoberekeningen worden uitgevoerd voor alle bovengrondse en ondergrondse installatieonderdelen binnen dit hekwerk, met uitzondering van doorgaande gastransportleidingen. De ondergrondse leidingen die de gastechnische installatie verbinden met de putlocaties zijn ook meegenomen in de risicoberekeningen. Deze veldleidingen worden in het voorliggende rapport gemodelleerd conform [2].

In de risicoberekeningen is er beperkt een subselectie toegepast. Het hoofdgassysteem (de gastechnische installatie en de putten) wordt als een groot insluitsysteem beschouwd, doordat alle onderdelen met elkaar in verbinding staan. Alleen tijdens onderhoudswerkzaamheden aan de putten worden ze als zelfstandige onderdelen gemodelleerd, conform Hoofdstuk 10 van [2].

Overige systemen, zoals de waterstofinstallatie, slow-fill installatie, CV-ketels, glycol-, diesel- en aardgascondensaatsystemen betreffen vloeistoffen of gassen, waarvan de effecten niet of nauwelijks merkbaar zullen zijn buiten het hekwerk en verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de risico's van het aardgas. Voor de waterstofinstallatie is een separate studie uitgevoerd die aantoont dat er geen letale effecten buiten de inrichting plaatsvinden (zie het door Royal HaskoningDHV opgestelde rapport Onderzoek QRA-verplichting uitbreiding Aardgasbuffer Zuidwending met waterstofinstallatie van 6 februari 2018 [6]). De effectafstanden voor deze systemen zijn dusdanig klein dat deze scenario's niet zullen bijdragen aan de vorming van de plaatsgebonden risico 10⁻⁶ per jaar contour. Deze subsystemen zijn daarom niet meegenomen in de risicoanalyse.

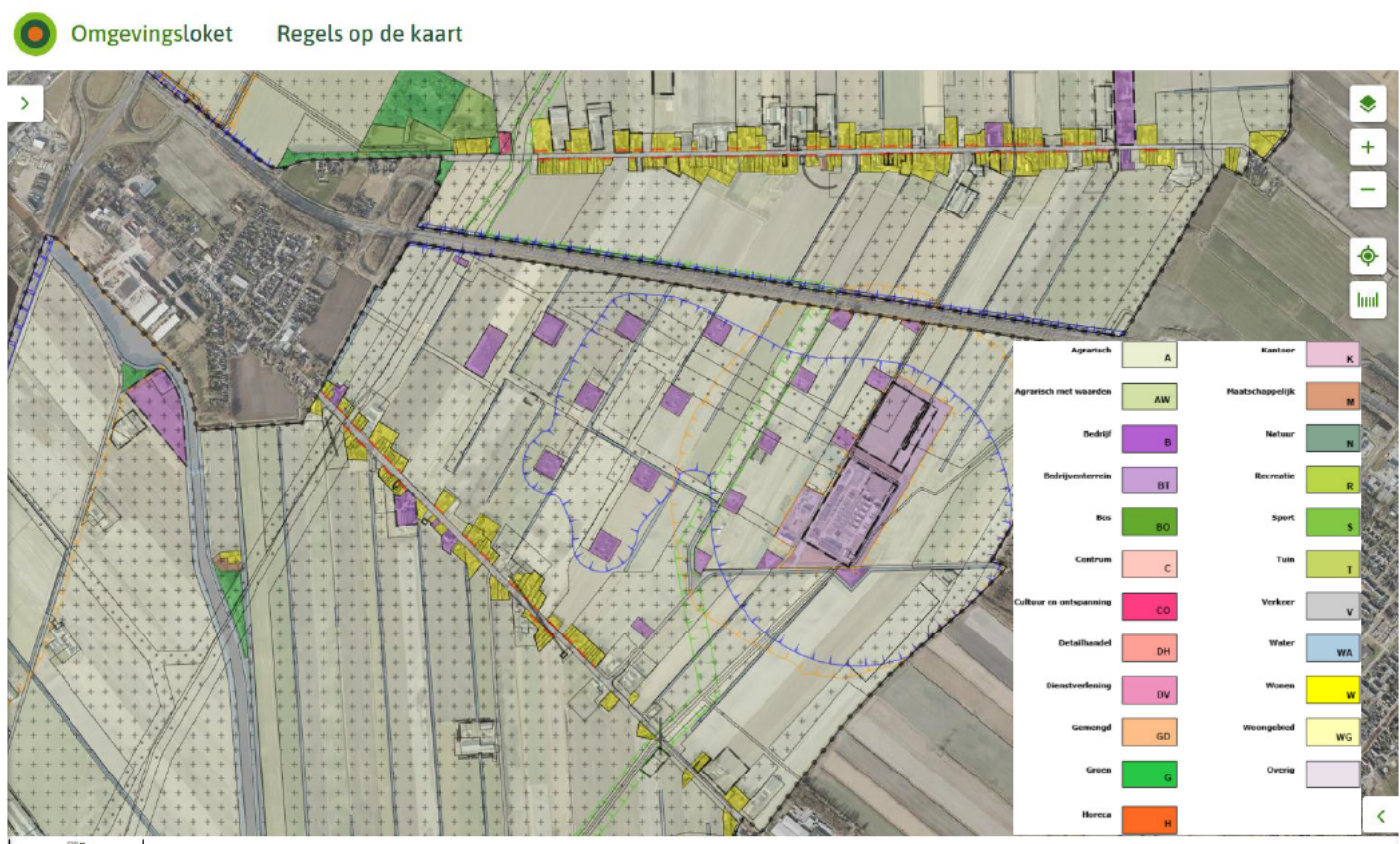
Een onderbouwing van deze uitgangspunten is ten aanzien van de waterstofinstallatie gegeven in [6]. Conclusie van [6] is dat de voornoemde waterstofinstallatie zich niet selecteert in de subselectie omdat er geen letale effecten buiten de inrichting zijn. Ten aanzien van de slow-fill installatie wordt aangesloten bij de lijn uit de door het RIVM opgestelde memo Risico- en effectafstanden waterstoftankstations van 3 oktober 2016 [7] waarin voor het type afleverstation dat op Aardgasbuffer Zuidwending gerealiseerd zal worden een afstand tot de PR 10⁻⁶ contour van 30 meter is berekend en een maximale effectafstand van 35 meter en zich om die reden niet selecteert.

⁸ GHS staat voor Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals. Dit is de door de EU in Annex-VI van de CLP/EU-GHS voorgeschreven indeling en etikettering van stoffen. F+ staat voor zeer licht ontvlambaar.

3 Algemene beschrijving van omgeving

3.1 Bestemmingen / functies van gebieden in omgeving

Aardgasbuffer Zuidwending ligt in een agrarische omgeving. De dichtstbijzijnde bebouwing ligt op een afstand van ongeveer 850 m ten zuidwesten van het hekwerk van de gastechnische installatie (een woning). Op 25 september 2025 zijn via het Omgevingsloket (<https://omgevingswet.overheid.nl/regels-op-de-kaart/>) de bestemmingen / functies van de gebieden in de omgeving geïnventariseerd. De bestemmingen / functies van de gebieden in de omgeving conform het omgevingsplan van de gemeente Veendam en bestemmingsplan Buitengebied Veendam, vastgesteld op 2 mei 2018 door de gemeenteraad van de gemeente Veendam, zijn weergegeven in Figuur 5.



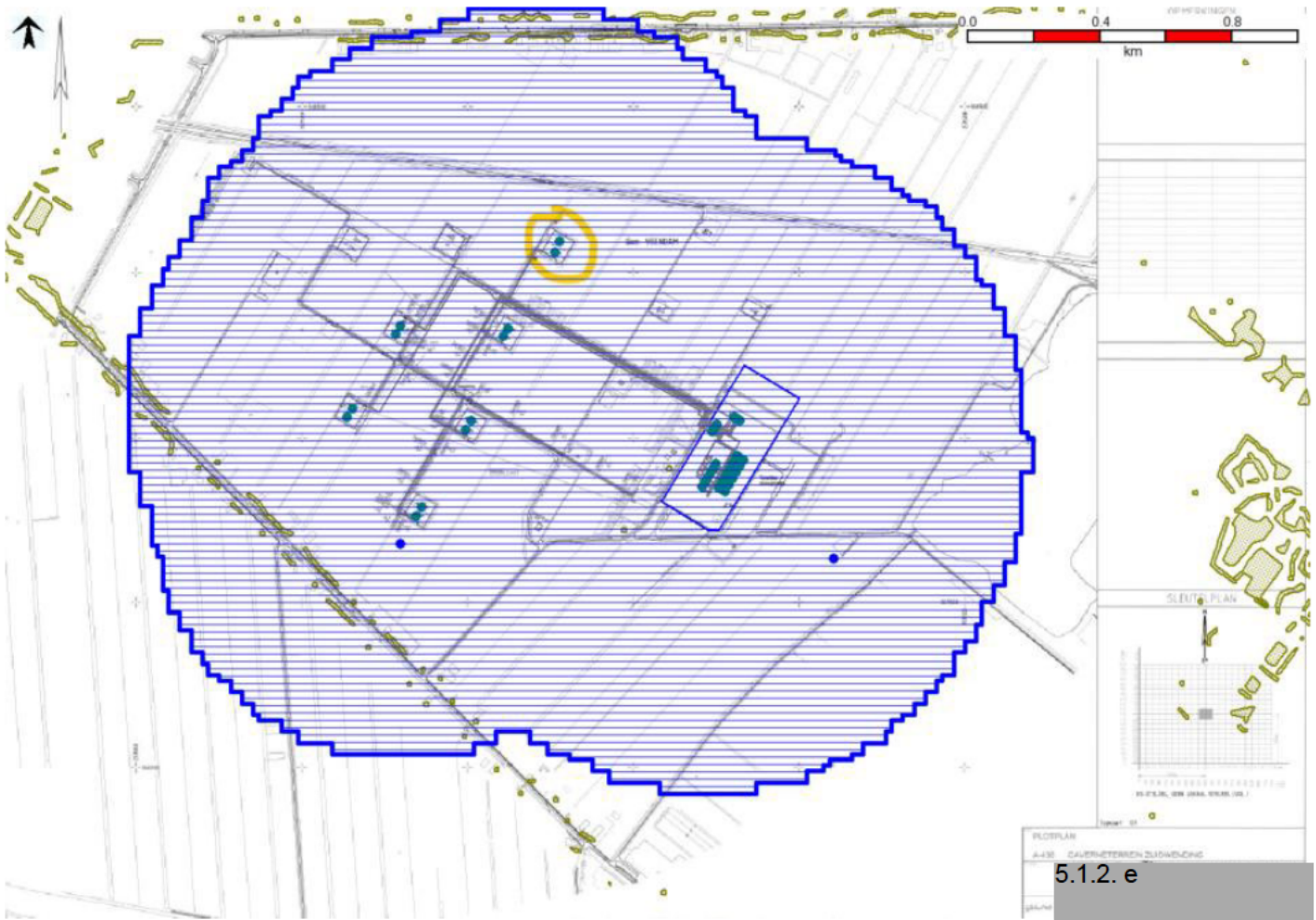
Figuur 5: De bestemmingen / functies van de gebieden in de omgeving conform het omgevingsplan van de gemeente Veendam en bestemmingsplan Buitengebied Veendam, vastgesteld op 2 mei 2018 door de gemeenteraad van de gemeente Veendam.

3.2 Bevolkingsgegevens

De bevolkingsgegevens moeten worden geïnventariseerd binnen het invloedsgebied van de installatie. SAFETI-NL kan het invloedsgebied van de installatie echter niet tonen. Daarom is de PR 10^{-30} per jaar contour van de installatie met SAFETI-NL in kaart gebracht. Deze contour komt namelijk overeen met het invloedsgebied van de installatie. Deze contour is weergegeven in Figuur 6 en Figuur 8.

De bevolking binnen de met SAFETI-NL in kaart gebrachte PR 10^{-30} per jaar contour van de installatie is op 27 augustus 2018 opgevraagd via de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) Populatieservice (<https://populatieservice.ev-signaleringskaart.nl/#/>). De bestemmingen / functies van de gebieden in de omgeving vormen geen aanleiding om met aanvullende bevolkingsgegevens te rekenen.

De verkregen bevolkingsgegevens zijn weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6: De verkregen bevolkingsgegevens.

3.3 Risicoverhogende bouwwerken in omgeving

In de omgeving zijn geen risicoverhogende bouwwerken (bijvoorbeeld windturbines) geïdentificeerd die meegenomen moeten worden in de risicoberekeningen.

3.4 Ontstekingsbronnen

Op Aardgasbuffer Zuidwending zijn geen ontstekingsbronnen aanwezig. Zie ook Paragraaf 2.2.1.11 van Module I van het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid [3].

3.5 Gebruikte ruwheidslengte en weerstation

De risicoberekeningen zijn uitgevoerd met het dichtstbijzijnde meteorologisch weerstation. Voor Aardgasbuffer Zuidwending is Eelde het dichtstbijzijnde meteorologisch weerstation. De standaard ruwheidslengte⁹ van 0,30 m is gebruikt in de risicoberekeningen.

⁹ De ruwheidslengte is een (kunstmatige) lengtemaat die de invloed van de omgeving op de windsnelheid aangeeft.

4 Uitgangspunten

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten van de QRA voor Aardgasbuffer Zuidwending beschreven.

4.1 Installatieonderdelen

Zoals hiervoor beschreven in Paragraaf 2.2, is er in de risicoberekeningen slechts beperkt een subselectie toegepast op Aardgasbuffer Zuidwending: elke gasput wordt, vanwege het volume aspect, als afzonderlijk systeem beschouwd. Vanwege het open karakter van de gastechnische installatie (alle onderdelen staan met elkaar door leidingen in contact) wordt deze als een groot systeem beschouwd. De reden is dat voor de breuksценario's nalevering hierbij altijd significant is in de bepaling van de vrij te komen hoeveelheid gas. Overige systemen, zoals glycol, waterstof, diesel en aardgascondensaat betreffen vloeistoffen, waarvan de effecten niet of nauwelijks merkbaar zijn buiten het hekwerk en verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de effecten van het aardgas.

De volgende installatieonderdelen zijn meegenomen in de QRA:

- gasputten (6 cavernes met elk 2 putten);
- hogedruk gastransportleidingen;
- 8 centrifugaalseparatoren;
- 5 vloeistofvangers;
- 6 filterseparatoren;
- 6 hogedruk centrifugaalcompressoren;
- 12 warmtewisselaars.

De regionale gastransportleiding N-524-20 loopt over het terrein van Aardgasbuffer Zuidwending. Deze doorgaande transportleiding kruist de inrichting zonder te vertakken en wordt conform paragraaf 10.2.1 van [2] niet gerekend tot de inrichting.

Op de gastechnische installatie is een knock-out-drum aanwezig. De inhoud hiervan bevat echter een groot aandeel (> 55%) water, waarmee deze niet bijdraagt aan het risico en kan worden uitgesloten van de risicoberekeningen.

4.2 Algemene parameters en uitgangspunten

Voor mijnbouwwerken en gastransportinrichtingen zijn in [2] afwijkende voorschriften ten opzichte van voorschriften in [3] opgesteld die recht doen aan de aard van de activiteiten en de gevaren (zie Paragraaf 10.8.3 van [2]). Deze afwijkende voorschriften worden in deze paragraaf beschreven en zijn van toepassing op installatieonderdelen die voldoen aan de volgende voorwaarden:

- Het insluitsysteem bevat ontvlambare gassen of een ongestabiliseerd mengsel van ontvlambare gassen en vloeistoffen.
- De operationele druk in het insluitsysteem is 16 bar (overdruk) of hoger.
- Het aandeel toxische componenten, in het bijzonder H₂S, is 4,3 vol% of kleiner.

Alle in deze QRA gemodelleerde en installatieonderdelen voldoen aan deze voorwaarden. Daarom is de afwijkende modellering toegepast voor alle in deze QRA gemodelleerde installatieonderdelen.

De afwijking heeft betrekking op:

- de vervolgeffecten;
- het aantal jets bij een fakkelbrand.

Hieronder wordt de afwijkende modellering beschreven.

Er wordt geen gebruik gemaakt van snelsluitende kleppen.¹⁰ Voor scenario's zonder snelsluitende kleppen ligt de modellering vast. Er wordt onderscheid gemaakt naar directe ontsteking en vertraagde ontsteking. De effecten van de directe ontsteking zijn gebaseerd op het gemiddelde uitstroomdebiet tussen 0 en 20 seconden. De effecten van de vertraagde ontsteking zijn gebaseerd op het gemiddelde uitstroomdebiet tussen 20 en 140 seconden. Beide gebeurtenissen leiden tot een fakkelbrand.

Hierbij wordt het volgende opgemerkt:

- Voor breuk van een leiding en voor het instantaan falen van een vat wordt aangenomen dat de uitstroming vanuit toevoer- en afvoerleidingen bepalend is voor (de ontwikkeling van) het uitstroomdebiet. Deze is in het algemeen sterk tijdsafhankelijk.
- Voor het vrijkomen van de gehele inhoud van een vat in 10 minuten wordt een constant uitstroomdebiet verondersteld. Voor dit scenario zijn de effecten van de vroege en late fakkelbrand dus identiek zodat beide scenario's kunnen worden samengenomen (zie ook Paragraaf 10.9.2 van [2]).
- Voor een lek van 10 millimeter wordt aangenomen dat de afname van het uitstroomdebiet gedurende de eerste 140 seconden verwaarloosbaar is. Voor het 10 mm lek kunnen de vroege en late fakkelbrand dus ook worden samengenomen (zie Paragraaf 10.9.1 van [2]).

De kans op directe ontsteking (P_{dir}) van aardgas is weergegeven in Tabel 5. Voor de kans op vertraagde ontsteking moet worden nagegaan of de LFL-contour van het tweede segment (20-140 s) deels buiten de locatie waarop de milieubelastende activiteiten worden verricht, ligt. In dat geval treedt er altijd vertraagde ontsteking op. De kans op vertraagde ontsteking is dan $1 - P_{dir}$. Als de LFL-contour niet buiten de locatie komt, dan wordt er geen vertraagde ontsteking gemodelleerd.

Hierbij wordt opgemerkt dat voor verticale releases de LFL-contour op 1 m hoogte doorgaans op de locatie blijft. Voor deze releases hoeft het tweede segment (20-140 s), dat alleen relevant is voor vertraagde ontsteking, niet te worden beschouwd. Uitzondering zijn leidingdelen buiten de locatie (waaronder meetlussen) en leidingdelen die evenwijdig aan de begrenzing van de milieubelastende activiteiten liggen op een afstand van 10 m of minder.

Tabel 5: De kans op directe ontsteking van aardgas.

Bronterm in geval van continue releases	Kans op directe ontsteking van aardgas
< 10 kg / s	0,02
10-100 kg / s	0,04
> 100 kg / s	0,09

Voor breuk van een bovengrondse leiding en instantaan falen van een bovengronds vat met aangesloten leidingen wordt verondersteld dat de jets vanuit de stroomopwaartse richting en vanuit de stroomafwaartse richting geen interactie hebben. Deze 2 jets worden daarom afzonderlijk ingevoerd. Voor beide jets is de invoerwaarde voor de frequentie gelijk aan het product van de uitstroomfrequentie en de kans op (directe of vertraagde) ontsteking.

Voor ondergrondse leidingen met een verticale uitstroomrichting worden de stroomopwaartse en -afwaartse bijdragen samengenomen en met 1 uitstroomscenario doorgerekend.

De scenario's lek in leiding, 10 mm lek en vrijkomen van de inhoud van een installatieonderdeel in 10 minuten worden conform Paragraaf 10.9.1 van [2] en Paragraaf 10.9.2 van [2] gemodelleerd. Voor de scenario's leidingbreuk en instantaan falen wordt in [2] een vereenvoudigde invoermethode voorgesteld (zie Paragraaf 10.9.3 van [2] en Paragraaf 10.9.4 van [2]). De vereenvoudigde invoermethode wordt in deze QRA toegepast en leidt tot onderstaande modellering van ondergrondse en bovengrondse leidingen.

Ondergrondse leidingen

Voor ondergrondse leidingen wordt de nalevering vanuit stroomopwaartse en vanuit stroomafwaartse richting gecombineerd. Standaard wordt voor ondergrondse leidingen een leidinglengte van 64 kilometer en een distance to

¹⁰ Conform [2] sluiten snelsluitende kleppen in vijf seconden of minder na aanvang van de uitstroming.

break van 32 kilometer gebruikt (zie Tabel 10.25 van [2]). De scenario's die van toepassing zijn op ondergrondse leidingen zijn:

- breuk van ondergrondse leiding, vroege fakkelbrand;
- breuk van ondergrondse leiding, late fakkelbrand;
- lek van ondergrondse leiding.

Het scenario breuk van ondergrondse leiding, vroege fakkelbrand en het scenario lek van ondergrondse leiding zijn voor alle ondergrondse leidingen van toepassing. Het scenario breuk van ondergrondse leiding, late fakkelbrand hoeft alleen beschouwd te worden als de LFL-contour op 1 meter hoogte buiten de locatie waarop de milieubelastende activiteiten worden verricht, ligt. Dit is het geval voor leidingdelen die buiten de locatie liggen en leidingdelen die evenwijdig aan de begrenzing van de milieubelastende activiteiten liggen op een afstand van 10 meter of minder (zie Paragraaf 10.8.3.3 van [2]).

Voor alle ondergrondse leidingdelen geldt dat de bovenkant van de leiding minimaal 40 centimeter onder het maaiveld ligt, waarmee voor deze leidingen de uitstroomrichting verticaal is. De uitstroomhoogte betreft 0 m bij deze leidingen.

Voor alle ondergrondse leidingdelen is het kratermodel toegepast (pipeline surrounding = buried, depth of soil cover = 1,00 m¹¹ / depth of soil cover = 2,00 m¹² en soil cover type = sand¹³).

Bovengrondse leidingen

Voor bovengrondse leidingen wordt de nalevering vanuit stroomopwaartse en vanuit stroomafwaartse richting afzonderlijk beschouwd. Standaard wordt voor bovengrondse leidingen een leidinglengte van 32 km en distance to break van 32 kilometer gebruikt (zie Tabel 10.23 van [2] en Tabel 10.24 van [2]). De scenario's die van toepassing zijn op bovengrondse leidingen zijn:

- breuk van bovengrondse leiding heenstroom, vroege fakkelbrand;
- breuk van bovengrondse leiding heenstroom, late fakkelbrand;
- breuk van bovengrondse leiding terugstroom, vroege fakkelbrand;
- breuk van bovengrondse leiding terugstroom, late fakkelbrand;
- lek van bovengrondse leiding.

Voor bovengrondse leidingen is de uitstroomrichting horizontaal en betreft de uitstroomhoogte 1 m.

Breuk van een leiding wordt gemodelleerd als een gat in een leiding met een equivalente diameter. De equivalente diameters voor heenstroom- en terugstroomscenario's van de installatieonderdelen wordt per black box (per insluitsysteem) bepaald en wordt verkregen door voor alle inkomende leidingen voor heenstroom en alle uitgaande leidingen voor terugstroom afzonderlijk de diameter (D) te kwadrateren, deze waarden te sommeren en daar de wortel van te nemen. In formulevorm:

$$D_{eq} = \sqrt{D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_N^2}$$

In Tabel 6 is een overzicht van de aansluitingen op Aardgasbuffer Zuidwending weergegeven. Voor het berekenen van de equivalente diameter voor downstream worden de diameters van de 6 verbindingsleidingen naar de putten gebruikt (16" = 404,6 mm). De equivalente diameter voor downstream is daarmee dan $\sqrt{6 \times (406,4)^2} = 995,5$ mm.¹⁴ Voor de equivalente diameter voor upstream wordt de diameter van leiding A-654 gebruikt (36" = 914,4 mm).

¹¹ Dit is een aanname voor alle ondergrondse leidingdelen binnen het hekwerk van de gastechnische installatie.

¹² Dit is een aanname voor alle ondergrondse leidingdelen buiten het hekwerk van de gastechnische installatie.

¹³ Dit is een aanname.

¹⁴ In het model is uitgegaan van een equivalente diameter voor downstream van 991,0 mm in plaats van 995,5 mm. Dit heeft echter niet of nauwelijks invloed op de resultaten.

Tabel 6: Een overzicht van de aansluitingen op Aardgasbuffer Zuidwending.

Aansluiting	Leiding	Diameter [mm]	Maximale werkdruk [bar]	Aan- of afvoer
Netwerzijde (upstream / heenstroom)	A-654	914,0	65	Aan- en afvoer
Puttenzijde (downstream / terugstroom)	A-654-01, A-654-02, A-654-03, A-654-04, A-654-06 en A-654-07	406,4	170	

De relative aperture wordt zodanig gekozen dat de gatgrootte gelijk is aan de werkelijke diameter van de betreffende leiding. De relative aperture wordt verkregen door de werkelijke diameter te delen door de diameter van de long pipeline en deze uitkomst te kwadrateren.

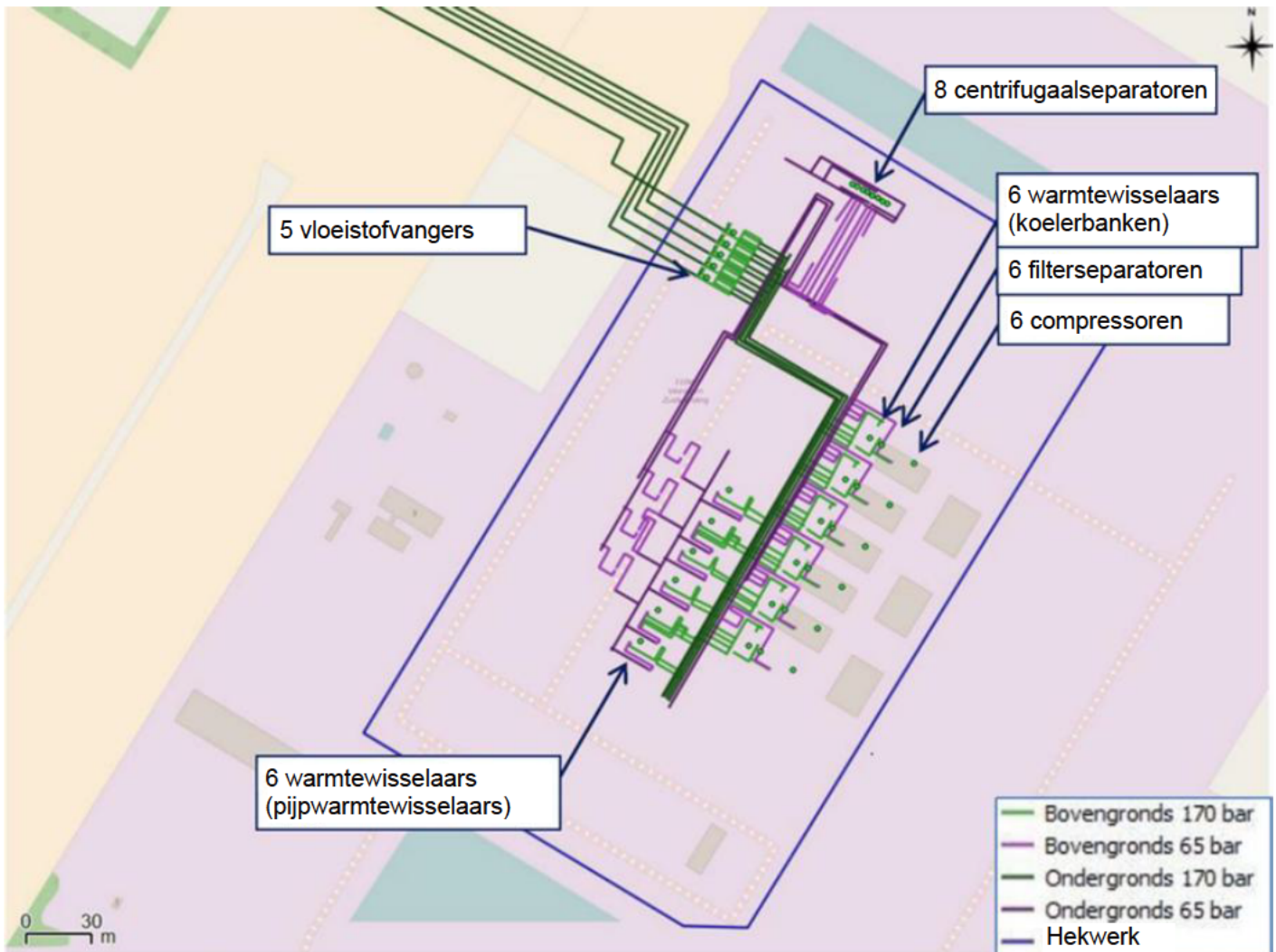
Voor de druk van het aardgas worden de maximale werkdrukken van de installatieonderdelen toegepast. De maximale werkdruk van de installatieonderdelen aan de netwerzijde is 65 bar en de maximale werkdruk voor installatieonderdelen aan de puttenzijde is 170 bar (zie ook Figuur 7). Voor de temperatuur van het aardgas wordt 9,8 °C toegepast.

Voor alle scenario's geldt dat de ontstekingskans is verwerkt in de faalfrequentie van het scenario, conform [2] en Tabel 5. Daarom geldt voor alle scenario's:

- probability of immediate ignition = specify directly;
- immediate ignition probability = 1.

4.3 Modelling van installatieonderdelen

Deze paragraaf behandelt de gemodelleerde installatieonderdelen en de belangrijkste inputparameters per installatieonderdeel zijn beschreven. Een overzicht van alle inputparameters per installatieonderdeel is weergegeven in Bijlage A. In Figuur 7 zijn de gemodelleerde installatieonderdelen op de gastechnische installatie weergegeven.



Figuur 7: De gemodelleerde installatieonderdelen op de gastechnische installatie.

4.3.1 Gasputten

De gasputten zijn gemodelleerd conform Paragraaf 10.3 van [2]. Aardgasbuffer Zuidwending heeft 6 cavernes (A1, A2, A3, A4, A6 en A7). Elke caverne heeft 2 putten. De faalfrequenties voor de putten tijdens verschillende activiteiten zijn weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7: De faalfrequenties voor de putten tijdens verschillende activiteiten.

Activiteit	Scenario	Tabel in [2]	Frequentie [/ jaar] of frequentie [/ activiteit]	Vervolgfactor [activiteiten / jaar]	Frequentie [/ jaar]
Productie	Tubing blowout	Tabel 10.4	$3,3 \times 10^{-5}$ / jaar	-	$3,3 \times 10^{-5}$
	Verticaal lek		$5,2 \times 10^{-5}$ / jaar	-	$5,2 \times 10^{-5}$
	Horizontaal lek		$9,4 \times 10^{-6}$ / jaar	-	$9,4 \times 10^{-6}$
Onderhoud – Wireline	Tubing blowout	Tabel 10.5	$8,9 \times 10^{-6}$ / activiteit	1	$8,9 \times 10^{-6}$
	Verticaal lek		$1,4 \times 10^{-5}$ / activiteit	1	$1,4 \times 10^{-5}$
	Horizontaal lek		$2,6 \times 10^{-6}$ / activiteit	1	$2,6 \times 10^{-6}$

Activiteit	Scenario	Tabel in [2]	Frequentie [/ jaar] of frequentie [/ activiteit]	Vervolgfactor [activiteiten / jaar]	Frequentie [/ jaar]
Onderhoud – Coiled-tubing	Tubing blowout		$1,9 \times 10^{-4}$ / activiteit	0,03	$5,7 \times 10^{-6}$
	Verticaal lek		$1,1 \times 10^{-4}$ / activiteit	0,03	$3,3 \times 10^{-6}$
	Horizontaal lek		$3,3 \times 10^{-5}$ / activiteit	0,03	$9,9 \times 10^{-7}$
Onderhoud – Workover	Casing blowout		$6,1 \times 10^{-5}$ / activiteit	0,125	$7,63 \times 10^{-6}$
	Tubing blowout		$2,4 \times 10^{-4}$ / activiteit	0,125	3×10^{-5}
	Verticaal lek		$2,7 \times 10^{-4}$ / activiteit	0,125	$3,38 \times 10^{-5}$
	Horizontaal lek		$6,4 \times 10^{-5}$ / activiteit	0,125	$8,0 \times 10^{-6}$

Onderhoud – snubbing¹⁵ is niet meegenomen in de QRA. Een en ander leidt tot de scenario's voor de putten die zijn weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8: De scenario's voor de putten.

Scenarionaam	Event frequency [/ jaar]	Uitstroom [kg / s] ¹⁶	Ontstekings-kans [-]	Event frequency [/ jaar]
Vertical tubing leak (productie)	$5,2 \times 10^{-5}$	< 10	0,02	$1,04 \times 10^{-6}$
Horizontal tubing leak (productie)	$9,4 \times 10^{-6}$	< 10	0,02	$1,88 \times 10^{-7}$
Tubing blowout 0-20 s (productie)		> 100	0,09	$2,97 \times 10^{-6}$
Tubing blowout 20-140 s (productie)	$3,3 \times 10^{-5}$	> 100	0,91	$3,00 \times 10^{-5}$
Vertical tubing leak (onderhoud)	$5,11 \times 10^{-5}$	< 10	0,02	$1,02 \times 10^{-6}$
Horizontal tubing leak (onderhoud)	$1,16 \times 10^{-5}$	< 10	0,02	$2,32 \times 10^{-7}$
Other tubing blowouts 0-20 s (onderhoud)		> 100	0,09	$4,01 \times 10^{-6}$
Other tubing blowouts 20-140 s (onderhoud)	$4,46 \times 10^{-5}$	> 100	0,91	$4,06 \times 10^{-5}$
Casing blowout 0-20 s (onderhoud)	$7,63 \times 10^{-6}$	> 100	0,09	$6,86 \times 10^{-7}$
Casing blowout (onderhoud)		> 100	0,91	$9,94 \times 10^{-6}$

De effectmodellering voor putten is in [2] beschreven in Paragraaf 10.8.4. Voor de gatgrootte van de casing blowout is 244,5 mm aangenomen en voor de gatgrootte van de tubing blowout is 200,0 mm aangenomen. Daarbij worden tevens de vervolgeffecten (vroeg en late fakkelbrand) van Paragraaf 10.8.3.2 van [2] en de ontstekingskansen van Paragraaf 10.8.3.3 van [2] toegepast. Voor de blowout tijdens productie geldt dat terugstroming vanuit de installatie dient te worden meegenomen. De gecombineerde uitstroming dient op basis van maatwerk te worden bepaald en dient te resulteren in 1 verticale jet.

¹⁵ Deze activiteit vindt niet plaats in Nederland.

¹⁶ De uitstroom is gebaseerd op berekeningen met één van de twee putten van caverne A2.

De uitwerking hiervan is als volgt: bij de other tubing blowouts en bij de casing blowouts wordt gebruik gemaakt van het line rupture model (het line rupture model geeft een constant debiet in tegenstelling tot het long pipeline model, waarvan de uitstroming, met slechts 1 km pijplengte, te snel zou zakken).

Er is op basis van het long pipeline model een effectieve leidingdiameter gezocht welke overeenkomt met de uitstroming vanuit de installatie plus de uitstroming van de put. Voor het scenario tubing blowout van 0-20 s betreft dit een effectieve leidingdiameter van 262,0 mm, wat resulteert in een gemiddelde uitstroming over deze periode van 385,0 kg / s (opgebouwd uit het line break model vanuit de put, 200,0 mm op 1 km diepte met uitstroming van 174,0 kg / s en een long pipeline model met afstand 32 km en 200,0 mm diameter, welke resulteert in 208,8 kg / s). Voor het scenario tubing blowout van 20-140 s betreft dit een effectieve leidingdiameter van 313,0 mm, wat resulteert in een gemiddelde uitstroming over deze periode van 265,1 kg / s (opgebouwd uit het line break model vanuit de put, 200,0 mm op 1 km diepte met uitstroming van 174,0 kg / s en een long pipeline model met afstand 32 km en 200,0 mm diameter, welke resulteert in 91,1 kg/s in het betreffende tijdsbestek).

De closed-in tubing head pressure (CITHP) van de putten bedraagt 170 bar. Onderin de caverne kan de druk (door de statische kolom) oplopen tot ongeveer 210 bar. In de risicoberekeningen is gebruik gemaakt van de combinatie van 170 bar druk en de op dat punt geldende diameter van de tubing, respectievelijk casing, zoals bovenstaand is vermeld. Onderin de put zijn beide diameters kleiner. De berekende casing blowout potential (CBOP) en de tubing blowout potential (TBOP) betreffen respectievelijk 291,0 kg / s en 174,0 kg / s.

4.3.2 Hogedruk gastransportleidingen

Hogedruk gastransportleidingen worden gemodelleerd conform Paragraaf 10.4.3.3 van [2]. Voor de bovengrondse leidingen zijn de scenario's uitgewerkt in Tabel 9 en voor de ondergrondse leidingen zijn de scenario's uitgewerkt in Tabel 10.

Tabel 9: De scenario's voor de bovengrondse leidingen.

Scenarionaam	Event frequency [/m / jaar]	Uitstroom [kg / s]	Ontstekingskans [-]	Event frequency
Bovengrondse breuk upstream 0-20 s	5,6 x 10 ⁻⁹	> 100	0,09	5,04 x 10 ⁻¹⁰
Bovengrondse breuk upstream 20-140 s		> 100	0,91	5,10 x 10 ⁻⁹
Bovengrondse breuk downstream 0-20 s	5,6 x 10 ⁻⁹	> 100	0,09	5,04 x 10 ⁻¹⁰
Bovengrondse breuk downstream 20-140 s		> 100	0,91	5,10 x 10 ⁻⁹
Bovengronds lek	2 x 10 ⁻⁸	Niet relevant	1	2 x 10 ⁻⁸

Tabel 10: De scenario's voor de ondergrondse leidingen.

Scenarionaam	Event frequency [/m / jaar]	Uitstroom [kg / s]	Ontstekingskans [-]	Event frequency
Ondergrondse breuk 0-20 s	5,6 x 10 ⁻⁹	> 100	0,09	5,04 x 10 ⁻¹⁰
Ondergrondse breuk 20-140 s		> 100	0,91	5,10 x 10 ⁻⁹
Ondergronds lek	2 x 10 ⁻⁸	Niet relevant	1	

Naast deze scenario's, dient voor bovengrondse leidingen de mogelijkheid van interne domino-effecten onderzocht te worden. [2] zegt hierover dat interne domino-effecten alleen in rekening worden gebracht voor hogedruk gastransportleidingen. Het betreft de mogelijkheid dat een leiding breekt als gevolg van aanstraling door een brand veroorzaakt door een flenslekkage in een nabijgelegen systeem (leiding of vat). Hiertoe moet worden bekeken hoeveel

flenzen de naburige systemen bevatten. Voor een relevante bijdrage ($> 10\%$) aan de uitstroomfrequentie moet het aantal flenzen in naburige systemen groter zijn dan $0,6 \times$ de lengte van het ontvangende leidingdeel in meters. De bijdrage van domino-effecten is dan relevant en moet verder worden onderzocht.

Op de installatie zijn vier meetstraten aanwezig die meerdere flenzen bevatten. De lengte van deze onderdelen betreft meer dan 50 m. Voor de twee middelste van deze leidingen geldt dat deze door twee naburige leidingen kan worden aangestraald. Voor een bijdrage in de faalfrequentie van meer dan 10% dienen deze leidingen daarom gezamenlijk meer dan $50 \text{ m} \times 0,6$ flenzen per m = 30 flenzen te bevatten, alvorens deze meegenomen moeten worden als domino-effect. Dit komt neer op meer dan 15 flenzen per meetstraat.

De generieke (conservatief geachte) aanname voor het aantal flenzen in meetstraten betreft 15 stuks. Daarmee wordt voldaan aan de voorwaarde dat het er niet meer dan 15 betreft, waardoor domino-effecten conform deze richtlijn niet hoeven worden meegenomen. Voor het scenario flenslekkages meetstraten wordt echter wel dit generieke aantal van 15 stuks toegepast.

Tabel 11: Flenslekkages meetstraten.

Scenarionaam	Event frequency [/jaar]	Uitstroom [kg / s]	Ontstekingskans [-]	Event frequency
Flenslekkages per meetstraat	$1,395 \times 10^{-5}$	Niet relevant	1	$1,395 \times 10^{-5}$

4.3.3 Centrifugaalseparatoren

In een centrifugaalseparator wordt een restverontreiniging uit de gasstroom gehaald door het gas door een stationaire spiraal (cycloon) of elleboog te sturen waarbij de zwaardere deeltjes naar buiten worden geslingerd en worden afgevangen. Het gaat daarbij om relatief schoon gas, waarbij de hoeveelheid condensaat in de inkomende stroom kleiner is dan 80 m^3 per miljoen Nm^3 gas.

Conform Paragraaf 10.5.3.5 van [2] wordt een centrifugaalseparator wordt als leiding gemodelleerd.

Voor Aardgasbuffer Zuidwending gaat het hierbij om centrifugaalseparatoren S-81101, S-81201, S-81301, S-81401, S-82101 en S-82201 (deze 6 hebben elk een hoogte van 5,5 m) en centrifugaalseparatoren S-81501 en S-82301 (deze 2 hebben elk een hoogte van 2,7 m). Alle centrifugaalseparatoren worden gemodelleerd als een puntbron, met een fictieve lengte gebaseerd op 4 maal de hoogte (het gas wordt in een centrifugaalseparator van boven naar beneden en weer terug geleid), waarbij tevens de aansluitleidingen (tot bovenin) zijn meegenomen. Daarnaast worden aanvullend 7 flenzen per centrifugaalseparator in rekening gebracht.

Tabel 12: De scenario's voor S-81101, S-81201, S-81301, S-81401, S-82101 en S-82201.

Scenarionaam	Event frequency [/jaar]	Uitstroom [kg / s]	Ontstekingskans [-]	Event frequency [/jaar]
Bovengrondse breuk upstream 0-20 s	$1,232 \times 10^{-7}$	$> 100 \text{ kg / s}$	0,09	$1,109 \times 10^{-8}$
Bovengrondse breuk upstream 20-140 s		$> 100 \text{ kg / s}$	0,91	$1,121 \times 10^{-7}$
Bovengrondse breuk downstream 0-20 s		$> 100 \text{ kg / s}$	0,09	$1,109 \times 10^{-8}$
Bovengrondse breuk downstream 20-140 s		$> 100 \text{ kg / s}$	0,91	$1,121 \times 10^{-7}$
Bovengronds lek	$6,95 \times 10^{-6}$	Niet relevant	1	$6,95 \times 10^{-6}$

Centrifugaalseparatoren S-81101, S-81201, S-81301, S-81401, S-82101 en S-82201 worden gemodelleerd op basis van 22 m leiding (4 x de hoogte van 5,5 m) plus 7 flenzen. De aansluiting betreft een 12" diameter leiding.

Tabel 13: De scenario's voor S-81501 en S-82301.

Scenarionaam	Event frequency [/jaar]	Uitstroom [kg / s]	Ontstekingskans [-]	Event frequency [/jaar]
Bovengrondse breuk upstream 0-20 s	6,048 x 10 ⁻⁸	> 100 kg / s	0,09	5,443 x 10 ⁻⁹
Bovengrondse breuk upstream 20-140 s		> 100 kg / s	0,91	5,504 x 10 ⁻⁸
Bovengrondse breuk downstream 0-20 s	6,048 x 10 ⁻⁸	> 100 kg / s	0,09	5,443 x 10 ⁻⁹
Bovengrondse breuk downstream 20-140 s		> 100 kg / s	0,91	5,504 x 10 ⁻⁸
Bovengronds lek	6,726 x 10 ⁻⁶	Niet relevant	1	6,726 x 10 ⁻⁶

Centrifugaalseparatoren S-81501 en 82301 worden gemodelleerd op basis van 10,8 m leiding (4 x de hoogte van 2,7 m) plus 7 flenzen. De aansluiting betreft een 6" diameter leiding.

4.3.4 Vloeistofvangers

Het gas vanuit de putten wordt eerst van water ontdaan, door het te zuiveren in 1 van de 5 grote vloeistofvangers. Het betreft V-91101, V-91201, V-91301, V-92101 en V-92201. Dit zijn vloeistofvangers zonder complexe internals en worden gemodelleerd volgens Tabel 10.10 in Paragraaf 10.5.3.1 van [2]. Om rekening te houden met nalevering van gas vanuit de leidingen aangesloten op de vloeistofvangers bij falen van de vloeistofvangers is het scenario instantaan vrijkomen van de gehele inhoud vervangen door 4 long pipeline scenario's. 2 scenario's voor nalevering vanuit upstream en 2 scenario's voor nalevering vanuit downstream (waarvan in beide gevallen 1 voor directe ontsteking (0-20 s) en 1 scenario voor vertraagde ontsteking (20-140 s)). Met deze long pipeline scenario's wordt nalevering van gas vanuit de upstream en downstream leiding van de vloeistofvangers met een gatgrootte van 16" gemodelleerd. Om tevens rekening te houden met het vrijkomen van de inhoud van de vloeistofvangers is de bronterm van de naleveringsscenario's met directe ontsteking verhoogd met de inhoud van de vloeistofvangers om de initiële piek in rekening te brengen.¹⁷

Tabel 14: De scenario's voor V-91101, V-91201, V-91301, V-92101 en V-92201.

Scenarionaam	Event frequency [/jaar]	Uitstroom [kg / s]	Ontstekingskans [-]	Event frequency [/jaar]
Nalevering upstream 0-20 s	5 x 10 ⁻⁷	> 100 kg / s	0,09	4,5 x 10 ⁻⁸
Nalevering upstream 20-140 s		> 100 kg / s	0,91	4,55 x 10 ⁻⁷
Nalevering downstream 0-20 s	5 x 10 ⁻⁷	> 100 kg / s	0,09	4,5 x 10 ⁻⁸
Nalevering downstream 20-140 s		> 100 kg / s	0,91	4,55 x 10 ⁻⁷
Continue uitstroom van gehele inhoud in 10 minuten	5 x 10 ⁻⁷	Niet relevant	1	5 x 10 ⁻⁷
10 mm lek	1 x 10 ⁻⁵	Niet relevant	1	1 x 10 ⁻⁵

¹⁷ De inhoud van een vloeistofvanger is ongeveer 2030,9 kg (14 m³). Deze inhoud is verdeeld over de nalevering upstream 0-20s en nalevering downstream 0-20s scenario's als pumped inflow van 2030,9 kg / 20 s = 50,8 kg / s.

Voor de volumetrische inhoud van een dergelijke vloeistofvanger wordt 14 m³ aangehouden en is gebaseerd op de inhoud van een cilinder met hoogte van 5,5 m en een diameter van 1,8 m. De massa methaan die SAFETI-NL daarbij berekend (170 barg, 9°C) betreft 2031 kg.

4.3.5 Filterseparatoren

Op Aardgasbuffer Zuidwending worden filterseparatoren gebruikt om het gas verder te reinigen voordat het gecomprimeerd wordt. Het betreft S-60101, S-60201, S-60301, S-60401, S-60501 en S-60601. De 6 filterseparatoren worden gemodelleerd volgens paragraaf 10.5.3.4 van [2]. Om rekening te houden met nalevering van gas vanuit de leidingen aangesloten op de filterseparatoren bij falen van de filterseparatoren is het scenario instantaan vrijkomen van de gehele inhoud vervangen door 4 long pipeline scenario's. 2 scenario's voor nalevering vanuit upstream en 2 scenario's voor nalevering vanuit downstream (waarvan in beide gevallen 1 voor directe ontsteking (0-20 s) en 1 scenario voor vertraagde ontsteking (20-140 s)). Met deze long pipeline scenario's wordt nalevering van gas vanuit de upstream en downstream leiding van de filterseparatoren met een gatgrootte van 12" gemodelleerd. Om tevens rekening te houden met het vrijkomen van de inhoud van de filterseparatoren is de bronterm van de naleveringsscenario's met directe ontsteking verhoogd met de inhoud van de filterseparatoren om de initiële piek in rekening te brengen.¹⁸

Tabel 15: De scenario's voor S-60101, S-60201, S-60301, S-60401, S-60501 en S-60601.

Scenarionaam	Event frequency [/jaar]	Uitstroom [kg / s]	Ontstekingskans [-]	Event frequency [/jaar]
Nalevering upstream 0-20 s	5 x 10 ⁻⁷	> 100 kg / s	0,09	4,5 x 10 ⁻⁸
Nalevering upstream 20-140 s		> 100 kg / s	0,91	4,55 x 10 ⁻⁷
Nalevering downstream 0-20 s	5 x 10 ⁻⁷	> 100 kg / s	0,09	4,5 x 10 ⁻⁸
Nalevering downstream 20-140 s		> 100 kg / s	0,91	4,55 x 10 ⁻⁷
Continue uitstroom van gehele inhoud in 10 minuten	5 x 10 ⁻⁷	Niet relevant	1	5 x 10 ⁻⁷
10 mm lek	1 x 10 ⁻⁵	Niet relevant	1	1 x 10 ⁻⁵

4.3.6 Hogedruk centrifugaalcompressoren

De 6 hogedruk centrifugaalcompressoren (C-60101, C-60201, C-60301, C-60401, C-60501 en C-60601) worden gemodelleerd volgens Paragraaf 10.6.3.5 van [2]. Hierin wordt beschreven dat voor dit type compressoren het onwaarschijnlijk wordt geacht dat compressorhuizen falen. Daarom worden er geen specifieke uitstroomscenario's meegenomen voor dit type compressoren. Het mogelijke falen van leidingen vanaf de flenzen op de compressorhuizen wordt wel meegenomen. Hiertoe worden per compressor 20 m leiding en 7 flensverbindingen in rekening gebracht (als puntbron). De flenzen en leidingen worden gemodelleerd zoals beschreven in Paragraaf 4.3.2. De opstelling van de compressoren is elk in een hal. Interne domino effecten worden niet meegenomen omdat er een werkend brand- en gasdetectiesysteem aanwezig is (zie Paragraaf 10.2.4.1 van [2]). De toe- en afvoerleidingen van de compressoren binnen de hal wordt als één puntbron gemodelleerd. Uitgangspunt hierbij is een totale leidinglengte van 20 m.

Tabel 16: De scenario's voor de 6 hogedruk centrifugaalcompressoren (C-60101, C-60201, C-60301, C-60401, C-60501 en C-60601).

Scenarionaam	Event frequency [/jaar]	Uitstroom [kg / s]	Ontstekingskans [-]	Event frequency [/jaar]
Compressor breuk upstream 0-20 s	1,12 x 10 ⁻⁷	> 100 kg / s	0,09	1,01 x 10 ⁻⁸

¹⁸ De inhoud van een filterseparator is ongeveer 118,8 kg (2,3 m³). Deze inhoud is ingevoerd bij de nalevering upstream 0-20 s scenario's als pumped inflow van 118,8 kg / 20 s = 5,94 kg/s.

Compressor breuk upstream 20-140 s		> 100 kg / s	0,91	$1,02 \times 10^{-7}$
Compressor breuk downstream 0-20 s		> 100 kg / s	0,09	$1,01 \times 10^{-8}$
Compressor breuk downstream 20-140 s	$1,12 \times 10^{-7}$	> 100 kg / s	0,91	$1,02 \times 10^{-7}$
Compressor lek	$6,91 \times 10^{-6}$	Niet relevant	1	$6,91 \times 10^{-6}$

4.3.7 Warmtewisselaars

Op Aardgasbuffer Zuidwending bevinden zich 2 typen warmtewisselaars: 6 koelerbanken (E-60101, E-60201, E-60301, E-60401, E-60501 en E-60601) en 6 pijpwarmtewisselaars (E-51101, E-51201, E-51301, E-51401, E-51501 en E-51601). Koelerbanken worden gemodelleerd conform Paragraaf 10.7 van [2] (Tabel 10.21). Pijpwarmtewisselaars worden gemodelleerd conform Paragraaf 3.12 van [3] (Tabel 3.26).

Zowel voor koelerbanken als voor pijpwarmtewisselaars geldt dat het scenario breuk van 1 pijp geen effecten heeft buiten het hekwerk van de gastechnische installatie. Voor pijpwarmtewisselaars geldt dat het scenario lek met een effectieve diameter van 10% van de nominale diameter van 1 pijp, maximaal 50 mm geen effecten heeft buiten het hekwerk van de gastechnische installatie. Daarom is zowel voor koelerbanken als voor pijpwarmtewisselaars alleen het scenario breuk van 10 pijpen tegelijkertijd gemodelleerd. Koelerbanken en pijpwarmtewisselaars zijn daarom op dezelfde manier gemodelleerd.

Aangenomen is dat de diameter van 1 pijp 1,5" is. De equivalente diameter van 10 pijpen is 152,7 mm ($\sqrt{10 \times 48,3^2} = 152,7$).

Tabel 17: De scenario's voor de warmtewisselaars.

Scenarionaam	Event frequency [/ jaar]	Uitstroom [kg / s]	Ontstekingskans [-]	Event frequency [/ jaar]
Breuk 10 pijpen tegelijkertijd upstream 0-20 s	1×10^{-5}	> 100 kg / s	0,09	9×10^{-7}
Breuk 10 pijpen tegelijkertijd upstream 20-140 s		> 100 kg / s	0,91	$9,1 \times 10^{-6}$
Breuk 10 pijpen tegelijkertijd downstream 0-20 s	1×10^{-5}	> 100 kg / s	0,09	9×10^{-7}
Breuk 10 pijpen tegelijkertijd downstream 20-140 s		> 100 kg / s	0,91	$9,1 \times 10^{-6}$

5 Resultaten

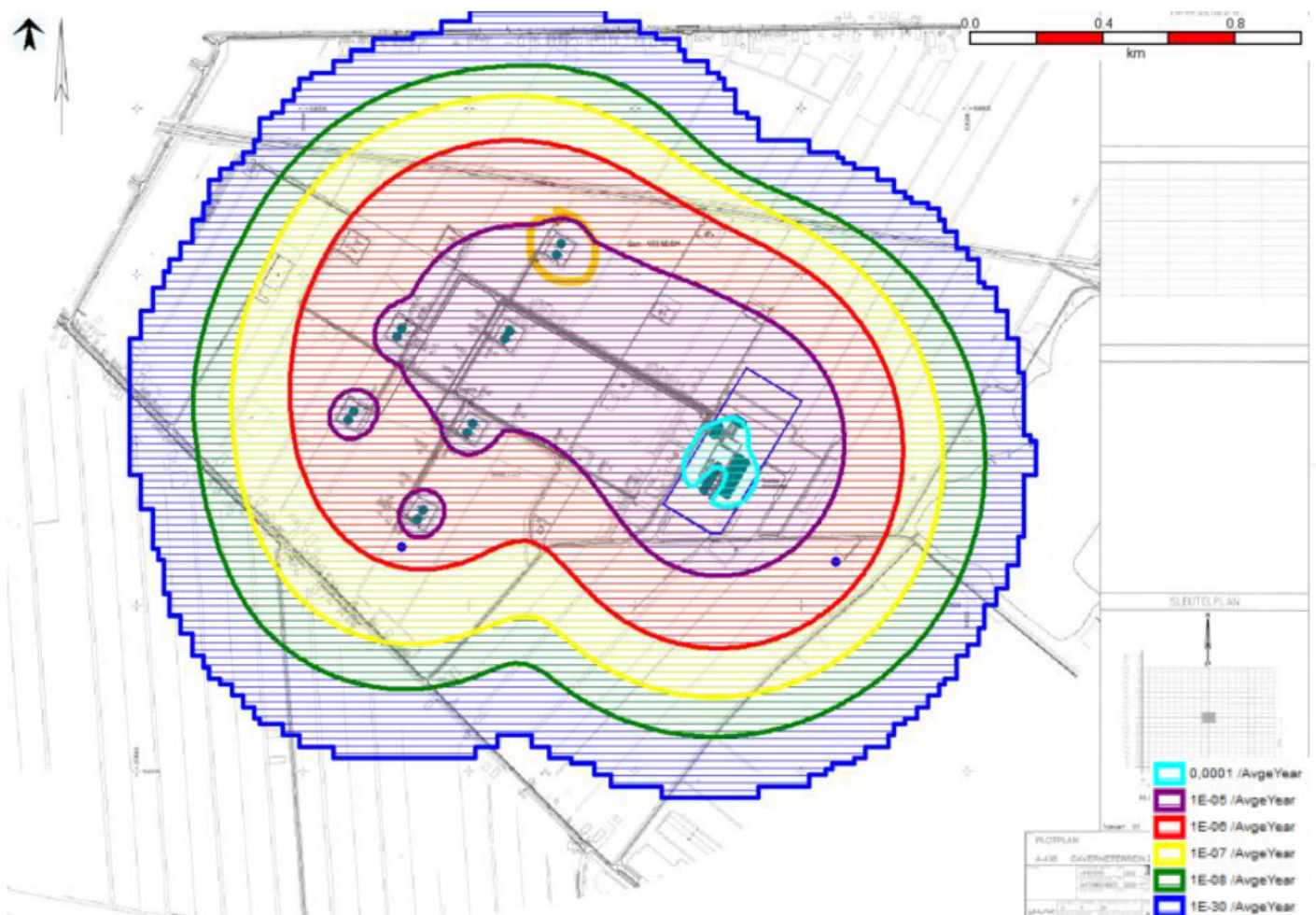
In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de QRA voor Aardgasbuffer Zuidwending beschreven. Het plaatsgebonden risico is toegelicht in Paragraaf 5.1. In Paragraaf 5.2 zijn de aandachtsgebieden en het groepsrisico toegelicht.

5.1 Plaatsgebonden risico

In deze paragraaf is het plaatsgebonden risico toegelicht. De PR-contouren van Aardgasbuffer Zuidwending zijn weergegeven in Paragraaf 5.1.1. In Paragraaf 5.1.2 zijn de bijdragen van de scenario's aan het PR ter plaatse van de risk ranking points weergegeven

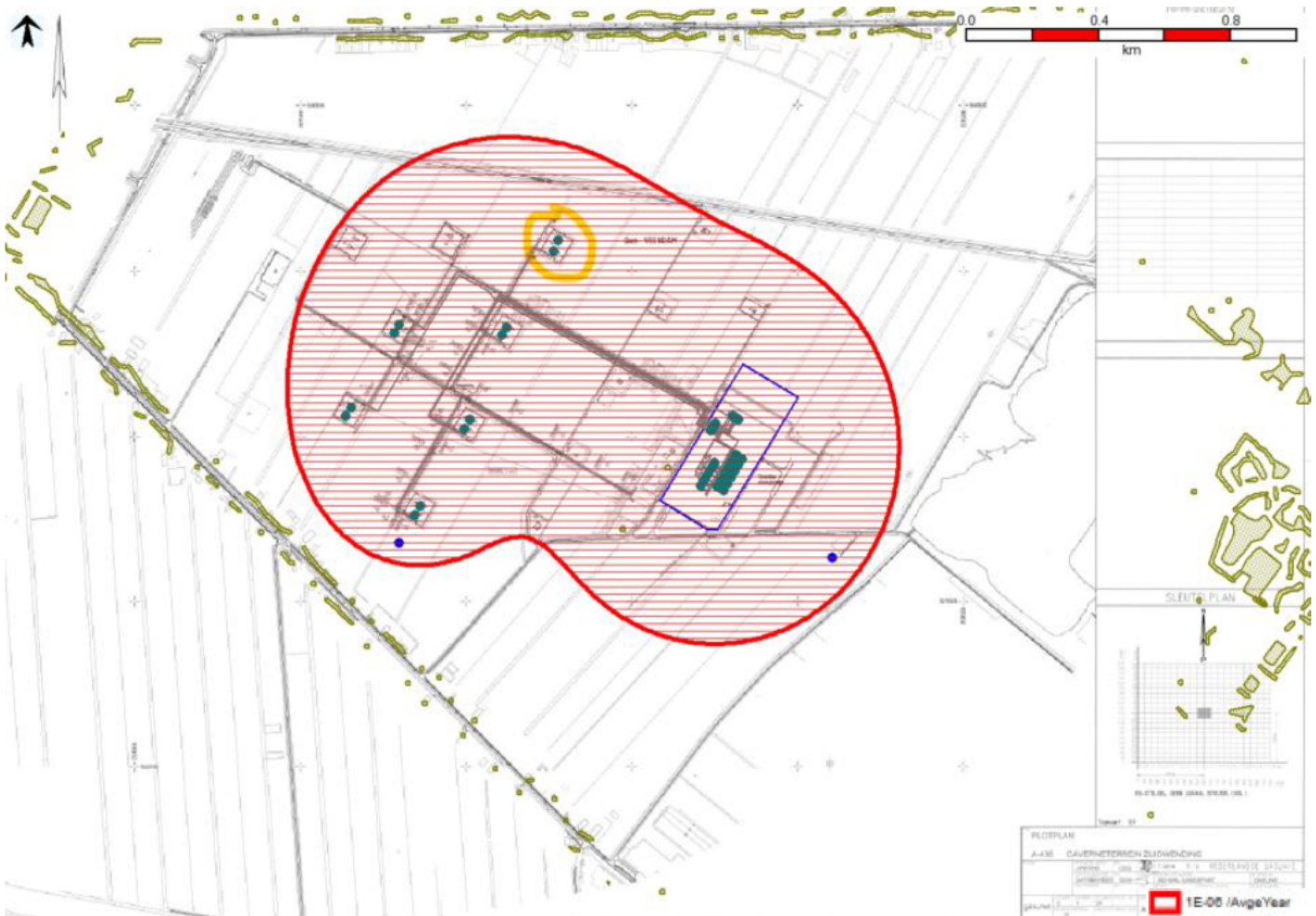
5.1.1 PR-contouren

De PR-contouren van Aardgasbuffer Zuidwending zijn weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8: De PR-contouren van Aardgasbuffer Zuidwending.

Binnen de PR 10^{-6} per jaar contour van Aardgasbuffer Zuidwending bevinden zich geen beperkt kwetsbare gebouwen, geen beperkt kwetsbare locaties, geen kwetsbare gebouwen, geen kwetsbare locaties en geen zeer kwetsbare gebouwen. Een en ander is weergegeven in Figuur 9. Aardgasbuffer Zuidwending voldoet aan artikel 5.7, eerste lid van het Bkl (de grenswaarde wordt in acht genomen).



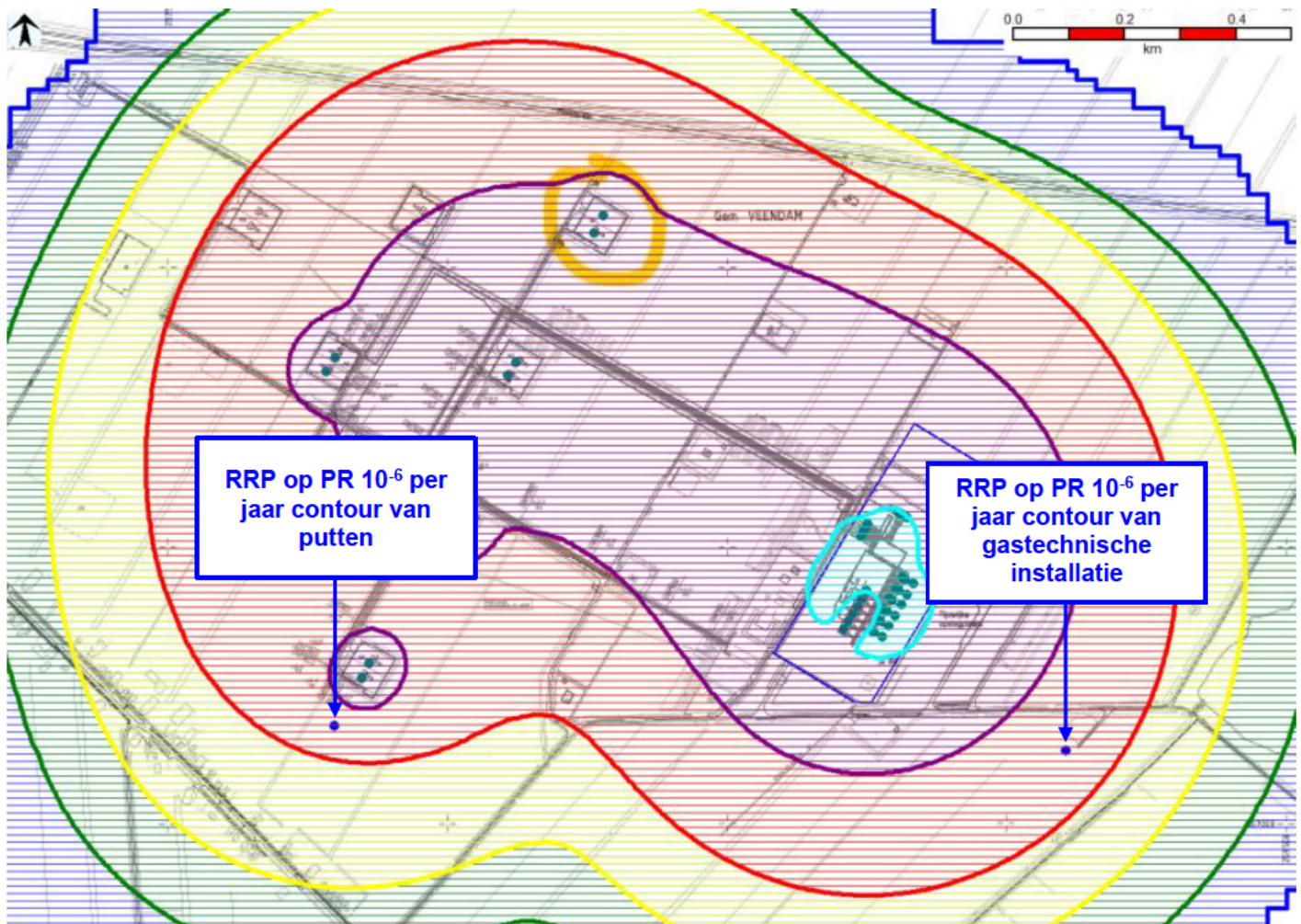
Figuur 9: Binnen de PR 10^{-6} per jaar contour van Aardgasbuffer Zuidwending bevinden zich geen beperkt kwetsbare gebouwen, geen beperkt kwetsbare locaties, geen kwetsbare gebouwen, geen kwetsbare locaties en geen zeer kwetsbare gebouwen.

5.1.2 Bijdragen van scenario's aan PR ter plaatse van risk ranking points

De bijdragen van de verschillende scenario's aan het plaatsgebonden risico is afhankelijk van de locatie. Er zijn 2 locaties gekozen als risk ranking point (RRP):

- RRP op PR 10^{-6} per jaar contour van gastechnische installatie;
- RRP op PR 10^{-6} per jaar contour van putten.

De risk ranking points zijn weergegeven in Figuur 10.



Figuur 10: De risk ranking points.

De bijdragen van de verschillende scenario's aan het plaatsgebonden risico ter plaatse van de risk ranking points zijn in kaart gebracht. In Tabel 18 zijn de bijdragen van de verschillende scenario's aan het PR ter plaatse van RRP op PR 10^{-6} per jaar contour van gastechnische installatie weergegeven.

Tabel 18: De bijdragen van de verschillende scenario's aan het PR ter plaatse van RRP op PR 10^{-6} per jaar contour van gastechnische installatie.

Scenario	Risico [/ jaar]	% ¹⁹
Long Pipeline E1_2-20-170-BG BG Breuk downstream late fakkelbrand	$2,05 \times 10^{-7}$	6,46
Long Pipeline E1_2-20-170-BG BG Breuk upstream late fakkelbrand	$1,73 \times 10^{-7}$	5,46
Long Pipeline C1_1-10-170-BG BG Breuk downstream late fakkelbrand	$5,52 \times 10^{-8}$	1,74
Long Pipeline E1_1-20-170-BG BG Breuk downstream late fakkelbrand	$4,88 \times 10^{-8}$	1,54
Long Pipeline In5_1-16-170-BG BG Breuk downstream late fakkelbrand	$4,85 \times 10^{-8}$	1,53
Long Pipeline E4_2-20-170-BG BG Breuk downstream late fakkelbrand	$4,53 \times 10^{-8}$	1,43
Long Pipeline E6_2-20-170-BG BG Breuk downstream late fakkelbrand	$4,47 \times 10^{-8}$	1,41
Long Pipeline E5_1-20-170-BG BG Breuk downstream late fakkelbrand	$4,44 \times 10^{-8}$	1,40
Long Pipeline H_1-30-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand	$4,41 \times 10^{-8}$	1,39
Long Pipeline H_5-30-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand	$4,38 \times 10^{-8}$	1,38
Long Pipeline H_6-30-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand	$4,38 \times 10^{-8}$	1,38

¹⁹ Bijdragen kleiner dan 1,00 % zijn niet in deze tabel opgenomen.

Scenario	Risico [/ jaar]	% ¹⁹
Long Pipeline H_3-30-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand	$4,34 \times 10^{-8}$	1,37
Long Pipeline E1_1-20-170-BG BG Breuk upstream late fakkelbrand	$4,22 \times 10^{-8}$	1,33
Long Pipeline E2_1-20-170-BG BG Breuk downstream late fakkelbrand	$4,15 \times 10^{-8}$	1,31
Long Pipeline C1_2-10-170-BG BG Breuk downstream late fakkelbrand	$4,09 \times 10^{-8}$	1,29
Long Pipeline E3_2-20-170-BG BG Breuk downstream late fakkelbrand	$4,03 \times 10^{-8}$	1,27
Long Pipeline E4_2-20-170-BG BG Breuk upstream late fakkelbrand	$3,87 \times 10^{-8}$	1,22
Long Pipeline E6_2-20-170-BG BG Breuk upstream late fakkelbrand	$3,81 \times 10^{-8}$	1,20
Long Pipeline E5_1-20-170-BG BG Breuk upstream late fakkelbrand	$3,81 \times 10^{-8}$	1,20
Long Pipeline C1_1-10-170-BG BG Breuk upstream late fakkelbrand	$3,71 \times 10^{-8}$	1,17
Long Pipeline E2_1-20-170-BG BG Breuk upstream late fakkelbrand	$3,52 \times 10^{-8}$	1,11
Long Pipeline E3_2-20-170-BG BG Breuk upstream late fakkelbrand	$3,43 \times 10^{-8}$	1,08
Long Pipeline E5_3-20-170-BG BG Breuk downstream late fakkelbrand	$3,23 \times 10^{-8}$	1,02
Long Pipeline E2_3-20-170-BG BG Breuk downstream late fakkelbrand	$3,17 \times 10^{-8}$	1,00
Overig	$1,88 \times 10^{-6}$	59,31
Totaal	$3,17 \times 10^{-6}$	100,00

In Tabel 19 zijn de bijdragen van de verschillende scenario's aan het PR ter plaatse van RRP op PR 10^{-6} per jaar contour van putten weergegeven.

Tabel 19: De bijdragen van de verschillende scenario's aan het PR ter plaatse van RRP op PR 10^{-6} per jaar contour van putten.

Scenario	Risico [/ jaar]	% ²⁰
Long Pipeline A4-16-170-OG OG Breuk late fakkelbrand	$1,11 \times 10^{-6}$	74,16
Long Pipeline A4-16-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand	$1,29 \times 10^{-7}$	8,61
Long Pipeline A3-16-170-OG OG Breuk late fakkelbrand	$1,23 \times 10^{-7}$	8,25
Long Pipeline A7-16-170-OG OG Breuk late fakkelbrand	$7,73 \times 10^{-8}$	5,17
Long Pipeline A3-16-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand	$2,06 \times 10^{-8}$	1,38
Overig	$3,63 \times 10^{-8}$	2,43
Totaal	$1,50 \times 10^{-6}$	100,00

5.2 Aandachtsgebieden en groepsrisico

In deze paragraaf zijn de aandachtsgebieden en het groepsrisico toegelicht. De aandachtsgebieden zijn beschreven en weergegeven in Paragraaf 5.2.1. In Paragraaf 5.2.2 is het GR toegelicht.

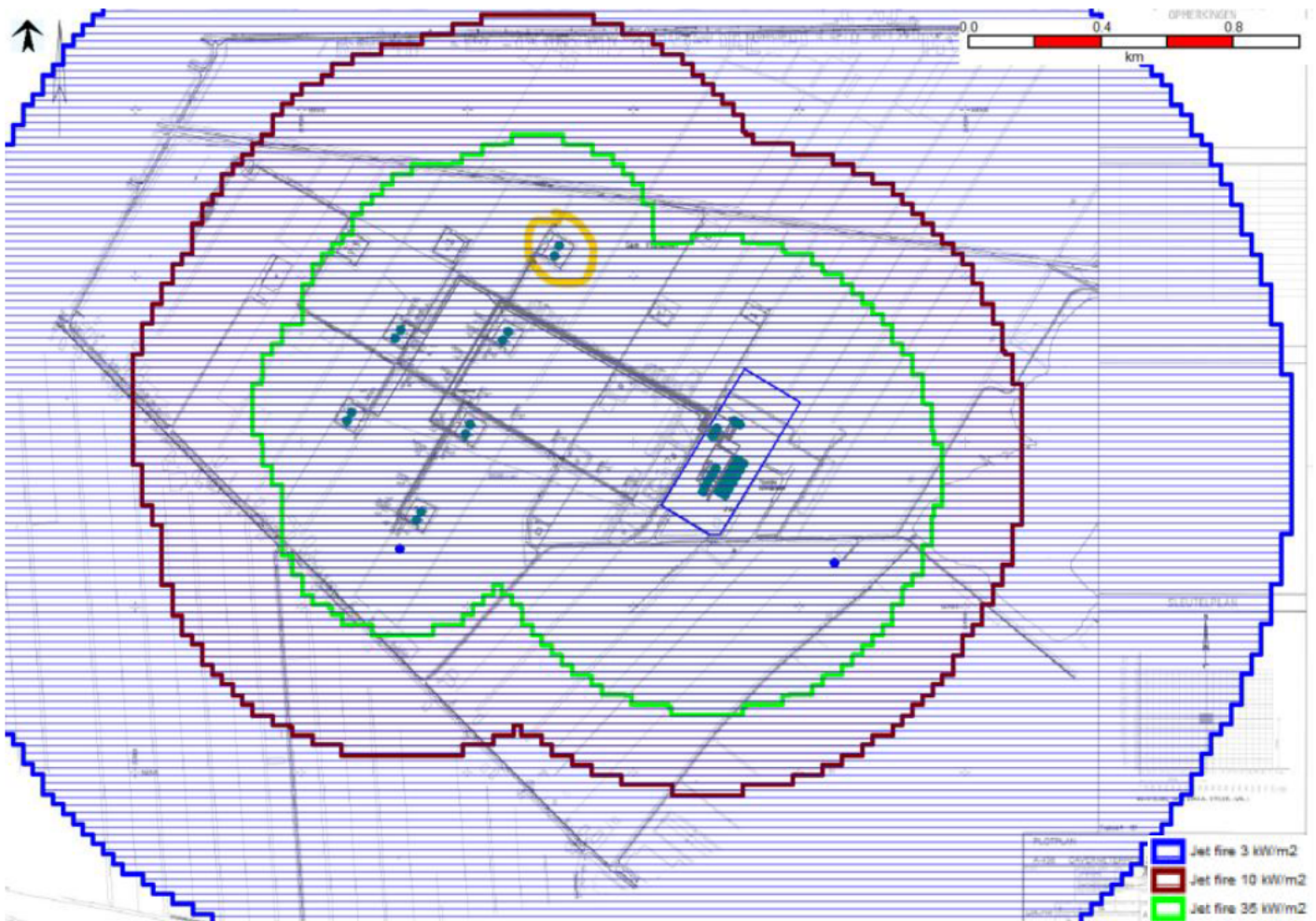
5.2.1 Aandachtsgebieden

5.2.1.1 Brandaandachtsgebied

Zoals al beschreven in Paragraaf 1.2 is een brandaandachtsgebied conform artikel 5.12, eerste lid van het Bkl de locatie begrensd door de afstand, waar als gevolg van een ongewoon voorval dat leidt tot een plasbrand of een fakkelbrand, de warmtestraling ten hoogste $10 \text{ kW} / \text{m}^2$ is. Aardgasbuffer Zuidwending heeft een brandaandachtsgebied.

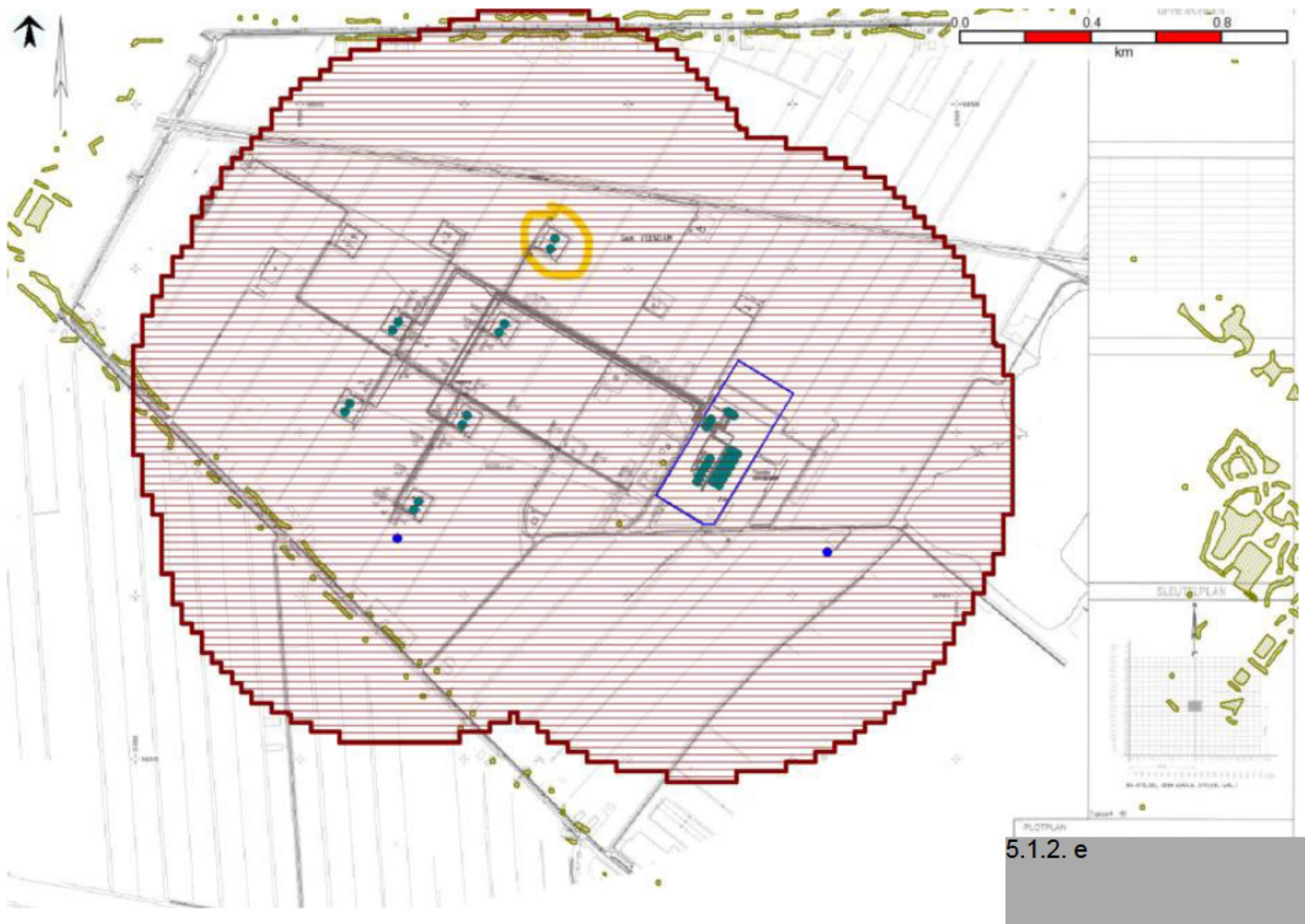
In Figuur 11 zijn de warmtestralingscontouren (jet fire) van Aardgasbuffer Zuidwending weergegeven. In Figuur 12 is het brandaandachtsgebied van Aardgasbuffer Zuidwending weergegeven.

²⁰ Bijdragen kleiner dan 1,00 % zijn niet in deze tabel opgenomen.



Figuur 11: De warmtestralingscontouren (jet fire) van Aardgasbuffer Zuidwending.

Binnen het brandaandachtsgebied van Aardgasbuffer Zuidwending liggen beperkt kwetsbare gebouwen (onder andere verspreid liggende woningen) en kwetsbare gebouwen (onder andere woningen). Binnen het brandaandachtsgebied van Aardgasbuffer Zuidwending liggen geen beperkt kwetsbare locaties, geen kwetsbare locaties en geen zeer kwetsbare gebouwen. Een en ander is weergegeven in Figuur 12.



Figuur 12: Het brandaandachtsgebied van Aardgasbuffer Zuidwending.

5.2.1.2 Explosieaandachtsgebied

Zoals al beschreven in Paragraaf 1.2 is een explosieaandachtsgebied conform artikel 5.12, lid 2 van Bkl de locatie begrensd door de afstand, waar als gevolg van een ongevoon voorval dat leidt tot:

- a. een kokende vloeistof-gasexpansie-explosie (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion, BLEVE), de warmtestraling ten hoogste $35 \text{ kW} / \text{m}^2$ is;
- b. een explosie, anders dan onder a, de overdruk ten hoogste 10 kPa is.

Aardgasbuffer Zuidwending heeft geen explosieaandachtsgebied.

5.2.1.3 Gifwolkaandachtsgebied

Zoals al beschreven in Paragraaf 1.2 is een gifwolkaandachtsgebied conform artikel 5.12, derde lid van het Bkl de locatie begrensd door de afstand, waar als gevolg van een ongeval dat leidt tot een gifwolk, personen in een gebouw overlijden door blootstelling aan ten hoogste de bij ministeriële regeling bepaalde vastgestelde concentratie van een gevaarlijke stof gedurende een daarbij aangegeven periode. Aardgasbuffer Zuidwending heeft geen gifwolkaandachtsgebied.

5.2.1.4 Scenario's met grootste schadeafstanden bij weerklassse F1,5 en weerklassse D5

De scenario's met de grootste schadeafstanden (de grootste afstanden tot de 1%-letaliteitsgrens) bij weerklassse F1,5 en weerklassse D5 zijn weergegeven in Tabel 20. In deze tabel zijn ook de nominale diameter, de druk, de gemiddelde uitstroom en het effect weergegeven.

Tabel 20: De scenario's met de grootste schadeafstanden (de grootste afstanden tot de 1%-letaliteitsgrens) bij weerklassse F1,5 en weerklassse D5.

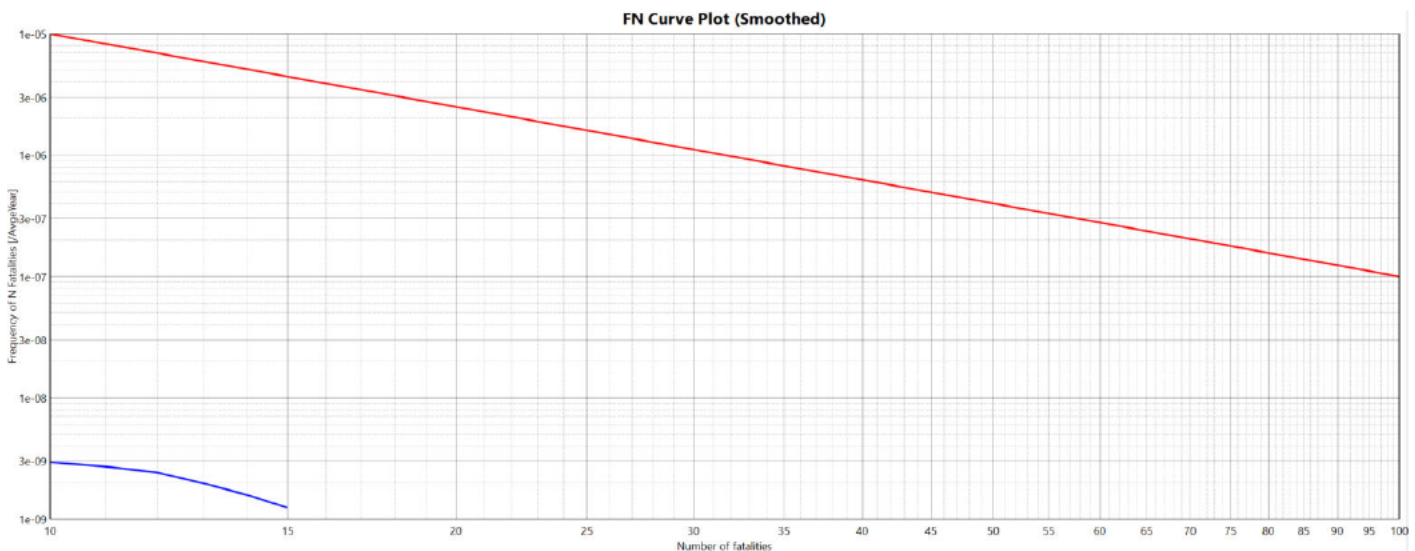
Scenario	Nominale diameter [mm]	Druk [barg]	Uitstroom [kg / s]	Effect	Schade-afstand F1,5 [m]	Schade-afstand D5 [m]
Long Pipeline E1_1-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E1_2-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E2_1-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E2_3-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E2_2-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E3_1-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E3_2-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E4_1-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E4_2-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E5_1-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E5_2-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E5_3-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E5_4-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E6_1-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E2_4-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E6_2-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand	DN500	170	6645	Warmte-straling	860	845
Long Pipeline H_1-30-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand / Long Pipeline H_3-30-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand / Long Pipeline H_5-30-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand / Long Pipeline H_6-30-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand	DN750	170	18838	Warmte-straling	791	846
Long Pipeline E1_1-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E1_2-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E2_1-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E2_3-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E2_2-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E3_1-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E3_2-20-170-BG BG	DN500	170	6051	Warmte-straling	824	806

Scenario	Nominale diameter [mm]	Druk [barg]	Uitstroom [kg / s]	Effect	Schade-afstand F1,5 [m]	Schade-afstand D5 [m]
Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E4_1-20-170-BG BG						
Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E4_2-20-170-BG BG						
Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E5_1-20-170-BG BG						
Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E5_2-20-170-BG BG						
Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E5_3-20-170-BG BG						
Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E5_4-20-170-BG BG						
Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E6_1-20-170-BG BG						
Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E2_4-20-170-BG BG						
Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E6_2-20-170-BG BG						
Breuk upstream vroege fakkelbrand						

5.2.2 Groepsrisico

5.2.2.1 Groepsrisico

Het GR van Aardgasbuffer Zuidwending is weergegeven in Figuur 13.



Figuur 13: Het GR van Aardgasbuffer Zuidwending.

Het GR van Aardgasbuffer Zuidwending ligt onder de oriëntatiewaarde.

5.2.2.2 Scenario's met 10 of meer dodelijke slachtoffers

Er zijn 2 scenario's met 10 of meer dodelijke slachtoffers. In Tabel 21 zijn de 2 scenario's met 10 of meer dodelijke slachtoffers weergegeven.

Tabel 21: De 2 scenario's met 10 of meer dodelijke slachtoffers.

Scenario	Kans op 10 of meer dodelijke slachtoffers [/ jaar]
Long Pipeline A4-16-170-OG OG Breuk late fakkelbrand	$2,21 \times 10^{-9}$
Long Pipeline A4-16-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand	$6,90 \times 10^{-10}$

6 Conclusions

In dit hoofdstuk zijn de conclusies van de QRA voor Aardgasbuffer Zuidwending beschreven. Het plaatsgebonden risico is toegelicht in Paragraaf 6.1. In Paragraaf 6.2 zijn de aandachtsgebieden en het groepsrisico toegelicht.

6.1 Conclusies plaatsgebonden risico

De dichtstbijzijnde bebouwing ligt op een afstand van ongeveer 850 m ten zuidwesten van het hekwerk van de gastechnische installatie (een woning). Binnen de PR 10⁻⁶ per jaar contour van Aardgasbuffer Zuidwending bevinden zich geen beperkt kwetsbare gebouwen, geen beperkt kwetsbare locaties, geen kwetsbare gebouwen, geen kwetsbare locaties en geen zeer kwetsbare gebouwen. Aardgasbuffer Zuidwending voldoet aan artikel 5.7, eerste lid van het Bkl (de grenswaarde wordt in acht genomen).

Ter plaatse van RRP op PR 10^{-6} per jaar contour van gastechnische installatie dragen de volgende scenario's het meeste bij aan het PR:

- Long Pipeline E1_2-20-170-BG BG Breuk downstream late fakkelbrand;
- Long Pipeline E1_2-20-170-BG BG Breuk upstream late fakkelbrand;
- Long Pipeline C1_1-10-170-BG BG Breuk downstream late fakkelbrand.

Ter plaatse van RRP op PR 10-6 per jaar contour van putten dragen de volgende scenario's het meeste bij aan het PR:

- Long Pipeline A4-16-170-OG OG Breuk late fakkelbrand;
- Long Pipeline A4-16-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand;
- Long Pipeline A3-16-170-OG OG Breuk late fakkelbrand.

6.2 Conclusies aandachtsgebieden en groepsrisico

Aardgasbuffer Zuidwending heeft een brandaandachtsgebied. Binnen het brandaandachtsgebied van Aardgasbuffer Zuidwending liggen beperkt kwetsbare gebouwen (onder andere verspreid liggende woningen) en kwetsbare gebouwen (onder andere woningen). Binnen het brandaandachtsgebied van Aardgasbuffer Zuidwending liggen geen beperkt kwetsbare locaties, geen kwetsbare locaties en geen zeer kwetsbare gebouwen.

Aardgasbuffer Zuidwending heeft geen explosieaandachtsgebied. Aardgasbuffer Zuidwending heeft geen gifwolkaandachtsgebied.

De scenario's met de grootste schadeafstanden (de grootste afstanden tot de 1%-letaliteitsgrens) bij weerklassse F1,5 en weerklassse D5 zijn:

- Long Pipeline E1_1-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E1_2-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E2_1-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E2_3-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E2_2-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E3_1-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E3_2-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E4_1-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E4_2-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E5_1-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E5_2-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E5_3-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E5_4-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E6_1-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E2_4-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E6_2-20-170-BG BG Breuk downstream vroege fakkelbrand;
- Long Pipeline H_1-30-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand / Long Pipeline H_3-30-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand / Long Pipeline H_5-30-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand / Long Pipeline H_6-30-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand;
- Long Pipeline E1_1-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E1_2-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E2_1-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E2_3-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E2_2-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E3_1-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E3_2-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E4_1-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand

upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E4_2-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E5_1-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E5_2-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E5_3-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E5_4-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E6_1-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E2_4-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand / Long Pipeline E6_2-20-170-BG BG Breuk upstream vroege fakkelbrand.

Het GR van Aardgasbuffer Zuidwending ligt onder de oriëntatiewaarde.

Er zijn 2 scenario's met 10 of meer dodelijke slachtoffers. De 2 scenario's met 10 of meer dodelijke slachtoffers zijn:

- Long Pipeline A4-16-170-OG OG Breuk late fakkelbrand;
- Long Pipeline A4-16-170-OG OG Breuk vroege fakkelbrand.

Referenties

De referenties zijn weergegeven in Tabel 22.

Tabel 22: De referenties.

1	De relevante wet- en regelgeving op het gebied van externe veiligheid. Geraadpleegd op 24 september 2025, van https://wetten.overheid.nl/
2	Module II van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid. Geraadpleegd op 24 september 2025, van https://www.rivm.nl/
3	Module I van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid. Geraadpleegd op 24 september 2025, van https://www.rivm.nl/
4	het door Arcadis opgestelde rapport Kwantitatieve risicoanalyse (QRA) Aardgasbuffer Zuidwending (A-436) van 10 juli 2019
5	het door Arcadis opgestelde rapport Kwantitatieve risicoanalyse (QRA) UGS Zuidwending met 10 cavernes van 21 april 2021
6	het door Royal HaskoningDHV opgestelde rapport Onderzoek QRA-verplichting uitbreiding Aardgasbuffer Zuidwending met waterstofinstallatie van 6 februari 2018
7	de door het RIVM opgestelde memo Risico- en effectafstanden waterstoftankstations van 3 oktober 2016

Bijlagen

Bijlage A: Overzicht van alle inputparameters per installatieonderdeel

Het overzicht van alle inputparameters per installatieonderdeel is separaat bijgevoegd.

Colofon

QRA AARDGASBUFFER ZUIDWENDING
6 CAVERNES

KLANT
EnergyStock B.V.

AUTEUR
5.1.2. e

PROJECTNUMMER
N.n.b.

ONZE REFERENTIE
D10066439:87

DATUM
17 oktober 2025

STATUS
Definitief

GECONTROLEERD DOOR

VRIJGEGEVEN DOOR

5.1.2. e

Over Arcadis

Arcadis is dé wereldwijde partner die vooraan staat bij de meest impactvolle projecten van onze tijd. We helpen onze klanten duurzame keuzes te maken via de combinatie van digitale innovatie, expertise en toekomstgerichte vaardigheden in onder meer milieu, energie, water, gebouwen, transport en infrastructuur. Wij zetten die extra stap om onze klanten op maat gemaakte oplossingen te bieden voor ontwerp, engineering en advies. Door data-gedreven inzichten in te zetten geven we de natuurlijke en gebouwde omgeving samen vorm. Met meer dan 35.000 mensen bundelen we wereldwijde expertise en pakken we samen uitdagingen als klimaat, betaalbare energie en leefbare steden aan. We verbeteren de levenskwaliteit door onze aanwezigheid in meer dan 30 landen. In 2024 behaalden we een bruto-omzet van €5,0 miljard.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op



[Arcadis](https://www.arcadis.com)