



Windpark Landtong Rozenburg

QRA voorkeursalternatief onderdeel transportleidingen

Opdrachtgever: Bosch & van Rijn

Lievensse Infra B.V.

Telefoon
+31 (0)88 910 20 00

Documentnummer
ENQR-R-1-1

Adres
Tramsingel 2
4814 AB Breda

Datum
25 februari 2019

Versie
1

Colofon

Rapporthistorie

0	22-02-2019	Eerste uitgave
1	25-02-2019	Tweede uitgave

Verantwoording

Plaatsgebonden risico en groepsrisico

Contactgegevens

ir. S.S. Dharampal
088 910 23 15
sdharampal@lievense.com

Autorisatie

Documentnummer	Versie	Status
ENQR-R-1-1	1	Definitief

Opgesteld door	Functie	Datum	Paraaf
ir. S.S. Dharampal	Projectingenieur Pijpleidingen	25-02-2019	

Geverifieerd door	Functie	Datum	Paraaf
ir. R.R. van der Meer	Vakgroepmanager		

Akkoord projectleider	Functie	Datum	Paraaf
ir. R.R. van der Meer	Vakgroepmanager		

Inhoudsopgave

1	Algemeen	6
1.1	Inleiding	6
1.2	Opdracht	7
1.3	Aanleiding	7
1.4	Kwantitatieve risicoanalyse (QRA)	8
2	Kwantitatieve risicoanalyse	9
2.1	Algemeen	9
2.2	Externe veiligheid	9
2.3	Toegepaste software	9
3	Richtlijn externe veiligheid	10
3.1	Begrippen	10
3.2	Grenswaarden aanvaardbare risico's	10
4	Projectgegevens	12
4.1	Algemeen	12
4.2	Leiding- en procesgegevens	12
4.2.1	TEAM leiding	12
4.2.2	SHELL leiding	13
4.2.3	TAQA leiding	14
4.3	Gegevens windturbines	15
5	Modellering	16
5.1	Parameters specifiek voor een QRA in Nederland	16
5.2	Gebiedsfuncties en populaties	16
5.3	Groepsrisico (GR)	16
5.4	Plaatsgebonden risico (PR)	17
5.5	Stofeigenschappen	17
5.6	Ruwheidslengte	19
5.7	Weerstation	19
5.8	Risico verhogende ontstekingsbronnen	19
5.9	Windturbines	19
5.9.1	Invloedsgebied windturbines	20
5.9.2	Leidingsegmenten in het invloedsgebied	21
5.9.3	Rekenmethode additioneel risico windturbines	21
5.9.4	Additionele faalfrequentie	27
5.10	Faalfrequentie transportleidingen	27
5.11	Bepaling afmetingen plas	28
5.11.1	Algemeen	28
5.11.2	Afmetingen plasgrootte	28

6	Toegepaste faalfrequentie	30
6.1	Algemeen	30
6.2	Gebeurtenissenboom vrijkomend product	31
6.3	Faalfrequenties	31
6.3.1	Opbouw van de faalfrequenties	31
6.3.2	Basis Faalfrequenties	31
6.3.3	Faalfrequenties 'Stand der Techniek' voorwaarden	32
6.3.4	Overige getroffen algemene risico mitigerende maatregelen	37
6.3.5	Correctiefactoren diepteligging	37
6.3.6	Risico verhogende objecten	38
6.3.7	Gehanteerde faalfrequentie	38
7	Resultaten	39
7.1	Algemeen	39
7.2	Plaatsgebonden risico (PR)	39
7.2.1	TEAM leiding	39
7.2.2	SHELL leiding	41
7.2.3	TAQA leiding	43
7.3	Groepsrisico (GR)	44
7.3.1	Algemeen	44
7.3.2	TEAM leiding	44
7.3.3	SHELL leiding	45
7.3.4	TAQA leiding	46
7.3.5	Conclusie Groepsrisico	46
8	Conclusies en aanbevelingen	47

Referenties

- [Ref. 1] Handleiding risicoberekeningen BEVB, RIVM, Versie 2.0, 1 juli 2014
- [Ref. 2] Handleiding risicoberekeningen BEVI, RIVM, versie 3.3, 1 juli 2015
- [Ref. 3] Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb),
<http://wetten.overheid.nl> document met identificatienummer
 BWBR0028265
- [Ref. 4] SAFETI-NL, RIVM, versie 6.543 (inclusief Patch 3), juni 2015
- [Ref. 5] QRA-selectiemethodiek "toxisch en/of ontvlambaar", RIVM, 24 mei 2016
- [Ref. 6] Handboek Risicozonering Windturbines, Agentschap NL – Ministerie van Economische Zaken, herziene versie 3.1, september 2014
- [Ref. 7] Bevolkingsdata van Populator, Relevant, 8 februari 2019
- [Ref. 8] Top25raster, Kadaster, ~2014

Afkortingen

AF	Andere Faaloorzaken
AMvB	Algemene Maatregel van Bestuur
BEVB	Besluit externe veiligheid buisleidingen
BEVI	Besluit externe veiligheid inrichtingen
BRZO	Besluit risico's zware ongevallen 1999
CAROLA	Computer Applicatie voor Risicoberekeningen aan Ondergrondse Leidingen met Aardgas
CAS	Chemical Abstracts Service
CEV	Centrum Externe Veiligheid
CF	Clusterfactor
CLP	Classification, Labelling & Packaging
DN	Diameter Nominal
DNV	Det Norske Veritas
GR	Groepsrisico
ILT	Inspectie Leefomgeving en Transport (onderdeel van MIM)
KLIC	Kabels- en Leidingen Informatie Centrum
LC ₅₀	Lethal Concentration for 50% of subjects (animals, typically mice or rats)
LOC	Loss Of Containment
LVR	Leidingenverordening Rotterdam 2005
MIM	Ministerie van Infrastructuur & Milieu
MSDS	Material Safety Data Sheet
NNI	Nederlands Normalisatie-instituut
ORW	Oriëntatiewaarde (oriënterende waarde)
PR	Plaatsgebonden Risico
QRA	Quantitative Risk Assessment (kwantitatieve risicoanalyse)
RD	Rijksdriehoeksnet
REVB	Regeling externe veiligheid buisleidingen
REVI	Regeling externe veiligheid inrichtingen
RION	Regeling informatie-uitwisseling ondergrondse netten
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RRZO	Regeling risico's zware ongevallen 1999
RRGS	Register Risicosituaties Gevaarlijke Stoffen
SAFETI	Software for the Assessment of Flammable, Explosive and Toxic Impact
TPI	Third Party Interference
UDS	User Defined Source
WION	Wet informatie-uitwisseling ondergrondse netten
Wm	Wet milieubeheer
Wro	Wet ruimtelijke ordening
WT	Windturbine

1 Algemeen

1.1 Inleiding

Eneco is voornemens om de windturbines langs de Noordzeeweg bij de Landtong boven het Europoortgebied het windpark op te schalen. Dit windpark is gelegen tussen het Nieuwe Waterweg en het Calandkanaal. De bestaande windturbines zullen door het voorkeursalternatief worden vervangen, indien deze geen externe veiligheidsrisico's oplevert. Bosch & Van Rijn heeft in de rapportage 'Externe veiligheidsonderzoek t.b.v. het combi-MER' naar verschillende aspecten ten aanzien van effecten van de windturbines beschouwd, waarbij transportleidingen een onderdeel is van het onderzoek.



Figuur 1: Locatie windturbines en parallelgelegen leidingen

Het voorkeursalternatief (VKA) van het windpark omvat 11 windturbines van eenzelfde soort. Op deze locatie bevinden zich 3 parallelgelegen leidingen, te weten een TEAM, SHELL en TAQA transportleiding. In Figuur 1 is het windpark met windturbines WTB1 t/m WTB11 en de drie transportleidingen weergegeven.

Door deze buisleiding wordt brandbare vloeibare aardolieproducten getransporteerd (K1). Het transporteren van brandbare producten brengt risico's met zich mee voor de omgeving. Buisleidingexploitanten zijn verplicht in het kader van externe veiligheid deze risico's te inventariseren en evalueren conform de 'Handleiding risicoberekeningen Bevb' (Handleiding Bevb) [Ref. 1]. De leiding dient hierbij te voldoen aan de eisen van het 'Besluit externe

veiligheid buisleidingen (BEVB)' [Ref. 3]. Indien een leiding niet aan het besluit voldoet is er sprake van een knelpunt ten aanzien van de vigerende wet- en regelgeving.

1.2 Opdracht

In opdracht van Bosch & van Rijn voert Lievense een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uit volgens de Bevb voor de bestaande stalen transportleidingen betreffende het openbare gedeelte van het leidingtracé voor het gedeelte van de buisleiding boven het Europoortgebied. De QRA is uitgevoerd op basis van de 'Handleiding risicoberekeningen Bevb' Versie 2.0 [Ref. 1].

De volgende contactgegevens zijn relevant:

Opdrachtgever:

Bosch & van Rijn
Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht, Nederland

Opdrachtnemer:

Lievense Infra B.V.
Tramsingel 2
4814 AB Breda, Nederland
Dhr. R.R. van der Meer
Tel.: +31 (0)88 91 020 00

1.3 Aanleiding

Bosch & van Rijn heeft Lievense Infra B.V. om advies gevraagd ten aanzien van het Externe Veiligheid risico van de parallelgelegen buisleidingen in de omgeving van het windpark Landtong Rozenburg.

In het Besluit externe veiligheid buisleidingen zijn de milieukwaliteitseisen externe veiligheid voor het vervoer van gevaarlijke stoffen door buisleidingen beschreven.

Bij het vrijkomen van bepaalde gevaarlijke stoffen uit buisleidingen bestaat de kans dat zich een explosie voordoet, dat vergiftiging van mensen of dieren in de omgeving plaatsvindt of dat het milieu op andere wijze wordt verontreinigd. Buisleidingen voor het transport van gevaarlijke stoffen vormen een risico voor de externe veiligheid.

Buisleidingen die in de grond liggen zijn vaak zodanig aangelegd dat bovengronds rekening moet worden gehouden met risicoafstanden tussen bebouwing en buisleiding. Het risico van buisleidingen hangt bijvoorbeeld samen met de stof die door de leiding gaat, de wanddikte van de leiding en de diepteligging van de leiding. De risicoafstanden rond buisleidingen houden een planologisch relevante beperking in, omdat binnen die afstand in principe niet gebouwd mag worden.

De laatste stand van zaken en inzichten op het gebied van externe veiligheid zijn onder het beheer van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM-CEV), vallende onder het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (MIM).

In de 'Handleiding risicoberekeningen Bevb' [Ref. 1] zijn richtlijnen beschreven met betrekking tot de 'risicogevaarlijke buisleidingen'. Verder worden er inzichten beschreven en toegelicht welke de leidingexploitant de mogelijkheid biedt om de 'Stand der Techniek' eigenschappen van de leiding en mitigerende maatregelen mee te nemen in de risico inventarisatie.

Voor het ruimtelijk inpassen van buisleidingen met externe veiligheidsaspecten of het toetsen van ruimtelijke ontwikkelingen nabij deze buisleidingen, bevat het besluit BEVB en de regeling REVB het wettelijk toetsingskader. Deze zijn gebaseerd op het externe veiligheidsbeleid voor buisleidingen en zijn vastgesteld door de overheid. De AMvB voor buisleidingen heeft zijn grondslag in de wet- en regelgeving.

De wet- en regelgeving is van toepassing voor de exploitant en overheden (bijvoorbeeld gemeenten) over het opnemen van buisleidingen in bestemmingsplannen en regels voor het melden van ongewone voorvallen. De afweging van de externe veiligheidssituatie van buisleidingen en inrichtingen heeft op deze manier een grondslag in de Wet milieubeheer (Wm) en in de Wet ruimtelijke ordening (Wro).

1.4 Kwantitatieve risicoanalyse (QRA)

Teneinde te bepalen of het leidingwerk buiten de inrichting voldoet aan de externe veiligheidseisen, vastgelegd in de wet- en regelgeving, dient de exploitant, in dit geval TAQA, een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uit te voeren.

De QRA wordt gebruikt om beslissingen te nemen over de aanvaardbaarheid van risico's in relatie tot onder andere de omgeving van de transportleiding. Voor het uitvoeren van QRA berekeningen is door de overheid in artikel 1 van de REVB een tweetal softwarepakketten voorgeschreven. Dit betreft voor aardgas het rekenpakket CAROLA en respectievelijk voor aardolieproducten het rekenpakket SAFETI-NL [Ref. 4]. De beheerder van deze pakketten is RIVM-CEV. Deze zijn eveneens gevalideerd door RIVM-CEV. Lievense is een geregistreerd licentiehouders van deze rekenpakketten.

Bij de uitvoering van de QRA is er gerekend met het voorgeschreven en ontwikkelde rekenpakket, Software for the Assessment of Flammable, Explosive and Toxic Impact (SAFETI-NL). Dit rekenprogramma is alleen voor Nederland van toepassing, hetwelk is gebaseerd op het rekenpakket Phast van Det Norske Veritas (DNV) in Londen. De QRA berekening van het buisleidingsysteem zijn in de navolgende hoofdstukken nader beschouwd.

2 Kwantitatieve risicoanalyse

2.1 Algemeen

Teneinde te bepalen of leidingen voldoen aan de externe veiligheidseisen, vastgesteld in het Bevb, dient de leidingexploitant, een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uit te voeren. De QRA wordt gebruikt om beslissingen te nemen over de aanvaardbaarheid van risico's in relatie tot onder andere het leidingtracégebied van de transportleiding.

2.2 Externe veiligheid

Externe veiligheid beschrijft de grootte van het overlijdensrisico als gevolg van activiteiten met gevaarlijke stoffen. De mate van externe veiligheid wordt bepaald door de grootte van het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR). Het plaatsgebonden risico en het groepsrisico worden als volgt omschreven:

Plaatsgebonden risico: *Risico op een plaats, uitgedrukt als de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval waarbij een gevaarlijke stof betrokken is.*

Groepsrisico: *Cumulatieve kansen per jaar per kilometer buisleiding dat ten minste 10, 100 of 1000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een buisleiding en een ongewoon voorval met die buisleiding.*

De resultaten van de kwantitatieve risicoanalyse zijn getoetst aan de vastgestelde grenswaarde voor het plaatsgebonden risico en een oriëntatiewaarde (ORW) voor het groepsrisico.

2.3 Toegepaste software

Gerekend wordt met het door de overheid voorgeschreven en ontwikkelde software pakket SAFETI-NL [Ref. 4]. Beheerder van het programma SAFETI-NL is RIVM.

Programma versie: 6.543 (versie 2009 inclusief patch 1 t/m 3)

3 Richtlijn externe veiligheid

3.1 Begrippen

De externe veiligheid wordt gekarakteriseerd door twee begrippen, te weten (zie ook paragraaf 2.2):

- Plaatsgebonden Risico (PR);
- Groepsrisico (GR).

In deze paragraaf worden de grens- en richtwaarden waaraan de beschouwde leiding dient te voldoen van beide begrippen beschreven en toegelicht.

3.2 Grenswaarden aanvaardbare risico's

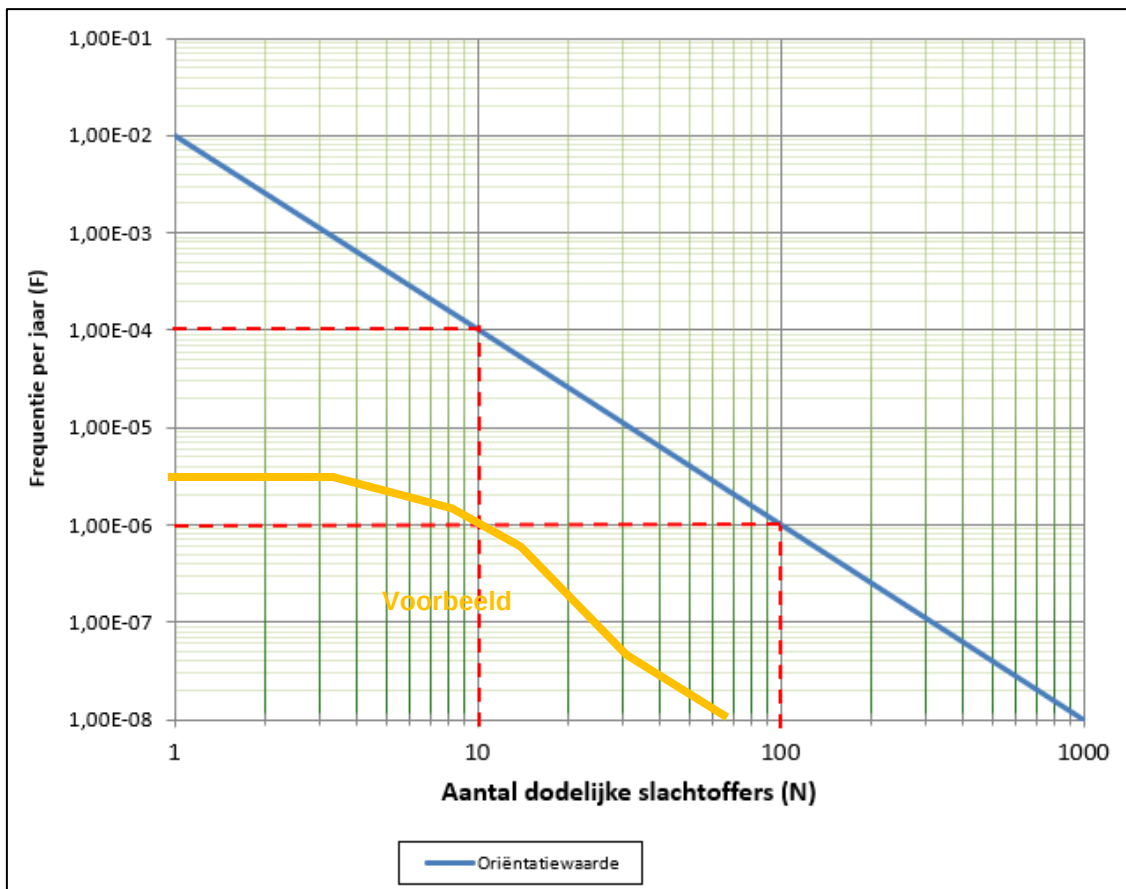
Het vaststellen van de aanvaardbaarheid van risico's is onderhevig aan het afwegen van verschillende belangen. De grenswaarde voor het plaatsgebonden risico is door de overheid in het BEVB [Ref. 3] vastgesteld op 1×10^{-6} per jaar voor kwetsbare objecten. Dit houdt in dat binnen deze iso-risicocontour (PR 10^{-6}) geen kwetsbare objecten aanwezig mogen zijn. Kwetsbare objecten zijn objecten waar een grotere hoeveelheid mensen bijeen kunnen komen of zijn, bijvoorbeeld een recreatieterrein, zieken- of verzorgingshuizen, een groot kantoor, winkel of een school. Voor beperkt kwetsbare objecten geldt deze waarde (PR 10^{-6}) als richtwaarde.

Voor het groepsrisico wordt uitgegaan van de door de overheid als richtlijn vastgestelde aanvaardbare waarden *per kilometer leiding* conform het BEVB [Ref. 3]:

- 10^{-4} per jaar voor 10 dodelijke slachtoffers
- 10^{-6} per jaar voor 100 dodelijke slachtoffers
- 10^{-8} per jaar voor 1000 dodelijke slachtoffers

In Figuur 2 zijn de hiervoor vermelde grenswaarden uitgezet in een grafiek (F-N curve). Op de horizontale as is het aantal dodelijke slachtoffers weergegeven; op de verticale as de bijbehorende kans.

In dit voorbeeld is de in het BEVB aangeduide oriëntatiewaarde (ORW) aangeduid door een dikke blauwe lijn. Het door de programma's berekende groepsrisico is in het figuur aangeduid met een oranje lijn. Zolang de oranje lijn in de resultaatsgrafieken van de rekenprogramma's zich onder de blauwe lijn (ORW) bevindt, is het berekende groepsrisico lager dan de door het BEVB aangeduide oriëntatiewaarde van het groepsrisico.



Figuur 2: Oriënterende waarde F-N diagram (groepsrisico) conform het Bevb (Bron: RIVM)

Wanneer het berekende groepsrisico de oriëntatiewaarde (ORW) niet overschrijdt, is het kleiner dan de door de overheid vastgestelde aanvaardbare waarde en wordt het dus acceptabel geacht. Als het GR wel wordt overschreden, blijkt een knelpunt aanwezig te zijn op basis van het wettelijk kader van het BEVB [Ref. 3]. In overleg met betrokken partijen, waaronder het bevoegd gezag, dienen deze knelpunten gesaneerd te worden.

4 Projectgegevens

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de door TEAM, SHELL en TAQA aangeleverde leiding- en procesgegevens en de gegevens van de windturbines weergegeven, die benodigd zijn voor het uitvoeren van een risicoberekening en bijbehorende analyse.

4.2 Leiding- en procesgegevens

4.2.1 TEAM leiding

De leiding- en procesgegevens van de TEAM leiding zien er als volgt uit:

Leidinggegevens	Eenheid	Noord leiding
Jaar ingebruikname	[-]	1961
Leidingmateriaal	[-]	Staal
Materiaalkwaliteit	[-]	API 5L-X46
Elasticiteitsmodulus	[GPa]	207
SMYS (= gegarandeerde minimale rekgrens)	[N/mm ²]	317
Uitwendige diameter	[mm]	609,6
	[inch]	24
Nominale wanddikte rechte delen / bochten	[mm]	7,9
Lengte	[m]	±15364
Diepteligging (lees: gronddekking)	[m]	0,00 tot 8,52
Procesgegevens		
CAS-nummer	[-]	8002-05-9
Inwendige medium	[-]	Ruwe olie
Maximale debiet in de leiding	[m ³ /uur]	2400
Bedrijfsfrequentie (benuttingsgraad) ¹	[%]	50
Sluittijd ²	[sec]	120
Maximale bedrijfsdruk ³	[bar]	30
Operationele werkdruk	[bar]	3 - 6
Drukbeveiliging pomp (Kooi 10, Welplaatweg)	[bar]	10
Bedrijfstemperatuur	[°C]	20
Fase medium	[-]	Vloeistof
¹⁾ Is niet ten alle tijden in gebruik, gegevens zijn gebaseerd op basis van verpompingen van afgelopen jaren; ²⁾ Met de "sluittijd" wordt bedoeld: de tijdperiode tussen falen van de buisleiding en het afsluiten van de buisleiding inclusief de tijd die de afsluiter nodig heeft om tot volledige afsluiting te komen in verband met terugslag. Conform opgave TEAM, bedraagt de sluitijd maximaal 2 minuten; ³⁾ Deze drukken zijn opgenomen in het RRGs databestand.		

Tabel 1: Overzicht leiding- en procesgegevens TEAM Noord leiding

4.2.2 SHELL leiding

De leiding- en procesgegevens van de SHELL leiding zien er als volgt uit:

Leidinggegevens	Eenheid	PEU240 leiding
Jaar van aanleg	[-]	1959
Leidingmateriaal	[-]	Staal
Materiaalkwaliteit	[-]	API 5LX-X42
Elasticiteitsmodulus	[GPa]	207
SMYS (= gegarandeerde minimale rekgrens)	[N/mm ²]	289
Uitwendige diameter	[mm]	609,6
	[inch]	24
Nominale wanddikte rechte delen / bochten	[mm]	7,14
Lengte	[m]	19989
Diepteligging (lees: gronddekking)	[m]	0,68 - 10,50
Procesgegevens		
CAS-nummer	[-]	8002-05-9
Inwendige medium	[-]	Ruwe olie
Maximale debiet in de leiding	[m ³ /uur]	1400
Bedrijfsfrequentie (benuttingsgraad) ¹	[%]	8
Sluittijd ²	[sec]	1800
Maximale bedrijfsdruk	[bar]	40
Fase medium	[-]	Vloeistof
¹⁾ Circa 3 dagen per jaar in bedrijf. Als conservatief uitgangspunt is in de QRA berekening een factor van 0,08 (8%) aangehouden voor de maatgevende situatie dat de leiding in gebruik is en een factor van 0,92 (92%) dat de leiding buiten gebruik is. Dit komt overeen met maximaal 28 dagen per jaar operationeel gebruik; ²⁾ Met de "sluittijd" wordt bedoeld: de tijdperiode tussen falen van de buisleiding en het afsluiten van de buisleiding inclusief de tijd die de afsluiter nodig heeft om tot volledige afsluiting te komen in verband met terugslag. Hierbij geldt een maximum van 1800 s.		

Tabel 2: Overzicht leiding- en procesgegevens SHELL PEU240 leiding

4.2.3 TAQA leiding

De leiding- en procesgegevens van de TAQA leiding zien er als volgt uit:

Leidinggegevens	Eenheid	10 inch TAQA ¹
Jaar van aanleg	[-]	1986
Leidingmateriaal	[-]	Staal
Materiaalkwaliteit	[-]	API 5L-X60 / API 5L-X52
Elasticiteitsmodulus	[GPa]	207
SMYS (= gegarandeerde minimale rekgrens)	[N/mm ²]	413 / 358
Uitwendige diameter	[mm]	273,1
	[inch]	10
Nominale wanddikte rechte delen / bochten	[mm]	14,3 / 7,1 / 12,7
Lengte	[m]	±12845
Diepteligging (lees: gronddekking)	[m]	0,60 – 16,00
Procesgegevens		
CAS-nummer	[-]	8002-05-9 / 64741-47-5
Inwendige medium	[-]	Ruwe olie / condensaat
Maximale debiet in de leiding ²	[m ³ /uur]	397,5
	[barrels/dag]	60000
Bedrijfsfrequentie (benuttingsgraad)	[%]	100
Sluittijd ³	[sec]	1800
Ontwerpdruk zee zijde / landzijde	[bar]	105 / 80
Ontwerptemperatuur	[°C]	38
Fase medium	[-]	Vloeistof
¹⁾ Bij de Noordzeeweg is sprake van een materiaalkwaliteit API 5L-X52 en een minimale nominale wanddikte van 7,1 mm; ²⁾ In de huidige situatie wordt de leiding bedreven met een maximale toegestane druk van 15 bar en bedraagt de huidige maximale pompcapaciteit 25000 barrels/dag, waarbij in de praktijk circa 1000 à 15000 barrels/dag worden getransporteerd. De QRA berekeningen met de ontwerpgegevens uit de tabel zijn dientengevolge duidelijk bovengrensbetredingen van de huidige situatie; ³⁾ Met de "sluittijd" wordt bedoeld: de tijdperiode tussen falen van de buisleiding en het afsluiten van de buisleiding inclusief de tijd die de afsluiter nodig heeft om tot volledige afsluiting te komen in verband met terugslag. Hierbij geldt een maximum van 1800 s.		

Tabel 3: Overzicht leiding- en procesgegevens 10 inch TAQA leiding

4.3 Gegevens windturbines

Voor het bepalen van het additionele risico van de toekomstige WT's worden de gegevens uit onderstaande tabellen gehanteerd volgens opgave van de opdrachtgever Bosch & van Rijn. Deze gegevens zijn van het voorkeursalternatief (VKA) type windturbine:

Windturbine nummer uit Figuur 1	RD-X [m]	RD-Y [m]
WTB1	69181	442335
WTB2	69478	442088
WTB3	69773	441838
WTB4	70069	441594
WTB5	70365	441348
WTB6	71037	440780
WTB7	71351	440524
WTB8	71660	440267
WTB9	71961	440015
WTB10	73323	438980
WTB11	73645	438759

Tabel 4: RD-coördinaten windturbines voorkeursalternatief

	Windturbine WTB1 t/m WTB11	Eenheid
Windturbine type	Siemens SWT-130	[-]
As-hoogte	130	[m]
Rotordiameter	130	[m]
Toeren per minuut	12,2	[rpm]
Aantal rotorbladen	3	[-]
Gewicht alle rotorbladen	51	[ton]
Gewicht Gondel	103	[ton]
Gewicht Mast	285	[ton]
Zwaartepunt blad t.o.v. het rotorcentrum	16,5 (= circa rotorbladlengte / 4)	[m]
Maximale werpafstand bij nominaal toerental	181	[m]
Maximale werpafstand bij overtoeren	478	[m]

Tabel 5: Gegevens windmolens rondom de leidingtracés

5 Modelling

5.1 Parameters specifiek voor een QRA in Nederland

Bij de modellering wordt standaard gerekend met de specifieke parameters die gelden voor een QRA berekening in Nederland. In het rekenprogramma SAFETI-NL programma zijn een aantal van de parameters als standaardwaarde opgenomen. Alle relevante specifieke parameters zijn weergegeven in module C van de 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb' [Ref. 1].

5.2 Gebiedsfuncties en populaties

De aanwezige populaties rondom het leidingtracés zullen zich voornamelijk concentreren in en rondom gebouwen en objecten, die langs de tracés aanwezig zijn. In hoeverre deze gebouwen en objecten nader beschouwd moeten worden is afhankelijk van het invloedsgebied bij een calamiteit. Dit invloedsgebied wordt in het BEVB omschreven als de '1% letaliteitsgrens'; zijnde het gebied waarin bij een leidingcalamiteit een aanwezige persoon nog 1% kans heeft op een dodelijke afloop. Buiten het invloedsgebied van een buisleiding is de grootte van de populatie verwaarloosbaar voor de QRA berekeningen en behoeft daarom niet in rekening gebracht te worden.

De QRA's zijn gericht op het ondergrondse deel in het openbare gebied langs de leiding. Hiervoor is het zogenoemde 'Free Field Modeling of delayed ignition' gebruikt voor het berekenen van de plaatsgebonden risicocontouren waarbij populatie niet wordt beschouwd als een ontstekingsbron.

De topografie vanuit het Kadaster [Ref. 8] is als ondergrond in het rekenmodel gebruikt. Hierbij zijn enkel de relevante delen van deze kaart gebruikt. Voor de populatiegegevens is gebruik gemaakt van de Populatie data in beheer van Relevant [Ref. 7].

5.3 Groepsrisico (GR)

De bepaling van het groepsrisico (GR) en het plaatsgebonden risico (PR) gebeurt aan de hand van het type populatie en de aantallen binnen het invloedgebied van de transportleiding. Een belangrijk onderdeel hierin zijn de aanwezigheidspercentages en of de personen zich binnen of buiten een gebouw bevinden.

In het populatiebestand is een onderverdeling in de dag- en nacht-populatie gemaakt. Ook voor de aanwezigheidspercentages zijn de standaardwaarden voor de dag (44%) en nacht (56%) van het gehanteerde rekenprogramma SAFETI-NL aangehouden. De kansverdeling van de bevolking voor binnen of buiten een gebouw is conform [Ref. 1]:

- gedurende de dag binnen (93%) en buiten (7%) én;
- gedurende de nacht binnen (99%) en buiten (1%).

De kansverdeling binnen en buiten uit het populatiebestand is echter ongewijzigd gelaten.

5.4 Plaatsgebonden risico (PR)

Voor het bepalen van de plaatsgebonden risico's is de actuele topografische kaarten gekalibreerd aan het RD-stelsel in SAFETI-NL. Hierbij is eerst kwantitatief bepaald welke objecten binnen de 10^{-6} PR risicocontouren vallen, waarna kwalitatief beoordeeld is of de objecten mogelijk knelpunten vormen.

De (beperkt) kwetsbare objecten die gelegen zijn binnen de veiligheidscontouren van het Rotterdamse havengebied en functioneel gebonden zijn zullen niet geïnventariseerd en gedocumenteerd worden.

5.5 Stofeigenschappen

Ruwe olie of condensaat in een mengsel van koolwaterstoffen komt als zodanig niet voor in het stoffen database bestand van het voorgeschreven programma SAFETI-NL. Voor het uitvoeren van een QRA-berekening worden verschillende rekenmethodieken gehanteerd die afhankelijk zijn van de classificatie van de stoffen. In navolgend Tabel 6 zijn de classificaties van risicogevaarlijke stoffen weergegeven conform de handleidingen voor risicoberekeningen uit [Ref. 1] en [Ref. 2].

Op basis van het gemiddelde vlampunt en kookpunt van ruwe olie / condensaat is dit stof ingedeeld als K1 vloeibaar aardolieproduct. Het BEVB schrijft n-octaan voor als representatieve voorbeeldstof voor K1 vloeibare aardolieproducten. In Tabel 6 zijn de stofeigenschappen van n-octaan (voorbeeldstof voor ruwe olie) en n-pentaaan (voorbeeldstof voor ruwe olie / condensaat) weergegeven zoals aanwezig in SAFETI-NL.

Fysische, chemische en toxische eigenschappen gehanteerde voorbeeldstof			
Leiding	[-]	TAQA	TEAM en SHELL
CAS-nummer voorbeeldstof	[-]	109-66-0	111-65-9
Chemische samenstelling voorbeeldstof	[-]	n-octaan: C ₈ H ₁₈	n-octaan: C ₈ H ₁₈
Vlampunt	[°C]	-40	13
Kookpunt	[°C]	+36,07	126
Classificatie aardolieproduct	[-]	K1	K1
Reactiviteit ontvlambaarheid	[-]	H225, Zeer licht ontvlambaar	H225, Zeer licht ontvlambaar
LC ₅₀ -waarden[Ref. 5] (acute toxiciteit bij ademhaling) ¹⁾	[-]	Geen H330- of H331-zin	Geen H330- of H331-zin
¹⁾ QRA selectiemethodiek 'toxisch en/of ontvlambaar' [Ref. 5][Ref. 5].			

Tabel 6: Fysische, chemische en toxische eigenschappen gehanteerde voorbeeldstof

Classificatie stoffen conform de Handleiding Risicoberekening Bevi / Bevb			
Classificatie	Reactiviteit ontvlambaarheid/toxiciteit bij inhalatie ²	Definities conform 'Handleiding Risicoberekeningen Bevi / Bevb'	Rekenmethodiek
Chemicaliën-leidingen (Toxisch, Inert en overig)	Toxisch	Stoffen, waarvan een probitrelatie afgeleid is in de 'Handleiding Risicoberekeningen Bevi'	Module D 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb'
	Inert en overig	Stoffen kunnen in combinatie met andere stoffen brandvertragend of -verhogend zijn	
Chemicaliën-leidingen Klasse 0 (K0)	Zeer licht ontvlambaar	Buisleidingen met aardolieproducten met een kookpunt van ten hoogste 308 K (35 °C) en een vlampunt lager dan 273 K (0 °C)	Module D 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb'
Aardgas-leidingen (Aardgas)	Zeer brandbaar	Drooggasleidingen Natgasleidingen Hoogcalorisch gas Zuurgasleidingen	Module B 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb'
Klasse 1 (K1)	Licht ontvlambaar	Buisleidingen met vloeibare aardolieproducten, waarbij de brandbare vloeistof (klasse 1) een vlampunt heeft tot 294 K (21 °C) en niet valt onder klasse 0	Module C 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb'
Klasse 2 (K2)	Ontvlambaar	Buisleidingen met vloeibare aardolieproducten, waarbij de brandbare vloeistof (klasse 2) een vlampunt heeft gelijk aan of boven 294 K (21 °C) en ten hoogste 328 K (55 °C)	
Klasse 3 (K3)	Matig ontvlambaar	Buisleidingen met vloeibare aardolieproducten, waarbij de brandbare vloeistof (klasse 3) een vlampunt heeft boven 328 K (55 °C) en ten hoogste 373 K (100 °C)	
Klasse 4 (K4)	Moeilijk ontvlambaar	Buisleidingen met vloeibare aardolieproducten, waarbij de brandbare vloeistof (klasse 4) een vlampunt heeft boven 373 K (100 °C)	Geen QRA benodigd wanneer de procestemperatuur lager is dan de vlamtemperatuur conform 'Handleiding Risicoberekeningen Bevi'

⁴⁾ Stoffen kunnen zowel brandbaar als toxisch tegelijk zijn.

Tabel 7: Classificatie risicogevaarlijke stoffen conform de Handleiding Risicoberekeningen Bevb / Bevi

5.6 Ruwheidslengte

Bij het onverhoopt vrijkomen van product is de mate van verspreiding onder andere afhankelijk van de ruwheidslengte, waarin de oneffenheden in het gebied zijn verdisconteerd. In de risicoberekeningen wordt, conform [Ref. 1], uitgegaan van 100 mm als standaard ruwheidslengte. Hiervan mag worden afgeweken en gebruik worden gemaakt van de ruwheidskaart van I&M. Hiervan is in de voorliggende rapportage geen gebruik van gemaakt.

5.7 Weerstation

De weerroos behorende bij het weerstation Rotterdam is als input voor de berekeningen gebruikt, omdat de tracés van de transportleidingen zich in het Rotterdamse havengebied bevinden. De parameters behorende bij deze weerroos kunnen niet worden gewijzigd in het gehanteerde rekenprogramma SAFETI-NL.

5.8 Risico verhogende ontstekingsbronnen

De ontstekingsbronnen zoals populatie, scheepsvaartroutes, spoor- en autowegen en bovengrondse hoogspanningslijnen zijn conform module B van de 'Handleiding risicoberekeningen BEVI' [Ref. 2] gemodelleerd in SAFETI NL.

De in rekening gebrachte populatie (bevolkingsbron) wordt standaard in SAFETI-NL als ontstekingsbron gehanteerd. Eventueel in dit gebied voorkomende snelwegen, spoorwegen en vaarwegen (lijnbronnen) zijn geïnventariseerd en als ontstekingsbron ingevoerd. Puntbronnen, welke zich voornamelijk op inrichtingen optreden, zijn niet ingevoerd.

5.9 Windturbines

Eventuele domino-effecten ten gevolge van windturbines dienen in de QRA berekeningen te worden verdisconteerd op basis van de laatste inzichten van het RIVM-CEV. Er dient hierbij te worden uitgegaan van het 'Handboek Risicozonering Windturbines' [Ref. 6]. Langs het tracé van de leidingen bevinden zich in totaal 11 windturbines, waarmee rekening dient te worden gehouden met de faalkansverhoging voor de leidingen. Indien de ondergrondse leiding binnen de werpafstand bevindt dient conform [Ref. 6] rekening te worden gehouden met de additionele faalkans voor de leiding naar aanleiding van falen van een windturbine.

Dit additionele risico op het falen van de leiding wordt conform het 'Handboek risicoberekeningen Windturbines, geactualiseerde versie van september 2014' [Ref. 6] geïnventariseerd. Afwijking bij de QRA berekeningen is het aangepaste zwaartepunt van het blad, welke in het handboek op rotorbladlengte / 3 van het rotorcentrum wordt gesteld. In dit geval bevindt het zwaartepunt van het blad voor de windturbines van het voorkeursalternatief zich op circa rotorbladlengte / 4 van het rotorcentrum. Bestaande windturbines zijn niet meegenomen in de voorliggende QRA, omdat deze in het voorkeursalternatief vervangen zullen worden.

5.9.1 Invloedsgebied windturbines

Voor een windturbine zijn er een viertal faalscenario's maatgevend met betrekking tot ondergrondse leidingen, zijnde [Ref. 6]:

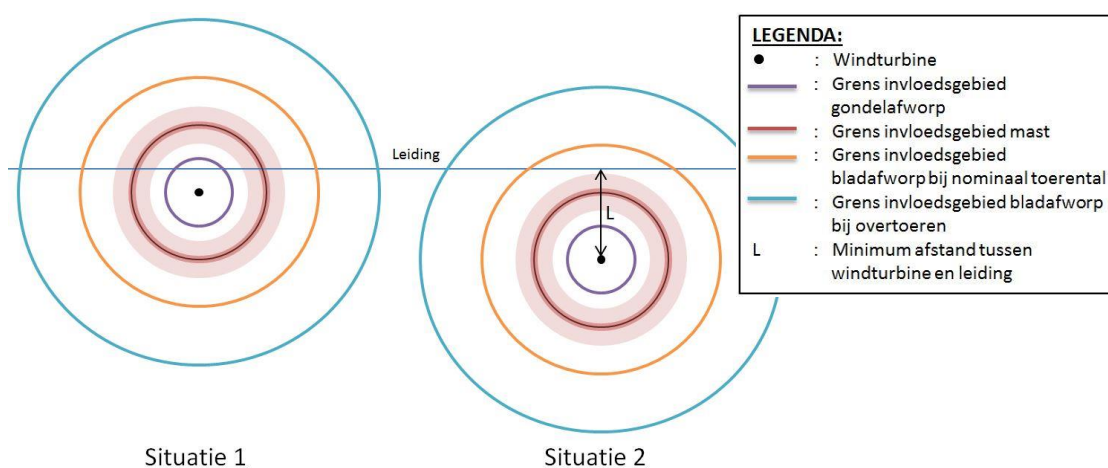
- Gondelafworp – het naar beneden vallen van de gondel;
- Mastbreuk – het omvallen van de toren inclusief gondel;
- Blad afworp nominaal toerental – het afvallen/wegschieten van een rotorblad;
- Blad afworp overtoeren – het afvallen/wegschieten van een rotorblad.

Elk faalscenario heeft zijn eigen invloedsgebied afhankelijk van het type windturbine. In onderstaande tabel zijn op basis van [Ref. 6] de stralen van het invloedsgebied van de verschillende faalscenario's weergegeven:

	Straal invloedsgebied
Gondelafworp	$\frac{1}{2}$ rotordiameter
Mastbreuk	Lengte mast + rotorbladlengte
Bladafworp nominaal toerental	Circa 100 – 210 m (afhankelijk van type windturbine en zwaartepunt blad). In dit geval bedraagt deze 181 m.
Bladafworp overtoeren	Circa 350 – 725 m (afhankelijk van type windturbine en zwaartepunt blad). In dit geval bedraagt deze 478 m.

Tabel 8: Invloedsgebieden faalscenario's

In Figuur 3 is een illustratie van de invloed van een windturbine op de leiding weergegeven. In Situatie 1 is de windturbine op kleine afstand van de leiding gepositioneerd, dit heeft als gevolg dat alle maatgevende faalscenario's van de windturbine van invloed zijn op de leiding. In Situatie 2 zijn enkel de faalscenario's bladafworp nominaal toerental en bladafworp overtoeren van invloed op de leiding.



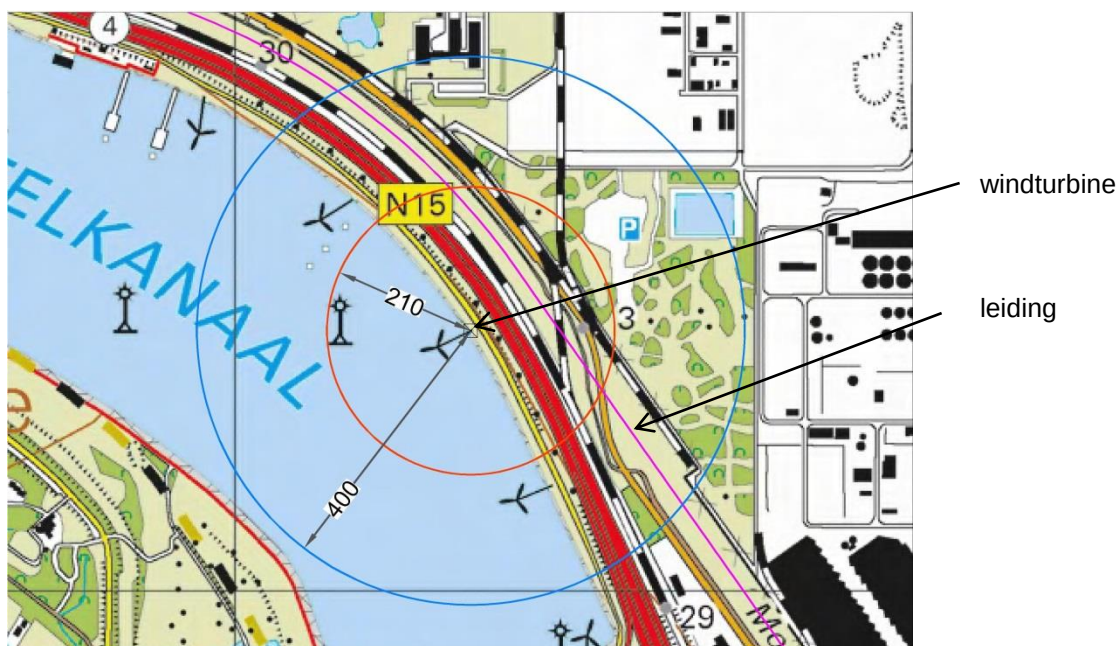
Figuur 3: Schematische weergave invloedsgebied per faalmechanismen van de windturbines

5.9.2 Leidingsegmenten in het invloedsgebied

Om te bepalen welke leidingsegmenten binnen een invloedsgebied vallen van de windturbines heeft Lieveense allereerst de leidingcoördinaten geïnventariseerd en de bijbehorende afstand tot de relevante windturbines bepaald.

In SAFETI NL is slechts één faalkans per leidingsegment mogelijk. Doordat het additionele risico nabij de WT is sterk verloopt naarmate het leidingsegment dichterbij de WT is gelegen, wordt gecontroleerd of er minimaal 1 coördinaat per 10 m aanwezig is binnen de straal van 210 m van de WT. Indien er minder dan 1 coördinaat per 10 m is zijn er extra leidingcoördinaten toegevoegd.

Eenzelfde controle wordt gedaan voor het leidingdeel vallend tussen de 210 m en de 400 m rondom de windturbine. Niettemin wordt hierbij een minimale dichtheid van coördinaten aangehouden 1 punt per 50 m. Daar het additionele risico nog maar relatief weinig varieert (enkel bladafworp overtoeren van toepassing) is een dichtheid van minimaal 1 coördinaat per 50 m toereikend voor de benadering van het verloop.



Figuur 4: Principe bepaling leidingdeel voor korte segmenten binnen het invloedsgebied van een windturbine [Ref. 6]

5.9.3 Rekenmethode additioneel risico windturbines

In Bijlage C, hoofdstuk 8 van het 'Handboek risicozonering Windturbines' [Ref. 6] is beschreven hoe het additionele risico voor een leiding binnen het invloedsgebied van een WT berekend kan worden voor ondergrondse kabels en leidingen.

De kern van de aanpak bestaat uit de berekening van 3 onderdelen:

- de *impact-energie*: de energie die (een onderdeel van) een WT heeft bij contact met de grond, bijvoorbeeld bij gondelafworp

- de *faalkans*: de kans dat 1 van de 4 maatgevende faaloorzaken zich voordoet;
- en de *raakkans*: de kans dat een specifiek leidingdeel geraakt wordt bij het optredende faalscenario.

Deze drie onderdelen zijn in navolgende sub-paragrafen toegelicht.

Impact falende windturbine

De grond, welke een beschermende werking heeft voor de leiding, zal als gevolg van de impact energie van een falende WT vervormen of verschuiven.

Aan de hand van de resterende materiaalspanning in de leiding, welke onder andere afhankelijk is van materiaalsterkte en ontwerpdruk, kan bepaald worden wat de minimale gronddekking dient te zijn alvorens de leiding faalt als gevolg van de vrijkomende energie bij een falende windturbine.

Elk onderdeel van de WT heeft een eigen impact energie wanneer deze de grond raakt. In [Ref. 6] wordt gesteld dat voor de vier in paragraaf 5.9.1 genoemde faalscenario's de potentiële energie volledig wordt omgezet in kinetische energie welke loodrecht op grond is gericht. Voor de beide bladafworp scenario's wordt tevens de helft ¹ van de kinetische energie die de bladen hebben bij genoemd toerental in rekening gebracht. Deze kinetische energie resulteert in een gebied onder de locatie van impact op maaiveldniveau waarbinnen de leiding zou falen. Hiervoor wordt de volgende vergelijking toegepast [Ref. 6]:

$$R = 0,3048 * \left(\frac{4,44 E}{\sigma_{toelaatbaar}} \right)^{\frac{1}{k_5 k_6}} * \left(\frac{2,03 * 10^{-4} * k_4 * E_{kinetisch}}{\sqrt{E * t}} \right)^{\frac{1}{k_5}}$$

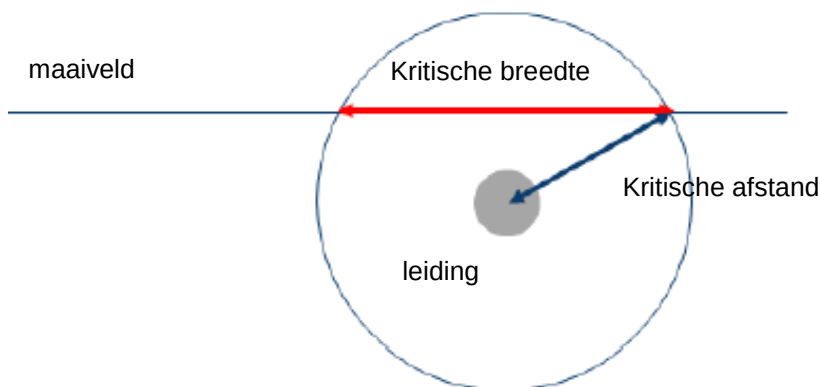
Waarbij:

R = de kritische afstand [m];
 E = elasticiteit [Pa];
 $\sigma_{toelaatbaar}$ = toelaatbare extra stress voordat metaal gaat vloeien [Pa];
 t = wanddikte [mm];
 SMYS = minimum vloeigrens [Pa];
 $E_{kinetisch}$ = effectieve kinetische energie [J] voor puntbron [J/m] voor lijnbron;
 k_4 , k_5 en k_6 = empirische coëfficiënten, zie onderstaand tabel.

	Puntbron	Lijnbron
k₄	1,0	0,43
k₅	2,5	1,5
k₆	0,77	0,77

Deze minimale gronddekking (lees: leidingbescherming) wordt de kritische afstand genoemd. Op basis van de kritische afstand wordt de kritische breedte (KB) berekend welke tevens afhankelijk is van de diepteligging van de leiding, zie Figuur 5.

¹ Het handboek gaat er vanuit dat de hoek van impact van een afvliegend blad met de grond gemiddeld 45 graden zal zijn.



Figuur 5: Kritische afstand blauw, Kritische breedte rood (grijs: doorsnede leiding) [Ref. 6]

Ieder faalscenario heeft haar eigen impact energie en derhalve ook een eigen kritische breedte. Er geldt hierbij dat hoe breder de kritische strook is binnen het invloedsgebied, hoe groter de kans is dat de leiding geraakt wordt.

Indien de kritische afstand kleiner is dan de diepteligging van de leiding heeft het betreffende scenario geen invloed op de additionele faalkans.

Faalkansen windturbines

In [Ref. 6] wordt per faalscenario de onderstaande faalfrequenties voorgeschreven.

Faalscenario	Faalfrequentie	Eenheid
Gondelafworp	4,0E-5	[j ⁻¹]
Mastbreuk	1,3E-4	[j ⁻¹]
Bladafworp nominaal toerental	8,4E-4	[j ⁻¹]
Bladafworp overtoeren ²	5,0E-6	[j ⁻¹]

Tabel 9: Faalkansen faalscenario's

De genoemde faalkansen worden uiteindelijk vermenigvuldigd met een factor die voortvloeit uit de raakkans berekening van het leidingsegment om de uiteindelijke additionele faalfrequentie voor het betreffende leidingsegment te kunnen bepalen.

Raakkans

De kans dat een bepaald leidingsegment faalt als gevolg van het falen van een windturbine is sterk afhankelijk of de grond boven de leiding daadwerkelijk geraakt wordt. Deze kans (raakkans) wordt als factor meegenomen in de faalfrequentie van een WT.

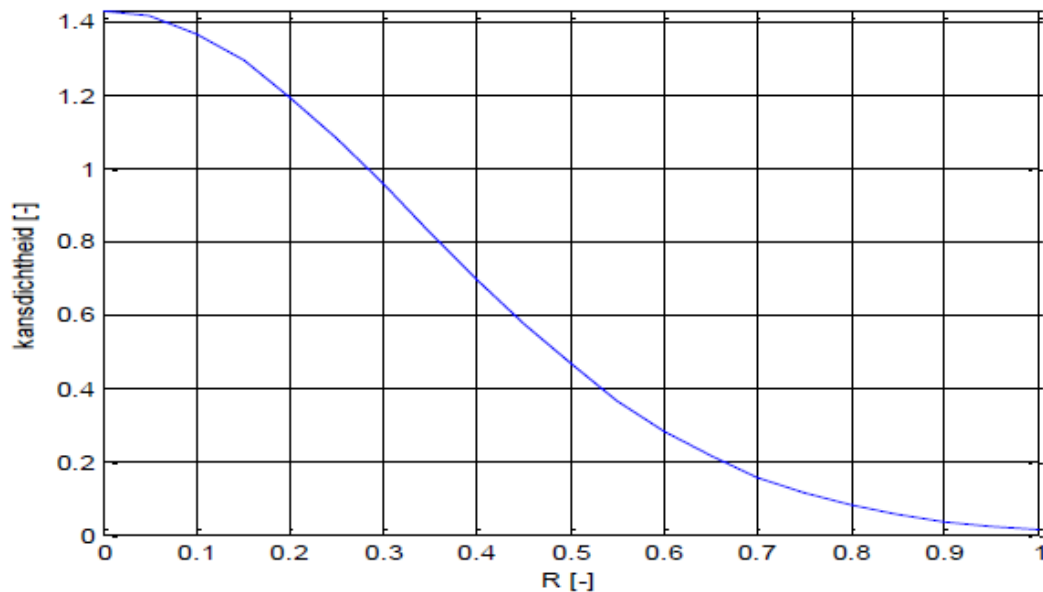
Deze raakkans wordt voor elk van de vier maatgevende faalscenario's, gondelafworp, mastbreuk, bladafworp nominaal toerental en bladafworp overtoeren, per leidingcoördinaat berekend.

² Kans op het faalscenario *bladafworp overtoeren* is zeer klein (ca. 1-2% van totaal bladafworp) en derhalve van verwaarloosbare invloed op de totale additionele faalkans voor ondergrondse leidingen.

Raakkans gondelafworp

Voor de raakkans bij gondelafworp wordt in het handboek de volgende grafiek gehanteerd, zie Figuur 6. R is hierbij de afstand gedeeld door de bladlengte [Ref. 6].

In de grafiek is goed te zien dat de raakkans nabij de windturbine groot is en afneemt tot vrijwel nul bij de gestelde grens van het invloedsgebied (de halve rotordiameter).



Figuur 6: Kansdichtheid Gondelafworp versus afstand halve rotordiameter [Ref. 6]

Raakkans mastbreuk

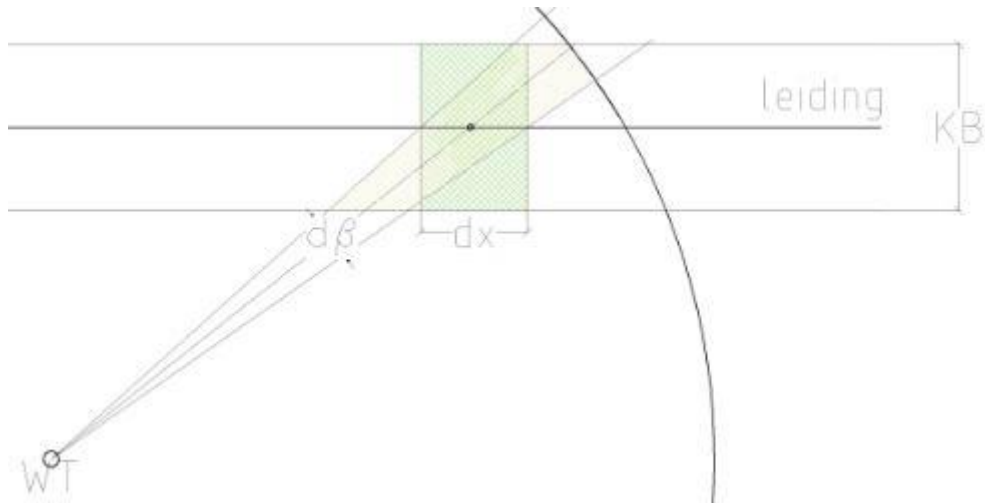
Bij het scenario mastbreuk wordt de hoek berekend waarbinnen een leidingsegment geraakt kan worden. De uitgangspunten hierbij zijn, dat de kans dat de mast een bepaalde richting op valt uniform verdeeld is over het gehele cirkelvormige invloedsgebied en de mast ten alle tijden bij de voet breekt. Er zijn bij mastbreuk een drietal situaties beschouwd, elk met een eigen impact energie en bijbehorende kritische breedte:

- 1) De mast valt als lijnlast in de strook met kritische breedte, de impact energie wordt bepaald door het gewicht van de mast;
- 2) Gondel vast aan de mast komt binnen de strook met kritische breedte terecht, de impact energie wordt bepaald door het gewicht van de gondel;
- 3) Blad aan gondel komt binnen de strook met kritische breedte terecht, de impact energie wordt bepaald door het gewicht van het blad.

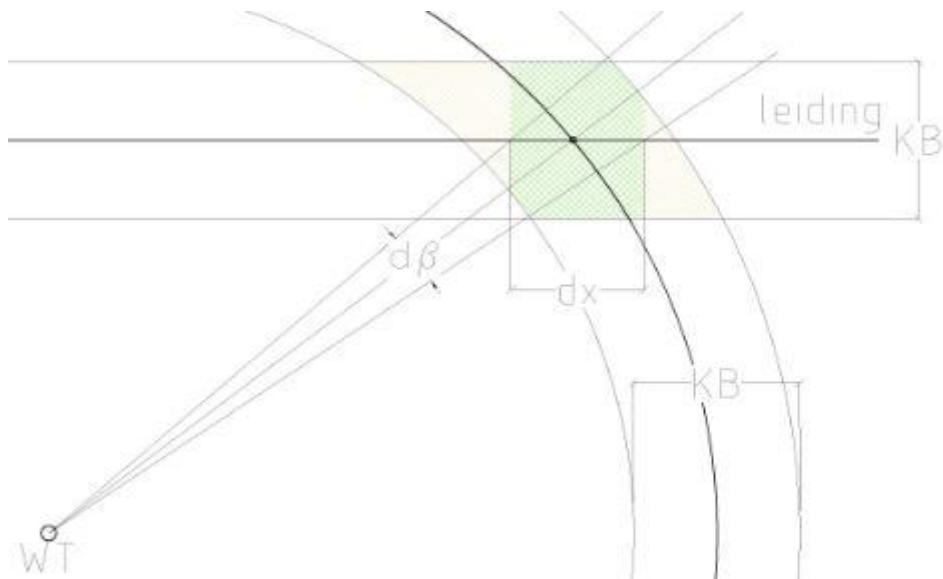
Voor alle drie de situaties is bepaald waarbij de faaloorzaak mastbreuk kan leiden tot falen van de leiding. Deze raakkans is afhankelijk van de situatie die beschouwd wordt. Zo is bij situatie 1 de mashoogte en afstand tot de leiding maatgevend voor de bepaling van de raakkans en is bij situatie 2 & 3 gekeken wanneer respectievelijk de gondel of een blad op afstand van de mashoogte, de grond binnen de kritische breedte boven de leiding raakt.

De raakkans is berekend aan de hand van het geprojecteerde raakoppervlak per eenheidslengte dx gedeeld door het totale oppervlak binnen het invloedsgebied. In de

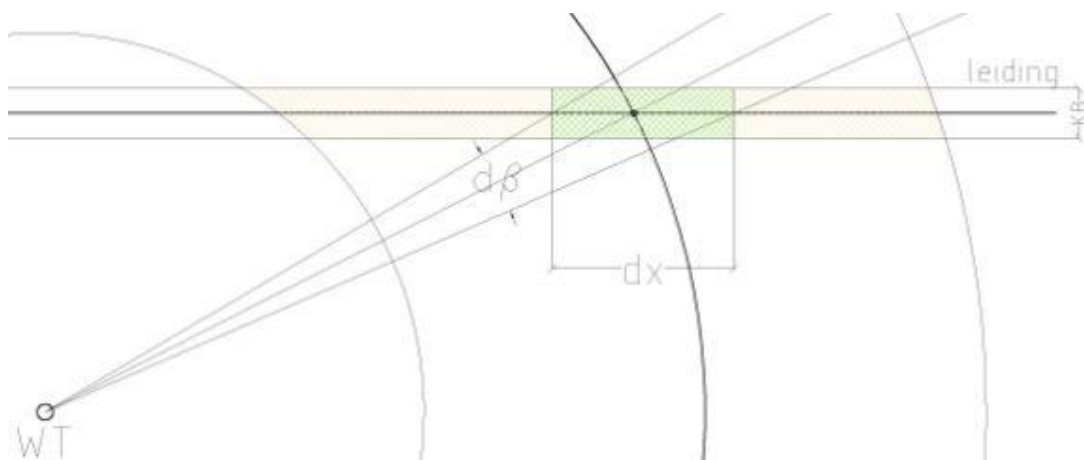
onderstaande figuren zijn deze geprojecteerde raakoppervlak van situatie 1 - 3 weergegeven, zie Figuur 7, Figuur 8, Figuur 9.



Figuur 7: Bepaling raakkans per meter leiding door het vallen van de mast bij mastbreuk.



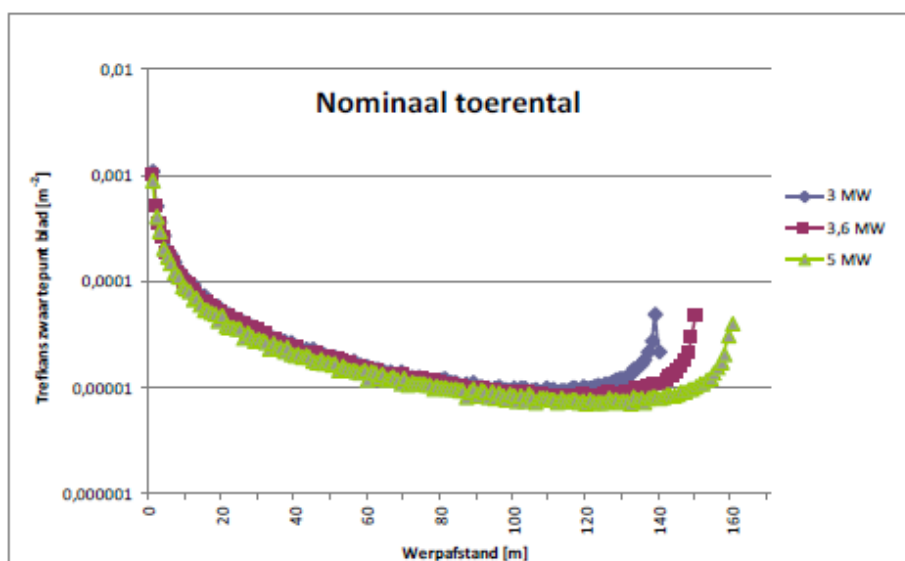
Figuur 8: Bepaling raakkans per meter leiding door het vallen van de gondel bij mastbreuk.



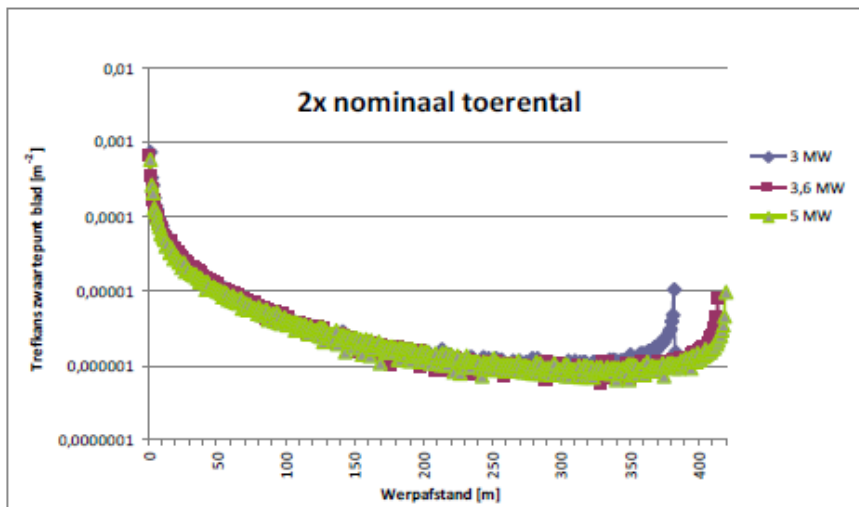
Figuur 9: Bepaling raakkans per meter leiding door het vallen van de bladen bij mastbreuk.

Raakkans bladafworp

Voor de bepaling van de raakkans van de leiding bij het faalscenario's bladafworp (nominaal toerental en overtoeren) is gebruikt gemaakt van onderstaande grafieken uit het 'Handboek risicozonering Windturbines' [Ref. 6], zie Figuur 10 en Figuur 11. In de grafieken staat de trefkans per m^2 aangegeven op een gegeven afstand van de windturbine.



Figuur 10: Trefkans bladafworp bij nominaal toerental versus afstand tot WT [Ref. 6]



Figuur 11: Trefkans Bladafworp bij overtoeren versus afstand tot WT [Ref. 6]

Op basis van de af te lezen trefkans per m^2 en de breedte van de kritische strook is per leidingcoördinaat de raakkans per meter leiding bepaald.

5.9.4 Additionele faalfrequentie

De sommatie van alle bovengenoemde effecten voor alle windturbines die invloed hebben op het specifieke leidingcoördinaat resulteren in de totale additionele faalfrequentie per meter behorend bij dit specifieke leidingcoördinaat. De additionele faalfrequentie voor een specifiek leidingsegment is berekend als het gemiddelde tussen de berekende additionele faalfrequenties van het begin- en het eind-coördinaat van het betreffende segment.

5.10 Faalfrequentie transportleidingen

Voor de gehanteerde faalfrequentie van de gehanteerde leidingen wordt verwezen naar Hoofdstuk 6. Rondom deze leidingen zijn risico verhogende objecten (windturbines) aanwezig, die een invloed hebben op de faalfrequentie van de leidingen. Met deze risico verhogende invloed is rekening gehouden in de berekeningen.

5.11 Bepaling afmetingen plas

5.11.1 Algemeen

Voor het berekenen van de risico's en effecten met betrekking tot de transportleiding van brandbare vloeistoffen dient een *Poolfire* (plasbrand) model te worden toegepast, zie [Ref. 1]. De grootte van de plasdiameter wordt bepaald door twee factoren, namelijk de grootte van het uitgestroomde debiet en de plashoogte. De warmtestralingsdosis wordt berekend op een hoogte van één meter conform de rekenmethodiek [Ref. 1].

5.11.2 Afmetingen plasmagrootte

De aangehouden sluitijd conform **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** in geval van een breuk van een transportleiding bedraagt maximaal 1800 seconden, waarbij menselijk ingrijpen succesvol wordt geacht. Op basis van de leiding- en procesgegevens van deze tabel wordt de plasdiameter bij volledige breuk van een buisleiding als volgt uitgerekend voor een vloeibare aardolieproduct:

$$\begin{aligned}V_{\text{pomp}} &= Q \cdot t \\V_e &= \pi/4 \cdot D_i^2 \cdot L_1 \cdot P_d \cdot C_e \\V_{\text{leeg}} &= \pi \cdot R_i^2 \cdot L_2 \\V &= V_{\text{pomp}} + V_e + V_{\text{leeg}} \\d &= 2 \cdot \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot h}}\end{aligned}$$

waarin:

Q	: maximale debiet van de pomp, in [m ³ /s];
t	: tijdsduur uitstroming (uitstromingsperiode, sluitijd ³), in [s];
D _i	: inwendige diameter van de buisleiding, in [m];
L ₁	: leidinglengte tussen pompen of pomp en einde van de leiding, in [m];
L ₂	: leidinglengte hellende leiding, in [m];
P _d	: maximale bedrijfsdruk (ontwerpdruk) ter plaatse van de lek, in [Pa];
C _e	: compressibiliteit van het aardolieproduct, in [Pa ⁻¹];
R _i	: inwendige straal van de buisleiding, in [m];
V	: uitstroomvolume van het aardolieproduct, in [m ³];
d	: diameter van de plas, in [m];
h	: plashoogte, in [m].

In geval van breuk zal een uitstroom plaatsvinden richting het maaiveld (verticale uitstroming bij ondergrondse leidingen). Er zal vervolgens een plas op het maaiveld vormen met een plashoogte van 5 cm.

³ Met de "sluitijd" wordt bedoeld: de tijdperiode tussen falen van de buisleiding en het afsluiten van de buisleiding inclusief de tijd die de afsluiter nodig heeft om tot volledige afsluiting te komen in verband met terugslag. Volgens de 'Handleiding risicoberekeningen BEVB' [Ref. 1] dient rekening gehouden te worden met een uitstroming van een half uur indien de uitstroomduur onbekend is.

Extra uitstroom ten gevolge van een hellende buisleiding (leegloop buisleiding) voor de beschouwde buisleiding wordt niet maatgevend geacht ten opzichte van de uitstroomvolumes, die veroorzaakt worden door het pompdebiet en vloeistof expansie. Gezien de grotendeels vlakke ligging in de leidingenstrook is de leegloop van een hellende (hoogteverschil) leiding derhalve niet beschouwd.

In Tabel 10 is op basis van bovenstaande formules de plasdiameter van de leidingen berekend bij uittrede op maaiveldniveau conform de 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb' [Ref. 1]. Conform het Bevb is het scenario gemodelleerd als een 'Pool fire'. De berekening van de plasdiameter van het uitgestroomde medium is eveneens in Tabel 10 weergegeven.

Omschrijving	Symbol	Eenheid	TEAM	SHELL	TAQA
Uitwendige diameter leiding	D_o	mm	609,6	609,6	273,1
Nominale wanddikte leiding	t_n	mm	7,9	7,14	7,1
Maximale debiet van de pomp	Q_{pomp}	m ³ /uur	2400	1400	397,5
Sluittijd	t	sec	180	1800	1800
Uitstroomvolume bij de pomp	V_{pomp}	m ³	120	700	198,8
Leidinglengte tussen pompen	L_1	m	15364	19989	12845
Maximale bedrijfsdruk	p_a	bar	30,0	40,0	105,0
Inwendige diameter van de buisleiding	D_i	mm	593,8	595,32	258,9
Compressibiliteit van het aardolieproduct	C_e	Pa ⁻¹	8,80E-10	8,80E-10	8,80E-10
Uitstroomvolume compressie vloeistof	V_e	m ³	11,2	19,6	6,2
Leidinglengte hellende leiding	L_2	m	0	0	0
Inwendige straal van de buisleiding	R_i	mm	296,9	297,7	129,5
Uitstroomvolume leegloop	V_{leeg}	m ³	0,0	0,0	0,0
Plashoogte (standaard)	h	cm	5	5	5
Totale uitstroomvolume	V_{tot}	m ³	131,2	719,6	205
Plasdiameter vloeibare aardolieproduct ZONDER erosiekrater	d	m	57,8	135,4	72,3

Tabel 10: Berekening van de plasdiameter bij breuk van de leiding

6 Toegepaste faalfrequentie

6.1 Algemeen

In de Handleiding Bevb [Ref. 1] wordt er onderscheid gemaakt tussen 'Algemene' leidingen en leidingen die voldoen aan de 'Stand der Techniek' voorwaarden. Voor de leidingen die voldoen aan de 'Stand der Techniek' voorwaarden mag een lagere faalfrequentie gehanteerd worden dan de 'Algemene' leidingen.

In de Handleiding Bevb [Ref. 1] worden een zestal faaloorzaken vermeld. Voor elk van deze faaloorzaken is in de Handleiding Bevb [Ref. 1] een set risico mitigerende maatregelen gedefinieerd die door de wetgever als 'Stand der Techniek' voorwaarden worden gezien. Als een leidingexploitant met betrekking tot een bepaalde faaloorzaak aan deze voorwaarden voldoet, mag een lagere faalfrequentie voor die betreffende faaloorzaak toegepast worden. Daar staat uiteraard een aantooningsplicht van de leidingexploitant tegenover.

Naast bovengenoemde 'Stand der Techniek' voorwaarden kunnen er overige mitigerende maatregelen tijdens het ontwerp, aanleg, exploitatie of beheer van de leiding door de leidingexploitant genomen zijn, waardoor het risico verlaagd wordt. Deze extra inspanningen van de leidingexploitant, in de Handleiding aangeduid als 'Maatregelen', kunnen leiden tot een verlaging van de faalfrequentie behorende bij een faaloorzaak. Een "Maatregel" is alleen van toepassing op één faaloorzaak en indien meerdere 'Maatregelen' bij één faaloorzaak getroffen zijn, mag slechts één "Maatregel" in rekening worden gebracht.

De verlaging van de faalfrequentie door het toepassen van een 'Maatregel' wordt in het algemeen uitgedrukt in een zogenaamde 'Clusterfactor', bijvoorbeeld de waarde 2, 5 of 10. Met de reciproke waarde van deze 'Clusterfactor', mag de faalfrequentie van de desbetreffende faaloorzaak vermenigvuldigd worden; dit leidt tot een lagere faalfrequentie.

Daarnaast zijn er ook mitigerende 'Maatregelen' mogelijk die niet als vaste 'Clusterfactor' in rekening worden gebracht, maar als een verlopende 'Reductiefactor'. Voorbeeld van een dergelijke maatregel is de boven de leiding aangebrachte gronddekking. Hoe meer gronddekking (meer dan 84 [cm]), hoe groter de reductie. Deze reductie is in een dergelijk geval dus geen vaste factor, zoals bij de 'Clusterfactoren' het geval is, maar is afhankelijk van de gronddekking. Indien deze gegevens niet voorhanden zijn wordt de minimale gegarandeerde dekking meegenomen in de berekening.

Tevens is de bedrijfsfrequentie van de leiding van invloed op de hoogte van de faalfrequentie. Indien een leiding slechts een deel van de tijd gebruikt wordt voor verpompingen heeft dit invloed op de kans op een bepaald effect bij een calamiteit. Dit komt tot uitdrukking in een aanpassing van de faalfrequentie. Tenslotte is er in bepaalde gevallen sprake van een additioneel risico als gevolg van de aanwezigheid van risicoverhogende objecten nabij de leiding, zoals windturbines. In dergelijke gevallen dient de faalfrequentie van het leidingsegment binnen het invloedsgebied verhoogd te worden.

6.2 Gebeurtenissenboom vrijkomend product

Bij het onverhoopt vrijkomen van product uit een leiding kunnen afhankelijk van de stof verschillende gebeurtenissen optreden.

De waarschijnlijkheid waarmee een dergelijke gebeurtenis optreedt is per stofcategorie gestandaardiseerd in de 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb' [Ref. 1] en de 'Handleiding Risicoberekeningen Bevi' [Ref. 2]. De kans op vertraagde ontsteking van een plasbrand volledige breuk van de leiding wordt bij een brandbare vloeistof K1 als maatgevend voor de QRA geacht. Na het ontsteken van het uitgestroomde medium kunnen er verschillende soorten schadebeelden ontstaan (effect). Als schadelijk effect wordt door het programma SAFETI-NL [Ref. 4] de warmtestralingsdosis op een hoogte van 1 meter berekend.

6.3 Faalfrequenties

6.3.1 Opbouw van de faalfrequenties

De voor de leiding gehanteerde faalfrequenties zijn als volgt opgebouwd:

- De basis faalfrequenties, zie paragraaf 6.3.2;
- Eventuele gereduceerde faalfrequentie op basis van "Stand der Techniek" voorwaarden, zie paragraaf 6.3.3;
- Eventuele reductie van de faalfrequentie op basis van getroffen "Algemene Overige mitigerende maatregelen", zie paragraaf 6.3.4;
- Eventuele reductie van de faalfrequentie op basis van een correctie voor een diepere ligging van de leiding, zie paragraaf 6.3.5;
- De gehanteerde faalfrequentie is in paragraaf 6.3.7 weergegeven.

6.3.2 Basis Faalfrequenties

In de Handleiding Bevb [Ref. 1] wordt de faalfrequentie per kilometer leiding opgedeeld in een aantal faaloorzaken. Per faaloorzaak wordt een basis faalfrequentie weergegeven. Deze basis faalfrequenties zijn in Tabel 11 weergegeven.

ALGEMENE BASIS FAALFREQUENTIE Voor niet nader onderzochte buisleidingen (Bevb / Revb)								
Faaloorzaak	Faaloorzaak	Loss of Containment door		Faalfrequentie [$\text{km}^{-1}\text{J}^{-1}$]				
		Lek	Breuk	Lek	%	Breuk	%	Lek+breuk
Beschadiging door derden	Beschadiging door Derden	22%	48%	9,86E-05	22	7,19E-05	48	1,71E-04
Mechanisch	Andere Factoren	78%	52%	1,45E-04	32	3,23E-05	22	1,77E-04
Inwendige corrosie				4,40E-05	10	5,71E-06	4	4,97E-05
Uitwendige corrosie				1,32E-04	29	1,72E-05	11	1,49E-04
Natuurlijke oorzaken				1,35E-05	3	9,15E-06	6	2,27E-05
Operationeel en overige oorzaken				1,71E-05	4	1,38E-05	9	3,09E-05
Totaal		100%	100%	4,50E-04	100	1,50E-04	100	6,00E-04

Tabel 11: Algemene basis faalfrequentie

6.3.3 Faalfrequenties 'Stand der Techniek' voorwaarden

Bij toepassing van de 'Stand der Techniek' voorwaarden, biedt de Handleiding Bevb [Ref. 1] de mogelijkheid om een gereduceerde faalfrequentie voor de desbetreffend faaloorzaak toe te passen. Indien de leiding voldoet aan deze 'Stand der Techniek' voorwaarden mogen de volgende faalfrequenties toegepast worden, zie Tabel 12.

'STAND DER TECHNIEK' FAALFREQUENTIE Voor buisleidingen die voldoen aan 'stand der techniek'-voorwaarden (Bevb / Revb)								
Faaloorzaak	Faaloorzaak	Loss of Containment door		Faalfrequentie [$\text{km}^{-1}\text{J}^{-1}$]				
		Lek	Breuk	Lek	%	Breuk	%	Lek+breuk
Beschadiging door derden	Beschadiging door Derden	22%	48%	2,63E-05	22	1,77E-05	48	4,40E-05
Mechanisch	Ander faaloorzaken	78%	52%	3,86E-05	32	7,96E-06	22	4,66E-05
Inwendige corrosie				1,17E-05	10	1,41E-06	4	1,31E-05
Uitwendige corrosie				3,52E-05	29	4,25E-06	11	3,95E-05
Natuurlijke oorzaken				3,60E-06	3	2,26E-06	6	5,86E-06
Operationeel en overige oorzaken				4,56E-06	4	3,40E-06	9	7,96E-06
Totaal		100%	100%	1,20E-04	100	3,70E-05	100	1,57E-04

Tabel 12: 'Stand der techniek' faalfrequenties

De totale faalfrequentie van 'Breuk van de leiding' is, in het geval bij elke faaloorzaak aan de 'Stand der Techniek' voorwaarden wordt voldaan gereduceerd tot 24,7% van de oorspronkelijke faalfrequentie (de basis faalfrequentie). Per faalkansoorzaak is door de leidingexploitant beschouwd of de leidingen aan de 'Stand der Techniek' voorwaarden voldoen. In Tabel 13, Tabel 14 en Tabel 15 staan de samenvatting hiervan per leidingexploitant weergegeven.

Faaloorzaak	Stand der Techniek voorwaarde, conform Handleiding Bevb [Ref. 1]	Van toepassing	
Beschadiging door derden	Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bossages en obstakels.	Ja	Ja
	Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en te houden van de aanwezigheid van de buisleiding.	Ja	
	Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel.	Ja	
Mechanisch	Leiding voor 1980 aangelegd: Mechanical Assessment van de leiding beschikbaar.	Nee	Nee
	Leiding na 1980 aangelegd: geen, is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding.	N.v.t.	
Inwendige corrosie	Bepaling van product corrosiviteit.	Ja	Ja
	Toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit (bijvoorbeeld corrosietoeslag op wanddikte, toepassen corrosie inhibitie, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating / "liner").	Ja	
	Effectief monitoring programma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit middels sampling, chemicaliën injectie, sampling op metaalafgifte).	Ja	
Uitwendige corrosie	Toepassing van passende coating en kathodische bescherming conform NEN 3654. Effectief monitoring programma van kathodische bescherming en van coating.	Ja	Ja
Natuurlijke oorzaken	Het constructief ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende maatregelen getroffen.	Ja	Ja
Operationeel en Overige	Gespecificeerd werkgebied m.b.t. debiet, druk, temperatuur, trip settings.	Ja	Ja
	Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiliging.	Ja	
	Monitoring van relevante DCS of Scada-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren.	Ja	
	Verandering van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC).	Ja	

Tabel 13: Van toepassing zijnde 'Stand der Techniek' voorwaarden TEAM leiding

Faaloorzaak	Stand der Techniek voorwaarde, conform Handleiding Bevb [Ref. 1]	Van toepassing	
Beschadiging door derden	Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bossages en obstakels.	Ja	Ja
	Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en te houden van de aanwezigheid van de buisleiding.	Ja	
	Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel.	Ja	
Mechanisch	Leiding voor 1980 aangelegd: Mechanical Assessment van de leiding beschikbaar.	Ja	Ja
	Leiding na 1980 aangelegd: geen, is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding.	N.v.t.	
Inwendige corrosie	Bepaling van product corrosiviteit.	Nee	Nee
	Toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit (bijvoorbeeld corrosietoeslag op wanddikte, toepassen corrosie inhibitie, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating / "liner").	Nee	
	Effectief monitoring programma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit middels sampling, chemicaliën injectie, sampling op metaalafgifte).	Nee	
Uitwendige corrosie	Toepassing van passende coating en kathodische bescherming conform NEN 3654. Effectief monitoring programma van kathodische bescherming en van coating.	Ja	Ja
Natuurlijke oorzaken	Het constructief ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende maatregelen getroffen.	Nee	Nee
Operationeel en Overige	Gespecificeerd werkgebied m.b.t. debiet, druk, temperatuur, trip settings.	Ja	Nee
	Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiliging.	Nee	
	Monitoring van relevante DCS of Scada-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren.	Nee	
	Verandering van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC).	Ja	

Tabel 14: Van toepassing zijnde 'Stand der Techniek' voorwaarden SHELL leiding

Faaloorzaak	Stand der Techniek voorwaarde, conform Handleiding Bevb [Ref. 1]	Van toepassing	
Beschadiging door derden	Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bossages en obstakels.	Nee	Nee
	Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en te houden van de aanwezigheid van de buisleiding.	Nee	
	Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel.	Ja	
Mechanisch	Leiding voor 1980 aangelegd: Mechanical Assessment van de leiding beschikbaar.	N.v.t.	Ja
	Leiding na 1980 aangelegd: geen, is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding.	Ja (1986)	
Inwendige corrosie	Bepaling van product corrosiviteit.	Nee	Nee
	Toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit (bijvoorbeeld corrosietoeslag op wanddikte, toepassen corrosie inhibitie, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating / "liner").	Nee	
	Effectief monitoring programma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit middels sampling, chemicaliën injectie, sampling op metaalafgifte).	Nee	
Uitwendige corrosie	Toepassing van passende coating en kathodische bescherming conform NEN 3654. Effectief monitoring programma van kathodische bescherming en van coating.	Ja	Ja
Natuurlijke oorzaken	Het constructief ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende maatregelen getroffen.	Ja	Ja
Operationeel en Overige	Gespecificeerd werkgebied m.b.t. debiet, druk, temperatuur, trip settings.	Ja	Nee
	Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiliging.	Nee	
	Monitoring van relevante DCS of Scada-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren.	Ja	
	Verandering van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC).	Ja	

Tabel 15: Van toepassing zijnde 'Stand der Techniek' voorwaarden TAQA leiding

Op basis van de getroffen 'Stand der Techniek' voorwaarden en bedrijfsfrequentie (buisleiding in gebruik) worden de volgende faalfrequenties (per leidingexploitant) toegepast, zie Tabel 16, Tabel 17 en Tabel 18:

GEHANTEERDE FAALFREQUENTIE (inclusief 50% benuttingsgraad) Berekening faalkans aspecten Basis-/stand der techniek'- faalfrequentie								
Faaloorzaak	Voorwaarden	Faaloorzaak	Loss of Containment door		Faalfrequentie [$\text{km}^{-1}\text{j}^{-1}$]			
			Lek	Breuk	Lek	%	Breuk	%
Beschadiging door derden	stand der techniek	Beschadiging door Derden	12%	29%	1,32E-05	12	8,85E-06	29
Mechanisch	basis	Andere faaloorzaken	88%	71%	7,25E-05	64	1,62E-05	53
Inwendige corrosie	stand der techniek				5,85E-06	5	7,05E-07	2
Uitwendige corrosie	stand der techniek				1,76E-05	16	2,13E-06	7
Natuurlijke oorzaken	stand der techniek				1,80E-06	2	1,13E-06	4
Operationeel en overige oorzaken	stand der techniek				2,28E-06	2	1,70E-06	6
Totaal			100%	100%	1,13E-04	100	3,07E-05	100

Tabel 16: Faalfrequenties op basis van door TEAM getroffen 'Stand der Techniek' maatregelen

GEHANTEERDE FAALFREQUENTIE (inclusief 8% benuttingsgraad) Berekening faalkans aspecten Basis-/stand der techniek'- faalfrequentie								
Faaloorzaak	Voorwaarden	Faaloorzaak	Loss of Containment door		Faalfrequentie [$\text{km}^{-1}\text{j}^{-1}$]			
			Lek	Breuk	Lek	%	Breuk	%
Beschadiging door derden	stand der techniek	Beschadiging door Derden	15%	30%	2,10E-06	15	1,42E-06	30
Mechanisch	stand der techniek	Andere faaloorzaken	85%	70%	3,09E-06	22	6,37E-07	14
Inwendige corrosie	basis				3,52E-06	25	4,57E-07	10
Uitwendige corrosie	stand der techniek				2,82E-06	20	3,40E-07	7
Natuurlijke oorzaken	basis				1,08E-06	8	7,32E-07	16
Operationeel en overige oorzaken	basis				1,37E-06	10	1,10E-06	24
Totaal			100%	100%	1,40E-05	100	4,69E-06	100

Tabel 17: Faalfrequenties op basis van door SHELL getroffen 'Stand der Techniek' maatregelen

GEHANTEERDE FAALFREQUENTIE (inclusief 100% benuttingsgraad) Berekening faalkans aspecten Basis-/stand der techniek'- faalfrequentie								
Faaloorzaak	Voorwaarden	Faaloorzaak	Loss of Containment door		Faalfrequentie [$\text{km}^{-1}\text{j}^{-1}$]			
			Lek	Breuk	Lek	%	Breuk	%
Beschadiging door derden	basis	Beschadiging door Derden	42%	68%	9,86E-06	42	7,19E-06	68
Mechanisch	stand der techniek	Andere faaloorzaken	58%	32%	3,86E-06	16	7,96E-07	8
Inwendige corrosie	basis				4,40E-06	19	5,71E-07	5
Uitwendige corrosie	stand der techniek				3,52E-06	15	4,25E-07	4
Natuurlijke oorzaken	stand der techniek				3,60E-07	2	2,26E-07	2
Operationeel en overige oorzaken	basis				1,71E-06	7	1,38E-06	13
Totaal			100%	100%	2,37E-05	100	1,06E-05	100

Tabel 18: Faalfrequenties op basis van door TAQA getroffen 'Stand der Techniek' maatregelen

6.3.4 Overige getroffen algemene risico mitigerende maatregelen

Naast de in de voorgaande paragrafen vermelde 'Stand der Techniek' maatregelen kunnen ook overige maatregelen getroffen zijn die risico reducerend zijn en als reducerende factor op de betreffende faalfrequentie in rekening mogen worden gebracht. Een eis hierin is wel dat de mitigerende maatregelen op in de handleiding en besluit voorgeschreven wijze zijn aangebracht en van kracht zijn.

Er is geen informatie van bekend met betrekking getroffen risico mitigerende maatregelen en is derhalve de clusterfactoren niet toegepast van module B van [Ref. 1].

6.3.5 Correctiefactoren diepteligging

In de Handleiding Bevb [Ref. 1] wordt aangegeven dat op de faalfrequentie Beschadiging door derden een correctiefactor voor de diepteligging mag worden toegepast. Deze correctiefactor wordt middels onderstaande vergelijking in rekening gebracht.

$$\text{Correctiefactor} = e^{-2,4 \cdot (Z1 - Z0)}$$

Waarbij:

- Z0 = werkelijke diepteligging van de leiding (bovenkant buis);
- Z1 = referentiediepte van 0,84 m.

De leiding ligt buiten de overslag- en opslagterreinen op een grotere diepte dan de referentiediepte van 0,84 m. Op basis van NEN 3650 dienen leidingen uit Groep I te zijn ontworpen op 1 m gronddekking. Lieveense heeft waargenomen uit de leidinggegevens, dat de gronddekking lager dan 1 m (risico verhogend indien lager 0,84 m) of hoger dan 1 m kan zijn.

Op basis van de door de leidingeigenaar verstrekte gegevens met betrekking tot de hoogteligging van de leiding in relatie tot het maaiveld is voor de faaloorzaak Beschadiging door derden de faalfrequentie gecorrigeerd.

Deze berekende clusterfactor CF is variabel per leidingsegment en wordt vermenigvuldigd met de faalfrequentie 'Beschadiging door derden' (TPI) uit Tabel 16, Tabel 17 en Tabel 18.

6.3.6 Risico verhogende objecten

Nabij het tracé bevinden zich windturbines. Deze objecten zijn risico verhogende objecten, daar bij een calamiteit van een windturbine gevolgschade kan optreden aan de aanwezige ondergrondse transportleiding. Deze specifieke en locatie gebonden risicoverhoging wordt bepaald middels de rekenmethodiek vermeldt in 'Handboek Risicozonering Windturbines' [Ref. 6], waarbij de locaties en eigenschappen van de windturbines zijn gebaseerd op de 'Kaart met windparken'. In dit geval is sprake van het voorkeursalternatief van het windpark Landtong Rozenburg.

Deze additionele faalfrequentie is variabel per leidingsegment en wordt opgeteld boven de totale faalfrequentie van de leidingen.

6.3.7 Gehanteerde faalfrequentie

Na correctie van de diepteligging en toevoeging van de additionele faalfrequentie zijn in Tabel 19 maatgevende gehanteerde faalfrequenties bij volledige breuk van de leidingen weergegeven.

GEHANTEERDE FAALFREQUENTIE BIJ VOLLEDIGE BREUK Berekening faalkans aspecten Basis-/stand der techniek'- faalfrequentie, diepteligging en additionele faalfrequentie		
TEAM [km⁻¹j⁻¹]	SHELL [km⁻¹j⁻¹]	TAQA [km⁻¹j⁻¹]
2,16E-04	2,16E-04	3,40E-04

Tabel 19: Gehanteerde faalfrequenties voor de leidingen bij volledige breuk

7 Resultaten

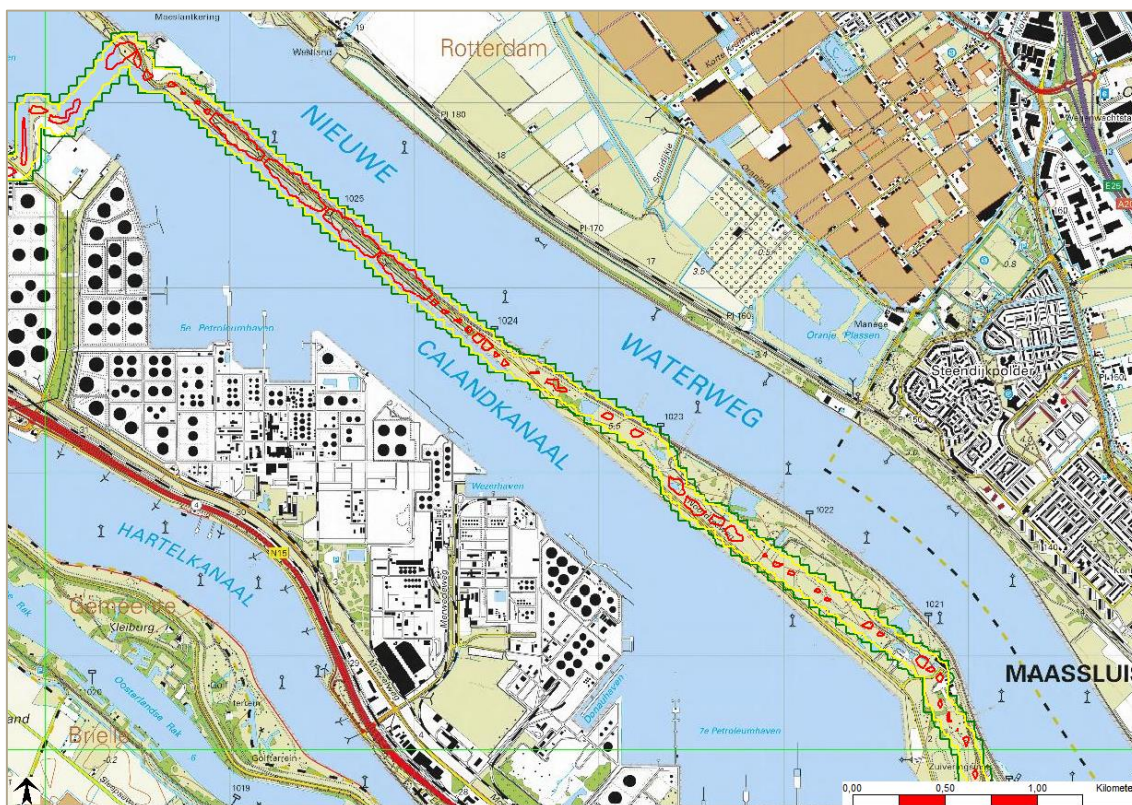
7.1 Algemeen

Op basis van de gemodelleerde scenario's treden plaatsgebonden risicocontouren rondom de transportleidingen op ten gevolge van de warmtestraling nabij potentiële calamiteit. In paragraaf 3.2 zijn de toelaatbare grenswaarden voor het Plaatsgebonden en Groepsrisico beschreven. In de navolgende paragrafen worden de resultaten weergegeven van de beschouwde transportleiding.

7.2 Plaatsgebonden risico (PR)

7.2.1 TEAM leiding

In Figuur 12 zijn de risicocontouren van de beschouwde transportleiding weergegeven (rood: PR 10^{-6} ; geel: PR 10^{-7} ; groen PR 10^{-8}).

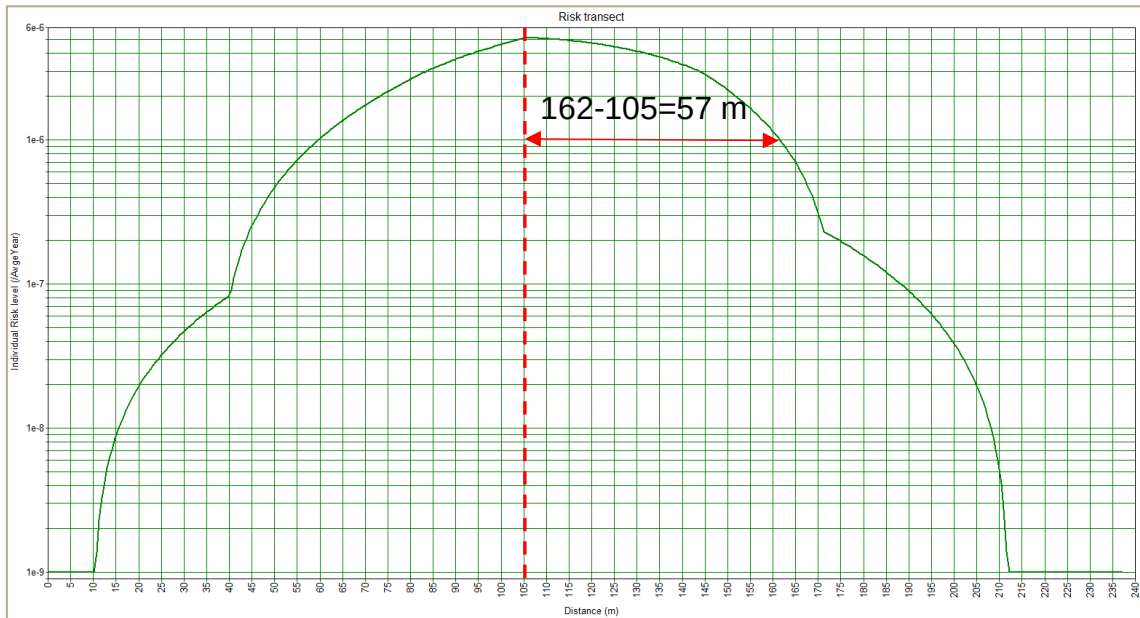


Figuur 12: Globale PR-risicocontouren van de TEAM leiding

Bij een gedetailleerdere beschouwing vallen binnen de 10^{-6} PR geen kwetsbare objecten waar te nemen in de openbare ruimte van dit leidingtracé.

Het toegepaste softwareprogramma berekent een mogelijk maximaal optredend PR ter grootte van circa $6,64 \cdot 10^{-6} \text{ j}^{-1}$.

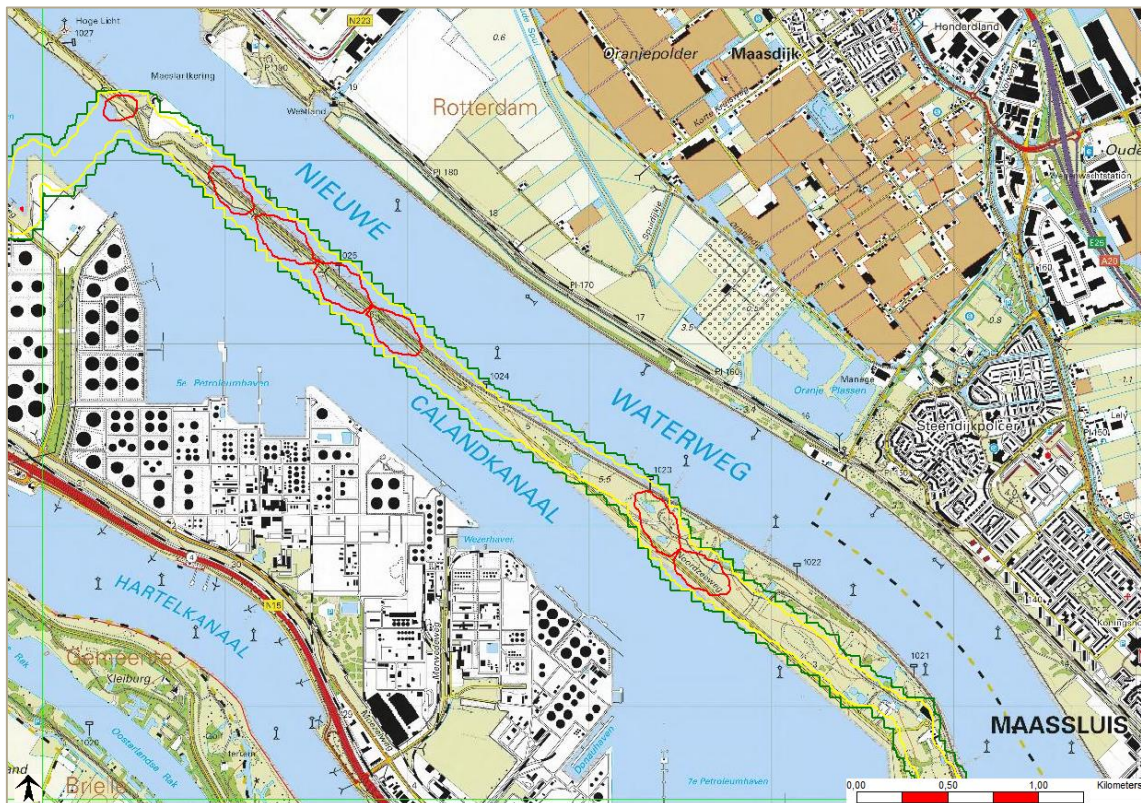
De maatgevende afstand van de 10^{-6} PR lijn voor de TEAM leiding bedraagt 57 m vanaf de leiding, zie Figuur 13.



Figuur 13: Maatgevende 10^{-6} PR-afstand van de TEAM leiding

7.2.2 SHELL leiding

In Figuur 14 zijn de risicocontouren van de beschouwde transportleiding weergegeven (rood: PR 10^{-6} ; geel: PR 10^{-7} ; groen PR 10^{-8}).

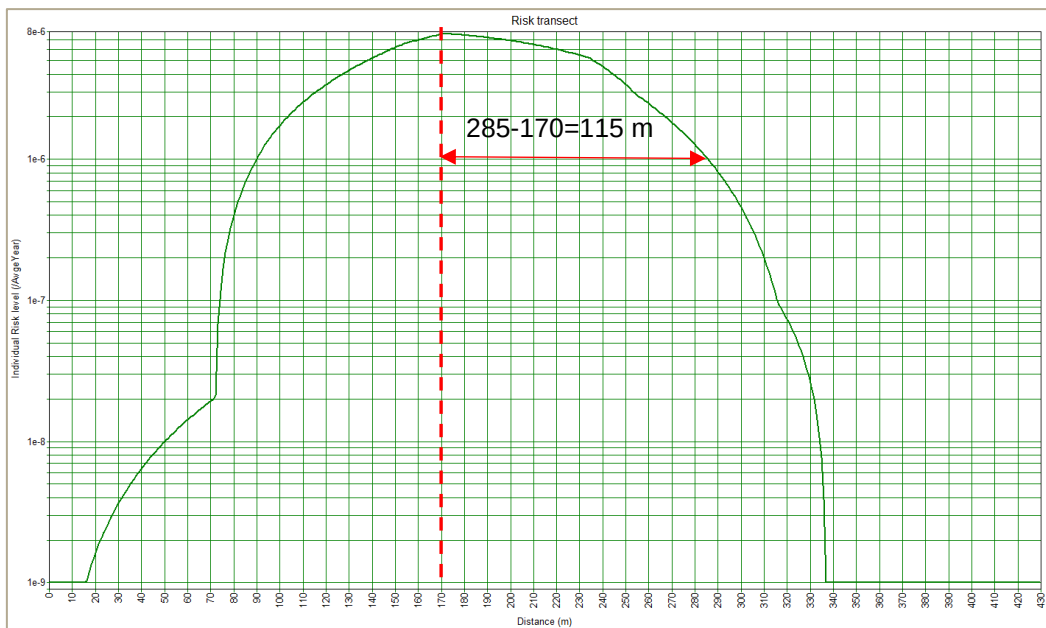


Figuur 14: Globale PR-risicocontouren van de SHELL leiding

Bij een gedetailleerdere beschouwing vallen binnen de 10^{-6} PR geen kwetsbare objecten waar te nemen in de openbare ruimte van dit leidingtracé.

Het toegepaste softwareprogramma berekent een mogelijk maximaal optredend PR ter grootte van circa $9,95 \cdot 10^{-6} \text{ j}^{-1}$.

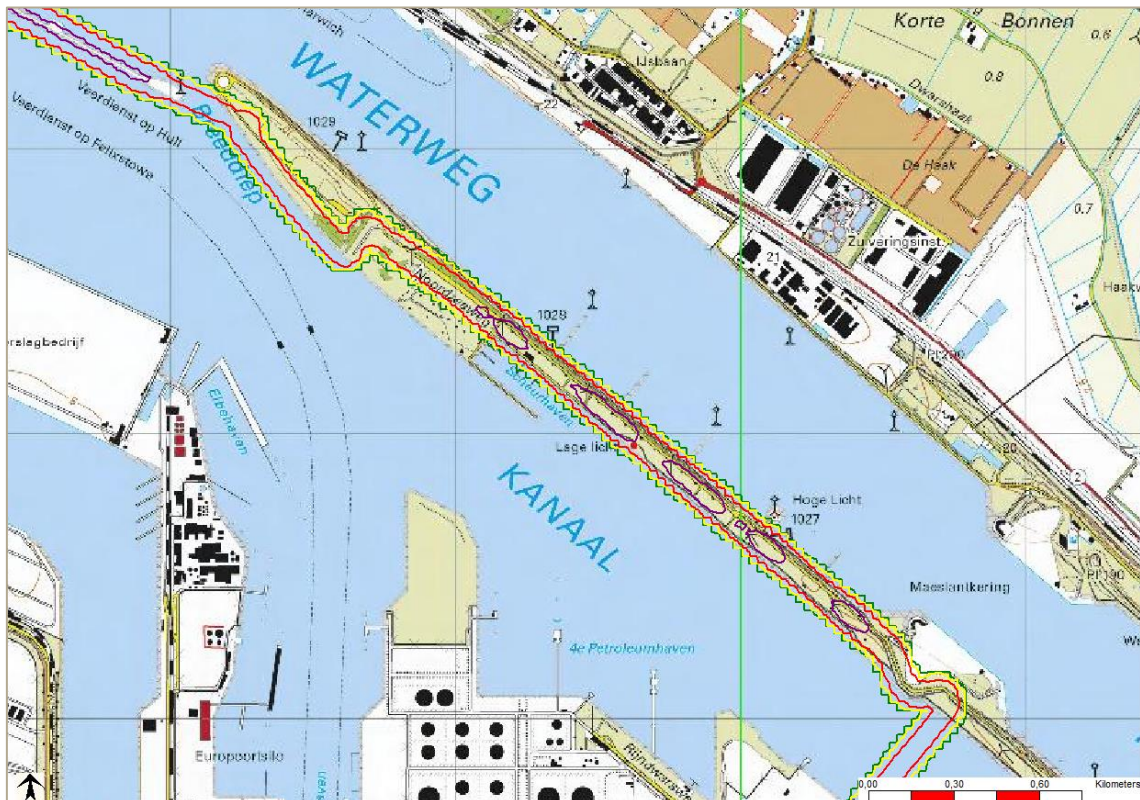
De maatgevende afstand van de 10^{-6} PR lijn voor de SHELL leiding bedraagt 115 m vanaf de leiding, zie Figuur 15.



Figuur 15: Maatgevende 10^{-6} PR-afstand van de SHELL leiding

7.2.3 TAQA leiding

In Figuur 16 zijn de risicocontouren van de beschouwde transportleiding weergegeven (paars: PR 10^{-5} ; rood: PR 10^{-6} ; geel: PR 10^{-7} ; groen PR 10^{-8}).

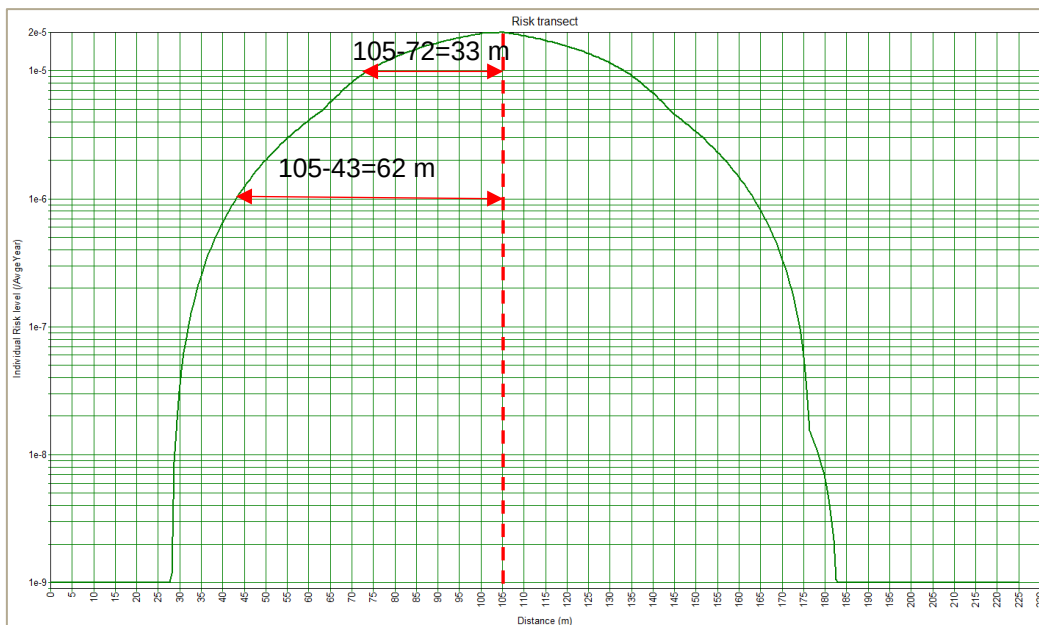


Figuur 16: Globale PR-risicocontouren van de TAQA leiding

Bij een gedetailleerdere beschouwing vallen binnen de 10^{-6} PR geen kwetsbare objecten waar te nemen in de openbare ruimte van dit leidingtracé.

Het toegepaste softwareprogramma berekent een mogelijk maximaal optredend PR ter grootte van circa $2,02 \cdot 10^{-5} \text{ j}^{-1}$.

De maatgevende afstand van de 10^{-6} PR lijn voor de TAQA leiding bedraagt 62 m vanaf de leiding en respectievelijk afstand voor de 10^{-5} PR lijn op 33 m vanaf de leiding, zie Figuur 17.



Figuur 17: Maatgevende 10^{-5} PR- en 10^{-6} PR-afstand van de TAQA leiding

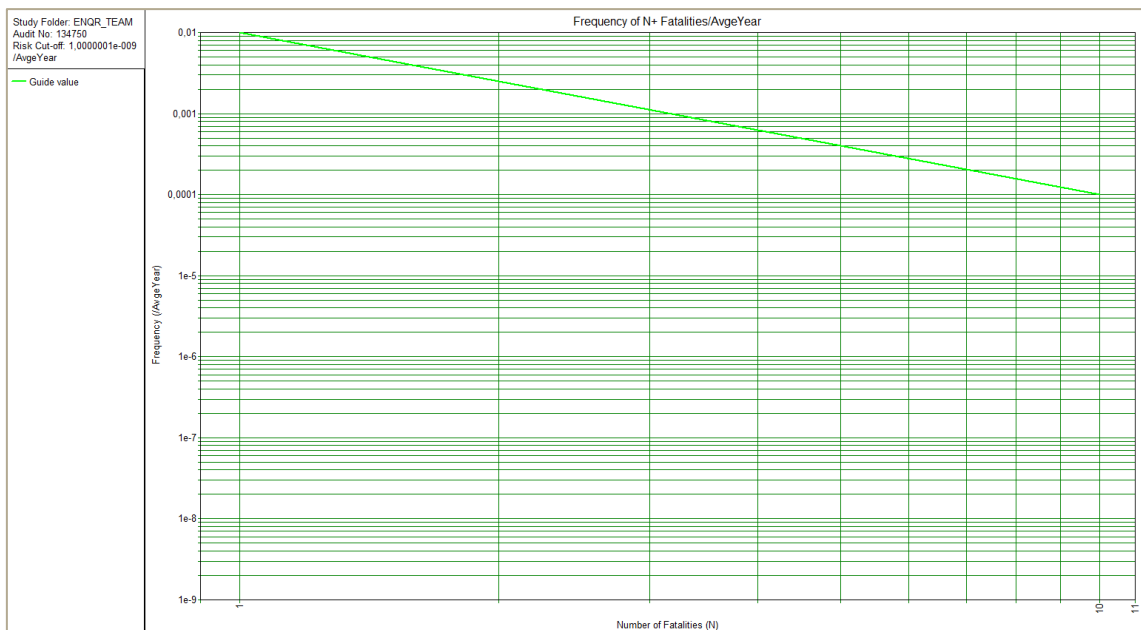
7.3 Groepsrisico (GR)

7.3.1 Algemeen

Ter bepaling van de hoogte van het GR dient de maatgevende kilometer van de leiding beschouwd te worden. Langs het tracé zijn geen locaties met concentraties van populatiekernen binnen het invloedsgebied van de leidingen.

7.3.2 TEAM leiding

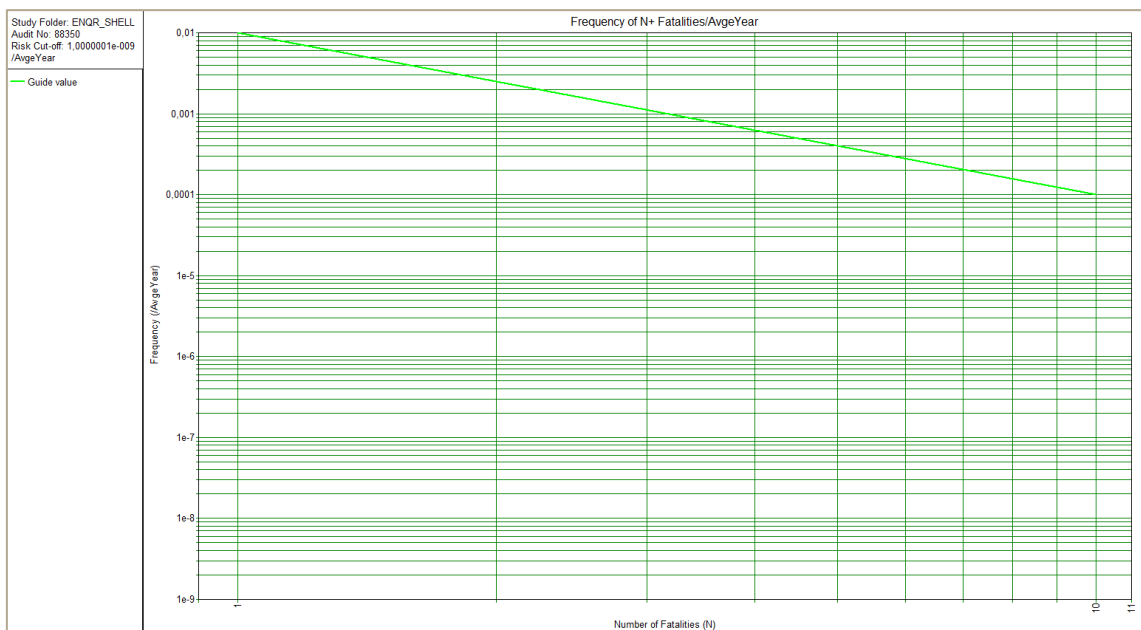
In Figuur 18 is het GR van de maatgevende kilometer weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat het berekende groepsrisico lager is dan de oriëntatiewaarde. De TEAM leiding voldoet derhalve aan de eisen voor het groepsrisico conform het Bevb [Ref. 3].



Figuur 18: Optredend groepsrisico is lager dan de oriëntatiewaarde (groene lijn oriëntatiewaarde, blauwe/bruine lijn resp. dag/nacht GR) - TEAM leiding

7.3.3 SHELL leiding

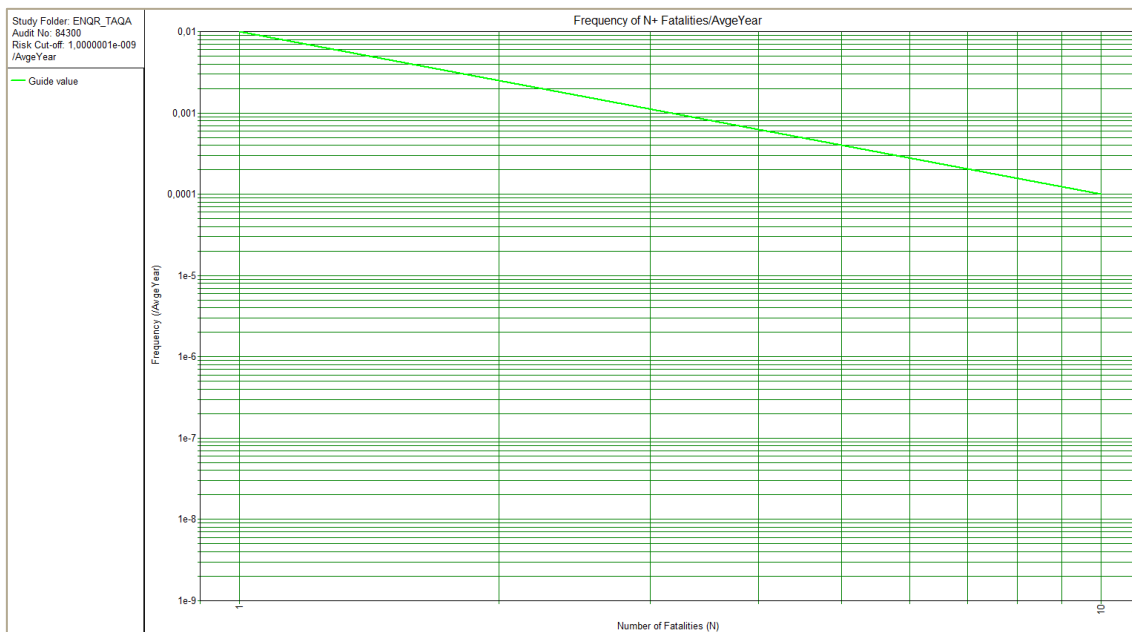
In Figuur 19 is het GR van de maatgevende kilometer weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat het berekende groepsrisico lager is dan de oriëntatiewaarde. De SHELL leiding voldoet derhalve aan de eisen voor het groepsrisico conform het Bevb [Ref. 3].



Figuur 19: Optredend groepsrisico is lager dan de oriëntatiewaarde (groene lijn oriëntatiewaarde, blauwe/bruine lijn resp. dag/nacht GR) - SHELL leiding

7.3.4 TAQA leiding

In Figuur 20 is het GR van de maatgevende kilometer weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat het berekende groepsrisico lager is dan de oriëntatiewaarde. De TAQA leiding voldoet derhalve aan de eisen voor het groepsrisico conform het Bevb [Ref. 3].



Figuur 20: Optredend groepsrisico is lager dan de oriëntatiewaarde (groene lijn oriëntatiewaarde, blauwe/bruine lijn resp. dag/nacht GR) - TAQA leiding

7.3.5 Conclusie Groepsrisico

Op basis van de populatie en de faalscenario's berekent het programma in dit geval geen groepsrisico. Daarmee is het groepsrisico lager dan de oriëntatiewaarde. Reden dat er geen groepsrisico berekend wordt is, omdat de populatie zich in dit geval buiten de 1% letaliteitsgrens bevindt.

8 Conclusies en aanbevelingen

Bosch & van Rijn heeft Lievense opdracht gegeven een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uit te voeren voor de bestaande TEAM, SHELL en TAQA transportleidingen ter plaatse van de Landtong boven deelgemeente Rozenburg. Deze risicoanalyse is uitgevoerd volgens de laatste versie van de 'Handleiding risicoberekeningen Bevb' [Ref. 1].

Het toepassingsgebied van de Bevb betreft transportleidingen buiten een inrichting (bedrijf of bedrijfsterrein), derhalve zijn de kwantitatieve risicoanalyses uitgevoerd van het leidingtracé in de openbare ruimte alleen bij het gedeelte waar het voorkeursalternatief van het windpark zich bevindt.

In de berekeningen is rekening gehouden met de voor de leidingen eventueel genomen 'Stand der Techniek' voorwaarden en de aanwezigheid van nabijgelegen windturbines als risico verhogende objecten, zoals windturbines in dit geval.

De volgende conclusies kunnen op basis van de berekeningen getrokken worden:

- Er bevinden zich geen kwetsbare objecten binnen de $PR-10^{-6}$ contouren;
- Er treedt geen overschrijding van de oriëntatiewaarde van het groepsrisico op.

De leidingen voldoen met inachtneming van de getroffen maatregelen derhalve aan de eisen van het Bevb [Ref. 3]. Er treden echter wel grotere PR-contouren (groter dan $PR 1 \times 10^{-6}$ voor de SHELL en TEAM leiding en groter dan $PR 1 \times 10^{-5}$ voor de TAQA leiding) op de Landtong.

Voorliggend stuk dient ter goedkeuring bij ILT te worden neergelegd.