

UPDATE QRA WINDPARK WPW AGV

Kwantitatieve risicoanalyse buisleidingen nabij Windpark Westpoortweg

Stichting Waternet

Rapport Nr.: 10205423-1, Rev. 2

Document Nr.: 11HMQ8B-1

Datum: 2020-05-29



Projectnaam:	Update QRA windpark WPW AGV	Det Norske Veritas B.V. Oil & Gas
Rapporttitel:	Kwantitatieve Risicoanalyse Buisleidingen nabij Windpark Westpoortweg	Risk Management Advisory
Klant:	Stichting Waternet, Postbus 94370 1090 GJ Amsterdam Netherlands	Zwolseweg 1 2994 LB Barendrecht Netherlands
Klantcontact:	Bram Konneman	Tel: +31 (0) 10 2922 600
Datum van uitgifte:	2020-05-29	Btw Nr.: NL008585635B01
Project Nr.:	10205423	
Organisatie unit:	Risk Management Advisory Rotterdam	
Rapport Nr.:	10205423-1, Rev. 2	
Document Nr.:	11HMQ8B-1	
Applicable contract(s) governing the provision of this Report:		

Doel: Kwantificeren van het externe veiligheidsrisico van een gastransportleiding en een kerosineleiding ten gevolge van het falen van nieuw te plaatsen windturbines aan de Westpoortweg in de haven van Amsterdam. Dit rapport is een update van de in 2016 uitgevoerde QRA "Windturbines Westpoortweg". De trefkansberekeningen zijn uitgevoerd door Bosch en van Rijn.

Opgesteld door:



Niek Wessels
Consultant

Geverifieerd door:



Dennis van der Meulen
Senior Consultant

Goedgekeurd door:



Rob van der Spek
Head of Risk Management Advisory Oil & Gas NL, digital lead region CEMEIA



Dennis Triezenberg
Senior Consultant

Copyright © DNV GL 2020. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distribution:

- ☐ OPEN. Unrestricted distribution, internal and external.
- ☐ INTERNAL use only. Internal DNV GL document.
- ☒ CONFIDENTIAL. Distribution within DNV GL according to applicable contract.*
- ☐ SECRET. Authorized access only.

*Specify distribution: DNV GL Group

Rev. Nr.	Datum	Reden voor uitgifte	Opgesteld door	Geverifieerd door	Goedgekeurd door
0	2020-03-31	Conceptrapport	N. Wessels D. Triezenberg	D. van der Meulen	R. van der Spek
1	2020-05-13	Finaal rapport. Verwerking commentaar Bosch & van Rijn	N. Wessels D. Triezenberg	D. van der Meulen	R. van der Spek
2	2020-05-29	Verwerking commentaar RRP op H7 Nieuwe versie Safeti-NL (8.21)	N. Wessels D. Triezenberg	D. van der Meulen	R. van der Spek

INHOUDSOPGAVE

INHOUDSOPGAVE	II
1 SAMENVATTING	1
2 INTRODUCTIE	2
3 JURISCH KADER EN BEGRIPPEN	3
3.1 Plaatsgebonden risico	3
3.2 Groepsrisico	3
4 UITGANGSPUNTEN.....	5
4.1 Windturbines	5
4.2 Bevolkingsdata	6
5 GASONTVANGSTSTATION W-437.....	7
6 GASTRANSPORTLEIDING W-534-26	8
6.1 Rekenmethodiek	8
6.2 Uitgangspunten	8
6.3 Resultaten	9
6.4 Conclusies	11
7 KEROSINELEIDING AMSTERDAM SCHIPHOL PIJPLEIDING CV	12
7.1 Rekenmethodiek	12
7.2 Uitgangspunten	12
7.3 Resultaten	15
7.4 Conclusies	17
8 REFERENTIES.....	19

1 SAMENVATTING

Waternet onderzoekt de mogelijkheid om windturbines langs de Westpoortweg te plaatsen. Om de invloed van een aantal van de geplande windturbines op de locatie Westpoort op de bestaande, nabijgelegen buisleidingen en installaties te bepalen in het kader van de externe veiligheidsrisico's, heeft Waternet DNV GL gevraagd een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uit te voeren.

De faaloorzaken en faalfrequenties ten gevolge van het plaatsen van de geplande windturbines zijn bepaald door Bosch & van Rijn (BVR) in het rapport "Windpark Westpoortweg Externe veiligheidsonderzoek t.b.v. MER-beoordeling" (Ref. /8/). Deze rapportage beschrijft de kwantitatieve risicoberekeningen van gastransportleiding W-534-26 van Gasunie Grid Services B.V. en de kerosineleiding van Amsterdam Schiphol Pijpleiding CV. De risico's voor deze buisleidingen zijn berekend conform de Handleiding Risicoberekeningen Bevb (Ref. /2/). Voor de volledigheid zijn ook de resultaten en conclusies van BVR over de invloed van de windturbines op het Gasontvangststation W-437 in dit rapport overgenomen (Ref. /8/).

Op basis van de resultaten van de berekeningen wordt het volgende geconcludeerd:

GOS W-437

De raakkans van GOS W-437 door een windturbines bedraagt $2.1 \cdot 10^{-8}$ per jaar (Ref. /8/). Hiermee wordt voldaan aan het beleid van Gasunie inzake de risicoverhoging van dergelijke installaties door plaatsing van windturbines (Ref. /8/). Dit beleid stelt dat plaatsing van windturbines acceptabel is als de raakkans van het GOS lager is dan $2.5 \cdot 10^{-4}$ per jaar (Ref. /7/).

Gastransportleiding W-534-26

De plaatsgebonden risicoberekening wijst uit dat de plaatsing van de windturbines op de aangegeven locaties resulteert in een risico lager dan 10^{-6} /jaar. Dit betekent dat er geen 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontouren worden berekend. Daarmee voldoet het plaatsgebonden risico van gastransportleiding W-534-26 aan de criteria in het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Ref. /1/).

Gastransportleiding W-534-26 resulteert niet in een scenario waarbij 10 of meer slachtoffers vallen. Hierdoor is er conform de definitie van het groepsrisico zoals gesteld in het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Ref. /1/) geen sprake van een groepsrisico.

Kerosineleiding

De plaatsgebonden risicoberekening wijst uit dat de plaatsing van de windturbines op de aangegeven locaties lokaal leiden tot het ontstaan van een 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour. Omdat er zich geen (beperkt) kwetsbare objecten binnen deze contour bevinden, voldoet het plaatsgebonden risico van de kerosineleiding aan de criteria in het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Ref. /1/).

De kerosineleiding van Amsterdam Schiphol Pijpleiding CV resulteert niet in een scenario waarbij 10 of meer slachtoffers vallen. Hierdoor is er conform de definitie van het groepsrisico zoals gesteld in het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Ref. /1/) geen sprake van een groepsrisico.

2 INTRODUCTIE

In 2016 is door DNV GL een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uitgevoerd voor het havenbedrijf Amsterdam (Ref. /9/). Het doel van deze studie was het bepalen van de invloed van de geplande windturbines op de locatie Westpoort op de bestaande, nabijgelegen transportleidingen en installaties te bepalen in het kader van de externe veiligheidsrisico's. De toenmalige plannen zijn inmiddels herzien en Waternet heeft DNV GL gevraagd om een update van de 2016 QRA. De volgende wijzigingen zijn van toepassing:

- Waternet onderzoekt windturbines niet meer met het havenbedrijf Amsterdam, maar onderzoekt alleen nog turbines op eigen locatie. Er wordt uitgegaan van 5 windturbines in plaats van 7;
- Windturbine positie nabij de gastransportleiding W-534-26 is gewijzigd;
- Turbines mogen hoger zijn door een extra radar bij de Kooij.

De berekende (additionele) faalfrequenties ten gevolge van het plaatsen van de geplande windturbines zijn bepaald door Bosch & van Rijn (BVR) in het rapport "Windpark Westpoortweg Externe veiligheidsonderzoek t.b.v. MER-beoordeling" (Ref. /8/). Deze rapportage beschrijft de kwantitatieve risicoberekeningen van gastransportleiding W-534-26 van Gasunie Grid Services B.V. en de kerosineleiding van Amsterdam Schiphol Pijpleiding CV. De risico's voor deze buisleidingen zijn berekend conform de Handleiding Risicoberekeningen Bevb (Ref. /2/). Voor de volledigheid zijn ook de resultaten en conclusies van BVR over de invloed van de windturbines op het Gasontvangstation W-437 in dit rapport overgenomen (Ref. /8/).

3 JURISCH KADER EN BEGRIPPEN

Een kwantitatieve risicoanalyse wordt gebruikt om beslissingen te nemen over de aanvaardbaarheid van het risico in relatie tot ontwikkelingen bij, of in de omgeving van, een buisleiding. De criteria voor de beoordeling van de aanvaardbaarheid van risico's zijn overgenomen uit het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen.

Het Bevb onderscheidt twee vormen van risico: het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR). Beide dienen vastgesteld te worden, met een QRA.

3.1 Plaatsgebonden risico

Het *plaatsgebonden risico* is in het Besluit externe veiligheid buisleidingen gedefinieerd als "het risico op een plaats nabij een buisleiding, uitgedrukt als de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die bepaalde plaats zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval met die buisleiding". Het plaatsgebonden risico wordt weergegeven door contouren rondom de leiding met risicowaardes van, indien aanwezig, 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} en 10^{-8} per jaar.

Het plaatsgebonden risico wordt weergegeven als PR-contouren. Zo laat de 10^{-6} PR-contour die plaatsen zien waar de kans op het overlijden van een persoon eens in de miljoen per jaar bedraagt. Het PR is onafhankelijk van de daadwerkelijke bevolkingsverdeling in de omgeving van de buisleiding.

De Bevb norm stelt verder dat de grenswaarde voor kwetsbare objecten (zoals woningen, ziekenhuizen, scholen, grote kantoren en bedrijven e.d.) 10^{-6} per jaar is. Voor beperkt kwetsbare objecten (zoals verspreid liggende woningen, kleinere kantoren en bedrijven, sportcomplexen e.d.) geldt een richtwaarde van 10^{-6} per jaar. Dit betekent dat er zich geen kwetsbare objecten mogen bevinden binnen de 10^{-6} PR-contour van een buisleiding. Voor beperkt kwetsbare objecten dient ernaar gestreefd te worden dat deze objecten niet binnen de 10^{-6} PR-contour vallen; een hoger risico kan toegestaan worden, wanneer dit voldoende gemotiveerd wordt.

3.2 Groepsrisico

Het groepsrisico is de kans per jaar dat een groep van een bepaalde grootte, dodelijk slachtoffer wordt van een ongeval nabij de beschouwde buisleiding. Het groepsrisico wordt in het Besluit externe veiligheid buisleidingen gedefinieerd als "de 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". Het GR wordt vastgelegd in een zogenaamde F(N)-curve en is afhankelijk van de daadwerkelijke bevolkingsverdeling in de omgeving van de buisleiding.

Het groepsrisico wordt berekend door rondom elk punt op de leiding een segment van een kilometer te kiezen, dat gecentreerd ligt ten opzichte van dit punt. Voor deze kilometer leiding wordt een FN-curve¹ berekend, welke wordt vergeleken met de oriëntatiewaarde² van het groepsrisico. Uit de maximale verhouding tussen de FN-curve en de oriëntatiewaarde volgt de overschrijdingsfactor³. Vervolgens wordt

¹ De handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico (Ref. /6/) omschrijft: "Het groepsrisico wordt weergegeven als een curve in een grafiek met twee logaritmisches geschaalde assen, de zogenaamde FN-curve. Op de y-as wordt de cumulatieve frequentie F (per jaar) uitgezet en op de x-as het aantal te verwachten slachtoffers N. De curve geeft het verband tussen de omvang van de getroffen groep (N) en de kans (F) dat in één keer een groep van ten minste die omvang komt te overlijden".

² Met de oriëntatiewaarde wordt in het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Ref. /1/) bedoelt "de lijn die de kans weergeeft op een ongeval met 10 of meer dodelijke slachtoffers van ten hoogste 10^{-4} per jaar en de kans op een ongeval met 100 of meer dodelijke slachtoffers van ten hoogste 10^{-6} per jaar".

³ De overschrijdingsfactor is de maximale verhouding tussen de FN-curve en de oriëntatiewaarde. Daarmee is de overschrijdingsfactor een maat die aangeeft in hoeverre de oriëntatiewaarde wordt genaderd of overschreden. Een overschrijdingsfactor kleiner dan één geeft aan dat de FN-



voor alle punten op de leiding deze maximale overschrijdingsfactoren in een grafiek uiteengezet, waaruit het maximum voor de beschouwde leiding kan worden bepaald. Dit maximum wordt gerapporteerd als het groepsrisico.

curve onder de oriëntatiewaarde blijft. Bij een waarde van één zal de FN-curve de oriëntatiewaarde raken. Bij een waarde groter dan één wordt de oriëntatiewaarde overschreden.

4 UITGANGSPUNTEN

4.1 Windturbines

De gegevens voor de windturbines zijn overgenomen uit het rapport “Windpark Westpoortweg Externe veiligheidsonderzoek t.b.v. MER-beoordeling” (Ref. /8/). De locatie en het type windturbine voor de onderzochte opstelling zijn weergegeven in onderstaande tabellen.

Tabel 4-1: Locatie en type windturbines Westpoortweg (Ref. /8/)

Naam	Type	RDX	RDY
WPW1	Enercon E103	113439	490237
WPW2	Enercon E103	113789	490205
WPW3	Enercon E103	114147	490203
WPW4	Enercon E103	114496	490196
WPW5	Enercon E103	114792	490198

Tabel 4-2: Afmetingen windturbine (Ref. /8/)

Parameter	Enercon E103
Ashoogte [m]	88.5
Rotordiameter [m]	103
Tiphoogte [m]	140

Er zijn drie windturbine faalscenario's relevant om additionele faalfrequentie van een leiding te berekenen. De betreffende scenario's en de effectafstanden zijn overgenomen uit het BVR-rapport (Ref. /8/) en hieronder weergegeven. Een visuele representatie is weergegeven in Figuur 4-1.

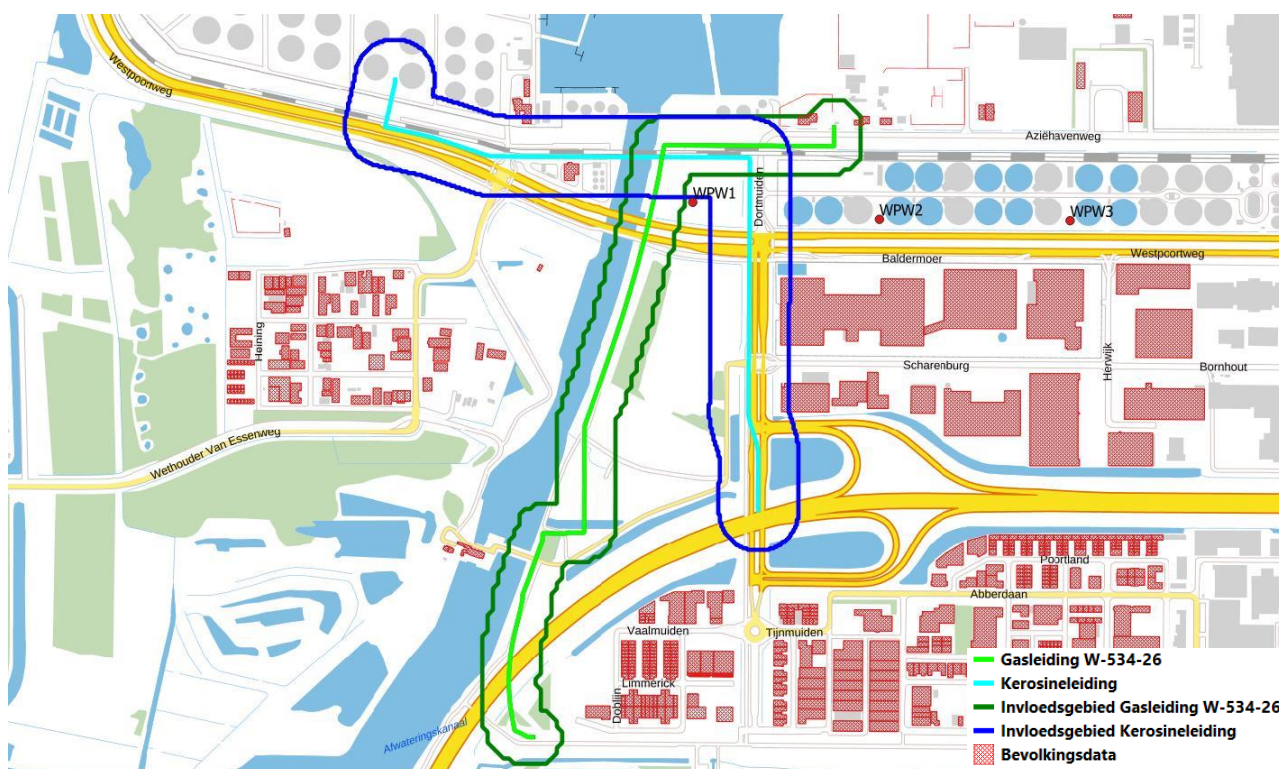
- Bladafworp bij overtoeren: 426 meter
- Bladafworp bij normale toeren: 153 meter
- Mastbreuk: 140 meter



Figuur 4-1: Relevante effectafstanden voor leidingen en locatie van de geplande windturbines (Bron: Ref. /8/). De gasleiding (groen) en de kerosineleiding (blauw) zijn ook weergegeven.

4.2 Bevolkingsdata

De bevolkingsdata is opgevraagd via de Populatieservice (<http://populatieservice.demis.nl>), de versie van de BAG-populatie data is BAG_202001. De populatieservice is gebaseerd op de basisadministratie adressen en gebouwen (BAG). De invloedsgebieden van de leidingen en de populatiegegevens zoals verkregen van de Populatieservice is weergegeven in Figuur 4-2. De bevolkingsdata is op pandniveau geïnventariseerd, het hoogste detailniveau.



Figuur 4-2: Invloedsgebied van zowel de gas- als kerosineleiding en de ingevoerde bevolkingsdata.

5 GASONTVANGSTSTATION W-437

Het gasontvangststation valt onder het Besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer (Activiteitenbesluit) gasdrukmeet- en regelstation categorie C⁴ (Ref. /4/). Het Activiteitenbesluit stelt regels aan de werking van een gasontvangstation en geeft de veiligheidsafstanden die aangehouden moeten worden (artikel 3.12). Voor een gasontvangstation hoeft geen QRA uitgevoerd te worden. Het beleid van Gasunie inzake de risicoverhoging door plaatsing van windturbines stelt dat plaatsing van een windturbine slechts acceptabel als de raakkans van het GOS lager is dan $2.5 \cdot 10^{-4}$ per jaar (Ref. /7/).

In het BVR-rapport (Ref. /8/) is een trefkans voor het gasontvangststation berekend van $2.1 \cdot 10^{-8}$ per jaar. BVR concludeert dat voor het gasontvangststation wordt voldaan aan het beleid van Gasunie omdat de berekende trefkans (veel) kleiner is dan $2.5 \cdot 10^{-4}$ per jaar.

⁴ "Gasdrukmeet- en regelstation met een maximale operationele inlaatzijdige werkdruk die kleiner of gelijk aan 100 bar is, niet zijnde een gasdrukmeet- en regelstation categorie A of gasdrukmeet- en regelstation categorie B"

6 GASTRANSPORTLEIDING W-534-26

In dit hoofdstuk wordt een kwantitatieve risicoanalyse gepresenteerd die is uitgevoerd voor gastransportleiding W-534-26 van Gasunie Grid Services B.V. (100% dochter van N.V. Nederlandse Gasunie).

6.1 Rekenmethodiek

De risicoberekeningen voor de W-534-26 zijn uitgevoerd conform de richtlijnen voor het uitvoeren van risicoanalyse aan ondergronds gelegen hogedruk aardgastransportleidingen (Ref. /1/, /2/, /6/) zoals gesteld door de overheid. De berekeningen zijn uitgevoerd met PIPESAFE en niet met CAROLA. Omdat het voorgeschreven rekenpakket CAROLA niet met additionele faalfrequenties kan rekenen, zijn de berekeningen uitgevoerd met het rekenpakket PIPESAFE. Het CAROLA-rekenpakket is afgeleid van het niet-openbare pakket PIPESAFE. Het RIVM heeft aangetoond dat berekeningen aan ondergrondse aardgasleidingen met beide rekenpakketten vergelijkbaar zijn (Ref. /5/). Het is daarom ook niet zinvol om het risico van de gastransportleiding zonder windturbine-invloed met CAROLA te berekenen.

De berekeningen van de toename van de faalfrequentie van de leiding ten gevolge van falen van de nabijgelegen windturbine zijn uitgevoerd conform het Handboek risicozonering windturbines (Ref. /3/) op basis van de aanleverde gegevens (effectafstanden) van BVR.

6.2 Uitgangspunten

6.2.1 Leidingparameters

De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de door de N.V. Nederlandse Gasunie aangeleverde leidingdata. Deze data is aangeleverd op 4 mei 2016⁵. De leidingparameters die voor de in dit rapport gepresenteerde berekeningen van belang zijn, zijn weergegeven in Tabel 6-1.

Tabel 6-1: Leidingparameters W-534-26

Parameter	W-534-26
Gevaarlijke stof [-]	Aardgas
Diameter [mm]	114.3
Minimale wanddikte [mm]	4.37
Rekgrens [$\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$]	241
Ontwerpdruk [barg]	40
Dekking [$m_{\min}$ / $m_{\max}$]	0.62 – 24.27*

* Dit is de minimale en maximale leidingdekking van het gedeelte van gastransportleiding W-534-26 dat gebruikt is voor deze QRA.

De dekking van gastransportleiding W-534-26 varieert over de lengte van de leiding. In de risicoberekeningen is deze variërende dekking ook toegepast. Er zijn geen mitigerende maatregelen van toepassing op de leiding. In de risicoberekeningen is gebruikgemaakt van de windroos van weerstation Schiphol.

De ligging van de beschouwde gasleiding is weergegeven in paragraaf 4.1, Figuur 4-1. Hieruit volgt dat de volgende windturbines en faalscenario's invloed kunnen hebben op de gastransportleiding:

- WTB 1: mastbreuk, bladafworp bij nominaal toerental, bladafworp bij overtoeren
- WTB 2: bladafworp bij overtoeren

De toename van de faalfrequentie van de leiding ten gevolge van de faalscenario's van deze twee windturbines is berekend. Daarna zijn de externe veiligheidsrisico's berekend.

⁵ Er is aangenomen dat de leidingdata onveranderd is gebleven omdat 1) de leidingdata ontwerp- of plaatsingsgegevens betreffen en 2) het QRA-rapport van 2016 recentelijk nog door Gasunie van commentaar is voorzien. Daaruit bleek niet dat de leidingdata anders zou zijn.

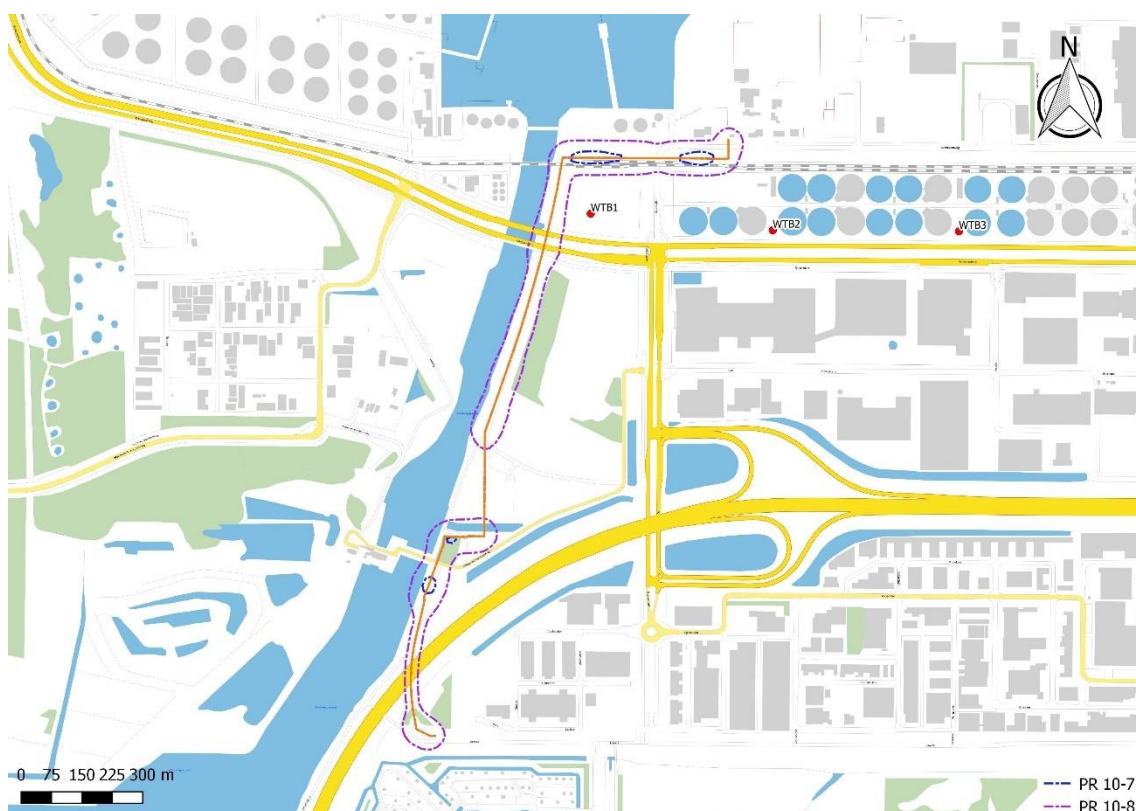
6.3 Resultaten

In deze paragraaf worden de resultaten gepresenteerd van het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR) van gastransportleiding W-534-26. In de berekeningen is de invloed van de plaatsing van de windturbines aan de Westpoortweg op het PR en GR berekend.

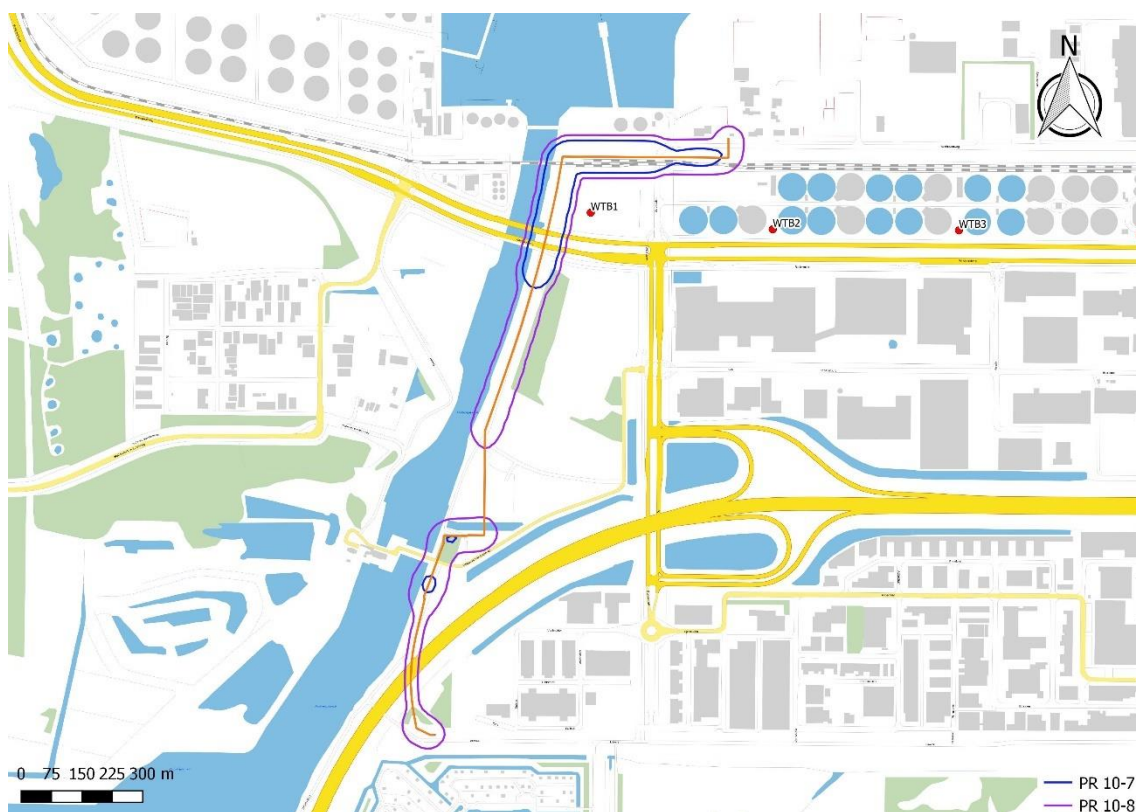
De gemiddelde autonome faalfrequentie die berekend is met Pipesafe bedraagt $4.2 \cdot 10^{-5} \text{ km}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$. Uitgaande van een additionele faalfrequentie $2.97 \cdot 10^{-5} \text{ km}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$, zoals berekend door BVR (Ref. /8/), is er sprake van een faalfrequentieverhoging van 70%. Dit is significant hoger dan berekend door BVR. Reden hiervoor ligt in de inschatting van de autonome faalfrequentie, BVR gaat uit van $6.04 \cdot 10^{-4} \text{ km}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$.

6.3.1 Plaatsgebonden risico W-534-26

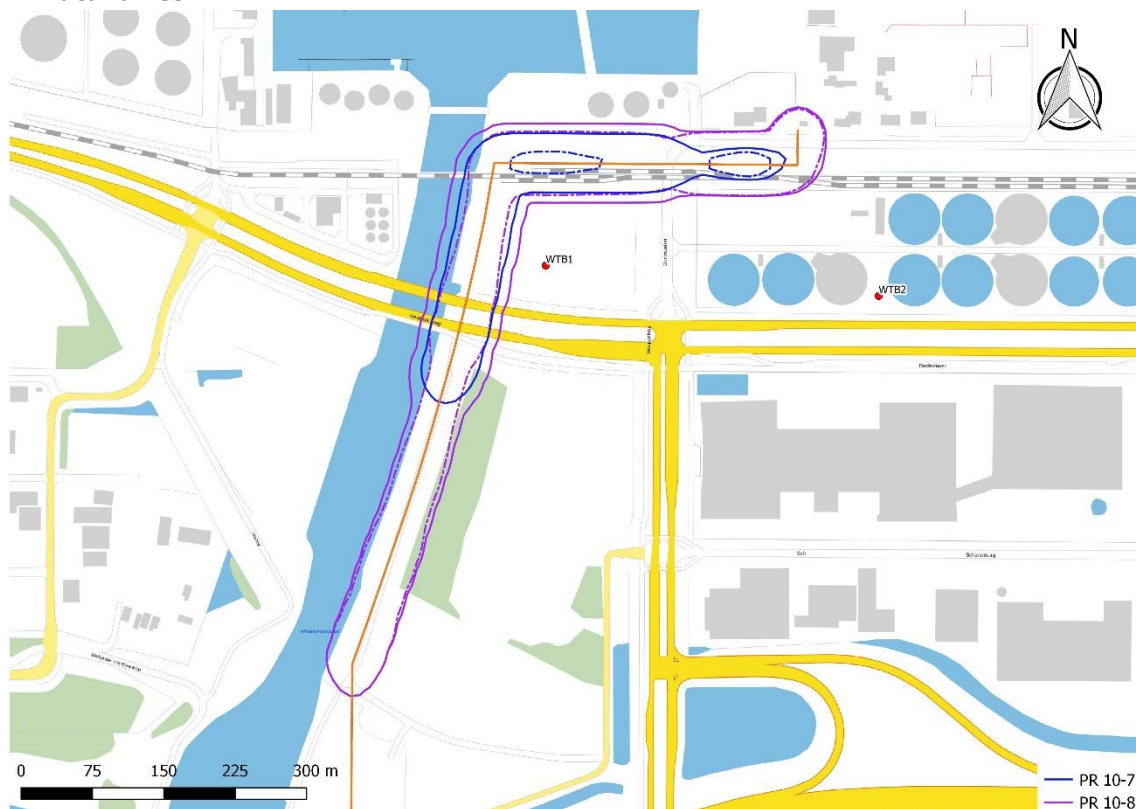
De PR-contouren van de gastransportleiding vóór plaatsing van de in Hoofdstuk 2 beschreven windturbines is weergegeven in Figuur 6-1; de PR-contouren ná plaatsing van de windturbines zijn weergegeven in Figuur 6-2. In Figuur 6-2 is ingezoomd op de locatie waar het PR ten gevolge van plaatsing van de windturbines wijzigt om inzicht te krijgen in de verschillen. In dit figuur zijn zowel de PR-contouren vóór plaatsing van de windturbines (gestippelde lijnen) als de PR-contouren ná plaatsing van de windturbines weergegeven. Het valt op dat zowel de PR-contour van 10^{-7} als de PR-contour van 10^{-8} groter zijn geworden in de nabijheid van WTB1. Zowel vóór als na plaatsing van de windturbines is er geen sprake van een PR-contour van 10^{-6} .



Figuur 6-1 Resultaten plaatsgebonden risico W-534-26 (oranje) vóór plaatsing geplande windturbines.



Figuur 6-2 Resultaten plaatsgebonden risico W-534-26 (oranje) ná plaatsing geplande windturbines.



Figuur 6-3 Verschil in plaatsgebonden risico van de W-534-26 (oranje) nabij windturbine WTB1. Het huidige PR (zonder windturbines) is weergegeven met de stippellijn; het toekomstige PR (met windturbines) met de doorgetrokken lijn.

6.3.2 Groepsrisico W-534-26

Gastransportleiding W-534-26 heeft zowel vóór als ná plaatsing van de windturbines op de aangegeven locaties geen scenario waarbij 10 of meer slachtoffers vallen. Hierdoor is er conform de definitie het van groepsrisico zoals gesteld in het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Ref. /1/) geen sprake van een groepsrisico.

6.4 Conclusies

Plaatsgebonden risico:

De plaatsgebonden risicoberekening wijst uit dat de plaatsing van de windturbines op de aangegeven locaties resulteert in een risico lager dan 10^{-6} /jaar. Dit betekent dat er geen 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour wordt berekend. Daarmee voldoet het plaatsgebonden risico van gastransportleiding W-534-26 aan de criteria in het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Ref. /1/).

Groepsrisico:

Gastransportleiding W-534-26 heeft zowel vóór als ná plaatsing van de windturbines op de aangegeven locaties geen scenario waarbij 10 of meer slachtoffers vallen. Hierdoor is er conform de definitie van het groepsrisico zoals gesteld in het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Ref. /1/) geen sprake van een groepsrisico.

7 KROSINELEIDING AMSTERDAM SCHIPHOL PIJPLEIDING CV

In dit hoofdstuk wordt een kwantitatieve risicoanalyse gepresenteerd die is uitgevoerd voor de kerosineleiding (K2-leiding) van Amsterdam Schiphol Pijpleiding CV.

7.1 Rekenmethodiek

De risicoberekeningen voor de kerosineleiding van Amsterdam Schiphol Pijpleiding CV zijn uitgevoerd conform het voorschrift uit de Handleiding Risicoberekeningen Bevb versie 3.1, Module C (Ref. /2/). De berekeningen zijn uitgevoerd met de sinds 1 april 2020 vigerende versie van Safeti-NL, versie 8.21.

De berekeningen van de toename van de faalfrequentie van de leiding ten gevolge van falen van de nabijgelegen windturbines zijn uitgevoerd door Bosch en van Rijn (BVR) in het rapport "Windpark Westpoortweg Externe veiligheidsonderzoek t.b.v. MER-beoordeling" (Ref. /8/).

7.2 Uitgangspunten

7.2.1 Voorbeeldstof

Kerosine wordt in de risicoberekeningen gemodelleerd met n-nonaan. Dit is conform de Handleiding Risicoberekeningen Bevb, Module C (Ref. /2/) de voorbeeldstof voor categorie 2 vloeistoffen zoals kerosine.

7.2.2 Leidingparameters

De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van leidinggegevens zoals aangeleverd door Port of Amsterdam op 8 april 2016 en leidinggegevens aangeleverd door de leidingbeheerder Rotterdam-Rijn Pijpleiding (RRP) op 27 mei 2020, dit is aangevuld met leidinggegevens van de risicokaart (www.risicokaart.nl). De leidingdata zijn waar nodig geïnterpoleerd zodat de onderlinge afstand tussen de leidingpunten maximaal 10 meter is. De leidingparameters zijn weergegeven in Tabel 7-1.

Tabel 7-1: Leidingparameters kerosineleiding

Parameter	Kerosineleiding
Gevaarlijke stof [-]	Kerosine
Diameter [mm]	406.4
Minimale wanddikte [mm]	6.35
Rekgrens [$\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$]	415
Ontwerpdruk [barg]	40
Dekking [m]	1.2*

* Dit is de dekking van de leiding met uitzondering van het tracé onder het zijkanaal F/Afwateringskanaal (dekking is 12 meter) en onder de spoorweg en heining (dekking is lokaal 2.7 meter), hier is rekening mee gehouden bij het berekenen van de intrinsieke faalfrequentie van een leidingdeel.

De ligging van het beschouwde gedeelte van de kerosineleiding is weergegeven in paragraaf 4.1, Figuur 4-1. In deze figuur zijn tevens de locaties van de geplande windturbines en de effectgebieden van deze windturbines weergegeven. Hieruit volgt dat de volgende windturbines en faalscenario's invloed kunnen hebben op de kerosineleiding:

- WTW 1: mastbreuk, bladafworp bij nominaal toerental, bladafworp bij overtoeren
- WTW 2: bladafworp bij overtoeren

De leiding ligt niet binnen het effectgebied van gondelafworp van een van de windturbines. In de risicoberekeningen is gebruikgemaakt van de windroos van weerstation Schiphol.

7.2.3 Faalfrequenties

Deze paragraaf beschrijft de faalfrequenties gebruikt in de berekening en de risicoreducerende maatregelen die van toepassing zijn op kerosineleiding. De informatie over de faalfrequentie en mogelijke risicoreducerende maatregelen is overgenomen uit de in 2016 uitgevoerde QRA (Ref. /9/) en het rapport van BVR (Ref. /8/).

De kerosineleiding van Amsterdam Schiphol Pijpleiding CV voldoet aan alle voorwaarden voor een 'stand-der-technieken' leiding zoals gesteld in tabel 13 'Randvoorwaarden voor buisleidingen voor stand der techniek' in de Handleiding Risicoberekeningen Bevb, Module C (Ref. /2/). Dit betekent dat de faalfrequenties uit paragraaf 3.2 van de Handleiding Risicorekeningen Bevb, Module C (Ref. /2/) zijn gebruikt in de berekening, deze faalfrequenties per faalscenario zijn gegeven in Tabel 7-2.

Tabel 7-2: Faalfrequentie per faalscenario 'stand-der-technieken' leiding

Faalscenario	Faalfrequentie [$\text{km}^{-1} \text{jaar}^{-1}$]	Fractie totaal [%]
Schade door derden	$17.7 \cdot 10^{-6}$	47.9
Mechanisch falen	$7.96 \cdot 10^{-6}$	21.5
Interne corrosie	$1.41 \cdot 10^{-6}$	3.8
Externe corrosie	$4.25 \cdot 10^{-6}$	11.5
Natuurlijke oorzaken	$2.26 \cdot 10^{-6}$	6.1
Operationeel/overig	$3.40 \cdot 10^{-6}$	9.2
Totaal	$3.70 \cdot 10^{-5}$	100

De faalfrequentie ten gevolge van schade door derden is gecorrigeerd met de dekking van de leiding. The correctiefactor is:

$$Factor = e^{-2.4 \cdot (0.84 - z)} \quad (1)$$

Waarbij, z = dekking van de leiding [m]

De faalfrequentie voor derde kan worden gedeeld door de factor berekend met vergelijking 1 om tot de nieuwe faalfrequentie voor derde te komen. Er zijn geen overige mitigerende maatregelen van toepassing op het in dit rapport beschouwde gedeelte van de kerosineleiding.

Voor leidingsegmenten die binnen het effectgebied van een faalscenario voor een windturbine liggen, is de leidingbreuk frequentie verhoogd. De kerosineleiding is opgedeeld in 184 leiding segmenten van maximaal 10 meter, de additionele faalfrequenties ten gevolge van het falen van een windturbine is voor alle leidingsegmenten aangeleverd door Bosch en van Rijn. Deze additionele faalfrequenties zijn vervolgens opgeteld bij de intrinsieke faalfrequentie van de buisleiding. Voor de kerosineleiding is een faalfrequentie ten gevolge van het falen van een windturbine berekend van $3.38 \cdot 10^{-5} \text{ km}^{-1} \text{jaar}^{-1}$. BVR rapporteert een risicoverhoging van 91.4%, uitgaande van een intrinsieke faalfrequentie voor de leiding van $3.7 \cdot 10^{-5} \text{ km}^{-1} \text{jaar}^{-1}$. Als de intrinsieke faalfrequentie van de leiding nog wordt gecorrigeerd vanwege de dekking, dan is de intrinsieke faalfrequentie $2.7 \cdot 10^{-5} \text{ km}^{-1} \text{jaar}^{-1}$, waaruit een risicoverhoging van 125% zou volgen.

Ontstekingskans

Voor de mee te nemen frequentie voor de plasbrand (zie paragraaf 5.1.4) geldt dat de frequentie uit Tabel 7-2 moet worden vermenigvuldigd met de van toepassing zijnde totale ontstekingskans voor K2-vloeistoffen. Deze totale ontstekingskans bedraagt 0.01 (de kans op vertraagde ontsteking is 0) (Ref. /2/).

De Handleiding risicoberekeningen bevb (Ref. /2/) geeft echter geen informatie over of deze ontstekingskans ook verwerkt moet worden in de additionele faalfrequentie van de leiding door impact van een windturbineonderdeel. Er is besloten de ontstekingskans van 0.01 wél te verwerken in de

faalfrequentie van de kerosineleiding bij impact van een windturbineblad of mast, maar niet bij impact van de gondel op de leiding. Dit omdat gondelonderdelen mogelijk warmer kunnen zijn en dit wellicht kan leiden tot een kleine verhoging van de ontstekingskans van kerosine.

In de situatie beschouwd in dit rapport kan de gondel enkel op de leiding terecht komen wanneer de mast breekt⁶. Dit geldt voor de leidingdelen op een afstand van ashoogte (+/- 5 meter) tot de windturbine. Voor deze leidingdelen is met een ontstekingskans van 1 gerekend⁷; hierdoor zijn de resultaten conservatief.

7.2.4 Plasbrandberekening

Kerosine is gecategoriseerd als een K2-vloeistof. Voor het berekenen van de risico's en effecten van falen van een kerosineleiding moet het plasbrand-model gebruikt worden (Ref. /2/).

Plasbranden worden gemodelleerd als een ronde plas met een vloeistofniveau (plashoogte) van 5 cm. De diameter van de plas hangt af van de hoeveelheid vloeistof die uitstroomt bij breuk. Conform de Handleiding Risicoberekeningen bevb (Ref. /2/), wordt het totale uitstroomvolume berekend door de sommatie van de volgende bijdrages:

1. De hoeveelheid vloeistof vrijgekomen binnen de afslagtijd van de pomp ($V_{30\min}$)
2. Uitstroming ten gevolge van de expansie van de samengedrukte vloeistof (V_{expansie})

De totale uitstroom van kerosine is de sommatie van bijdrage 1 en 2.

De hoeveelheid vloeistof vrijgekomen binnen de afslagtijd van de pomp wordt berekend door het debiet te vermenigvuldigen met de afslagtijd. Conform de Handleiding Risicoberekeningen bevb (Ref. /2/) is ingrijpen na 1800 seconden (half uur) succesvol en dit is dus als maximale uitstroomduur aangehouden.

Het uitstroomvolume als gevolg van expansie van de samengedrukte vloeistof wordt berekend met behulp van formule (2):

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L \cdot P \cdot C_e \quad (2)$$

Waarbij,

V	uitstroomvolume [m ³]
D	interne diameter van de leiding[m]
L	lengte van de leiding tussen de pompen ⁸ [m]
P	druk [Pa]
C _e	compressibiliteit van het product [m ² /N]

Voor de compressibiliteit van het product is $0.88 \cdot 10^{-9}$ m²/N gebruikt (Ref. /2/).

De berekende volumes voor de verschillende debieten zijn gegeven in Tabel 7-3. Terugstroming van kerosine vanuit opslagtanks is uitgesloten van de berekening van de plasbranddiameter. Er is enkel uitstroming mogelijk van de vloeistof in de leiding. De diameter van de plasbrand wordt conform de Handleiding Risicoberekeningen bevb (Ref. /2/), gegeven door formule (3):

⁶ Voor de hoogte van de knik van de mast wordt conservatief uitgegaan van het knikken bij de voet. Dit betekent dat de gondel/rotor bij mastbreuk altijd op een mastlengte van de voet valt.

⁷ Er is te beperkt data beschikbaar over de temperatuur bij impact van gondelonderdelen om het effect hiervan op de ontstekingskans te bepalen. Er is daarom worst-case uitgegaan van een ontstekingskans van 1.

⁸ Voor de kerosineleiding is de lengte van de totale leiding gebruikt; dit is 15.696 meter.

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_{\text{total}}}{\pi \cdot h}} \quad (3)$$

Waarbij,

d	diameter van de plasbrand [m]
V _{totaal}	totaal uitstroomvolume [m ³]
h	hoogte plasbrand [m] (standaard waarde: 0.05 m)

Er wordt niet constant kerosine door de leiding verpompt, er is daarom onderscheid gemaakt tussen een breuk tijdens verpompen van kerosine en een breuk van de leiding in rust. RRP heeft aan gegeven dat verpompen geschiedt onder operationele druk. De operationele druk kan variëren met het debiet (druk) en eventuele restricties in de leiding (geen geheel geopende afsluiters). Conform het Bevb is dat de maximale mogelijke operationele druk gebruikt voor de risicoberekeningen, 40 barg. Tijdens inblokken de leiding kan worden weggezet op druk. RRP heeft aangegeven om ook tijdens het inblokken uit te gaan van 40 barg.

De diameters van de plasbranden met bijbehorende tijdsfracties zoals gebruikt in de berekeningen zijn weergegeven in Tabel 7-3.

Tabel 7-3: Uitstroomvolumes en plasbranddiameters per operationeel scenario (verpompen/inblokken)

Debiet	Tijdsfractie	V _{30min} [m ³]	V _{expansie} [m ³]	V _{totaal} [m ³]	Plasbrand diameter [m]
750 m ³ /uur	7 uur per etmaal	375	6.89	381.9	98.6
0 m ³ /uur*	17 uur per etmaal	0	6.89	6.89	13.3

* Wanneer er niet verpompt wordt, is de leiding ingeblok. RRP heeft aangegeven dat tijdens inblokken de leiding op druk kan worden weggezet, daarom is ook tijdens inblokken uitgegaan van 40 barg druk in de leiding. Wanneer een leiding ingeblok is, zal bij breuk van de leiding alleen sprake zijn van uitstroming ten gevolge van expansie van de samengedrukte vloeistof (V_{expansie}) (Ref. /2/).

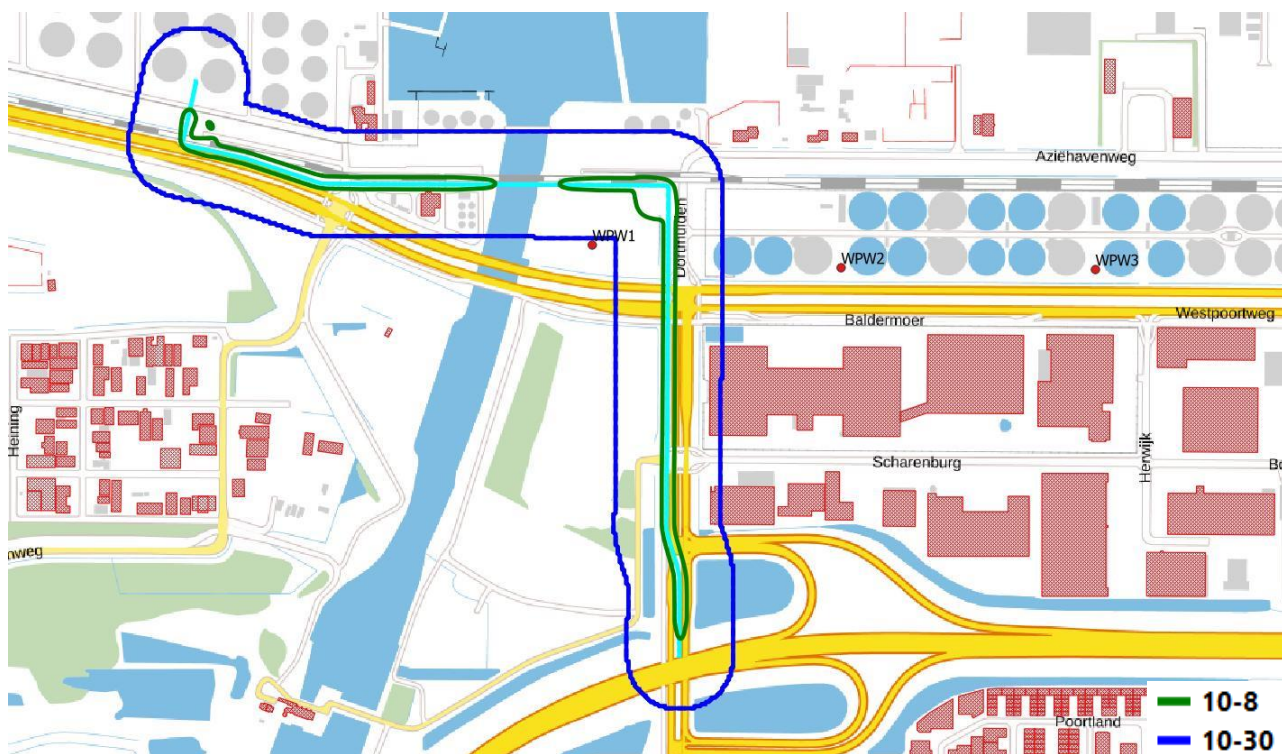
Er is in lijn met de eerder uitgevoerde studie in 2016 voor de plasdiameterberekeningen geen rekening gehouden met eventuele nalevering ten gevolge van een hellende leiding en eventueel extra uitstroom uit de leiding ten gevolge van terugstroming vanuit ontvangende opslagtanks.

7.3 Resultaten

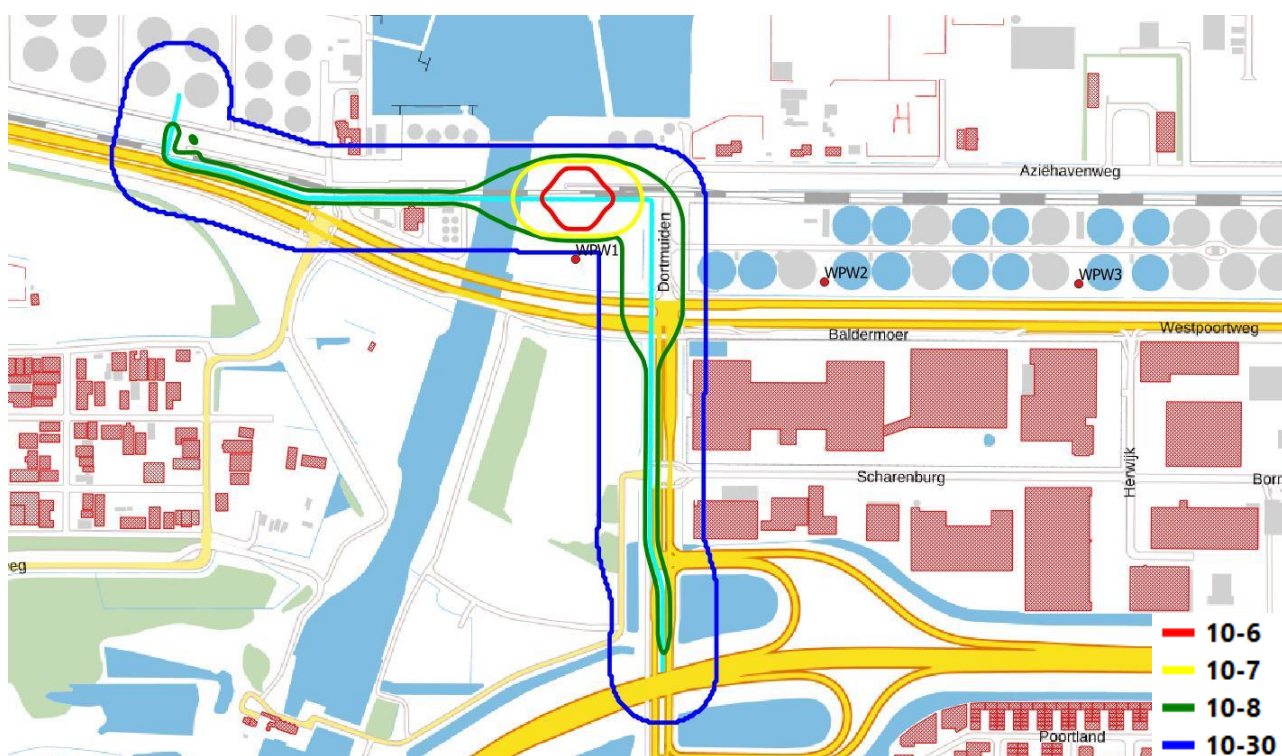
In deze paragraaf worden de resultaten gepresenteerd van de uitgevoerde plaatsgebonden (PR) en groepsrisicoberekeningen (GR) van de kerosineleiding van Amsterdam Schiphol Pijpleiding C.V. In deze berekeningen is de invloed van de plaatsing van de windturbines aan de Westpoortweg op het PR en GR berekend.

7.3.1 Plaatsgebonden risico kerosineleiding

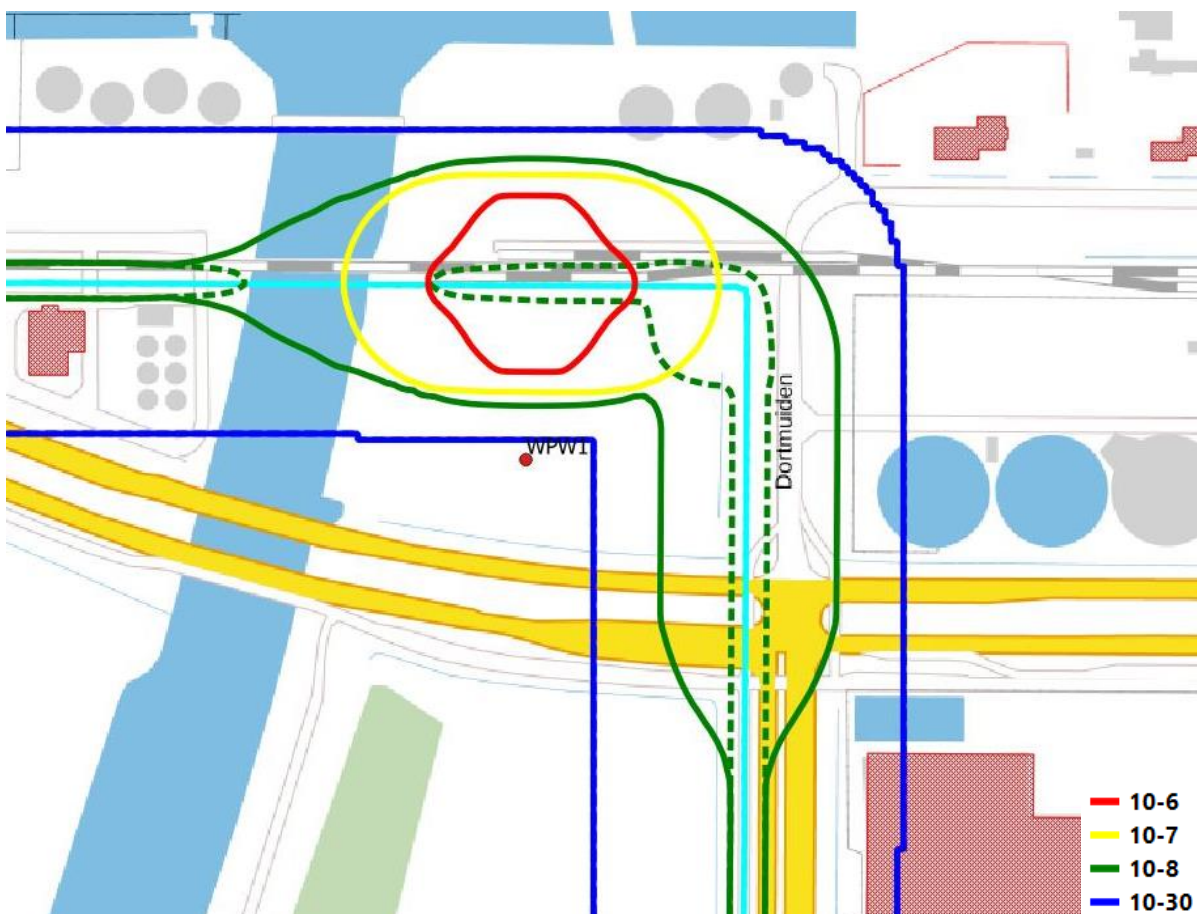
De PR-contouren van de kerosine leiding vóór plaatsing van de in paragraaf 4.1 beschreven windturbines is weergegeven in Figuur 7-1; de PR-contouren ná plaatsing van de windturbines is weergegeven in Figuur 7-2. In Figuur 7-3 is ingezoomd op de locaties waar het PR ten gevolge van plaatsing van de windturbines wijzigt om inzicht te krijgen in de verschillen.



Figuur 7-1: Plaatsgebonden risico kerosineleiding (lichtblauw) vóór plaatsing geplande windturbines. De kerosineleiding bereikt het plaatsgebonden risicocontour niveau van 10^{-7} per jaar niet.



Figuur 7-2: Plaatsgebonden risico kerosineleiding (lichtblauw) ná plaatsing geplande windturbines. De kerosineleiding bereikt het plaatsgebonden risicocontour niveau van 10^{-6} per jaar nabij de windturbines WPW2 en WPW3.



Figuur 7-3: Plaatsgebonden risico ingezoomd op WPW1. Stippellijn toont het risico zonder windturbines, ononderbroken lijnen tonen het risico met windturbines.

Bij Figuur 7-2 moet opgemerkt worden dat bij berekening van de additionele faalfrequentie van de kerosineleiding door mastbreuk van de windturbine, waarbij de gondel de leiding raakt, er gerekend is met een totale ontstekingskans van 1 in plaats van 0.01 (zie paragraaf 7.2.3). Dit omdat rotoronderdelen warmer kunnen zijn en dit mogelijk kan leiden tot een kleine verhoging van de ontstekingskans van kerosine. Door de totale ontstekingskans van 0.01 niet mee te nemen in de faalfrequentie van schade aan de leiding door impact van de gondel zijn de gepresenteerde resultaten conservatief.

7.3.2 Groepsrisico kerosineleiding

De kerosineleiding van Amsterdam Schiphol Pijpleiding CV resulteert niet in een scenario waarbij 10 of meer slachtoffers vallen. Hierdoor is er conform de definitie van het groepsrisico zoals gesteld in het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Ref. /1/) geen sprake van een groepsrisico.

7.4 Conclusies

Plaatsgebonden risico:

De plaatsgebonden risicoberekening wijst uit dat de plaatsing van de windturbines op de aangegeven locaties lokaal leiden tot het ontstaan van een 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour. Omdat er zich geen (beperkt) kwetsbare objecten binnen deze contour bevinden, voldoet het plaatsgebonden risico van de kerosineleiding aan de criteria in het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Ref. /1/).

Groepsrisico:

De kerosineleiding van Amsterdam Schiphol Pijpleiding CV resulteert niet in een scenario waarbij 10 of meer slachtoffers vallen. Hierdoor is er conform de definitie van het groepsrisico zoals gesteld in het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Ref. /1/) geen sprake van een groepsrisico.

8 REFERENTIES

- /1/ Besluit externe veiligheid buisleidingen. Staatscourant 2010 nr. 686, 17 september 2010.
<http://wetten.overheid.nl/BWBR0028265>
- /2/ Handleiding Risicoberekeningen Besluit externe veiligheid buisleidingen. RIVM. Versie 3.1, 1 april 2020
<https://www.rivm.nl/sites/default/files/2020-04/Handleiding%20Risicoberekeningen%20Bevb%20versie%203.1.pdf>
- /3/ Handreiking Risicozonering Windturbines (HRW2020), opgesteld door DNV GL Netherlands B.V. in overleg met de Klankbordgroep Risicozonering Windturbines, versie 1.1 uitgave 20 mei 2020.
- /4/ Besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer (activiteitenbesluit). 19 oktober 2007.
<http://wetten.overheid.nl/BWBR0022762/2016-01-01>
- /5/ Brief RIVM aan VROM, Oplevering rekenpakket CAROLA, kenmerk 012/10 CEV Vli/sij -1631, 25 januari 2010.
- /6/ Handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico. I&M. Versie 1.0, november 2007.
<http://www.groepsrisico.nl/doc/Handreiking%20verantwoordingsplicht%20groepsrisico.pdf>
- /7/ Het beleid van Gasunie Transport Services inzake het veilig plaatsen van windturbines bij haar gasinfrastructuur, GTS, Versie 8, 31-08-2015, Ref: LAJ 15.0616
<http://www.kennistafelveiligheidwindenergie.nl/doc/LAJ%2015%200616%20Beleid%20windturbines%20GTS%20externe%20informatie%20v8%2031-08-2015.pdf>
- /8/ Bosch & van Rijn, Windpark Westpoortweg onderzoek externe veiligheid t.b.v. MER-beoordeling, versie 0.2, 02-03-2020.
- /9/ DNV GL, Kwantitatieve risicoanalyse windturbines westpoortweg, Rapport nr.: 10018322, Rev. 0, 07-07-2016.





About DNV GL

DNV GL is a global quality assurance and risk management company. Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, we enable our customers to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification, technical assurance, software and independent expert advisory services to the maritime, oil & gas, power and renewables industries. We also provide certification, supply chain and data management services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our experts are dedicated to helping customers make the world safer, smarter and greener.