

RAPPORT

Kwantitatieve Risico Analyse Aramis - zeeleiding


MER Aramis CO2-transportinfrastructuur

Klant: Aramis

Referentie: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2006

Status: 01/Definitief

Datum: 9 februari 2024

	CCS-ARAMIS Project	
	Environment Impact Assessment – Baseline report	
	Document No.	ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2006
	Document title	External safety report zeeleiding onshore
	Revision	Final 3.0

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Postbus 1132
3800 BC Amersfoort
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Kwantitatieve Risico Analyse Aramis - zeeleiding

Ondertitel: QRA Aramis - zeeleiding
Referentie: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2006
Status: 01/Definitief
Datum: 9 februari 2024
Projectnaam: Aramis
Projectnummer: BH8744

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever. Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Korte introductie van het Aramis initiatief	1
1.2	Korte introductie op het thema externe veiligheid	3
1.2.1	Externe veiligheid bepaling op land	3
1.2.2	Relevante fases	3
1.2.3	Relevante alternatieven en varianten	4
1.3	Opbouw van het MER en dit deelrapport	4
2	Reikwijdte van de QRA	6
2.1	Aanleiding QRA	6
2.2	Rapportgegevens	6
2.2.1	Algemeen	6
2.2.2	Historie QRA	6
2.2.3	Wijzigingen in QRA	7
2.3	Leeswijzer	7
3	Beleid, wet- en regelgeving	8
3.1	Wettelijk kader	8
3.2	Wat is een QRA?	9
3.3	Regels voor het opstellen van een QRA	9
3.4	Landelijk toetsingskader	9
3.5	Lokaal toetsingskader	11
4	Doorzetgegevens	15
5	Systeembeschrijving zeeleiding	16
6	Uitgangspunten risicomodellering	18
6.1	Risicomodel	18
6.2	Stofgegevens	18
6.3	Ontsteking	18
6.4	Interne domino-effecten	18
6.5	Externe domino-effecten	18
6.6	Gronddekking	19
6.7	Bepaling faalscenario's en faalfrequentie	19
6.7.1	Faalscenario's	19
6.7.2	Faalfrequentie	19
6.7.3	Verantwoording aanvullende maatregelen	21
6.8	Ruwheidslengte	22

6.9	Weerscondities	22
6.10	Populatie in de omgeving	22
7	Resultaten kruising zeewering door direct pipe	25
7.1	Plaatsgebonden risico	25
7.2	Aandachtsgebieden	27
8	Resultaten kruising zeewering door microtunnel	30
8.1	Plaatsgebonden risico	30
8.2	Aandachtsgebieden	32
9	Samenvatting bevindingen en toetsing wet- en regelgeving	35
10	Referenties	36

Bijlagen

- 1. Invloed windturbines**
- 2. Gevoeligheidsanalyse ruwheidslengte**
- 3. Risico reducerende voorzieningen**
- 4. Plaatsgebonden risico contouren - standaard risicoreducerende maatregelen**
- 5. Uitwerking uitstromingsscenario's**
- 6. SMEZ rapport**
- 7. Memo met onderwerp: CCS Aramis – Ondergrond'**

1 Inleiding

Ten geleide

Voor u ligt het detailrapport met als onderwerp kwantitatieve risicoanalyse van het op land gelegen deel van de zeeleiding bij het MER voor het Aramis initiatief (kortweg Aramis). *Het op land gelegen deel is gedefinieerd als het deel tussen compressorstation en de grens van de overgang naar territoriale wateren.* In deze rapportage wordt dit deel benoemd als 'zeeleiding'. Het Aramis initiatief bestaat uit de aanleg en exploitatie van een open CCS-infrastructuur. Hiermee is het mogelijk om bij de industrie afgevangen CO₂ te vervoeren naar leeg geproduceerde gasvelden onder de Noordzee, om het daar permanent op te slaan. Hiermee leveren de Aramis initiatiefnemers een bijdrage aan het behalen van de Nederlandse klimaatdoelstellingen. Volgens nationale wetgeving zijn, in het kader van kwantitatieve risico analyse, de onderdelen van de Aramis CCS infrastructuur verdeeld in een terminal (CO₂next genaamd), een compressorstation en een zeeleiding (verbindende leiding tussen compressorstation en gasvelden, voorliggende QRA).

Het doel van dit detailrapport is om het risicoprofiel van (het op land gelegen deel) van de zeeleiding te kwantificeren door numerieke waarden toe te kennen aan waarschijnlijkheid en gevolgen van ongewone voorvallen, wat resulteert in een toetsbaar risicoprofiel. Hierbij worden (technische) gegevens en (incident) statistieken gecombineerd om inzicht te krijgen in potentiële slachtoffers, en om de afwegingen te ondersteunen over het al dan niet hoeven nemen van mitigerende maatregelen om ruimtelijke inpassing mogelijk te maken te ondersteunen

Dit detailrapport bevat een gedetailleerde beschrijving en beoordeling van het risicoprofiel van de zeeleiding binnen het Aramis initiatief. De kwantitatieve risicoprofielen van de CO₂Next terminal en het compressorstation worden elk in hun eigen detailrapport beschreven en beoordeeld.

1.1 Korte introductie van het Aramis initiatief

Integrale Aramis CCS-keten

Om de klimaatdoelstellingen te behalen, is er behoefte aan additionele transportinfrastructuur voor CO₂, waarmee meerdere opslaglocaties op zee worden ontsloten voor verschillende industriële emissiebronnen. Het Aramis initiatief speelt in op die behoefte door een nieuwe integrale en open CCS-keten mogelijk te maken. Het Aramis initiatief vormt een onderdeel van deze CCS-keten en bestaat uit de aanleg en exploitatie van een open CO₂-transportinfrastructuur. Het Aramis initiatief wordt in de rapportage dan ook wel aangeduid als Aramis CO₂-transportinfrastructuur. Samen met de afvanginfrastructuur en opslaginfrastructuur vormt dit de integrale CCS keten met onderstaande samenhangende onderdelen (zie figuur 1-1).

CO₂-afvanginfrastructuur

1. CO₂-afvang bij industrie, en geschikt maken voor transport;
2. CO₂-transport naar het verzamelpunt op de Maasvlakte, middels de Porthos landleiding of per schip;

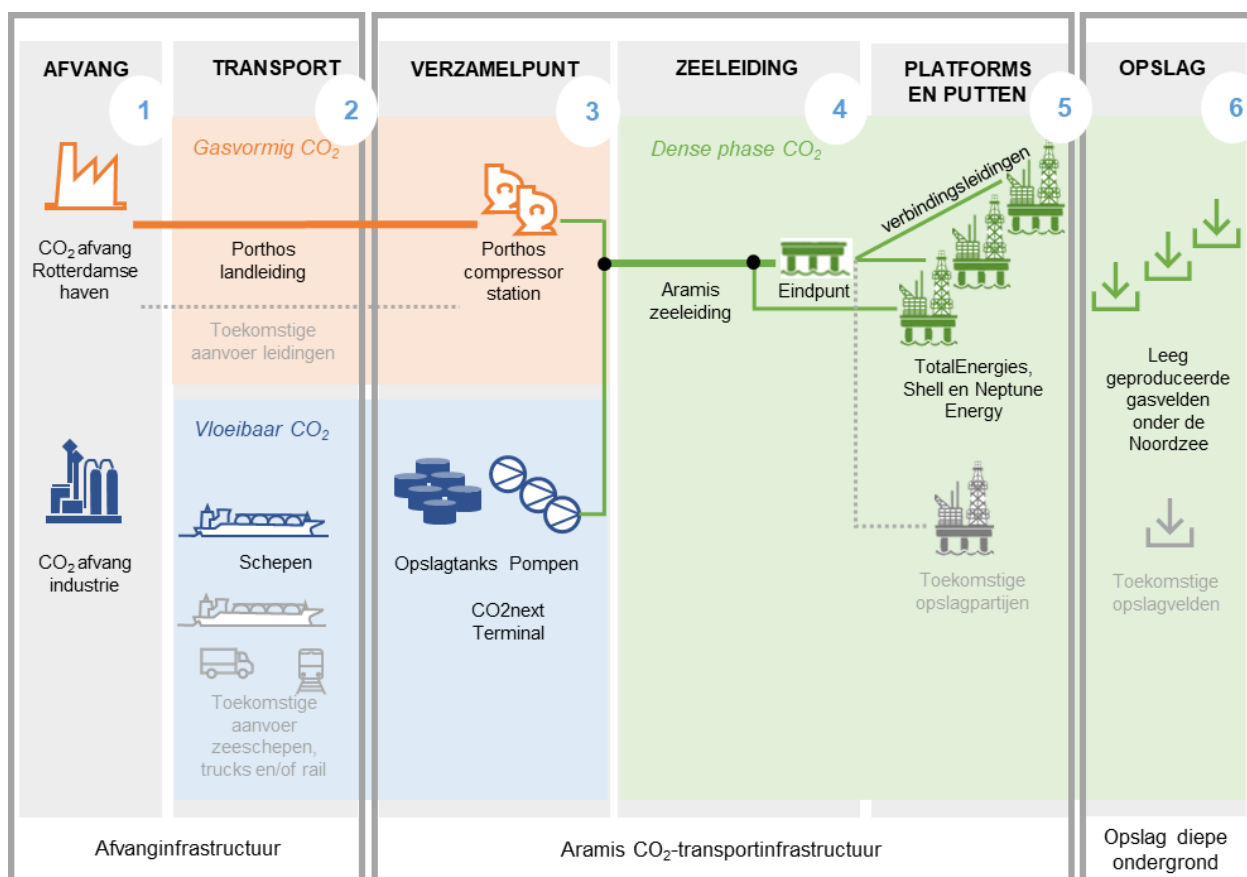
CO₂-transportinfrastructuur (Aramis initiatief)

3. CO₂-verzamelpunt op de Maasvlakte met een compressorstation en een terminal.
 - Het compressorstation ontvangt gasvormig CO₂ dat aangevoerd wordt per landleiding (via de Porthos-landleiding) en brengt het op druk voor het transport per zeeleiding;

- De terminal ontvangt vloeibaar CO₂ aangevoerd per schip. De terminal locatie bevat steigers, opslagtanks voor tijdelijke opslag van CO₂ en hogedrukpompen voor levering aan de zeeleiding. CO₂ uit het compressorstation en vanaf de terminal komen samen in de CO₂-zeeleiding;
- 4. CO₂-transport door de centrale CO₂-zeeleiding naar het distributieplatform op de Noordzee. Dit platform is uitgerust met een verdeelstation voor toevoer van CO₂ naar de verschillende platforms. Er zijn tevens connectiepunten in de zeeleiding waar vandaan CO₂ aan platforms geleverd kan worden;
- 5. CO₂-injectie: via verbindingssleidingen komt de CO₂ vanaf de zeeleiding bij injectieplatform. Middels putten bij deze platforms wordt CO₂ geïnjecteerd in leeg geproduceerde gasvelden in de diepe ondergrond van de Noordzee.

CO₂-opslag diepe ondergrond

- 6. CO₂-opslag: permanente CO₂ opslag in de diepe ondergrond.



Figuur 1-1. Overzicht van de integrale CCS-keten met daarin de componenten die onderdeel zijn van de voorgenomen activiteit, namelijk: transport per schip, terminal CO₂next, uitbreiding compressorstation Porthos, zeeleiding met eindpunt en connectiepunten, aansluitleidingen en platforms

Het Aramis initiatief

Het Aramis initiatief heeft als doel het verzamelpunt (onderdeel 3), de zeeleiding (onderdeel 4) en de injectie (onderdeel 5) te realiseren. Hiervoor wordt door het Aramis consortium (bestaande uit Shell, TotalEnergies, Gasunie en EBN) samengewerkt met CO₂next (voor de terminal) en Porthos (voor het compressorstation). De opslag vindt plaats vanaf de platforms van Shell, TotalEnergies en Neptune Energy.

De afvang (onderdeel 1) en transport van CO₂ naar het verzamelpunt (onderdeel 2) vallen buiten het Aramis initiatief¹. In het MER worden deze aspecten wel benoemd en op hoofdlijnen beschreven, omdat ze integraal onderdeel uitmaken van de integrale Aramis CCS keten.

De opslag in de diepe ondergrond (onderdeel 6) valt eveneens buiten het initiatief. Voor de diepe ondergrond gelden geen milieuregels. De mogelijke gevolgen van opslag in de diepe ondergrond wordt echter wel apart beschreven in het MER middels de deelrapporten opslag diepe ondergrond.

Bij de aanleg van Aramis wordt rekening gehouden met toekomstige uitbreiding met meer leveranciers van CO₂ en meer opslagpartijen. In eerste instantie wordt vergunning aangevraagd voor een startsituatie en de eerste uitbreidings situatie. Dit wordt in het MER getoetst. Toekomstige initiatieven *na* de eerste uitbreidings situatie behoren niet tot de vergunningaanvraag maar worden in het MER wel (globaal) beschreven.

De ingebruikname verwachten de Aramis initiatiefnemers in 2028, waarbij tegelijk al de eerste activiteiten zoals beschreven in de eerste uitbreidings situatie kunnen starten. Voor het bereiken van de maximale doorvoercapaciteit is enkele jaren later als uitgangspunt in het MER aangehouden.

Een uitgebreide beschrijving van het Aramis initiatief is opgenomen in het deelrapport technische beschrijving en het samenvattend hoofdrapport MER (zie figuur 1-2).

1.2 Korte introductie op het thema externe veiligheid

1.2.1 Externe veiligheid bepaling op land

De externe veiligheid wordt berekend voor (normale) operationele fase. Hiervoor wordt een wettelijk voorgeschreven software pakket gebruikt genaamd Safeti-NL. De externe veiligheidsberekeningen hebben betrekking op mogelijke risico's op land.

Onderwerp van deze QRA is het voorgenomen deel van de zeeleiding tussen het compressorstation en de territoriale wateren in het Rotterdams havengebied, in deze rapportage verder benoemd als zeeleiding. In Figuur 5-1 is de voorgenomen route van de zeeleiding weergegeven op een ondergrond van (een deel van) de Maasvlakte.

Opmerking: de reden dat alleen het bovengenoemde op land gelegen deel van de zeeleiding onderwerp is van deze QRA, vindt zijn oorsprong in het Besluit Activiteiten Leefomgeving artikel 3.101 lid 3 onderdeel a. Daarin wordt gesteld dat: lid (3) 'Onder de aanwijzing valt niet het exploiteren van een buisleiding:' (onderdeel a) 'in de Noordzee'.

1.2.2 Relevante fases

Het MER bestudeert die aspecten van een activiteit die de fysieke leefomgeving kunnen beïnvloeden. De milieueffecten van de alternatieven en varianten voor het thema externe veiligheid zijn daar beschreven. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de aanlegfase en gebruiksfase, en worden de mogelijke effecten van een incident beschreven; namelijk:

- De aanlegfase bestaat uit de aanleg van de terminal, het aanpassen van het compressorstation en plaatsen van de buisleiding op land (en in de bodem).

¹ Een deel van de schepen die CO₂ leveren aan de terminal is afkomstig van Aramis-initiatiefnemers.

- De gebruiksfase bestaat uit de start-up en shutdown van de buisleiding waarbij de druk en temperatuur van CO₂ in de buisleiding zal toenemen en afnemen. Gedurende de normale gebruiksfase stoomt wordt een constante druk en temperatuur aangenomen.

In de eerste fase van de m.e.r.-procedure voor het Aramis initiatief is afgebakend welke onderwerpen binnen dit thema relevant zijn om te onderzoeken en hoe. Dit is beschreven in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau die 18 november 2022 definitief is vastgesteld door de Minister voor Klimaat en Energie.

1.2.3 Relevante alternatieven en varianten

In Hoofdstuk 3 van het MER is beschreven hoe de keuzes van het Aramis initiatief op de hoofdlijnen zijn gemaakt. Binnen deze hoofdkeuzes zijn nog meerdere uitwerkingsopties waaruit moet worden gekozen. Deze opties worden in het MER getoetst als alternatieven en varianten. Daarnaast geeft het MER inzicht in mitigerende maatregelen om negatieve milieugevolgen te voorkomen of verzachten. Dit kan noodzakelijk zijn om te voldoen aan milieuwet- en regelgeving, maar het kan ook los van die verplichtingen wenselijk zijn. Redelijkerwijs te treffen maatregelen worden onderzocht.

De hieronder toegelichte alternatieven en varianten zijn de huidige (realistische) keuzeopties die binnen de doelstelling van het Aramis initiatief vallen. Er zijn meer opties denkbaar; het is mogelijk dat deze in het kader van toekomstige uitbreidingen onderzocht worden.

Tabel 1-2. Overzicht te toetsen alternatieven en varianten (xxxx: geen onderdeel van de scope van de QRA)

	Voorgenomen activiteit	Alternatief / variant
Kruising Maasgeul	Microtunnel vanaf haaienvin bij Edisonbaai	Direct pipe nabij kruising Porthos leiding

Alternatief kruising zeekering / Maasgeul

De voorgenomen activiteit is de kruising van zeekering en de Maasgeul vanaf de locatie naast de Edisonbaai, met behulp van een microtunnel. Als alternatief wordt in het MER het gebruik van een direct pipe boring onderzocht, die nabij de Porthos zeeleiding de zeekering kruist en vervolgens in een sleuf door de Maasgeul wordt gelegd.

Variante kruising op land Porthos zeeleiding

Het landdeel van de Aramis zeeleiding moet in de leidingstrook de aanwezige Porthos zeeleiding kruisen. Doordat het beide leidingen zijn met een relatief grote diameter, moet hiervoor een specifieke constructie worden toegepast. In de voorgenomen activiteit kruist de Aramis zeeleiding onder de Porthos zeeleiding door. Hiervoor moet de Aramis zeeleiding verdiept aangelegd worden. Als variante kruist de Aramis zeeleiding boven de Porthos zeeleiding, met als gevolg dat deze boven maaiveld uitkomt.

1.3 Opbouw van het MER en dit deelrapport

Voor het Aramis initiatief is een gecombineerd Plan-/ProjectMER opgesteld. Figuur 1-2 geeft de rapportagestructuur van het MER Aramis. Het MER bestaat uit een Samenvattend Hoofdrapport, voorzien van een Publiekssamenvatting. Ter onderbouwing van het Samenvattend Hoofdrapport zijn deelrapporten opgesteld. Dit betreft het deelrapport Technische beschrijving van Aramis, het deelrapport Milieueffecten met daarbij de onderliggende technische detailstudies en de deelrapporten Opslag diepe ondergrond. Doordat CO₂ in meerdere geologische voorkomens wordt opgeslagen, zijn er voor de opslag diepe ondergrond meerdere deelrapporten opgesteld.

Het voorliggende rapport is het detailrapport Externe veiligheid CO₂next terminal. De bevindingen uit dit detailrapport zijn opgenomen in het Deelrapport Milieueffecten, en op hoofdlijnen in het Samenvattend Hoofdrapport.



Figuur 1-2: Overzicht rapportagestructuur MER Aramis

Opbouw van dit deelrapport

Dit deelrapport beschrijft in het volgende hoofdstuk allereerst welk kader van beleid, wet- en regelgeving van toepassing is voor het thema Externe veiligheid van de zeeleiding. Nadat in hoofdstuk 3 beschreven wordt hoe de methodiek van onderzoek en beoordeling eruit zal zien wordt in hoofdstuk 4 beschreven hoe het proces er uit zal zien in de gebruiksfase van het project. In hoofdstuk 5 worden de uitgangspunten beschreven die gebruikt worden voor de risicomodellering. In hoofdstuk 6 worden de resultaten gegeven voor de direct pipe en in het hoofdstuk erna voor de resultaten van de microtunnel. In hoofdstuk 8 worden de leemten in kennis gegeven voordat in hoofdstuk 9 de conclusies en aanbevelingen worden gegeven.

2 Reikwijdte van de QRA

Deze QRA betreft het op land gelegen deel van de zeeleiding; het buisleidingdeel vanaf het compressorstation tot de grens naar de territoriale wateren. Het beginpunt van de zeeleiding is bij het compressorstation. De zeeleiding loopt richting de daarvoor bestemde leidingstrook, volgt deze leidingstrook enkele kilometers, en verlaat deze vervolgens om uiteindelijk de zeewering te kruisen richting de territoriale wateren. De kruising van de zeewering kent twee mogelijke route opties: 1) kruising via een zogenaamde 'microtunnel' en 2) kruising via zogenaamd 'direct pipe'. De verschillende routes zijn weergegeven in Figuur 5-1. Voor elk van deze opties wordt het risicoprofiel bepaald voor de maximale doorzet waar het systeem voor ontworpen wordt, zie hoofdstuk 4 betreffende 'Doorzetgegevens'.

2.1 Aanleiding QRA

Aanvraag oprichting CO2 transportleiding.

2.2 Rapportgegevens

2.2.1 Algemeen

In onderstaande opsomming zijn de algemene rapportgegevens opgenomen:

Naam van het project	: Aramis - Zeeleiding
Reden opstellen QRA	: Inzichtelijk maken van het risicoprofiel naar externe veiligheid voor de voorgenomen zeeleiding (route)
Gevolgde methodiek	: Safeti-NL (DNV, versie 8.8) [6] in combinatie met de Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid – Module V buisleidingen (RIVM, versie oktober 2020) [7]
Peildatum QRA	: Februari 2024

2.2.2 Historie QRA

Deze paragraaf is voor deze versie van de QRA-rapportage niet van toepassing om dat deze QRA-rapportage de initiële rapportage ten behoeve van de oprichtingsvergunning betreft. Wel is deze opgenomen om vast een goede rapportage indeling te verzorgen voor eventuele toekomstige actualisaties

Onderstaande tabel toont de historie van al eerdere QRA's zoals deze bekend zijn bij het bevoegd gezag.

Datum	Referentie	Titel en toelichting
PM	PM	QRA voor oprichtingsvergunning. Omvat opstartfase en 1 ^e uitbreidingsfase.

2.2.3 Wijzigingen in QRA

Deze paragraaf is voor deze versie van de QRA-rapportage niet van toepassing om dat deze QRA rapportage de initiële rapportage ten behoeve van de oprichtingsvergunning betreft. Wel is deze opgenomen om vast een goede rapportage indeling te verzorgen voor eventuele toekomstige actualisaties

Ten opzichte van de vigerende vergunningen worden vernieuwingen doorgevoerd zoals opgenomen in onderstaande tabel.

Aard van wijziging	Invloed op QRA

2.3 Leeswijzer

Deze rapportage bevat wettelijke en beleidsmatige informatie, informatie over de wijze van modellering in de software en (detail) technische informatie van de installatie. Afhankelijk van het doel waarmee een lezer deze rapportage leest en de technische kennis wordt aangeraden om een combinatie van bepaalde hoofdstukken van deze rapportage te lezen.

Indien het doel van de lezer is om inzicht te krijgen in de context en implicaties van de QRA wordt aangeraden om hoofdstukken 1 t/m 3 en 7 t/m 9 te lezen. Genoemde hoofdstukken bevatten geen technische informatie, maar geven het wettelijk en beleidsmatige kader en beschrijven hoe de resultaten in dat kader beschouwd moeten worden. Eventueel kan aanvullend hoofdstuk 5 worden gelezen wat een systeembeschrijving op hoofdlijnen geeft.

Indien het doel van de lezer is om de QRA te kunnen beoordelen wordt aangeraden om alle hoofdstukken te lezen. Hoofdstukken 4 t/m 6, en de bijlagen waar deze naar verwijzen, geven gedetailleerde informatie over de werkwijze waar het QRA-model mee tot stand gekomen is, en welke aannames daarvoor gedaan zijn.

3 Beleid, wet- en regelgeving

Dit hoofdstuk beschrijft welk beleid en welke wet- en regelgeving relevant is voor het Aramis initiatief voor de kwantitatieve risicoanalyse voor de zeeleiding. Dit maakt duidelijk binnen welke randvoorwaarden het Aramis initiatief tot stand moet komen.

3.1 Wettelijk kader

Een ruimtelijk plan wordt in het kader van externe veiligheid getoetst aan het landelijk wettelijk kader en het lokale beleidskader. Dit kan gemeentelijk beleid en/of provinciaal beleid zijn. Het wettelijke en beleidskader worden door een gemeente vertaald naar het omgevingsplan. Daarmee vormt het omgevingsplan het belangrijkste toetsingskader. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de meest relevante wetgeving en de toetsingscriteria waaraan de voorgenomen ontwikkeling in het kader van externe veiligheid wordt getoetst.

De wetgeving voor externe veiligheid in relatie tot milieubelastende activiteiten is verankerd in de Omgevingswet, bijbehorende besluiten en regelingen. Dit geldt ook voor alle andere thema's in de leefomgeving. De omgevingswet richt zich tot alle partijen die daarin actief zijn: burgers, bedrijven en overheid. De belangrijkste regels voor externe veiligheid staan in het 'Besluit activiteiten leefomgeving' (Bal) [1], 'Besluit kwaliteit leefomgeving' (Bkl) [2], en Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) [3]. Een gemeente vertaalt deze regels naar het omgevingsplan. Dit geldt ook voor het beleid zoals dit is opgenomen in de gemeentelijk omgevingsvisie, de provinciale omgevingsverordening en andere relevante beleidsdocumenten. In het omgevingsplan kan een gemeente daarnaast nadere (maatwerk) regels stellen en bijvoorbeeld voor specifieke activiteiten die geen vergunningplicht kennen een vergunningplicht instellen. In het Bal zijn algemene door het rijk gestelde regels opgenomen voor milieubelastende activiteiten in fysieke leefomgeving. Het Bal stelt daarmee ook welke activiteiten milieubelastend zijn (zogenaamde aanwijzing) en welke daarvan vergunningplichtig zijn. In het Bkl zijn regels opgenomen voor het Rijk en decentrale overheden ten aanzien van omgevingswaarden, instructieregels, beoordelingsregels en regels voor monitoring. Het Bkl geeft daarmee aan hoe in een omgevingsplan rekening moet worden gehouden met externe veiligheid van milieubelastende activiteiten. De regels in het Bal gelden 'rechtstreeks' voor milieubelastende activiteiten waarop de regels betrekking hebben. In het omgevingsplan kan een gemeente aangeven waar bepaalde functies en daarmee bepaalde activiteiten wel en niet zijn toegelaten en, eventueel, onder welke aanvullende voorwaarden.

De zeeleiding heeft te maken met een wettelijk kader onder de Mijnbouwwet en onder de Omgevingswet. De zeeleiding is een pijpleiding onder het Mijnbouwbesluit, omdat sprake is van een leiding die twee mijnbouwwerken met elkaar verbindt ten behoeve van het vervoer van stoffen, te rekenen vanaf de eerste isolatieafsluiter van het mijnbouwwerk. De desbetreffende mijnbouwwerken zijn het compressorstation en het distributieplatform. Op basis van artikel 94 en 95 van het Mijnbouwbesluit moet voor deze pijpleiding een mijnbouwvergunningaanvraag worden ingediend. De zeeleiding is volgens het Bal aangewezen als milieubelastende activiteit binnen de categorie 'Buisleiding met gevaarlijke stoffen' (Bal, paragraaf §3.4.3) wat behoort tot de afdeling 'Nutssectoren en industrie'. Deze aanwijzing is gebaseerd op het transport van kooldioxide door deze buisleiding in combinatie met een uitwendige diameter van de leiding van meer dan 70 mm (Bal, Artikel 3.101, lid d). Voor een dergelijke milieubelastende activiteit dient volgens de Omgevingsregeling [4] een zogenaamde kwantitatieve risicoanalyse (QRA) te worden uitgevoerd om het risicoprofiel naar de omgeving te bepalen en te toetsen. In onderstaande paragrafen is het van toepassing zijnde wettelijk en beleidsmatig kader uitgewerkt.

Opmerking: Alleen het op land gelegen deel van de zeeleiding onderwerp is van deze QRA. Dit vindt zijn oorsprong in het Besluit Activiteiten Leefomgeving artikel 3.101 lid 3 onderdeel a. Daarin wordt gesteld

dat: lid (3) ‘Onder de aanwijzing valt niet het exploiteren van een buisleiding:’ (onderdeel a) ‘in de Noordzee’.

3.2 Wat is een QRA?

Een QRA maakt de externe veiligheidsrisico's inzichtelijk. Bij het inzichtelijk maken van externe veiligheidsrisico's wordt een tweetal begrippen gehanteerd, het 'plaatsgebonden risico' en de 'aandachtsgebieden'.

- Het plaatsgebonden risico is 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. (Artikel 5.6, Bkl). Bij risicoberekeningen in een QRA worden de risico's van de verschillende scenario's gesommeerd tot een totaal PR. Het PR is onafhankelijk is van de daadwerkelijke aanwezigheid van personen.
- Een aandachtsgebied omvat het gebied begrenst door de afstand waarbij mensen binnenshuis, zonder aanvullende maatregelen, onvoldoende beschermd kunnen zijn tegen de gevolgen van een ongewoon voorval met gevaarlijke stoffen. Onderscheid wordt gemaakt in een brandaandachtsgebied, explosieaandachtsgebied en gifwolkaandachtsgebied.

3.3 Regels voor het opstellen van een QRA

Voor het opstellen van een QRA, en daarmee het bepalen van het plaatsgebonden risico en de aandachtsgebieden dient te worden aangesloten bij de rekenmethodiek zoals benoemd in de Omgevingsregeling [4], artikelen 4.10, 4.11 en 4.12. Volgens deze artikelen moet voor het exploiteren van de zeeleiding:

- Voor het berekenen van de afstand voor het plaatsgebonden risico gebruik worden gemaakt van module V van het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid en Safeti-NL.
- Voor het berekenen van de afstand voor een aandachtsgebied gebruik gemaakt worden van het stappenplan (RIVM), het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid en Safeti-NL

In het vervolg van dit rapport wordt gesproken over 'rekenvoorschriften/rekenmethodiek' waarmee bovenstaande wordt bedoeld; tenzij expliciet anders vermeld.

3.4 Landelijk toetsingskader

In het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) zijn in paragraaf 5.1.2.2 (betreffende 'veiligheid rond opslag, productie, gebruik en vervoer van gevaarlijke stoffen en windturbines') wettelijke grens- en standaardwaarden opgenomen voor het PR in relatie tot omliggende gebouwen en locaties, en is de begrenzing van de aandachtsgebieden gedefinieerd. Deze grens- en standaardwaarden en begrenzing moeten worden toegepast bij besluitvorming in het kader van de omgevingsvergunning (verlening) en van de inrichting van de fysieke leefomgeving.

Plaatsgebonden risico

Grenswaarde

De grenswaarde dient te worden beschouwd als een harde norm waaraan te allen tijde dient te worden voldaan.

- Van toepassing op (in de omgeving aanwezige) zeer kwetsbare gebouwen, kwetsbare gebouwen en kwetsbare locaties.
Voor het risico veroorzaakt door activiteiten die behoren tot 'veiligheid rond opslag, productie,

gebruik en vervoer van gevaarlijke stoffen en windturbines', is een grenswaarde van toepassing gelijk aan de plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} per jaar (Bkl, Artikel 5.7).

- Van toepassing op de plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} per jaar van buisleidingen. De plaatsgebonden risicocontour 10^{-6} per jaar van een aan te leggen buisleiding of het vervangen van een bestaande buisleiding is gelegen op een afstand van niet meer dan 5 meter uit het hart van de leiding. Deze afstand is 4 m voor een buisleiding voor aardgas, met een druk van 1.600 tot en met 4.000 kPa. Deze afstanden omvatten het zogenaamde 'belemmeringsgebied' (Bal, Artikel 4.1113, lid 1) Het eerste lid is niet van toepassing als de overschrijding wordt veroorzaakt door een risico verhogend bouwwerk dat in een omgevingsplan wordt toegelaten in de directe omgeving van een buisleiding. (Bal, Artikel 4.1113, lid 2)

Standaardwaarde

De standaardwaarde is de nieuwe term voor de oude 'richtwaarde' en kan worden beschouwd als een 'zachtere' norm. Van deze standaardwaarde mag het bevoegd gezag slechts afwijken als 'gewichtige redenen' daartoe aanleiding geven. Die redenen moeten in de motivering van een besluit worden aangegeven. Er is bewust van afgezien om in het Bkl een nadere invulling van het begrip 'gewichtige redenen' te geven. Afwijking van een standaardwaarde is primair een verantwoordelijkheid van het lokale bevoegd gezag.

- Van toepassing op (in de omgeving aanwezige) beperkt kwetsbare gebouwen en locaties. Voor het risico veroorzaakt door activiteiten die behoren tot 'veiligheid rond opslag, productie, gebruik en vervoer van gevaarlijke stoffen en windturbines', is een standaardwaarde van toepassing gelijk aan de plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} per jaar (Bkl Artikel 5.11, lid 1); uitgezonderd windturbines met een rotordiameter van meer dan 2 meter, daarvoor geldt een standaard waarde van 10^{-5} per jaar (Bkl Artikel 5.11, lid 2).

De artikelen 5.7 en 5.11, eerste en tweede lid, zijn niet van toepassing op het plaatsgebonden risico van een activiteit voor beperkt kwetsbare en kwetsbare gebouwen en beperkt kwetsbare en kwetsbare locaties waar een activiteit als bedoeld in bijlage VII wordt verricht of die een functionele binding hebben met een activiteit als bedoeld in die bijlage. (Bkl Artikel 5.5).

Voor definities en indeling van zeer kwetsbare gebouwen, kwetsbare gebouwen en locaties, en beperkt kwetsbare gebouwen en locaties wordt verwezen naar bijlage VI van het Bkl.

Aandachtsgebieden

De begrenzing van de aandachtsgebieden is gedefinieerd als:

- Een brandaandachtsgebied is de locatie begrensd door de afstand, waar als gevolg van een ongeval dat leidt tot een plasbrand of een fakkelbrand, de warmtestraling ten hoogste 10 kW/m^2 is (Bkl artikel 5.12, lid 1).
- Een explosieaandachtsgebied is de locatie begrensd door de afstand, waar als gevolg van een ongeval dat leidt tot:
 - een kokende vloeistof-gasexpansie-explosie (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion, BLEVE), de warmtestraling ten hoogste 35 kW/m^2 is, en;
 - een explosie, anders dan onder a, de overdruk ten hoogste 10 kPa ($0,1 \text{ bar}$) is (Bkl artikel 5.12, lid 2).
- Een gifwolkaandachtsgebied is 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

(Bkl artikel 5.12, lid 3). Het berekende gifwolkaandachtsgebied kan enkele kilometers groot zijn. Dit hangt samen met het soort en de hoeveelheden giftige stoffen die vrijkomen. Bij het besluit over een ruimtelijk ontwikkeling in de omgeving van een activiteit met gevaarlijke stoffen, is het gebied waar rekening moet worden gehouden met het groepsrisico als gevolg van een gifwolk beleidsmatig afgekapt op 1,5 kilometer (Bkl artikel 5.12, lid 4). Deze beleidsmatige afkapgrens geldt alléén voor ruimtelijke ontwikkelingen in de omgeving van een activiteit met gevaarlijke stoffen. De afkapgrens geldt dus niet voor het verlenen van de vergunning voor de activiteit met gevaarlijke stoffen zelf. Bij de beoordeling of voorschriften aan de omgevingsvergunning voor een activiteit met gevaarlijke stoffen moeten worden verbonden om de gevolgen voor de omgeving van een gifwolk te beperken, moet uitgegaan worden van het bepaalde of berekende gifwolkaandachtsgebied. Ook geldt de afkap niet bij het rekening houden met de veiligheidsrisico's van een brand, ramp, of crisis (Bkl artikel 5.2).

Groepsrisico

Volgens Artikel 5.15 van het Bkl moet binnen de aandachtsgebieden rekening worden gehouden met de kans op het overlijden van een groep van tien of meer personen per jaar als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval veroorzaakt door een activiteit. Hoe met het groepsrisico, en de aanvaardbaarheid daarvan, rekening is gehouden, moet geborgd zijn in het omgevingsplan. Bij de voor het groepsrisico te maken afwegingen moet rekening worden gehouden met personen aanwezig binnen en buiten gebouwen (beschouwd binnen het aandachtsgebied). De Omgevingswet kent in geen verplichting om het groepsrisico te kwantificeren. De Omgevingswet kent wel een opdracht tot nadenken, afwegen en verantwoorden van de risico's voor een groep. Het doel van die verantwoording is het voorkomen van maatschappelijke ontwrichting (Bkl, nota van toelichting, 17.3.5 Hoofdstuk 5: Omgevingsplannen). Gemeenten en provincies kunnen ervoor kiezen om het groepsrisico te kwantificeren om de hoogte van het groepsrisico te vergelijken met een zogenaamde oriëntatiewaarde. Dit ter ondersteuning van de onderbouwing van het al dan niet kunnen aanvaarden van het groepsrisico. Dit is lokale beleidsvrijheid. Bij deze benadering wordt het bepaalde groepsrisico weergegeven als zogenaamde fN-curve, waarbij de kans (f) wordt uitgezet tegen het mogelijke aantal doden (N); afhankelijk van de bevolkingsdichtheid in de omgeving van de activiteit.

3.5 Lokaal toetsingskader

Navolgend wordt de relevante omgevingsvisie en het relevante omgevingsplan besproken, daarna wordt het van toepassing zijnde risicogebied toegelicht (voorheen veiligheidscontour); dit risicogebied is in (de toelichting op) het omgevingsplan opgenomen.

Omgevingsplan (voorheen bestemmingsplan(nen))

Ten tijde van het schrijven van deze rapportage zijn de omgevingsplannen en beschikbare informatie via overheidswebsite nog in ontwikkeling. Om deze reden is besloten om nog gebruik te maken van de bestemmingsplannen ter beschrijving van de directe omgeving van de zeeleiding.

Bestemmingsplan Maasvlakte 1

Voor zowel de variant microtunnel als direct pipe bevindt de zeeleiding zich binnen het vigerende bestemmingsplan 'Maasvlakte 1' (onherroepelijk vastgesteld d.d.23 april 2015) [9]. Figuur 3-1 toont een verbeelding van dit bestemmingsplan. Onderstaand is op hoofdlijnen beschreven welke bestemmingen binnen dit plan zijn toegestaan, en is beschreven of en zo ja welke specifieke instructies voor aandachtsgebieden van toepassing zijn.

Plangebied

Het gebied in de directe omgeving is hoofdzakelijk bestemd voor industriële bedrijvigheid ten behoeve van raffinage en op- en overslag van koolwaterstoffen, en voor overslag van containers. Ten Noorden van de zeeleiding, aan de Maasmond, is ruimte bestemd voor windturbines.

Binnen het bestemmingsplan is een gebied aangewezen met de bestemming 'Leiding – Leidingstrook'; deze leidingstrook loopt parallel aan de Maasvlakte weg. De zeeleiding wordt waar mogelijk in deze leidingstrook geïnstalleerd. Alleen voor het leidingdeel van het compressorstation naar de leidingstrook toe en van de leidingstrook naar de kruising van de zeeleiding is de zeeleiding buiten de leidingstrook gelegen. Alvorens werkzaamheden in de voor de leidingstrook bestemde gronden wordt vergund, neemt bevoegd gezag contact op met de beheerder(s) van de leiding(en) om eventueel nadere voorwaarden vast te stellen ten aanzien van de uitvoering van de werkzaamheden; dit ter bescherming van de aanwezige buisleiding(en).

In het bestemmingsplan is een maximum gesteld aan de afmetingen van windturbines die binnen het plangebied mogen worden ontwikkeld. De in deze QRA beschouwde windturbines hebben die maximaal toegestane afmeting. Het eventuele risico's van de windturbine naar de zeeleiding, uitgewerkt in hoofdstuk 6 en bijlage 1, is daarom representatief voor de maximale omgevingsplan capaciteit.

Aandachtgebieden en groepsrisico

Binnen de aandachtsgebieden kunnen zich ongewone voorvallen met gevaarlijke stoffen voordoen, waarbij afhankelijk van de bevolkingsdichtheid in het gebied meer of minder slachtoffers kunnen vallen. Daarnaast kan schade optreden aan gebouwen, locaties en het milieu.

Naar Verwachting wordt voor (concrete) invulling van toetsing van het groepsrisico aangesloten bij het beleid voor groepsrisicoverantwoording zoals vastgesteld door de gedeputeerde staten van Zuid-Holland [11]. In essentie wordt onderstaande werkwijze voorgeschreven (voor de formele (rechtsgeldige) tekst en toepassing wordt verwezen naar het beleidsdocument).

Een kwalitatieve beoordeling van het groepsrisico volstaat indien (artikel 4):

- a. het gebied dat begrensd wordt door de afstand tot 1% letaliteit van de milieubelastende activiteit, geheel binnen het risicogebied ligt; of
- b. er sprake is van een beperkte of lage personendichtheid binnen het gebied dat begrensd wordt door de afstand tot 1% letaliteit van de milieubelastende activiteit (5 personen per hectare of minder).

Ingeval van een kwantitatieve beoordeling zijn opeenvolgende stappen mogelijk.

1. Volledige inventarisatie van populatie binnen aandachtsgebied (artikel 4)
Indien de groepsrisicoberekening wijst op een verhoogd groepsrisico of een verdere toename van het groepsrisico in de autonome situatie waarin een verhoogd groepsrisico al bestaat, beoordelen gedeputeerde staten het groepsrisico door middel van een tweede groepsrisicoberekening
2. Herbeoordeling van het groepsrisico: uitsluiten van werknemers binnen het aandachtsgebied (artikel 6)
Indien de groepsrisicoberekening, bedoeld in artikel 6, eerste lid, wijst op een verhoogd groepsrisico of een verdere toename van het groepsrisico in de autonome situatie waarin een verhoogd groepsrisico al bestaat, beoordelen gedeputeerde staten het groepsrisico door middel van een derde groepsrisicoberekening

3. Beoordeling aanvaardbaarheid bij een verhoogd groepsrisico
Wanneer uit de nadere beoordeling van het groepsrisico blijkt dat het berekende groepsrisico nog steeds de oriëntatiewaarde overschrijdt, of als het groepsrisico verder is toegenomen ten opzichte van de autonome situatie waarin een verhoogd groepsrisico al bestaat, bepalen gedeputeerde staten de aanvaardbaarheid van de ontwikkeling in relatie tot de risico's.

Voor buisleidingen is criterium voor toetsing van groepsrisico genaamd 'de oriëntatiewaarde', gedefinieerd als een dalende lijn beginnend bij een kans van één op honderdduizend dat 10 personen komen te overlijden, waarbij voor elke vertienvoudiging van het aantal doden de frequentie met een factor honderd gereduceerd wordt (10 doden bij 10^{-4} per jaar, 100 doden bij 10^{-6} per jaar, 1000 doden bij 10^{-8} per jaar, etc).

Bestemmingsplan Maasvlakte 2

Voor de variant direct pipe bevindt de zeeleiding zich ook binnen het vigerende bestemmingsplan 'Maasvlakte 2' (onherroepelijk vastgesteld d.d. 6 september 2018) [9]. Figuur 3-2 toont een verbeelding van dit bestemmingsplan. Onderstaand is op hoofdlijnen beschreven welke bestemmingen binnen dit plan zijn toegestaan, en is beschreven of en zo ja welke specifieke instructies voor aandachtsgebieden van toepassing zijn.

Plangebied

Het gebied in de directe omgeving is hoofdzakelijk bestemd voor industriële bedrijvigheid ten behoeve van raffinage en op- en overslag van koolwaterstoffen, en voor overslag van containers. Ten Noorden van de zeeleiding, aan de Maasmond, is ruimte bestemd voor windturbines.

Binnen het bestemmingsplan is een gebied aangewezen met de bestemming 'Leiding – Leidingstrook'; deze leidingstrook loopt parallel aan de Maasvlakte weg. De zeeleiding wordt waar mogelijk in deze leidingstrook geïnstalleerd. Alleen voor het leidingdeel van het compressorstation naar de leidingstrook toe en van de leidingstrook naar de kruising van de zeeleiding is de zeeleiding buiten de leidingstrook gelegen. Alvorens werkzaamheden in de voor de leidingstrook bestemde gronden wordt vergund, neemt bevoegd gezag contact op met de beheerder(s) van de leiding(en) om eventueel nadere voorwaarden vast te stellen ten aanzien van de uitvoering van de werkzaamheden; dit ter bescherming van de aanwezige buisleiding(en).

In het bestemmingsplan is een maximum gesteld aan de afmetingen van windturbines die binnen het plangebied mogen worden ontwikkeld. De in deze QRA beschouwde windturbines hebben die maximaal toegestane afmeting. Het eventuele risico's van de windturbine naar de zeeleiding, uitgewerkt in hoofdstuk 6 en bijlage 1, is daarom representatief voor de maximale omgevingsplancapaciteit.

Aandachtgebieden en groepsrisico

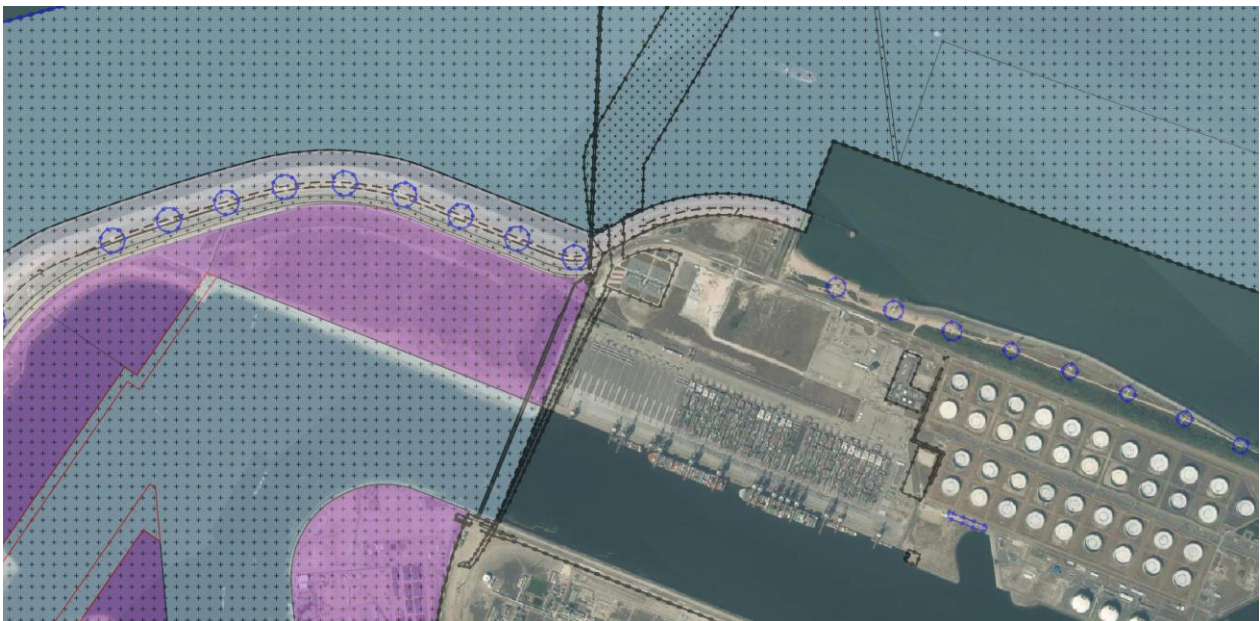
Idem aan eerdere beschrijving bij Maasvlakte 1

Risicogebied Maasvlakte 1 en 2 (voorheen Veiligheidscontour)

Het tracé ligt binnen het risicogebied 'Maasvlakte 1 en 2'. Dit risicogebied heeft echter geen betrekking op de risico's veroorzaakt door buisleidingen omdat deze alleen kaders stelt ten aanzien van inrichtingen.



Figuur 3-1: Verbeelding deel omgevingsplan Maasvlakte 1



Figuur 3-2: Verbeelding deel omgevingsplan Maasvlakte 2

4 Doorzetgegevens

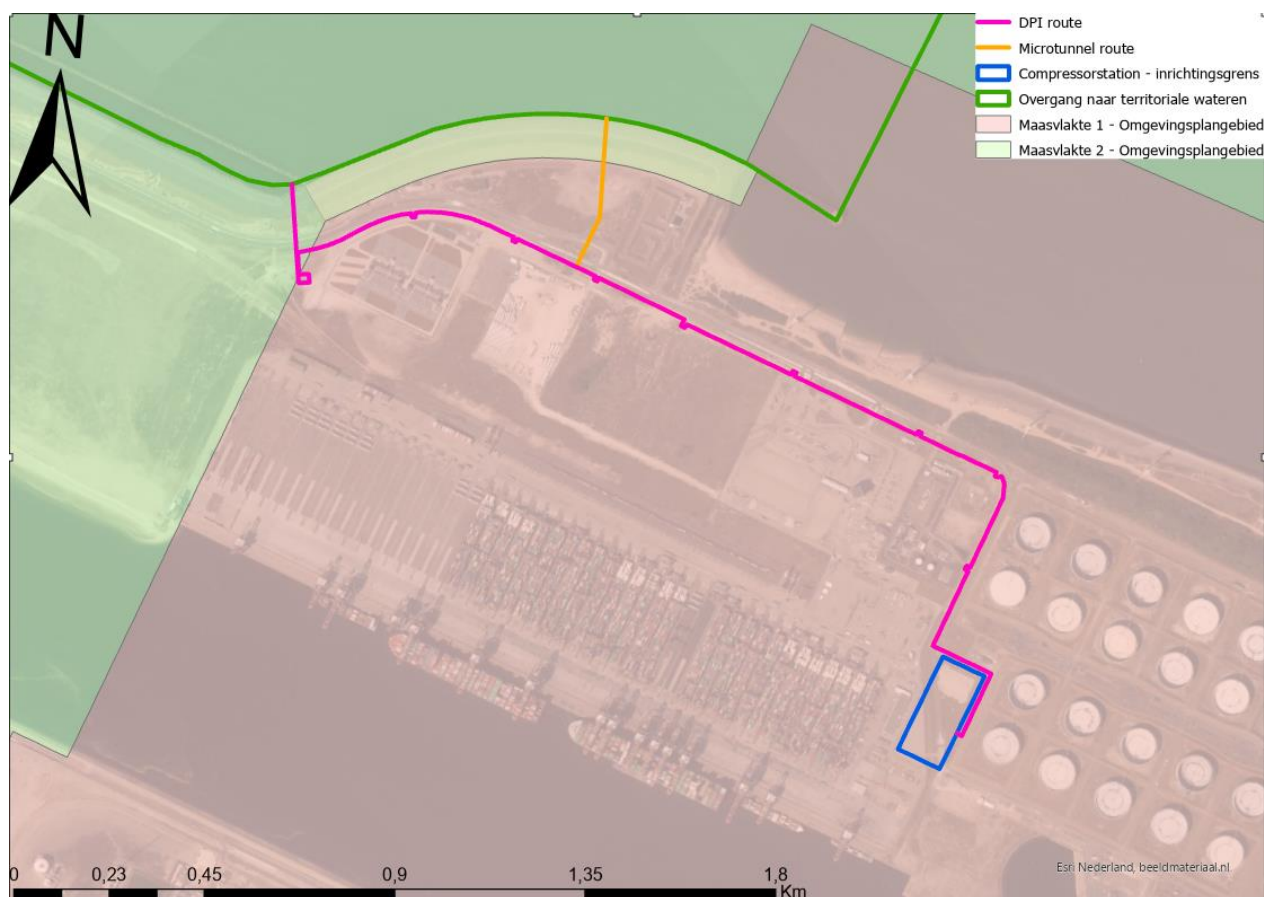
Onderstaande tabel toont de doorzetgegevens in de voorgenomen bedrijfssituaties. Onderwerp van deze QRA is de 'eindsituatie' waarin in totaal 22 Mton/jaar door de Aramis exportleiding naar de offshore gasvelden wordt getransporteerd. De doorzet wordt gevormd door een deel afkomstig van het compressorstation en een andere deel afkomstig van de CO2next terminal.

Tabel 4-1: Doorzetgegevens

Aanlevering	Startsituatie (Mton CO ₂ per jaar)			Cumulatief eerste uitbreidingssituatie (Mton CO ₂ per jaar)			Eindsituatie (Mton CO ₂ per jaar)		
	Aramis	Niet- Aramis	Totaal	Aramis	Niet- Aramis	Totaal	Aramis	Niet Aramis	Totaal
Terminal	3,4	2	5,4	6	4	10	12	0	12
Compressorstation	2	2	4	8	2	10	10	0	10
Totaal	5,4	4	9,4	14	6	20	22	0	22

5 Systeembeschrijving zeeleiding

De systeemgrenzen zijn de inrichtingsgrens van het compressorstation (exportleiding afsluitklep) en de overgang naar territoriale wateren. Het deel van de zeeleiding dat daarmee onderwerp is van deze QRA is weergegeven in Figuur 5-1; zowel voor het microtunnel tracé als het direct pipe tracé. Bovenstrooms de kruising met de zeewering is een zogenaamd 'beach valve station' aanwezig. Hierin bevindt zich onder andere een op afstand bedienbare klep die dicht gestuurd kan worden om de landleiding en de zeeleiding van elkaar te kunnen isoleren. Voor deze QRA is aangenomen dat zowel de afsluiter in de exportleiding van het compressorstation en de beach valve beide de functionaliteit van (automatische) noodafsluiter hebben (ESD-functionaliteit). Bij de voorgenomen activiteit kruist de Aramis leiding in de leidingstrook onder de Porthos leiding. De gronddekking over het gehele tracé is tenminste 1 meter voor beide varianten. In Tabel 5-1 zijn relevante leidingspecificaties gegeven. De doorzet wordt gevormd door een deel afkomstig van het compressorstation en een andere deel afkomstig van de CO2next terminal. Deze laatste stroom bestaat uit vloeibaar kooldioxide dat naar het compressorstation wordt gepompt, daar verwarmd wordt met restwarmte van de compressoren en vervolgens benedenstrooms de compressoren gecombineerd wordt.



Figuur 5-1: Route van zeeleiding varianten en omgevingsplangebieden.

Opmerking: Beide zeeleiding varianten hebben hun oorsprong bij het compressorstation; in de figuur is de Microtunnel variant gedeeltelijk onder de direct pipe variant gelegen.

Tabel 5-1: Specificaties zeeleiding

Parameter ^{a)}	Van toepassing op tracé	Waarde	Eenheid
Ontwerpdruk	Alle	200	bar
Operationele druk	Alle	190	bar
Ontwerp temperatuur	Alle	-25 / + 70	degC
Operationele temperatuur (max temp toevoer vanuit compressor) ^{b)}	Alle	0 / +65	degC
Toevoer vanuit het compressorstation ^{e)}	Alle	22	Mton/jaar
Lengte buisleiding (ordegrootte) ^{d)}	Direct pipe	3091	meter
	Microtunnel 1A	2363	
Uitwendige diameter ^{c)}	Alle	831,6	mm
Inwendige diameter ^{c)}	Alle	755,6	mm
Wanddikte ^{c)}	Alle	35,6 (Minimaal)	mm
Staalklasse	Alle	Carbon steel X65 (non-sour)	-
Corrosion allowance	Alle	3	mm
Ruwheidslengte buisleiding	Alle	45	µm
Gronddekking ^{c)}	Direct pipe tracé	<ul style="list-style-type: none"> In leidingstraat in lengterichting 1 meter In leidingstraat niet in lengterichting 2,7 meter (expansielussen en in- en uitrede punten) Van leidingstraat tot entry pit 1,5 meter Binnenkomst entry pit direct pipe boring 3,5 meter (Opmerking: De overgang van 1,5 meter naar 3,5 vindt (ergens) plaats in het leidingdeel dat de leidingstraat verbindt met de entry pit, exacte ontwerp is onbekend). Vanaf entry pit naar zee meer dan 3,5 meter 	
	Microtunnel tracé	<ul style="list-style-type: none"> In leidingstraat in lengterichting 1 meter In leidingstraat niet in lengterichting 2,7 meter (expansielussen en in- en uitrede punten) Van leidingstraat tot entry pit microtunnel 1,5 meter Vanaf entry pit microtunnel naar zee meer dan 3,5 meter 	

a) De gegevens uit de 'Basis of Design' [20]

b) De temperatuur van de kooldioxide in de zeeleiding wordt lager met de afstand tot het compressor station. De laagst verwachte temperatuur is die van het zeewater op de zeebodem en is ca. 4 graden Celsius.

c) De gegevens uit de 'Basis of Design' [20]

d) Betreft ordegrootte op basis van bepaling lengte in Safeti-NL

e) Dit is de maximale doorzet voor dit ontwerp en is de doorzet in de laatste fase van het project. In eerdere fasen waarbij de toelevering nog niet maximaal is, is de doorzet lager.

6 Uitgangspunten risicomodellering

Onderstaand ligt de belangrijkste algemene parameters toe zoals gehanteerd voor de analyse.

6.1 Risicomodel

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenpakket Safeti-NL [6]. Gebruik van dit rekenpakket is wettelijk verplicht voor het berekenen van de externe veiligheidsrisico's van buisleidingen die geen aardgas transporteren, voorgaand is vastgelegd in de Omgevingsregeling [4]. Aan de hand van invoergegevens waaronder de hoeveelheid gevaarlijke stof, de procescondities en ontwerpspecificaties, berekent Safeti-NL de externe veiligheidsrisico's.

6.2 Stofgegevens

In onderstaande tabel zijn de stoffen weergegeven die gemodelleerd dienen te worden en de geselecteerde representatieve modelstoffen.

Tabel 6-1: Aanwezige stoffen en representatieve modelstoffen

Stof	Ontvlambaar en of toxisch?	Modelstof in Safeti-NL	Opmerking
Kooldioxide	Giftig	CARBON DIOXIDE (HSE_RR749 PROBITS)	Standaard in Safeti-NL opgenomen.

6.3 Ontsteking

De enige stof die voor de modellering beschouwd wordt is kooldioxide. Deze stof is giftig en niet ontbrandbaar; ontsteking en daaraan verwant ontstekingsbronnen zijn niet relevant voor deze QRA.

6.4 Interne domino-effecten

De zeeleiding omvat één installatie onderdeel, namelijk de zeeleiding zelf, waardoor er geen sprake is van interne domino effecten naar andere installatie onderdelen.

6.5 Externe domino-effecten

Windturbines

In de directe omgeving van de voorgenomen buisleiding zijn meerdere windturbines aanwezig. Het gaat om windturbines op de zogenaamde 'Zuidwal' binnen het omgevingsplan 'Maasvlakte 1' en windturbines op de zogenaamde 'Harde zeevering' binnen het omgevingsplan 'Maasvlakte 2'. De routing van de zeeleiding is door de invloedsgebieden van deze windturbines heen. Domino-effecten naar de zeeleiding als gevolg van faalscenario's van de windturbines (met overlappend invloedsgebied) zijn dan ook onderzocht. In bijlage 1 is beschreven hoe deze invloed is verwerkt in de bepaling van het risicoprofiel van de zeeleiding. De conclusie van deze analyse is dat voor bepaalde leiding segmenten een additionele faalkans is opgenomen.

Naast gelegen leidingen

De leidingen in de leidingstraat zijn vanwege eisen van het Leidingbureau relatief dicht bij elkaar gelegen. Een escalatie scenario ingeval van falen van een naastgelegen leiding naar de Aramis zeeleiding kan dan ook niet worden uitgesloten. Het Aramis ontwerp zal voldoen aan alle voorschriften zoals gesteld door het Leidingbureau om dit risico te minimaliseren; bijvoorbeeld doordat het ontwerp van de zeeleiding voldoet

aan de HBOR richtlijnen die een verhoogde veiligheidsfactor voor de wanddikte en controle maatregelen voorschrijven.

6.6 Gronddekking

Voor de modellering is uitgegaan van een gronddekking met zandgrond (het betreft de ophooglaag op de Maasvlakte).

Direct pipe route:

- Het leidingdeel in de leidingstraat (inclusief expansielussen) heeft een gronddekking van 1 meter
- Het leidingdeel van de leidingstraat tot aan de entry pit heeft een gronddekking van 1,5 meter
- Het leidingdeel vanaf de entriepit naar overgang met territoriale wateren heeft een gronddekking van 3,5 meter of meer

Volgens het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Buisleiding mag met een maximale gronddekking van 2 meter rekening worden gehouden voor het bepalen van de frequentie van falen van de leiding.

Voor het bepalen van gevolgen van (eventuele) dominoscenario's van de windturbines naar de zeeleiding is wel met 3,5 meter gronddekking rekening gehouden.

Microtunnel route

- Het leidingdeel in de leidingstraat (inclusief expansielussen) heeft een gronddekking van 1 meter
- Het leidingdeel van de leidingstraat tot aan de entry pit heeft een gronddekking van 1 meter
- Het leidingdeel vanaf de entriepit naar overgang met territoriale wateren heeft een gronddekking van 2 meter

6.7 Bepaling faalscenario's en faalfrequentie

Voor het bepalen van de faalscenario's is aangesloten bij het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid voor buisleidingen [7]. Een volledige uitwerking van de parameters ingevoerd voor de faalscenario's is opgenomen in bijlage 5. Onderstaand worden de typen faalscenario's en de bepaling van de faalfrequenties kort toegelicht.

6.7.1 Faalscenario's

Volgens de rekenmethodiek [7] moeten voor ondergrondse transportleidingen de scenario's breuk van de leiding en leidinglekage worden gemodelleerd. Over de gehele lengte van de leiding worden om het interval van 1 meter (voor deze QRA aangehouden) beide scenario's gemodelleerd. Voor het modelleren van uitstroming bij deze scenario's wordt het krater model zoals opgenomen in Safeti-NL toegepast. Het is niet verplicht om dit krater model toe te passen, maar het geeft het meest accurate inzicht in de risico's bij uitstroming.

6.7.2 Faalfrequentie

Toepassen van de faalfrequenties voor buisleidingen met chemicaliën, zoals gedefinieerd in tabel 12.3 in het rekenvoorschrift [7], resulteert in een onacceptabel risicoprofiel; de PR = 10^{-6} per jaar is gelegen op een afstand vanaf meer dan vijf meter uit het hart van de buisleiding (*tussenberekening die niet in dit rapport is opgenomen*). Op basis van een iteratief proces is onderzocht welke maatregelen nodig zijn om te zorgen dat de plaatsgebonden risico contour PR = 10^{-6} per jaar gelegen is binnen 5 meter vanuit het

hart van de buisleiding. In Tabel 6-2 zijn de maatregelen opgenomen zoals toegepast op het ontwerp van de buisleiding en daarmee als risico reducerende factor verwerkt in de faalfrequentie zoals toegepast in de modellering. Op basis van de iteratiestappen zijn drie sets aan maatregelen gedefinieerd: 1. Basis maatregelen, 2. Aanvullende maatregelen en 3. Extra benodigde maatregelen. De extra maatregelen zijn enkel nodig voor het direct pipe tracé. De basis maatregelen zijn vastgesteld in het 'Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Buisleidingen' [7] en mogen bij voldoen aan de daarin gestelde randvoorwaarden worden toegepast. De aanvullende maatregelen, benoemd in het 'Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Toelichting' [8], mogen alleen worden toegepast na toestemming van bevoegd gezag en met voldoen aan de in [8] gestelde randvoorwaarden. In paragraaf 6.7.3 is separaat de verantwoording voor toepassing van deze maatregelen uitgewerkt. Voor de extra benodigde maatregelen is in de tabel een zelf toelichting opgenomen. In bijlage 3 is een gedetailleerde uitwerking opgenomen van de behaalde risicoreductie door toepassing van de maatregelen.

Tabel 6-2: Faaloorzaak verdeling voor buisleidingen met chemicaliën

Faaloorzaak	Toegepaste risico reducerende maatregelen
Basis toegepaste risico reducerende maatregelen	
Beschadiging door derden	Grondekking Leiding voldoet aan stand der techniek Actief rappel Waarschuwinglint Beperkte restricties Strikte begeleiding werkzaamheden Wanddikte
Mechanisch	Leiding voldoet aan stand der techniek
Inwendige corrosie	
Uitwendige corrosie	
Natuurlijke oorzaken	
Operationeel/overig	
Aanvullende toegepaste risico reducerende maatregelen	
Mechanisch	Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie.
Inwendige corrosie	
Uitwendige corrosie	
Natuurlijke oorzaken	Ontoelaatbare zettingen c.q. spanningen kunnen door middel van een evaluatie redelijkerwijs vergaand worden uitgesloten.
Operationeel/overig	Toegepaste SIL = Berekende SIL +2

Faaloorzaak	Toegepaste risico reducerende maatregelen
Extra benodigde risico reducerende maatregelen voor direct pipe tracé	
Natuurlijke oorzaken	Natuurlijke oorzaken kunnen worden uitgesloten <i>Benoemd in het 'Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Buisleidingen' [8], mag alleen worden toegepast na toestemming van bevoegd gezag.</i>
Windturbine – leidingdeel tussen leidingstrook en overgang naar direct pipe boring (einde entry-pit)	Gronddekking minimaal 1,5 meter over het deel van het tracé tussen de leidingstrook en de entry pit, waardoor de schokgolf veroorzaakt door de van relevante turbine onderdelen niet tot beschadiging van de leiding leidt. <i>Voor het risico geïntroduceerd door windturbines zijn geen risico reducerende voorzieningen beschreven in het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Buisleidingen. De benodigde gronddekking is bepaald op basis van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Windturbines [16].</i>
Windturbine – Laatste stuk van het leidingdeel in de leidingstrook; lengte ca. 60 meter (voordat deze de leidingstrook verlaat richting entry-pit).	Dit zal gemitigeerd moeten worden door extra gronddekking of bescherming (e.g. betonplaten), mogelijkheden overleggen met Leidingenbureau Rotterdam

6.7.3 Verantwoording aanvullende maatregelen

Maatregel: Inline inspection

Om te verifiëren of de maatregelen voor de integriteit van de leiding effectief zijn zal periodiek een in-line inspectie worden uitgevoerd. Deze inspectie wordt uitgevoerd door een intelligent pig (sonde) door de buis te leiden om de wanddikte en mogelijke defecten (als gevolg van corrosie of mechanische schade) te meten. De inspectie zal worden uitgevoerd in overeenstemming met de randvoorwaarden 'In-line inspectie (ILI)' als omschreven in de Handleiding Risicoberekeningen Toelichting [8] en op basis van gangbare standaarden in de industrie, zoals de POF100 "specifications and requirements for in-line inspection of pipelines" door de Pipeline Operators Forum. Meerdere technologieën zijn beschikbaar om koolstofstalen leidingen in CO2 service te inspecteren. Het Aramis project is een programma gestart om de optimale ILI technologie te selecteren voor de transportleiding, met als minimale specificatie de eerdergenoemde eisen per Handleiding Risicoberekeningen.

Indien defecten worden geïdentificeerd zullen deze worden beoordeeld in een risicoanalyse met een 'fit-for-purpose' (bedrijfs geschiktheids) demonstratie per NEN3650. Indien nodig zal het defect worden gerepareerd.

De eerste ILI zal binnen enkele jaren na opstarten worden uitgevoerd als baseline. Voor het bepalen van de inspectie interval zal een RBI-aanpak (Risk Based Inspection) toegepast worden waarbij monitorings informatie gebruikt wordt om mogelijke faaloorzaken te analyseren en gekoppeld aan de consequenties een inspectieregime wordt bepaald. Monitorings informatie bevat onder andere de historische druk, temperatuur en doorzet in de buisleiding, alsmede kwaliteitsmetingen aan het medium, controle metingen op het kathodische bescherming systeem en visuele/sonar inspectie resultaten m.b.t. de ligging van de leiding. Ook de resultaten van in-line inspecties worden meegenomen in het RBI proces. De maximale ILI interval bedraagt 10 jaar.

Maatregel: Evaluatie stabiliteit ondergrond

Ter onderbouwing van de toepassing van de reductie factor voor natuurlijke oorzaken is de stabiliteit van de ondergrond van de zeeleiding onderzocht ; zie bijlage 7. Specifiek is onderzocht of dermate grote verschillen in de ondergrond kunnen optreden die tot gevolg hebben dat te hoge mechanische

spanningen in de leiding optreden met falen van de leiding als gevolg. In het gerefereerde memo wordt onderstaande conclusie getrokken:

“Op basis van de aangetroffen zandige grondslag zijn er geen zettingen ten gevolge van de aanleg van de Maasvlakte of eerdere werkzaamheden langs het tracé, niet direct gerelateerd aan de aanleg van deze leiding meer te verwachten. Enige zetting vanuit lagen onder het zandpakket (achtergrondzetting) is niet uit te sluiten maar zal naar verwachting relatief gering zijn en optreden in het hele gebied en dus niet tot significante verschilzetting over de leiding leiden. Hierbij komt dat de leiding als geheel genomen onder het volumieke gewicht van los gepakt zand uitkomt. De belasting onder de leiding is dus hoger voordat de leiding aangebracht is. Wanneer de leiding zorgvuldig aangebracht wordt, met verdichting van de werkvloer (0.3 m direct onder de leiding) ter voorkoming van zakking direct na aanleg is het aannemelijk dat geen significante zetting zal optreden.

Hiermee zijn dus zowel ontoelaatbare zettingen/spanningen en natuurlijke oorzaken redelijkerwijs vergaand uitgesloten en kan reductiefactor 10 worden toegepast.’

Maatregel: SIL + 2

Een overdrukbeveiligingssysteem wordt geïmplementeerd waarbij de toegepaste SIL (Safety Integrity Level) twee niveaus hoger is dan de berekende SIL-waarde. Het landdeel van de leiding zal worden getest (hydrotest) op een druk boven de 260 barg. De maximale druk die vanuit zowel het compressorstation als de terminal geleverd kan worden zal lager liggen. Daarmee is breuk als gevolg van overdruk geen realistisch scenario. Zowel op het compressorstation als op de terminal zal minimaal een SIL-2 overdruk beveiliging geïnstalleerd worden die in werking treedt op de ontwerpdruk van 200 barg.

6.8 Ruwheidslengte

De fysieke eigenschappen van de omgeving spelen een rol bij de verspreiding van een toxische wolk, hierbij is het type bebouwing (hoog- of laagbouw) of natuur in de omgeving van de zeeleiding van belang. Deze fysieke eigenschappen komen tot uiting in de zogenaamde ‘ruwheidslengte’. De ruwheidslengte is berekend met behulp van ‘ruwheidskaart’ zoals beschikbaar gesteld door het RIVM [12]. De ruwheidskaart geeft per vierkante kilometer een ‘gemiddelde’ ruwheidslengte. Omdat het leidingtracé gelegen is binnen een gebied dat groter is dan één vierkante kilometer, kan de ruwheidslengte variëren langs het tracé. Volgens de ruwheidskaart is de kortste ruwheidslengte 10 mm op basis van de het vlakke openterrein (en open water). Op een kleine deel van het tracé, bij de oorsprong van de zeeleiding, is ordegrootte 300 mm vanwege de naastgelegen tanks op de MOT terminal. Een gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd voor onderstaande drie ruwheidslengte, deze is opgenomen in bijlage 2. De resultaten van de gevoeligheidsanalyse laten zien dat de ligging van de PR 10^{-6} /jaar risicocontouren voor de verschillende ruwheidslengten niet heel sterk verschilt. Besloten is om te modelleren met een ruwheidslengte van 100 mm.

6.9 Weerscondities

Bij het berekenen van het PR, de aandachtsgebieden en GR is gebruik gemaakt van de meteogegevens van het weerstation Hoek van Holland, zoals deze in Safeti-NL zijn opgenomen. Dit is het dichtstbijzijnde representatieve weerstation.

6.10 Populatie in de omgeving

Zoals beschreven in 3.4, moet binnen het aandachtsgebied het groepsrisico verantwoord worden; dit is dan ook het gebied wat het kader geeft voor ‘de populatie in de omgeving’. Gezien door de zeeleiding enkel kooldioxide getransporteerd wordt, betreft het voor deze installatie alleen het zogenaamde

'gifwolkaandachtsgebied'. De gifwolkaandachtsgebieden van de Directe pipe variant en Microtunnel variant zijn weergegeven in Figuur 7-2 respectievelijk Figuur 8-2. De populatiegegevens in de gebouwen (kantoorpersoneel) binnen het aandachtsgebied zijn ontleend uit de BAG² populatieservice [14] (bagsselectiebasis 202401). De populatie is op pandniveau opgevraagd. Ook is voor nog niet ontwikkelde gebieden een schatting gemaakt van mogelijk toekomstige populatie op basis van de toegestane bedrijvigheid (zogenaamde 'Enkelbestemming') in combinatie met kentallen volgens het document 'PGS Deel 6 – Aanwezigheidsgegevens' [17]. Daarbij is uitgegaan van de categorie 'industrie' waarvoor een kental van 40 personen per hectare is gegeven. Aanvullend is de populatie in het gebouw dat geïdentificeerd wordt als 'Euromax MR' toegevoegd aan de populatie; dit zat niet in het BAG bestand. De populatie in dit gebouw is gebaseerd op het oppervlak in combinatie met kentallen volgens het document 'Kentallen Populatieservice en Dataservice Kwetsbare gebouwen en locaties (KGL)' [18]. In Figuur 6-1 zijn de in het rekenmodel toegepaste populatievlakken weergegeven.



Figuur 6-1: Toegepaste populatievlakken

In onderstaande tabel zijn vakken met meer dan 10 personen gespecificeerd.

² De Basisregistraties Adressen en Gebouwen (BAG) zijn onderdeel van het overheidsstelsel van basisregistraties. Gemeenten zijn bronhouders van de BAG. Zij zijn verantwoordelijk voor het opnemen van de gegevens in de BAG en voor de kwaliteit ervan. Alle gemeenten stellen gegevens over adressen en gebouwen centraal beschikbaar via de Landelijke Voorziening BAG (LV BAG). Het Kadaster beheert de LV BAG en stelt de gegevens beschikbaar.

Tabel 6-3: Specificatie populatievlakken

Populatie vlak identificatie	Oppervlak [ha]	Enkelbestemming / functie	Dag – Kental dichtheid [personen/ha]	Nacht – Kental dichtheid [personen/ha]	Aantallen personen [-]	
					Dag	Nacht
Populatie vlak 1 ^{A)}	95,5	Bedrijf – 1	5	1	478	96
Populatie vlak 2 ^{A)}	7,2	Bedrijf-1 / Bedrijf – containers	5	1	36	7
Populatie vlak 3 ^{A)}	24,7	Bedrijf – 2	40	8	989	198
Populatie vlak 4 ^{A)}	17,5	Bedrijf – 3	40	8	702	140
Euromax kantoorgebouw ^{B)}	-	-	-	-	64	0
Euromax MR gebouw – kantoor deel ^{C)}	Ca 0,1 (= 1000 m ²) 2 verdiepingen elk 0,05 ha	Hoofdcategorie: kantoorfunctie, aanvullende indeling kantoorfunctie klein (<5000m ²)	1 persoon per 30 m ² (= 333 personen per ha)	Aangenomen geen personen aanwezig	34 ^{A)}	0
Euromax MR gebouw – logistieke hal ^{C)}	Ca 0,25 (= 2500 m ²)	Hoofdcategorie: industriefunctie, aanvullende indeling: distributiecentra / logistieke centra	1 persoon per 250 m ² (= 40 personen per ha)	1 persoon per 250 m ² (= 40 personen per ha)	10	10

A) Kentallen volgens PGS Deel 6 – Aanwezigheidsgegevens [17]

B) Aantal personen volgens BAG populatieservice [14]

C) Vloeroppervlak bepaald met behulp van 'Street Smart' van Cyclomedia [19]. Kentallen volgens het document 'Kentallen Populatieservice en Dataservice Kwetsbare gebouwen en locaties (KGL)' [18]

D) Enkelbestemming volgens website ruimtelijkeplannen.nl [9]

7 Resultaten kruising zeevering door direct pipe

Dit hoofdstuk geeft het risicoprofiel zoals bepaald voor de variant waarbij de buisleidingvariant via een direct pipe de zeevering kruist.

7.1 Plaatsgebonden risico

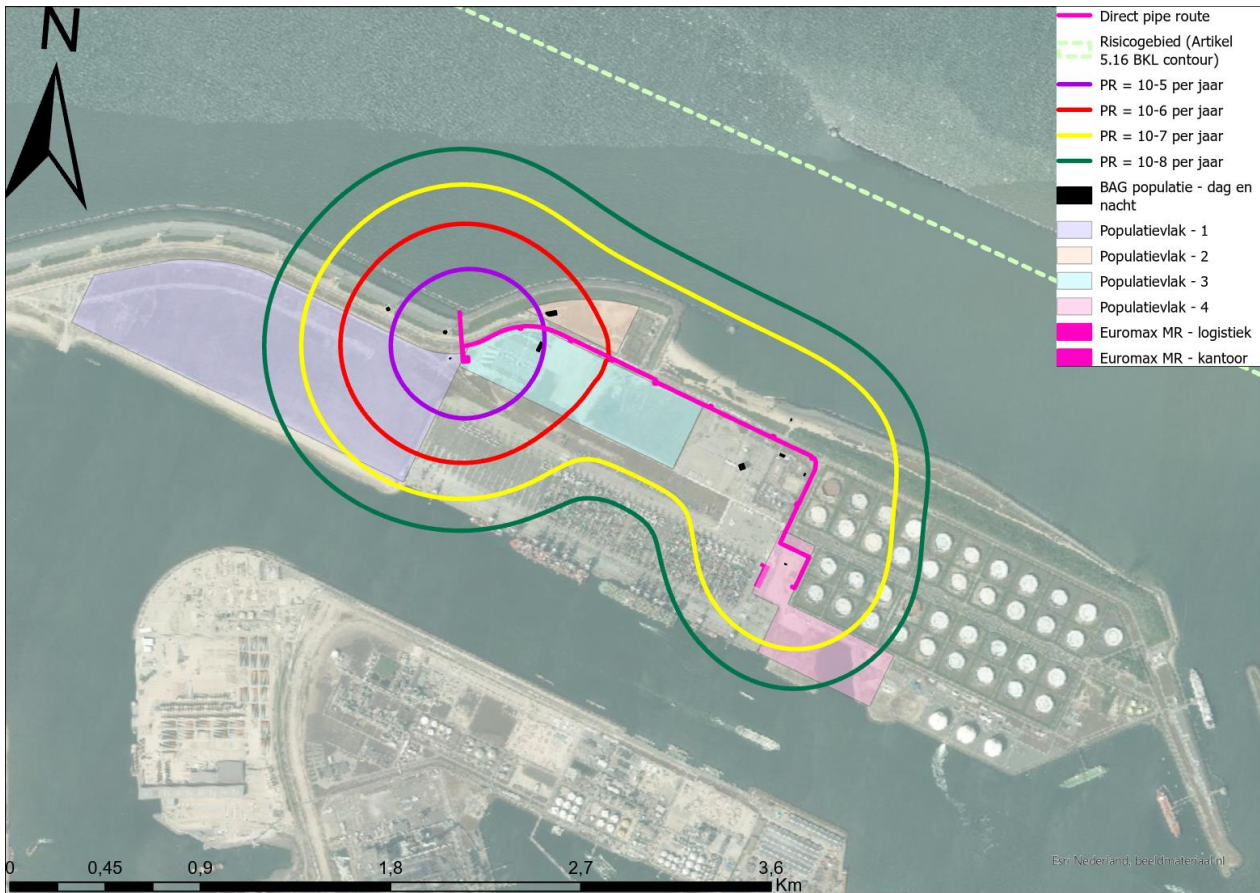
In Figuur 7-1 zijn de PR-contouren weergegeven voor de zeeleiding; een combinatie van het autonome risicoprofiel van de zeeleiding en het (additionele) risicoprofiel geïntroduceerd door de windturbine (domino-effect). Deze contouren zijn gebaseerd op de scenario's en frequenties zoals opgenomen in de rekenmethodiek [7], voor een 'Chemicaliënleiding die voldoet aan de stand der techniek' met de frequentie gecorrigeerd voor de diepte ligging en met additionele risicoreductie voorzieningen zoals beschreven in paragraaf 6.7. Zoals in de betreffende paragraaf aangegeven moet bevoegd gezag goedkeuring geven op een deel van de toegepaste risicoreductie factoren; deze zijn:

Faaloorzaak	Risico reducerende maatregel
Mechanisch	Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie.
Inwendige corrosie	
Uitwendige corrosie	
Natuurlijke oorzaken	Ontoelaatbare zettingen c.q. spanningen kunnen door middel van een evaluatie redelijkerwijs vergaand worden uitgesloten.
Operationeel/overig	Toegepaste SIL = Berekende SIL +2

Met inbegrip van bovenstaande risico reducerende maatregelen voldoet het risicoprofiel niet aan het acceptatie criteria, gesteld in het Bal, dat deze maximaal 5 meter uit het hart van de leiding gelegen mag zijn. De overschrijding wordt voor het overgrote deel veroorzaakt door de additionele faalfrequentie geïntroduceerd door de windturbine (domino-effect); specifiek het leidingdeel in de leidingstrook ca 60 meter voordat deze de leidingstrook verlaat richting entry-pit. Zeer lokaal zorgt de autonome faalfrequentie van de leiding echter ook voor overschrijding (PR = 10⁻⁶ per jaar op ca. 30 meter uit het hart van de leiding). Om de PR = 10⁻⁶ per jaar contour binnen 5 meter uit het hart van de leiding te krijgen kan toepassing van onderstaande extra maatregelen worden onderzocht:

- Onderzoek naar beschermingsconstructie voor het 60 meter lange leidingdeel (laatste stuk van het leidingdeel in de leidingstrook; lengte ca. 60 meter (voordat deze de leidingstrook verlaat richting entry-pit)). Deze beschermingsconstructie zal gerealiseerd moeten worden door extra gronddekking of bescherming (e.g. betonplaten), mogelijkheden in overleg met overleg met Leidingenbureau Rotterdam.
- Onderzoek naar reductie van de autonome faalfrequentie van de leiding. Bijna alle mogelijke reductie maatregelen benoemd in de rekenvoorschriften zijn momenteel toegepast in deze QRA zijn toegepast. De enige significante maatregelen die nog volgens de rekenvoorschriften aanvullend kunnen worden toegepast zijn het 'inherent aantoonbaar volledig niet corrosief maken van de buisleiding ten opzichte van de omgeving' en/of 'het inherent aantoonbaar volledig niet corrosief maken van de buisleiding ten opzichte van het te transporteren medium'.

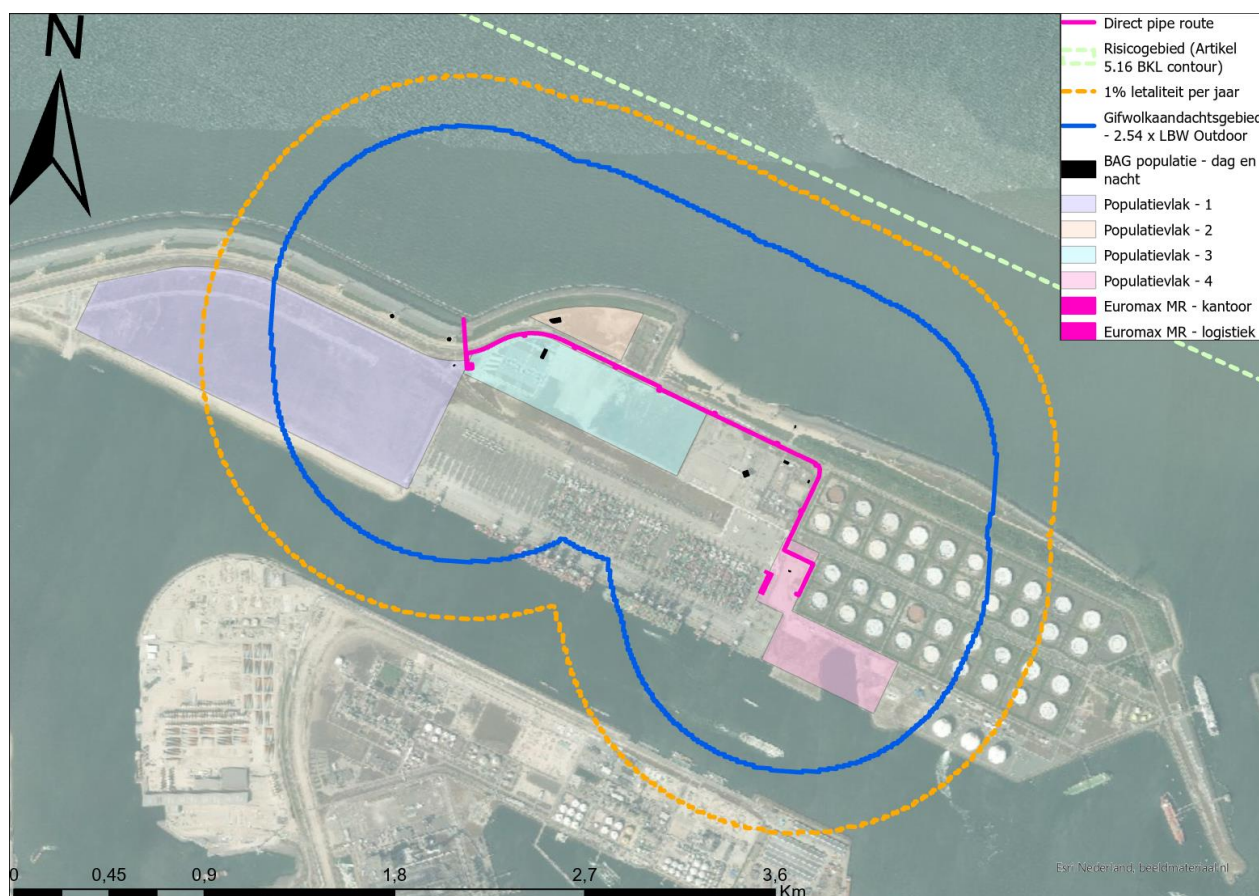
Ter volledigheid is in bijlage 4 is een afbeelding opgenomen met de plaatsgebonden risico wanneer (enkel) de standaard maatregelen worden toegepast.



Figuur 7-1: PR voor de direct pipe route

7.2 Aandachtsgebieden

In Figuur 7-2 zijn het gifwolkaandachtsgebied en de 1% letaliteit per jaar contourweergegeven. Het gifwolkaandachtsgebied is bepaald op basis van effectafstand (daar waar de concentratie “in de buitenlucht” gelijk is aan 2.54 x de concentratie van de levensbedreigende waarde). Volgens rekenvoorschriften mag het gifwolkaandachtsgebied bepaald worden op basis van dosis (= concentratie x tijd) wat zou leiden tot een kleinere contour dan die op basis van effectafstand; echter is voor kooldioxide geen relatie beschikbaar waarmee deze benadering kan worden toegepast (dit is bekend bij RIVM).³ Vanwege voorgaand is daarom besloten het gifwolkaandachtsgebied op basis van een effectafstand te bepalen.



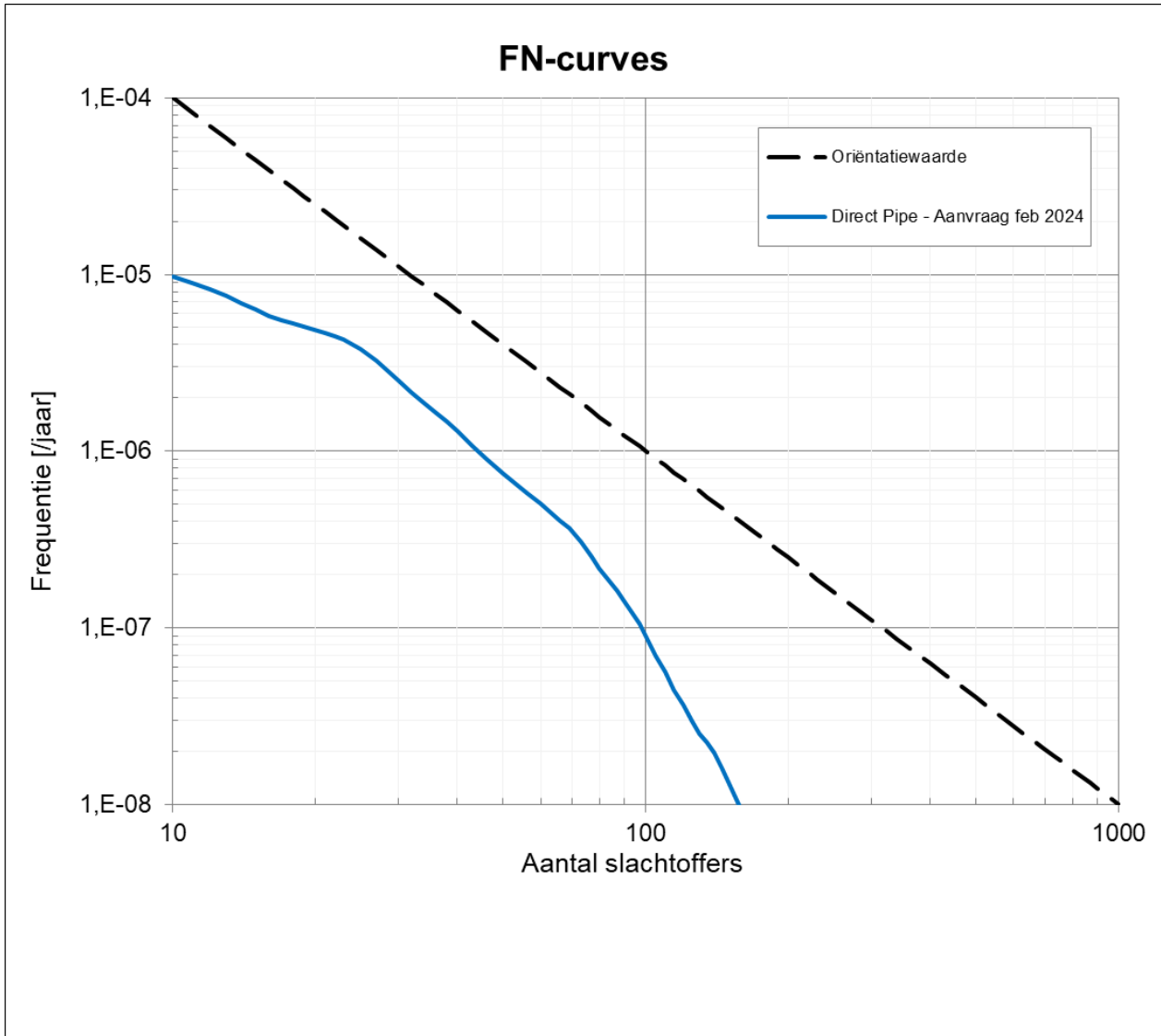
Figuur 7-2: Gifwolkaandachtsgebied voor de direct pipe route

³ Reactie Safeti-NL helpdesk op vraag om stof parameter voor bepalen gifwolkaandachtsgebied op basis van dosi benadering: “Voor kooldioxide kon de Toetsgroep Probitrelaties geen LBW N-waarde afleiden en daarom is er geen waarde voor de ‘Toxic dose threshold N’ opgenomen in Safeti-NL 8.8.

Groepsrisico

Volgens het groepsrisicobeleid van de provincie Zuid-Holland, mag worden volstaan met een kwalitatieve verantwoording indien de 1% letaliteit per jaar contour geheel gelegen is binnen een risicogebied. Zoals uit de afbeelding valt af te leiden is dit het geval.

Om een vergelijking te kunnen maken van welke variant in het kader van externe veiligheid als veiliger kan worden beschouwd, is besloten om (aanvullend) het groepsrisico te bepalen. Dit is bepaald op basis van BAG populatie data, aangevuld met kentallen van aantallen personen voor de nog niet ontwikkelde gebieden en aangevuld met een kantoorgebouw en logistiek gebouw op het Euromax terrein (zie paragraaf 6.10 voor de geïnventariseerde populatie). Op basis van ingevoerde populatie ontstaat een groepsrisico waarvan de hoogte tot boven de oriëntatiewaarde uitstijgt. In Figuur 7-3 is het bepaalde groepsrisico gevisualiseerd. Al vervolgstap zou personeel van bepaalde milieubelastende activiteiten gelegen binnen het aandachtsgebied kunnen worden uitgesloten uit de populatie, met als doel inzicht te geven in het *“feitelijk aandeel van de directe omwonenden op de hoogte van het groepsrisico”*. Gezien er geen ‘omwonenden’, geïnterpreteerd als ‘anders dan werknemers’ binnen het risicogebied zal het groepsrisico naar allerverwachting onder de oriëntatie waarde uitkomen. Er zal nog wel sprake zijn van een groepsrisico omdat onder andere in de ‘Gezamenlijk brandweerkazerne’ nog personeel aanwezig is en omdat (mogelijk) bedrijvigheid aanwezig is wat niet valt binnen de milieubelastende activiteiten waarvan bijbehorend personeel mag worden uitgesloten.



Figuur 7-3: GR voor de direct pipe route

8 Resultaten kruising zeekering door microtunnel

Dit hoofdstuk geeft het risicoprofiel zoals bepaald voor de variant waarbij de buisleiding via een microtunnel de zeekering kruist.

8.1 Plaatsgebonden risico

In Figuur 8-1 zijn de PR-contouren weergegeven voor de zeeleiding. Deze contouren zijn gebaseerd op de scenario's en frequenties zoals opgenomen in de rekenmethodiek [7], voor een 'Chemicaliënleiding die voldoet aan de stand der techniek' met de frequentie gecorrigeerd voor de diepte ligging en met additionele risico reductie voorzieningen zoals beschreven in paragraaf 6.7. Zoals in de betreffende paragraaf aangegeven moet bevoegd gezag goedkeuring geven op een deel van de toegepaste risicoreductie factoren; deze zijn:

Faaloorzaak	Risico reducerende maatregel
Mechanisch	Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie.
Inwendige corrosie	
Uitwendige corrosie	
Natuurlijke oorzaken	Ontoelaatbare zettingen c.q. spanningen kunnen door middel van een evaluatie redelijkerwijs vergaand worden uitgesloten.
Operationeel/overig	Toegepaste SIL = Berekende SIL +2

Met inbegrip van bovenstaande risico reducerende maatregelen is er geen $PR = 10^{-6}$ per jaar contour bepaald. Het plaatsgebonden risico voldoet daarmee aan het landelijk toetsingskader dat stelt dat de $PR = 10^{-6}$ per jaar contour binnen 5 meter uit het hart van de leiding gelegen moet zijn.

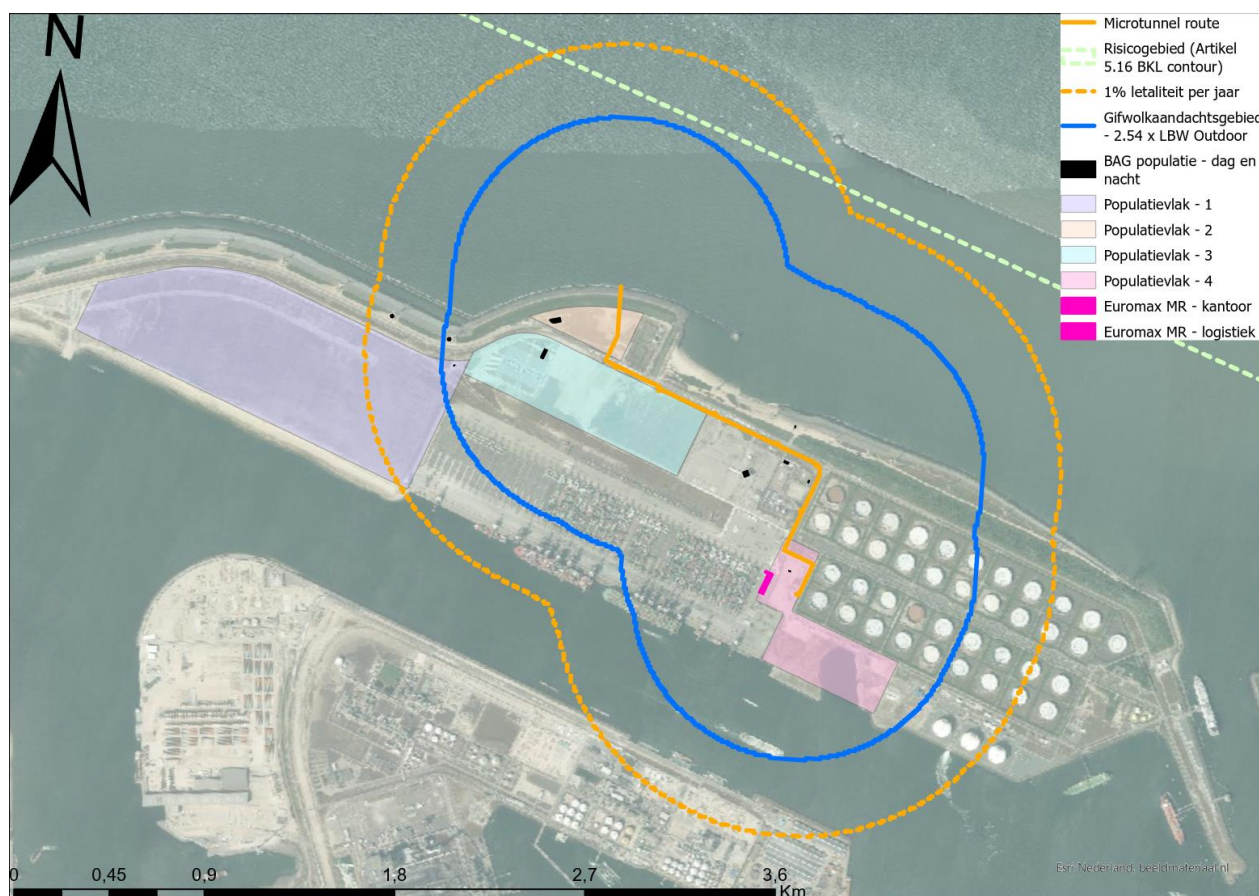
Ter volledigheid is in bijlage 4 is een afbeelding opgenomen met de plaatsgebonden risico wanneer (enkel) de standaard maatregelen worden toegepast.



Figuur 8-1 PR-contouren voor de microtunnel route.

8.2 Aandachtsgebieden

In Figuur 8-2 zijn het gifwolkaandachtsgebied en de 1% letaliteit per jaar contourweergegeven. Het gifwolkaandachtsgebied is bepaald op basis van effectafstand (daar waar de concentratie “in de buitenlucht” gelijk is aan 2.54 x de concentratie van de levensbedreigende waarde). Volgens rekenvoorschriften mag het gifwolkaandachtsgebied bepaald worden op basis van dosis (= concentratie x tijd) wat zou leiden tot een kleinere contour dan die op basis van effectafstand; echter is voor kooldioxide geen relatie beschikbaar waarmee deze benadering kan worden toegepast (dit is bekend bij RIVM).⁴ vanwege voorgaand is daarom besloten het gifwolkaandachtsgebied op basis van een effectafstand te bepalen.



Figuur 8-2 Gifwolkaandachtsgebied voor de microtunnel route

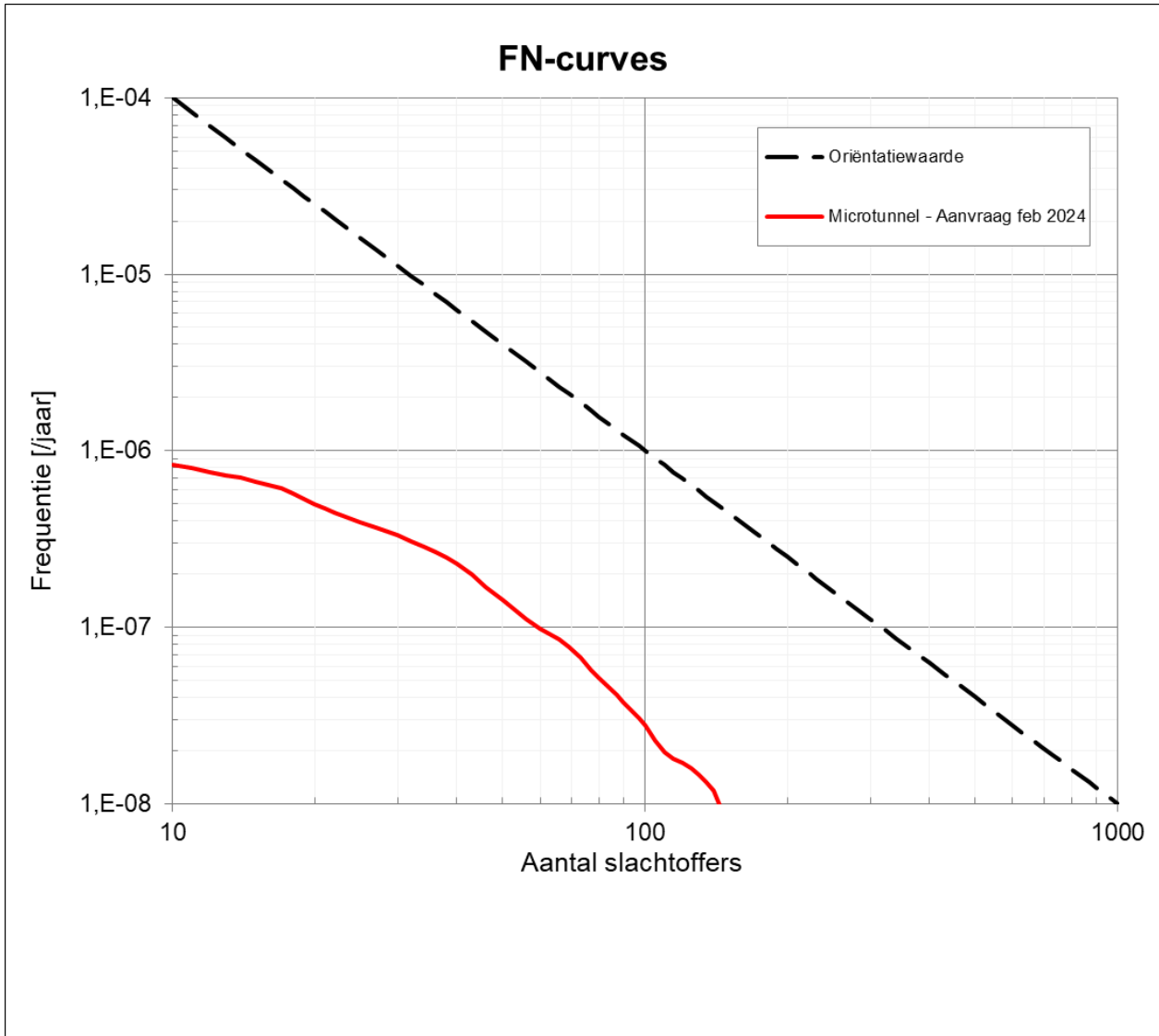
⁴ Reactie Safeti-NL helpdesk op vraag om stof parameter voor bepalen gifwolkaandachtsgebied op basis van dosi benadering: “Voor kooldioxide kon de Toetsgroep Probitrelaties geen LBW N-waarde afleiden en daarom is er geen waarde voor de ‘Toxic dose threshold N’ opgenomen in Safeti-NL 8.8.

Groepsrisico

Volgens het groepsrisicobeleid van de provincie Zuid-Holland, mag worden volstaan met een kwalitatieve verantwoording indien de 1% letaliteit per jaar contour geheel gelegen is binnen een risicogebied. Zoals uit de afbeelding valt af te leiden reikt een deel van de 1% letaliteit per jaar contour tot buiten het risicogebied; dit gebied is (echter) gelegen over de Noordzee waardoor er geen populatie in het gebied aanwezig is. Op basis van voorgaand lijkt een kwalitatieve verantwoording niet ontoelaatbaar.

Om een vergelijking te kunnen maken van welke variant in het kader van externe veiligheid als veiliger kan worden beschouwd, is besloten om (aanvullend) het groepsrisico te bepalen. Dit is bepaald op basis van BAG populatie data, aangevuld met kentallen van aantallen personen voor de nog niet ontwikkelde gebieden en aangevuld met een kantoorgebouw en logistiek gebouw op het Euromax terrein (zie paragraaf 6.10 voor de geïnterpreteerde populatie). Op basis van ingevoerde populatie ontstaat een groepsrisico waarvan de hoogte tot beneden de oriëntatiewaarde blijft. In Figuur 8-3 is het bepaalde groepsrisico gevisualiseerd.

Al vervolgstap zou personeel van bepaalde milieubelastende activiteiten gelegen binnen het aandachtsgebied kunnen worden uitgesloten uit de populatie, met als doel inzicht te geven in het “feitelijk aandeel van de directe omwonenden op de hoogte van het groepsrisico”. Gezien er geen ‘omwonenden’, geïnterpreteerd als ‘anders dan werknemers’ binnen het risicogebied zal het groepsrisico verder onder de oriëntatie waarde uitkomen. Er zal waarschijnlijk nog wel sprake zijn van een groepsrisico omdat onder andere in de ‘Gezamenlijk brandweerkazerne’ nog personeel aanwezig is en omdat (mogelijk) bedrijvigheid aanwezig is wat niet valt binnen de milieubelastende activiteiten waarvan bijbehorend personeel mag worden uitgesloten.



Figuur 8-3 GR voor de microtunnel route

9 Samenvatting bevindingen en toetsing wet- en regelgeving

De volgende conclusies kunnen worden getrokken ten aanzien van het plaatsgebonden risico en de aandachtsgebieden van beide door gerekende varianten:

Plaatsgebonden risico

Microtunnel variant

Voor deze variant resulteert de modelering niet in de aanwezigheid van een PR 10-6 per jaar contour; daarmee voldoet het plaatsgebonden risico van deze variant aan het acceptatie criteria, gesteld in het Bal.

Direct pipe variant

De PR 10-6 per jaar contour van de direct pipe variant reikt tot meer dan vijf meter uit het hart van de leiding, en voldoet daarmee niet aan het acceptatie criteria, gesteld in het Bal. Mitigerende maatregelen moeten worden genomen om het plaatsgebonden risico naar acceptabele omvang te reduceren:

- De bijdrage van de zeeleiding zelf moet verder gereduceerd worden. Aansluiten bij mogelijke (toegestane) mitigerende maatregelen volgens de rekenvoorschriften kan dit alleen indien de buisleiding wordt ontworpen zodat interne en/of externe corrosie niet mogelijk is.
- Mitigatie van de additionele faalkans geïntroduceerd door de windturbine (domino-effect) kan worden gemitigeerd door de leiding op de relevante segmenten te beschermen (bijvoorbeeld door een beschermconstructie of door de gronddekking te verhogen; mogelijkheden in overleg met Leidingenbureau Rotterdam. Het betreft het laatste stuk van het leidingdeel in de leidingstrook; lengte ca. 60 meter (voordat deze de leidingstrook verlaat richting entry-pit). Specificaties van deze constructie dienen nog uitgewerkt te worden.

Aandachtsgebied en groepsrisico

Microtunnel variant

Het aandachtsgebied is gelegen binnen het risicogebied. De 1% letaliteit per jaar contour reikt tot net buiten het risicogebied; dit gebied is (echter) gelegen over de Noordzee waardoor er geen populatie in het gebied aanwezig is. Op basis van voorgaand lijkt een kwalitatieve verantwoording niet ontoelaatbaar. Om een vergelijking te kunnen maken van welke variant in het kader van externe veiligheid als veiliger kan worden beschouwd, is besloten om (aanvullend) het groepsrisico te bepalen.

Directe pipe variant

Het aandachtsgebied en de 1% letaliteit contour zijn gelegen binnen het risicogebied. Een kwantitatieve verantwoording van het groepsrisico volstaat daarom. Om een vergelijking te kunnen maken van welke variant in het kader van externe veiligheid als veiliger kan worden beschouwd, is besloten om (aanvullend) het groepsrisico te bepalen.

Groepsrisico

Voor zowel de direct pipe variant en de microtunnel variant is het groepsrisico onder de oriëntatiewaarde gelegen. Het groepsrisico van de directe pipevariant is hoger, dit wordt veroorzaakt door de plaatsgebonden risico contouren die tot verder uit het hart van de buisleiding reiken en daarbij over gebieden met populatie rijken.

10 Referenties

- [1] Besluit activiteiten leefomgeving; geldend van 01-01-2024 t/m heden. Geraadpleegd via website: <https://wetten.overheid.nl/>
- [2] Besluit kwaliteit leefomgeving; geldend van 01-01-2024 t/m heden. Geraadpleegd via website: <https://wetten.overheid.nl/>
- [3] Besluit bouwwerken leefomgeving; geldend van 01-01-2024 t/m heden. Geraadpleegd via website: <https://wetten.overheid.nl/>
- [4] Omgevingsregeling; geldend van 01-01-2024 t/m heden. Geraadpleegd via website: <https://wetten.overheid.nl/>
- [5] Technische tekening: Detail of Aramis-Porthos profiles Intersection, drawing no. HDDP – 23.212.03.01, Revision 02, d.d. 17-03-2023, HDDP solutions (& TotalEnergies)
- [6] Softwarepakket Safeti-NL, versie 8.8, DNV
- [7] Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid – Module: V buisleidingen, versie oktober 2020, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
- [8] Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid – Toelichting, versie maart 2022, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
- [9] www.ruimtelijkeplannen.nl, bezocht op 23 februari 2024.
- [10] Key decision sheet – Onshore Zeeleiding Configuration, doc no: ARM-CPT-BB3-PLR-KDS-0143, revisie 02, d.d 21-09-2022, Aramis
- [11] Besluit van gedeputeerde staten van Zuid-Holland van 5 december 2023, [DOS-2023-0006729, PZH-2023- 844389726] tot vaststelling van de beleidsregel over de invulling van de groepsrisicoverantwoording bij vergunningplichtige milieubelastende activiteiten (Beleidsregel groepsrisicoverantwoording bij provinciale omgevingsvergunningen voor milieubelastende activiteiten)
- [12] Ruwheidskaart met publicatiedatum 13-03-2020, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2020/03/13/ruwheidskaart-2020>, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
- [13] Handboek Omgevingsveiligheid, <https://omgevingsveiligheid.rivm.nl/handboek-omgevingsveiligheid>, bezocht op 28-03-2023, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
- [14] BAG populatieservice, <http://populatieservice.demis.nl>, download 20 januari 2024 (BAGselectiebasis: 202401).
- [15] Website: <https://omgevingsveiligheid.rivm.nl/stappenplan-bepalen-aandachtsgebieden>, bezocht op 01-08-2023, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
- [16] Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid – Module: IV windturbines, versie oktober 2020, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu

- [17] Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 1 – Deel 6: Aanwezigheidsgegevens, VROM, december 2003
- [18] Kentallen Populatieservice en Dataservice Kwetsbare gebouwen en locaties (KGL), Projectteam Informatieproducten Externe Veiligheid, maart 2023
- [19] Cyclomedia street smart, <https://www.cyclomedia.com/nl/street-smart>, bezocht op 19 januari 2024
- [20] Basis of design

Bijlage

1. Invloed windturbines

Deze bijlage beschrijft de invloed van de windturbines op de faalscenario's van de leiding. Deze invloed wordt uitgedrukt in een additionele faalkans van de leiding waarbij een lekkage of een breuk optreed. Voor het bepalen van de additionele faalkans is aangesloten bij het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid – Module: IV windturbines [16].

In onderstaande paragraaf is de methodiek in generieke bewoording toegelicht. Na deze paragraaf volgt een paragraaf die de resultaten (= invloed op de Aramis buisleiding) geeft. Vervolgens wordt meer detail over de berekeningen gegeven in een paragraaf die de gebruikte specificaties toelicht en afsluitend volgt een paragraaf waarin een overzicht van alle berekende parameters is geven (wiskundige vergelijkingen om de waarden van deze parameters te berekenen zijn niet opgenomen in deze rapportage; indien gewenst kan de lezer deze terug vinden in het boven genoemde Rekenvoorschrift).

Methodiek

Wanneer een windturbine faalt en daardoor een onderdeel van de turbine op of in de directe omgeving van de buisleiding terecht komt, ontstaat door de een schokgolf die zich ondergronds voortplant. De energie van deze schokgolf kan dermate hoog zijn dat, wanneer deze interfereert met de buisleiding, deze schade kan veroorzaken aan de buisleiding. Het criterium dat wordt aangehouden voor schade is vastgelegd in de rekenmethodiek voor windturbines [16]; beschadiging treed op wanneer de stres in het materiaal van de buisleiding, veroorzaakt door de energie van de schokgolf, groter is dan de maximaal toelaatbare stres op basis van de leidingspecificaties. Volgens de rekenmethodiek kan voor elk van de faalwijzen van een windturbine (bladbreuk, mastbreuk of gondel en/of rotor afworp) een zogenaamde kritische strook worden bepaald. Dit is de afstand tot de leiding (aan weerszijde van de leiding) waarbinnen het neerkomen van het windturbinedeel tot een schokgolf zal leiden die de leiding beschadigd. De afmeting van de kritische strook verschilt per windturbine onderdeel omdat elk onderdeel een eigen hoeveelheid ()energie veroorzaakt. De maximale afstand vanaf de voet van de windturbine waarop een windturbine onderdeel terecht kan komen wordt het invloedsgebied van de windturbine genoemd. Deze maximale afstand wordt bepaald door het scenario 'bladbreuk - werpafstand bij overtoeren'. De windturbinebladen kunnen de grootste afstand overbruggen omdat deze worden weggeslingerd. Mastbreuk, waarbij de mast horizontaal terecht komt, geeft de op één na grootste afstand tot de mastvoet, en gondel en/of rotorafworp geeft de kleinste afstand tot de mastvoet. Voorgaand maakt duidelijk dat de oriëntatie van de loop van de leiding binnen het invloedsgebied bepalend is voor welke scenario's kunnen leiden tot falen van de leiding; de scenario's waarbij de betreffende turbine onderdelen binnen de kritische strook terecht kunnen komen. De additionele faalkans wordt vervolgens bepaald door voor alle relevante faalscenario's de kans dat het zwaartepunt van het betreffend windturbine onderdeel binnen deze kritische strook terecht te bepalen.

Resultaten – windturbines Zuidwal

Voor elke windturbine met een invloedsgebied dat over de buisleiding heen reikt is bepaald welke faalscenario's van de windturbine bijdragen aan de additionele faalkans voor de buisleiding. Voor deze windturbines is geconcludeerd dat deze geen significante additionele faalfrequentie naar de zeeleiding introduceren (domino-effect); de faalkans van de zeeleiding voor modellering is niet verhoogd. Afleiding om tot deze conclusie te komen is uiteengezet in onderstaande drie tabellen, waar achtereenvolgens voor de diverse faalscenario's is aangegeven:

1. Of de inslagenergie van het betreffende windturbine onderdeel zo hoog is dat deze tot schade aan de zeeleiding kan leiden,
2. Of voor scenario's waar dit het geval is de zeeleiding binnen het valbereik van het betreffende windturbine onderdeel gelegen is, en
3. Welke sectie van de zeeleiding beschadigd kan raken en met welke additionele faalfrequentie (voor scenario's waar de inslagenergie hoog genoeg is, en waar het turbine onderdeel binnen het valbereik gelegen is)

Tabel 10-1: Resultaten analyse invloed windturbines - Windturbines Zuidwal – inslagenergie

Faalscenario [-]		Penetratie diepte schokgolf [m]	Diepte ligging buisleiding [m]	Voldoende inslagenergie om schade aan leiding toe te brengen?
Bladbreek	Nominaal toerental	0,82	1	Nee
	Overtoeren	1,01	1	Ja
Mastbreek	Mast	0,20	1	Nee
	Gondel en rotor	2,06	1	Ja
	Blad	0,74	1	Nee
Gondel en of rotor afworp	Gondel en rotor	2,06	1	Ja
	Blad	0,74	1	Nee

Tabel 10-2: Resultaten analyse invloed windturbines - Windturbines Zuidwal – valbereik

Faalscenario [-]		Afmeting kritische strook [m]	Minimale afstand tot kritische strook [m] ^{A, B}	Maximaal Valbereik vanaf mastvoet [m]	Valbereik binnen kritische strook [J/N]
Bladbreek	Overtoeren	0,32	114,84	259	Ja
Mastbreek	Gondel en rotor	3,6	113,2	85	Nee
Gondel en of rotor afworp	Gondel en rotor	3,6	113,2	11	Nee

A. Minimaal 115 meter tot leiding deel dat 1 meter gronddekking heeft.

B. Deze kolom geeft de minimale afstand tot de kritische strook; deze wordt bepaald door afstand tot de leiding te verminderend met de helft van de kritische strook (de kritische strook strekt zich uit aan weerszijde van de leiding).

Tabel 10-3: Resultaten analyse invloed windturbines - Windturbines Zuidwal – Faalscenario's relevant voor zeeleiding

Faalscenario [-]		Beschadigd leiding segment	Additionele faalfrequentie [-/meter.jaar]	Additionele faalfrequentie [-/kilometer.jaar]
Bladbreek	Overtoeren	Zie Figuur 10-1	$4,8 \times 10^{-12}$ Geen significante bijdrage daarom niet meegenomen in model	$4,8 \times 10^{-09}$ Geen significante bijdrage daarom niet meegenomen in model



Figuur 10-1: Windturbines Zuidwal - Zeeleiding segmenten waar schade kan ontstaan door interactie met windturbine onderdelen

Resultaten – windturbines Harde zeewering

Voor elke windturbine met een invloedsgedebiet dat over de buisleiding heen reikt is bepaald welke faalscenario's van de windturbine bijdragen aan de additionele faalkans voor de buisleiding. Voor deze windturbines is geconcludeerd dat deze wel een significante additionele faalfrequentie naar de zeeleiding introduceren (domino-effect); de faalkans van de zeeleiding voor modellering is wel verhoogd. Afleiding om tot deze conclusie te komen is uiteengezet in onderstaande drie tabellen, waar achtereenvolgens voor de diverse faalscenario's is aangegeven:

1. Of de inslagenergie van het betreffende windturbine onderdeel zo hoog is dat deze tot schade aan de zeeleiding kan leiden,
2. Of voor scenario's waar dit het geval is de zeeleiding binnen het valbereik van het betreffende windturbine onderdeel gelegen is, en
3. Welke sectie van de zeeleiding beschadigd kan raken en met welke additionele faalfrequentie (voor scenario's waar de inslagenergie hoog genoeg is, en waar het turbine onderdeel binnen het valbereik gelegen is)

Tabel 10-4: Resultaten analyse invloed windturbines - Windturbines Harde zeewering – inslagenergie

Faalscenario [-]		Penetratie diepte shokgolf [m]	Diepte ligging buisleiding [m]	Voldoende inslagenergie om schade aan leiding toe te brengen?
Bladbreuk	Nominaal toerental	1,19	1	Ja
			1,5	Nee
			3	Nee
	Overtieren	1,49	1	Ja
			1,5	Nee
			3	Nee
Mastbreuk	Mast	0,21	1	Nee
			1,5	Nee
			3	Nee
	Gondel en rotor	2,57	1	Ja
			1,5	Ja
			3	Nee
	Blad	1,05	1	Ja
			1,5	Nee
			3	Nee
Gondel en of rotor afwerp	Gondel en rotor	2,57	1	Ja
			1,5	Ja
			3	Nee
	Blad	1,05	1	Ja
			1,5	Nee
			3	Nee

Tabel 10-5: Resultaten analyse invloed windturbines - Windturbines Harde Zeewering – valbereik

Faalscenario [-]		Diepte ligging [m]	Afmeting kritische strook [m]	Minimale afstand tot kritische strook [m] ^{A), B)}	Maximaal Valbereik vanaf mastvoet [m]	Valbereik binnen kritische strook [J/N]
Bladbreuk	Nominaal toeren tal	1	1,28	91,35	120	Ja
	Overtieren	1	2,22	90,98	317	Ja
Mastbreuk	Gondel en rotor	1	4,74	89,63	83	Nee
		1,5	4,17	89,92	83	Nee
	Blad	1	0,65	89,63	135	Ja
Gondel en of rotor afwerp	Gondel en rotor	1	4,74	89,63	13	Nee

Faalscenario [-]	Diepte ligging [m]	Afmeting kritische strook [m]	Minimale afstand tot kritische strook [m] ^{A), B)}	Maximaal Valbereik vanaf mastvoet [m]	Valbereik binnen kritische strook [J/N]
	1,5	4,17	89,92	13	Nee
Blad	1	0,65	91,67	58,5	Nee

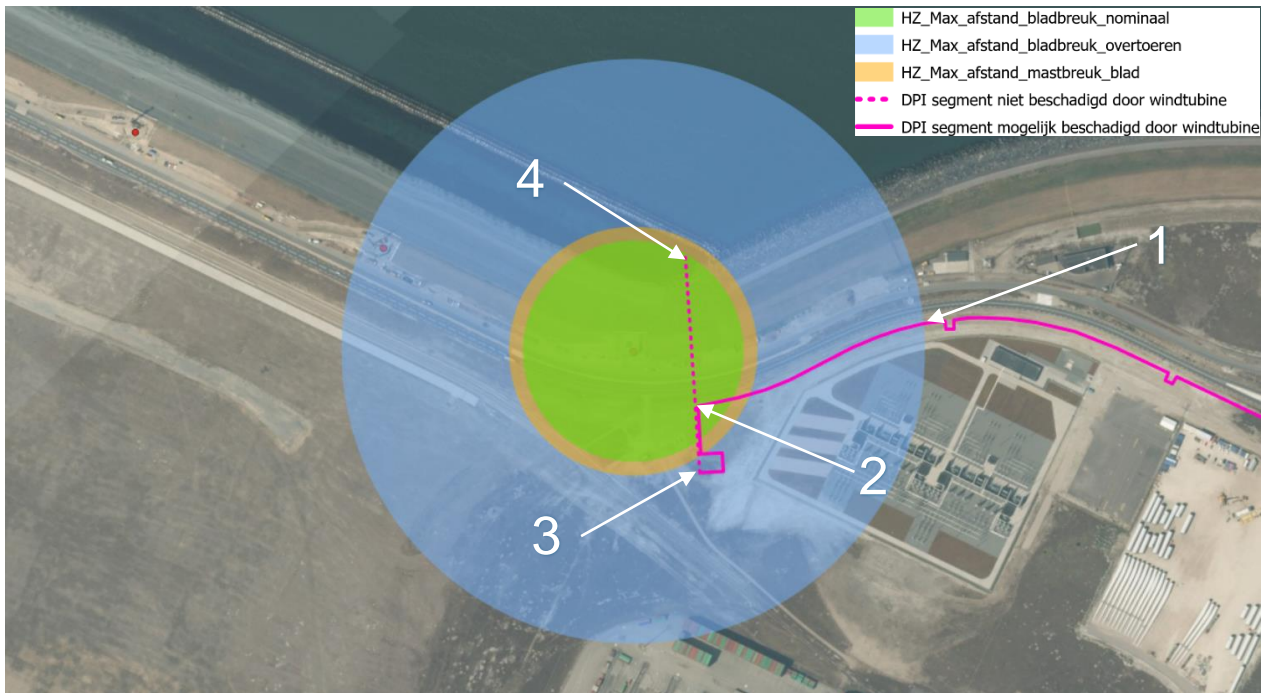
A. Minimaal 92 meter tot leiding deel dat 1 meter dan wel 1,5 meter gronddekking heeft.

B. Deze kolom geeft de minimale afstand tot de kritische strook; deze wordt bepaald door afstand tot de leiding te verminderend met de helft van de kritische strook (de kritische strook strekt zich uit aan weerszijde van de leiding).

Tabel 10-6: Resultaten analyse invloed windturbines - Windturbines Harde Zeewering – Faalscenario's relevant voor zeeleiding

Faalscenario [-]		Beschadigd leiding segment	Additionele faalfrequentie [-/meter.jaar]	Additionele faalfrequentie [-/kilometer.jaar]
Bladbreek	Nominaal toerental	Zie Figuur 10-2 – Het leiding segment waar de groene cirkel overlapt met het leiding deel ingesloten tussen de pijlen met nummers 1 en 2	$2,0 \times 10^{-08}$	$2,0 \times 10^{-05}$
	Overtoeeren	Zie Figuur 10-2 – Het leiding segment waar de blauwe cirkel overlapt met het leiding deel ingesloten tussen de pijlen met nummers 1 en 2	$2,6 \times 10^{-11}$ <i>Geen significante bijdrage daarom niet meegenomen in model</i>	$2,6 \times 10^{-08}$ <i>Geen significante bijdrage daarom niet meegenomen in model</i>
Mastbreek	Blad	Zie Figuur 10-2 – Het leiding segment waar de oranje cirkel overlapt met het leiding deel ingesloten tussen de pijlen met nummers 1 en 2	$7,0 \times 10^{-07}$	$7,0 \times 10^{-04}$

Op basis van bovenstaand is een additionele faalfrequentie van $7,2 \times 10^{-07}$ aangehouden per meter per jaar ($=7,2 \times 10^{-04}$ per kilometer per jaar) voor het segment van de zeeleiding dat binnen de oranje cirkel georiënteerd zoals aangegeven in Figuur 10-2. Deze frequentie is een optelsom van de scenario's bladbreek – nominaal toerental en mastbreek – blad. Voor het scenario bladbreek – nominaal toerental (groene cirkel) is daarmee conservatief aangenomen dat dit scenario een (iets) groter gebied kan bestrijken dan rekenkundig bepaald.



Figuur 10-2: Windturbines Harde Zeewering - Zeeleiding segmenten waar schade kan ontstaan door interactie met windturbine onderdelen. Het gestippelde parse leiding segment ingesloten tussen de pijlen met nummers 3 en 4, kan niet beschadigd raken omdat de diepte ligging minimaal 3,5 meter bedraagt; dit is groter dan de penetratie diepte van een schokgolf veroorzaakt door inslag van een windturbine onderdeel. Het parse leiding segment ingesloten tussen de pijlen met nummers 2 en 3, kan niet beschadigd raken omdat de leiding niet gelegen is binnen het valbereik van turbine onderdelen die voor schade kunnen zorgen (dit deel van het tracé heeft een diepte ligging van 1,5 meter waardoor de scenario's 'mastbreuk – gondel en rotor' en 'gondel en rotor afwerp – gondel en rotor' (zie tabel Tabel 10-6) genoeginslag energie hebben om de zeeleiding te beschadigen, echter ligt de zeeleiding buiten het valbereik van de windturbine onderdelen van deze scenario's).

Technische specificaties zeeleiding en uitwerking berekeningen

In onderstaande tabel zijn de leidingspecificaties opgenomen die zijn gebruikt om de toelaatbare stress te bepalen voordat vervorming optreedt; vervorming in deze analyse is gelijk genomen aan het falen van de buisleiding waarbij kooldioxide vrijkomt.

Tabel 10-7: Zeeleiding specificaties voor bepaling windturbine invloed

Leiding	Waarde	Eenheid	Bron
Elasticiteit	2,07E+11	J	
SMYS	4,21E+08	Pa	
Druk	2,0E+06	Pa	
Wanddikte leiding	35,6	mm	
Buiten diameter leiding	831,6	mm	

Windturbine specificaties – Zuidwal

In onderstaande tabel zijn de specificaties van de windturbines aan de Zuidwal opgenomen. Deze gegevens zijn door Eneco (Assetmanagement) gecontroleerd en akkoord bevonden.

Tabel 10-8: Specificaties windturbines Zuidwal: Vestas V90 – 3MW

Turbinekenmerken	Eenheid	Waarde
Nominaal toerental	rpm	18,4
Hoogte rotatiepunt	m	80,0
Rotordiameter	m	90,0
Lengte afgebroken blad	m	44,0
Oppervlak afgebroken blad	m ²	109,9
Massa blad	ton	6,7
Bladzwaartepunt	m	11,2
Hoogte hub	m	4,5
Breedte hub	m	4,5
Lengte hub	m	4,0
Massa hub	ton	8,9
Massa rotor	ton	29,0
Hoogte gondel	m	4,2
Breedte gondel	m	3,8
Lengte gondel	m	10,7
Massa gondel	ton	77,5
Lengte mast	m	80,0
Diameter mast	m	3,7
Massa mast	ton	146,0

Windturbine specificaties – Harde Zeewering

In onderstaande tabel zijn de specificaties van de windturbines aan de Harde Zeewering opgenomen. Deze gegevens zijn door Eneco (Assetmanagement) gecontroleerd en akkoord bevonden.

Tabel 10-9: Specificaties windturbines Harde Zeewering: Vestas V117 – 4,3MW

Turbinekenmerken	Eenheid	Waarde
Nominaal toerental	rpm	13,6
Hoogte rotatiepunt	m	86,0
Rotordiameter	m	117,0
Lengte afgebroken blad	m	57,2
Oppervlak afgebroken blad	m ²	176,7
Massa blad	ton	15,0
Bladzwaartepunt	m	17,1
Hoogte hub	m	3,8
Breedte hub	m	3,8
Lengte hub	m	5,5
Massa hub	ton	40,0
Massa rotor	ton	85,0
Hoogte gondel	m	6,9
Breedte gondel	m	4,2
Lengte gondel	m	12,8
Massa gondel	ton	100,0
Lengte mast	m	76,0
Diameter mast	m	7,5
Massa mast	ton	160,0

Berekende parameters – Windturbines Harde zeevering

Tabel 10-10: Windturbine Harde Zeevering – berekening kritische strook

Parameter	Bladbreuk		Mastbreuk			Gondel en rotorafworp		Eenheid
	Nominaal toerental	Overtoeeren	Mast	Gondel en rotor	Blad	Gondel en rotor	Blad	
Kritische strook – 1 meter gronddekking	1,28	2,22	0,00	4,74	0,65	4,74	0,65	m
Kritische strook – 1,5 meter gronddekking	0,00	0,00	0,00	4,17	0,00	4,17	0,00	m
Kritische strook – 3,5 meter gronddekking	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	M
Penetratiediepte	1,19	1,49	0,21	2,57	1,05	2,57	1,05	m

Tabel 10-11: Windturbine Harde Zeevering - berekening penetratiediepte

Parameter	Bladbreuk		Mastbreuk			Gondel en rotorafworp		Eenheid
	Nominaal toerental	Overtoeeren	Mast	Gondel en rotor	Blad	Gondel en rotor	Blad	
Penetratiediepte	1,19	1,49	0,21	2,57	1,05	2,57	1,05	m
Toelaatbare extra stress	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	Pa
Kinetische energie	1,71E+07	3,04E+07	7,85E+05	1,18E+08	1,27E+07	1,18E+08	1,27E+07	J
Elasticiteit	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	J
k1 (coëfficiënt)	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	-
k2 (coëfficiënt)	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	-
k3 (coëfficiënt)	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	-
Type bron	puntbron	puntbron	lijnbron	puntbron	puntbron	puntbron	puntbron	-
k4 (coëfficiënt)	1	1	0,43	1	1	1	1	-
k5 (coëfficiënt)	2,5	2,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
k6 (coëfficiënt)	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	-

Tabel 10-12: Windturbine Harde Zeewering - berekening toelaatbare extra stress

	Bladbreek		Mastbreek			Gondel en rotorafworp		Eenheid
	Nominaal toerental	Overtieren	Mast	Gondel en rotor	Blad	Gondel en rotor	Blad	
Toelaatbare extra stress	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	Pa
Minimum vloeigrens (SMYS)	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	Pa
Intern gasdruk	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	Pa
Leiding diameter	831,6	831,6	831,6	831,6	831,6	831,6	831,6	mm
Wanddikte	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	mm

Tabel 10-13: Windturbine Harde Zeewering - berekening kinetische energie

	Bladbreek		Mastbreek			Gondel en rotorafworp		Eenheid
	Nominaal toerental	Overtieren	Mast	Gondel en rotor	Blad	Gondel en rotor	Blad	
Kinetische energie	1,71E+07	3,04E+07	7,85E+05	1,18E+08	1,27E+07	1,18E+08	1,27E+07	J
Massa	1,50E+04	1,50E+04	1,60E+05	1,40E+05	1,50E+04	1,40E+05	1,50E+04	kg
Valversnelling	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	m/s ²
Hoogte	86	86	76	86	86	86	86	m
Begin snelheid	24,35	48,71						m/s
Fractie (coëfficiënt)	1,00	1,00	1	1	1	1	1	-
Toerental	13,6	27,2						tpm
Lengte	57,2	57,2	76					m
Ligging zwaartepunt	17,1	17,1	38					m
Ligging zwaartepunt / lengte	3,35	3,35						-

Berekende parameters – Windturbines Zuidwal

Tabel 10-14: Windturbine Zuidwal - berekening penetratiediepte

	Bladbreek		Mastbreek			Gondel en rotorafworp		Eenheid
	Nominaal toerental	Overtoeren	Mast	Gondel en rotor	Blad	Gondel en rotor	Blad	
Penetratiediepte	0,82	1,01	0,20	2,06	0,74	2,06	0,74	m
Toelaatbare extra stress	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	Pa
Kinetische energie	6,82E+06	1,15E+07	7,16E+05	6,78E+07	5,26E+06	6,78E+07	5,26E+06	J
Elasticiteit	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	2,07E+11	J
k1 (coëfficiënt)	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	-
k2 (coëfficiënt)	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	-
k3 (coëfficiënt)	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	-
Type bron	puntbron	puntbron	lijnbron	puntbron	puntbron	puntbron	puntbron	-
k4 (coëfficiënt)	1	1	0,43	1	1	1	1	-
k5 (coëfficiënt)	2,5	2,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
k6 (coëfficiënt)	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	-

Tabel 10-15: Windturbine Zuidwal - berekening toelaatbare extra stress

	Bladbreek		Mastbreek			Gondel en rotorafworp		Eenheid
	Nominaal toerental	Overtoeren	Mast	Gondel en rotor	Blad	Gondel en rotor	Blad	
Toelaatbare extra stress	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	3,97E+08	Pa
Minimum vloeigrens (SMYS)	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	4,21E+08	Pa
Intern gasdruk	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	Pa
Leiding diameter	831,6	831,6	831,6	831,6	831,6	831,6	831,6	mm
Wanddikte	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	mm

Tabel 10-16: Windturbine Zuidwal - berekening kinetische energie

	Bladbreek		Mastbreek			Gondel en rotorafworp		Eenheid
	Nominaal toerental	Overtoeren	Mast	Gondel en rotor	Blad	Gondel en rotor	Blad	
Kinetische energie	6,82E+06	1,15E+07	7,16E+05	6,78E+07	5,26E+06	6,78E+07	5,26E+06	J
Massa	6,70E+03	6,70E+03	1,46E+05	8,64E+04	6,70E+03	8,64E+04	6,70E+03	kg
Valversnelling	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	m/s ²
Hoogte	80	80	80	80	80	80	80	m
Begin snelheid	21,58	43,16						m/s
Fractie (coëfficiënt)	1,00	1,00	1	1	1	1	1	-
Toerental	18,4	36,8						tpm
Lengte	44	44	80					m
Ligging zwaartepunt	11,2	11,2	40					m
Ligging zwaartepunt / lengte	3,93	3,93						-

Bijlage

**2. Gevoeligheidsanalyse
ruwheidslengte**

In Safeti-NL is voor de ruwheidslengte de standaard waarde van 300 mm ingesteld. Deze gevoeligheidsanalyse heeft tot doel te evalueren of deze standaardwaarde passend is bij de geometrie van het terrein omliggend aan het zeeleiding tracé. Deze evaluatie werd nodig geacht omdat het omliggende terrein divers van geometrie is: vlakke zee, hoge opslagtanks en (gestapelde containers) bij buurbedrijven en braakliggend terrein. Onderstaande figuur geeft de plaatsgebonden risicocontouren 10⁻⁶ (PR = 10⁻⁶/jaar) bij verschillende ruwheidslengtes (in de legenda van onderstaande figuur afgekort met 'SR' = surface roughness). Het doel van deze figuur is de invloed van verschillende waarden van de ruwheidslengte op het risicoprofiel inzichtelijk te maken. De voor deze gevoeligheidsanalyse ingevoerde parameters zijn niet (exact) overeenkomstig de parameters zoals beschreven in hoofdstuk 5 betreffende 'Systeembeschrijving zeeleiding', waardoor de ligging van de PR = 10⁻⁶ per jaar contouren niet vergeleken kan worden met de plaatsgebonden risicocontouren zoals gepresenteerd in de resultaten in hoofdstukken 7 en 8. Dit vormt echter geen probleem voor deze gevoeligheidsanalyse omdat enkel het onderlinge verschil in ligging, veroorzaakt door het verschil in toegepaste ruwheidslengte, van belang is voor de conclusie van deze gevoeligheidsanalyse.

Voor onderstaande waarden van de ruwheidslengte zijn de PR = 10⁻⁶ per jaar contouren bepaald. Uit het resultaat blijkt dat binnen dit bereik van ruwheidslengtes de ligging van de contouren niet sterk verschilt.

- 300 mm (basis instelling in Safeti-NL)
- 100 mm (vrijwel vlak, af en toe grote obstakels)
- 60 mm (een 'gemiddelde' van de vlakken waar de zeeleiding binnen is gelegen)



Op basis van de gevoeligheidsanalyse is besloten om te modelleren met een ruwheidslengte van 100 mm. Deze keuze is gemaakt om recht te doen aan het vlakke karakter van het gebied ten noorden van de zeeleiding en tegelijkertijd rekening te houden met (mogelijke) ontwikkeling van het terrein ten zuiden van de zeeleiding. Opgemerkt wordt dat het kiezen van een andere ruwheidslengte naar aller waarschijnlijkheid geen significante invloed op het risicoprofiel zou hebben gehad.

Bijlage

3. Risico reducerende voorzieningen

Deze bijlage beschrijft de risico reducerende voorzieningen (verder voorzieningen) die zijn genomen ten aanzien van de buisleiding. De beschreven voorzieningen reduceren de kans van falen van de leiding. Voor mogelijke voorzieningen is aangesloten bij het rekenvoorschrift omgevingsveiligheid – module V buisleidingen [7]. Dit rekenvoorschrift geeft voorzieningen waarvoor een reductie op de faalkans mag worden toegepast en geeft de bijbehorende reductiefactor. Ook zijn voorwaarden geformuleerd waar de voorziening aan moet voldoen om deze van toepassing te mogen beschouwen.

Het vertrekpunt van de analyse om tot de faalkans van de buisleiding te komen is het overzicht van *‘Faalfrequentie en faalorzaken verdeling voor chemicaliënleiding’* zoals opgenomen in het rekenvoorschrift. Op basis van data is per faalorzaken bepaald wat de faalfrequentie is. De faalfrequentie van de leiding volgt uit de optelsom van de faalfrequentie van alle faalorzaken. De mogelijke faalorzaken zijn verdeeld in onderstaande categorieën:

- Beschadiging door derden
- Mechanisch
- Inwendige corrosie
- Uitwendige corrosie
- Natuurlijke oorzaken
- Operationeel

Voor de faalorzaken ‘beschadiging door derden’, ‘inwendige corrosie’ en ‘uitwendige corrosie’ zijn in het rekenvoorschrift voorzieningen gedefinieerd die direct mogen worden toegepast indien aan de randvoorwaarde van deze voorzieningen wordt voldaan. Voor de overige faalorzaken zijn voorzieningen gegeven, maar deze mogen pas worden toegepast na overleg met bevoegd gezag.

In de volgende paragraaf wordt de basis faalfrequentie gegeven. Daarna volgt een paragraaf waarin in de risico reducerende voorzieningen die direct mogen worden genomen besproken worden. Op basis van de basis faalfrequentie en de voorzieningen wordt vervolgens het plaatsgebonden risicobepaald. Op basis van het toetsingskader, zoals besproken in paragraaf 3.2, wordt bepaald of een additionele risicoreductie nodig is, en zo ja wat de omvang is.

Basis faalfrequentie

Voor de basis faalfrequentie wordt uitgegaan van een leiding die voldoet aan de stand der techniek (voorwaarden).

Tabel 10-17: Faalfrequentie en faaloorzaak verdeling voor chemicaliënleidingen die voldoen aan 'stand der techniek' [7]

Faaloorzaakverdeling voor buisleidingen met chemicaliën die voldoen aan 'stand der techniek'					
Faaloorzaak	Faalfrequentie [per km.jaar]			Aandeel (%)	
	Breuk	Lek	Totaal	Breuk	Lek
Beschadiging door derden	1,77E-05	2,63E-05	1,71E-04	47,9%	21,9%
Mechanisch	7,96E-06	3,86E-05	1,77E-04	21,5%	32,2%
Inwendige corrosie	1,41E-06	1,17E-05	4,97E-05	3,8%	9,8%
Uitwendige corrosie	4,25E-06	3,52E-05	1,49E-04	11,5%	29,3%
Natuurlijke oorzaken	2,26E-06	3,60E-06	2,27E-05	6,1%	3,0%
Operationeel/overig	3,40E-06	4,56E-06	3,09E-05	9,2%	3,8%
Totaal	3,70E-05	1,20E-04	6,00E-04	100%	100%

Toegepaste risico reducerende voorzieningen

In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van faaloorzaken en toegepaste reducerende voorzieningen. Binnen deze faaloorzaak 'Beschadiging door derden' zijn diverse clusters gedefinieerd van mogelijke reducerende voorzieningen; binnen de clusters mag rekenkundig één reducerende voorziening in de modellering worden opgenomen. Wiskundige vergelijkingen om de reductiefactoren te berekenen zijn niet opgenomen in deze rapportage; indien gewenst kan de lezer deze terug vinden in boven genoemd Rekenvoorschrift.

Tabel 10-18: Tabel 20 Overzicht toegepaste voorzieningen en reductiefactor

Faaloorzaak	Cluster	Maatregel	Toegepast	Reductie
Beschadiging door derden	-	Mitigatie door gronddekking	J	1 meter: 1,47 1,5 meter: 4,87 3,5 meter 16,18
	Cluster 1 - Actief rappel	Geen maatregel uit cluster 1 of buisleiding die voldoet aan stand-der-techniek-voorwaarden	J	1
		Actief rappel.	J	-
	Cluster 2 - Afdekking met beschermend materiaal	Waarschuwingslint	J	1,67
		Beschermpaten	-	-
		Waarschuwingslint + Beschermpaten	-	-
	Cluster 3 - Beheermaatregelen	Vergaande restricties	-	-
		Grave/boren verboden	-	-
		Beperkte restricties	J	1,6
	Cluster 4 - Fysieke barrières op maaiveld	Hekwerk	-	-
		Dijklichaam	-	-
		Barrière op het maaiveld	-	-
	Cluster 5 - overige maatregelen	Strikte begeleiding werkzaamheden (cluster 1 - geen maatregel)	-	-

		Camera toezicht (cluster 1 - geen maatregel)	-	-
		Strikte begeleiding werkzaamheden (cluster 1 - actief rappel)	J	2,5
		Camera toezicht (cluster 1 - actief rappel)		-
	Cluster 6 - Extra gronddekking 1)	Aantal meters extra gronddekking	-	-
	Cluster 7	Wanddikte exclusief corrosietoetslag is minimaal 15 mm	J	10
	Mechanisch falen	Het verlagen van de maximaal toegestane operatie druk tot een niveau waarbij de operational stress beneden 30% SMYS (Specified Minimum Yield Stress) komt	-	-
		Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie	J	10
	Inwendige corrosie	Het te transporteren medium is inherent aantoonbaar volledig niet-corrosief ten opzichte van het materiaal van de buisleiding (en vice versa)	-	-
		Het te transporteren medium is afdoende niet corrosief gemaakt ten opzichte van het materiaal van de buisleiding, maar voorzorgsmaatregelen en bewaking/beveiligingen zijn noodzakelijk. Deze kunnen mogelijk falen	-	-
		Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie	J	10
	Uitwendige corrosie	Het buismateriaal is inherent volledig niet-corrosief ten opzichte van de omgeving	-	-
		Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie	J	10
	Natuurlijke oorzaken	Ontoelaatbare zettingen c.q. spanningen kunnen door middel van een evaluatie redelijkerwijs vergaand worden uitgesloten	J	10
		Natuurlijke oorzaken kunnen worden uitgesloten	-	-
	Operationeel/overig	Toegepaste SIL = Berekende SIL +1	-	-
		Toegepaste SIL = Berekende SIL +2	J	100

1. Verdisconteerd in eerste rij 'mitigatie door gronddekking'

Toegepaste faalfrequentie met implementatie van risico reducerende voorzieningen

Tabel 10-19: Toegepaste faalfrequentie na implementatie reductiefactoren

Faaloorzaak verdeling voor buisleidingen met chemicaliën.		
Faaloorzaak	Faalfrequentie [per km.jaar]	
	Breuk	Lek
Beschadiging door derden – leidingsegment met 1 meter gronddekking	1,80E-07	2,68E-07
Beschadiging door derden – leidingsegment met 1,5 meter gronddekking	5,44E-08	8,08E-08
Beschadiging door derden – leidingsegment met 3,5 meter gronddekking	1,64E-08	2,43E-08
Mechanisch	7,96E-07	3,86E-06
Inwendige corrosie	1,41E-07	1,17E-06
Uitwendige corrosie	4,25E-07	3,52E-06
Natuurlijke oorzaken	2,26E-07	3,60E-07
Operationeel/overig	3,40E-08	4,56E-08
Windturbine – enkel direct pipe tracé en over segment zoals beschreven in bijlage 2	7,18E-04	-

Toelichting

Voor de leiding wordt een veiligheidsbeheersysteem (VBS) opgesteld in overeenstemming met NEN3655. Het VBS heeft als doelstelling om veilig en betrouwbaar transport te bewerkstelligen en om incidenten te voorkomen, alsmede om aan de vingerende wet- en regelgeving te voldoen.

Als onderdeel van het VBS wordt gedefinieerd welke activiteiten worden uitgevoerd om de integriteit van de leiding te beheersen.

Belangrijke operationele parameters zoals druk, temperatuur en doorzet zullen continue worden gemonitord.

De ligging van de leiding zal bepaald worden door middel van visuele (camera) inspectie of sonar survey langs het leidingtracé, waaruit, door vergelijking met de gegevens die vooraf en tijdens de installatie zijn verkregen, kan worden afgeleid hoe de leiding en de bodem zich gedragen.

Ter preventie van interne corrosie zal de kwaliteit van het medium, en specifiek de aanwezigheid van onzuiverheden die tot corrosie kunnen leiden, worden gemonitord bij de emittanten en nogmaals bij het compressor station en de terminal. Tevens bestaat de mogelijkheid om een monster van het medium te nemen voor kwaliteitsanalyse in een laboratorium.

Om externe corrosie te vermijden zal de leiding volledig worden beschermd door een coating. Tevens wordt kathodische bescherming geïnstalleerd op zowel het land- als zeedeel van de leiding om corrosie bij beschadigingen aan de coating te voorkomen. De status van de coating en goede werking van het kathodische beschermingssysteem zal worden gemonitord door middel van controlemetingen zowel op het land- als zeedeel van de leiding.

Voor het landdeel van de leiding zal bij notificatie van werkzaamheden via KLIC (Kabel en Leidingen Informatie Centrum), afstemming en strikte begeleiding van grondroerende werkzaamheden in de nabijheid van de Aramis leiding plaatsvinden.

De conditie van het overdruk beveiligingssysteem zal regelmatig worden gecontroleerd en de juiste werking zal periodiek worden vastgesteld met behulp van een functionele test (als onderdeel van de SIL classificatie).

Om te verifiëren of de maatregelen voor de integriteit van de leiding effectief zijn zal periodiek een in-line inspectie worden uitgevoerd. Deze inspectie wordt uitgevoerd door een intelligent pig (sonde) door de buis te leiden om de wanddikte en mogelijke defecten (als gevolg van corrosie of mechanische schade) te meten. De inspectie zal worden uitgevoerd in overeenstemming met de randvoorwaarden 'In-line inspectie (ILI)' als omschreven in de Handleiding Risicoberekeningen Toelichting en op basis van gangbare standaarden in de industrie, zoals de POF100 "specifications and requirements for in-line inspection of pipelines" door de Pipeline Operators Forum. Meerdere technologieën zijn beschikbaar om koolstofstalen leidingen in CO2 service te inspecteren. Het Aramis project is een programma gestart om de optimale ILI technologie te selecteren voor de transportleiding, met als minimale specificatie de eerdergenoemde eisen per Handleiding Risicoberekeningen.

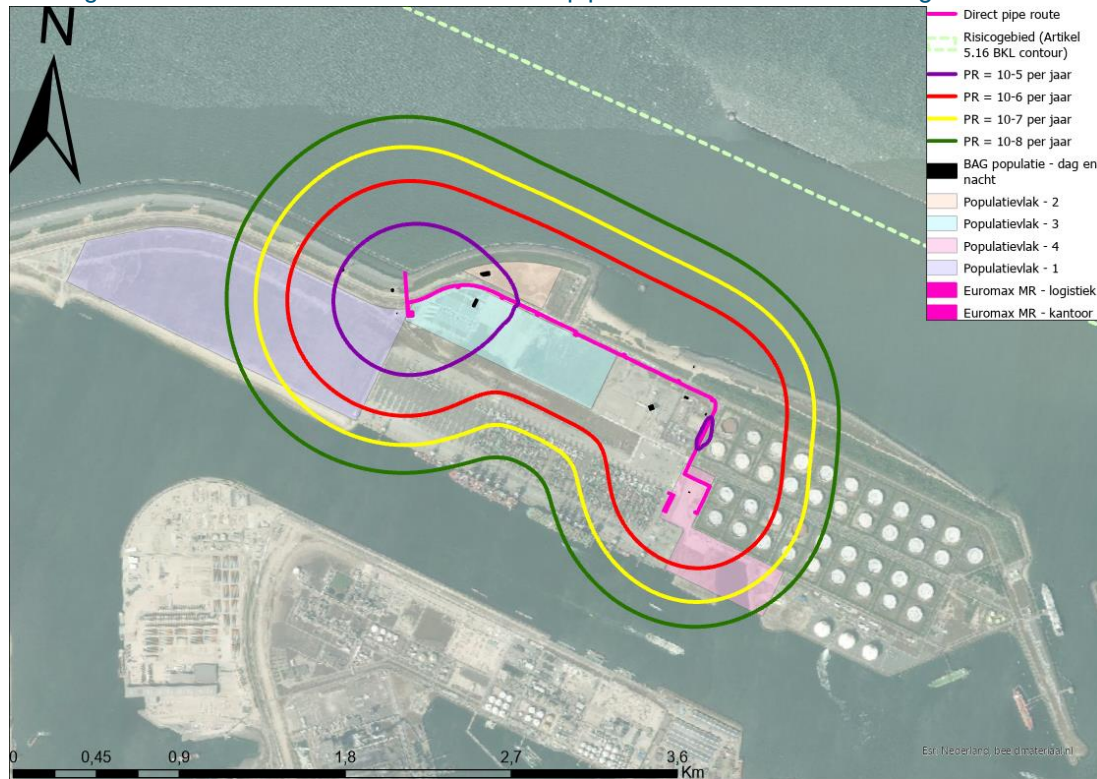
Indien defecten worden geïdentificeerd zullen deze worden beoordeeld in een risicoanalyse met een 'fit-for-purpose' (bedrijfs geschiktheids) demonstratie per NEN3650. Indien nodig zal het defect worden gerepareerd.

De eerste ILI zal binnen enkele jaren na opstarten worden uitgevoerd als baseline. Voor het bepalen van de inspectie interval zal een RBI-aanpak (Risk Based Inspection) toegepast worden waarbij monitorings informatie gebruikt wordt om mogelijke faaloorzaken te analyseren en gekoppeld aan de consequenties een inspectieregime wordt bepaald. Monitorings informatie bevat onder andere de historische druk, temperatuur en doorzet in de buisleiding, alsmede kwaliteitsmetingen aan het medium, controle metingen op het kathodische bescherming systeem en visuele/sonar inspectie resultaten m.b.t. de ligging van de leiding. Ook de resultaten van in-line inspecties worden meegenomen in het RBI proces. De maximale ILI interval bedraagt 10 jaar.

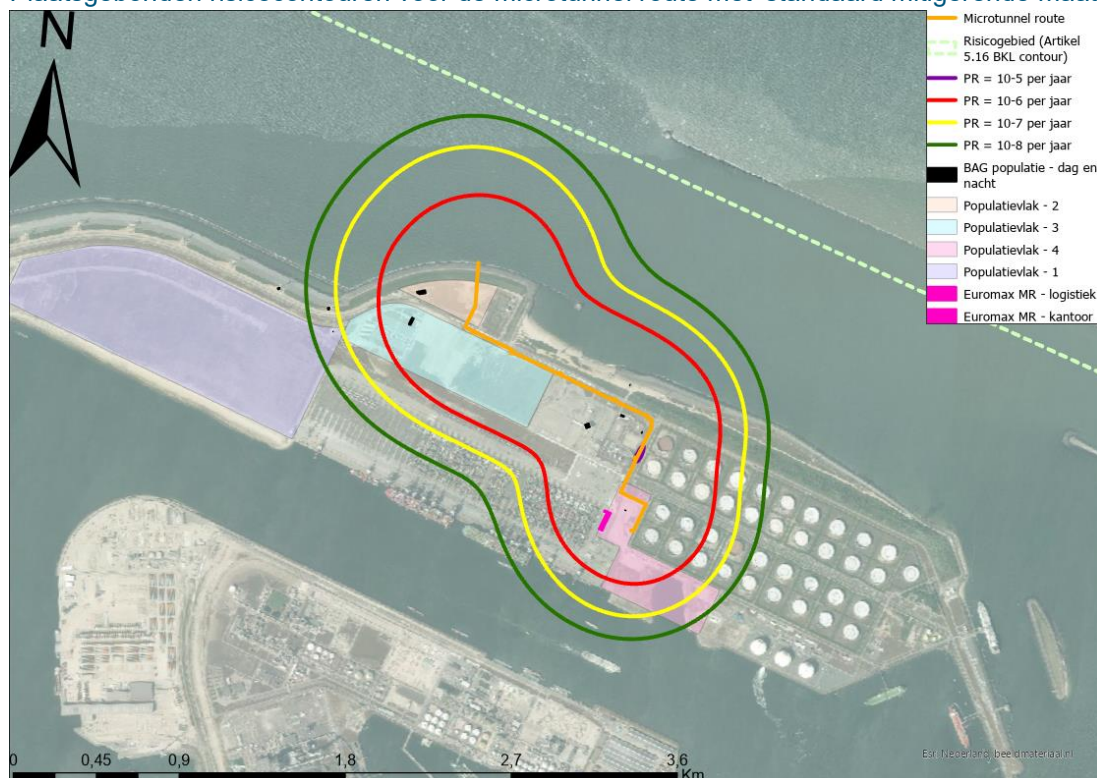
Appendix

4. Plaatsgebonden risico contouren - standaard risicoreducerende maatregelen

Plaatsgebonden risicocontouren voor de direct pipe route met 'standaard mitigerende maatregelen'



Plaatsgebonden risicocontouren voor de microtunnel route met 'standaard mitigerende maatregelen'



Bijlage

5. Uitwerking uitstromingsscenario's

Uitwerking uitstroming scenario's

In Tabel 10-20 zijn gegevens zoals ingevoerd om het leidingsysteem te modelleren opgenomen. In Tabel 10-21 zijn de gegevens voor de faalscenario's opgenomen

De exportklep van het compressorstation en de beach valve hebben beide een ESD functie. Ingeval van een breuk zullen deze kleppen binnen 120 seconden gesloten zijn (= tijdsbestek van detectie, initiatie, en uitvoering).

Tabel 10-20: Leiding gegevens faalscenario

Parameter	Waarde	Eenheid	Toelichting
Modelstof	Koolstofdioxide	[-]	Modelstof standaard aanwezig in Safeti-NL
Rekenmodel	Long pipeline	[-]	
Druk	200	bar	
Temperatuur	9,8	graden Celsius	Standaard te gebruiken instelling Safeti-NL volgens rekenvoorschrift voor buisleidingen
Ruwheidslengte buisleiding	45	µm	Standaard te gebruiken instelling Safeti-NL volgens rekenvoorschrift voor buisleidingen
Diepte ligging	Zie paragraaf 6.6 met betrekking tot 'Gronddekking'	meter	expansielussen en in- en uittrede punten leidingstraat zijn met een meter gronddekking gemodelleerd.
Grondsoort bedekking	Zandgrond	[-]	Grondsoort standaard aanwezig in Safeti-NL
Lengte zeeleiding (terugstroming)	> 150	km	

Tabel 10-21: Safeti-NL model gegevens

Parameter	Waarde	Eenheid	Toelichting
Uitstroombodem	Kratermodel	[-]	
Uitstroom richting	Verticaal	[-]	
Model hoogte	0,01	m	Standaard te gebruiken instelling Safeti-NL volgens rekenvoorschrift voor buisleidingen
Toevoerdebiet vanuit compressor station (pumped-in flow)	700	kg/s	Risicoprofiel zeeleiding gebaseerd op maximale doorzet
Diameter breuk	Full bore	[-]	Ingevoerd als 'relative aperture = 1'
Diameter lek	20	mm	Vaste waarde volgens rekenvoorschrift voor buisleidingen

Appendix

6. SMEZ rapport

Zie MER-Bijlage 13-6. QRA transportleiding landdeel SMEZ rapport - F1

Appendix

7. Memo met onderwerp: CCS Aramis – Ondergrond'



With its headquarters in Amersfoort, The Netherlands, Royal HaskoningDHV is an independent, international project management, engineering and consultancy service provider. Ranking globally in the top 10 of independently owned, nonlisted companies and top 40 overall, the Company's 6,500 staff provide services across the world from more than 100 offices in over 35 countries.

Our connections

Innovation is a collaborative process, which is why Royal HaskoningDHV works in association with clients, project partners, universities, government agencies, NGOs and many other organisations to develop and introduce new ways of living and working to enhance society together, now and in the future.

Memberships

Royal HaskoningDHV is a member of the recognised engineering and environmental bodies in those countries where it has a permanent office base.

All Royal HaskoningDHV consultants, architects and engineers are members of their individual branch organisations in their various countries.