

RAPPORT

QRA Windpark Spuisluis

Kwantitatieve risicoanalyse

Klant: Eneco Wind B.V.

Referentie: I&BBE4373R001F06

Versie: 04/Finale versie

Datum: 9 maart 2017

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

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

Titel document: QRA Windpark Spuisluis

Ondertitel: Kwantitatieve risicoanalyse
Referentie: I&BBE4373R001F06
Versie: 04/Finale versie
Datum: 9 maart 2017
Projectnaam: Windpark Spuisluis risicoanalyse
Projectnummer: BE4373
Auteur(s): Peter Winkelman

Opgesteld door: Peter Winkelman

Gecontroleerd door: Erik Ader

Datum/Initialen: 9 maart 2017

Goedgekeurd door: Simone van Dijk

Datum/Initialen: 9 maart 2017

S.C.A. van Dijk

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001, ISO 14001 and OHSAS 18001.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Uitgevoerde studies	1
1.2	Leeswijzer	1
2	Wettelijk kader	2
3	QuickScan	5
3.1	Situatieschets	5
3.2	Uitgangspunten risicoberekeningen	6
3.3	Conclusies QuickScan	8
3.4	Aanpassingen naar aanleiding van de QuickScan	9
4	Directe risico's per turbine	10
4.1	QRA-berekeningen per turbine type	10
4.2	Windturbine Positie 1	13
4.3	Windturbine Positie 2	14
4.4	Windturbine Positie 3	15
4.5	Windturbine Positie 4	16
4.6	Windturbine Positie 5	17
4.7	Windturbine Positie 6	18
5	Indirecte Risico's	19
5.1	Rekenmethodiek wegen, vaarwegen en spoorwegen	19
5.2	Noordersluisweg	20
5.3	1 ^e Rijksbinnenhaven (weg)	22
5.4	2 ^e Rijksbinnenhaven (weg)	23
5.5	Vaarwegen	24
5.6	Ligplaatsen van de binnenvaartschepen	25
5.7	Het werkspoor op het Tata Steel terrein	25
5.8	Trefkansberekeningen	25
5.9	Tata Steel	27
5.10	Nuon	28
5.11	Gasunie gasontvangststation	28
5.12	Aardgasleiding Gasunie	30
5.13	Propanareservoir van Rijkswaterstaat	32
5.14	Primaire waterkering	33

5.15	Sluisgemaal	35
6	Conclusies	37
6.1	Directe risico's windturbines	37
6.2	Indirecte risico's windturbines	37

1 Inleiding

Windpark Spuisluis is een initiatief van Windpark IJmond en Eneco Wind. Het windpark wordt ontwikkeld ten zuiden van Tata Steel te Velsen-Noord en ten noorden van de woonkern IJmuiden/Velsen-Zuid en zal bestaan uit een 6-tal windturbines op rij.

Als onderdeel van de vergunningsaanvraag voor het windpark Spuisluis heeft Eneco Wind BV Royal HaskoningDHV gevraagd het externe risico van de windturbines te kwantificeren en te toetsen aan de geldende normen en richtwaarden.

1.1 Uitgevoerde studies

Er is een QuickScan en een QRA uitgevoerd. In de QuickScan zijn twee mogelijke opstellingen van de windturbines onderzocht (opstelling A: 6 turbines en opstelling B: 7 turbines). In de QuickScan is onderzocht welke objecten binnen de maximale effectafstanden van de windturbines liggen, en zijn deze objecten getoetst aan de veiligheidsafstanden zoals deze zijn genoemd in het handboek risicozonering windturbines. Tevens is onderzocht of er grote problemen zijn te verwachten.

Naar aanleiding van de resultaten van de QuickScan is de opstelling van de windturbines aangepast, waarmee een definitieve opstelling is vastgesteld (opstelling C), waarmee de QRA is uitgevoerd.

In de QuickScan zijn 4 turbintypes meegenomen: Nordex N117 (3MW), Vestas V117 (3,45 MW), Gamesa G114 (2,5 MW) en de Senvion MM114 (3,2 MW).

In de QRA zijn 3 turbintypes meegenomen (de Gamesa is om economische redenen afgefallen).

1.2 Leeswijzer

In dit rapport wordt in hoofdstuk 2 ingegaan op het wettelijk kader, vervolgens worden in hoofdstuk 3 de resultaten van de QuickScan besproken. In hoofdstuk 4 worden de risico's per windturbine berekend en in hoofdstuk 5 worden de risico's per, in de QuickScan geselecteerde, ontvanger berekend. Tot slot worden de resultaten en conclusies besproken in hoofdstuk 6.

2 Wettelijk kader

Directe en indirecte risico's

Windturbines kunnen directe en indirecte risico's veroorzaken. Onder directe risico's wordt verstaan de risico's die personen lopen om te overlijden omdat zij worden geraakt door onderdelen van de windturbine. Onder indirecte risico's wordt verstaan de risico's die personen lopen om te overlijden ten gevolge van een domino-effect. Hierbij worden personen dus niet zelf geraakt, maar veroorzaakt het falen van een windturbine een tweede incident die voor de risico's zorgt. De windturbine is hierbij een risico verhogend object.

Voorbeelden van directe en indirecte risico's

Directe risico's

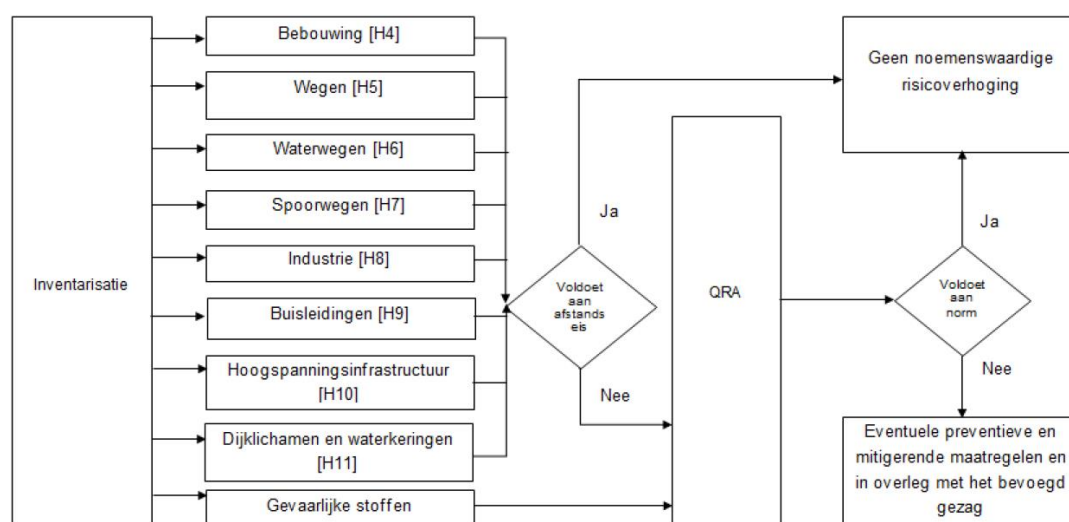
De gondel inclusief rotor valt uit de mast, waardoor personen in de directe omgeving van de windturbine kunnen overlijden ten gevolge van de impact.

Indirecte risico's

Een windturbineblad breekt af tijdens operatie met nominaal toerental en treft een propaantank op enige afstand van de turbine. De propaantank faalt en het vrijkomende gas ontsteekt met een vuurbal tot gevolg. De vuurbal geeft warmtestraling, waardoor personen in de omgeving van de propaantank kunnen overlijden.

Toetsingscriteria Barim/Handboek risicozonering

Het Handboek risicozonering windturbines (HRW 2014) beschrijft de rekenmethodiek voor het risico van windturbines en de afstandscriteria met normen die volgen uit wet- en regelgeving en beleidsregels. De te volgen stappen zijn in onderstaande figuur schematisch weergegeven.



De algemene aanpak is om in eerste instantie de maximale effectafstanden te bepalen van de windturbines, gegeven door de maximale werpafstanden bij overtoeren. De objecten binnen deze afstand worden geïnventariseerd en getoetst aan de afstandseis. Als de afstandseis voldoet dan wordt in ieder geval voldaan aan de risiconormen, zo niet dan kan met een QRA worden berekend of de risico's de normen overschrijden. Voor wegen, vaarwegen en spoorwegen geldt dat ook als aan de afstandseis wordt voldaan er een QRA is vereist. De afstandscriteria en de normen zijn opgenomen in tabel 4 van het handboek (zie onderstaande figuur).

Onderdeel	Beheerder	Afstandscriterium	Juridische status	Toetsing	Normering
Bebouwing		• beperkt kwetsbare objecten op ½ rotordiameter, • Kwetsbare objecten op masthoogte + ½ rotordiameter of de maximale werpafstand bij nominaal toerental	Activiteitenbesluit	PR	PR 10 ⁻⁶ en PR 10 ⁻⁵ contour voor resp. kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten
Rijksweg	Rijkswaterstaat	½ rotordiameter uit de rand van de verharding met een minimum van 30m	Noodzakelijk voor vergunning	IPR MR	10 ⁻⁶ per jaar 2 * 10 ⁻³ per jaar
Waterweg	Rijkswaterstaat	½ rotordiameter uit de rand van de vaarweg met een minimum van 50m	Noodzakelijk voor vergunning	IPR MR	10 ⁻⁶ per jaar 2 * 10 ⁻³ per jaar
Spoorweg	ProRail	7,85 meter + ½ RD uit het rand van het dichtstbijzijnde spoor minimum van 30m	Noodzakelijk voor vergunning	IPR MR	10 ⁻⁶ per jaar 2 * 10 ⁻³ per jaar
Ondergrondse buisleidingen	Gasunie	Hoogste waarde van: • Maximale werpafstand bij nominaal toerental • Ashoogte + ½ rotordiameter	Advies	Additionele bezwijkkans	Eerste benadering: Max 10% toevoegen aan oorspronkelijke breukkans buisleiding voor deel binnen invloedsgebied windturbine
Bovengrondse buisleidingen	Gasunie	Maximale werpafstand bij overtoeren	Advies	Additionele bezwijkkans	Eerste benadering: Max 10% toevoegen aan oorspronkelijke breukkans buisleiding voor deel binnen invloedsgebied windturbine
Hoogspannings-infrastructuur (ondergronds en bovengronds)	TenneT	Hoogste waarde van: • Maximale werpafstand bij nominaal toerental • Ashoogte + ½ rotordiameter	Advies	Additionele bezwijkkans	eerste richtlijn: max. 10% toevoegen aan autonome faalfrequentie hoogspanningsverbinding. In overleg met TenneT.
Industrie	Beheerder inrichting	Afhankelijk van inrichting	Bij ruimtelijke besluitvorming windturbines	PR van inrichting GR _i van inrichting	PR 10 ⁻⁶ en PR 10 ⁻⁵ contour Geen norm maar oriëntatiewaarde
Waterkeringen	Waterschap, Rijkswaterstaat	Buiten kernzone	Afhankelijk van beheerder	Binnen kernzone	Geen negatieve gevolgen voor de waterkerende functie van de primaire waterkering

Figuur 1: Afstandseisen en normen per object

Hoewel de bovenstaande normering voor rijkswegen van Rijkswaterstaat geldt wordt in deze studie de bovenstaande normering voor alle wegen toegepast. Dit is een veilige aanname.

3 QuickScan

In maart 2016 is een QuickScan uitgevoerd voor Eneco Wind [ref: I&BBE4373R001F06]. In dit hoofdstuk zal deze QuickScan kort worden toegelicht en de resultaten worden opgesomd.

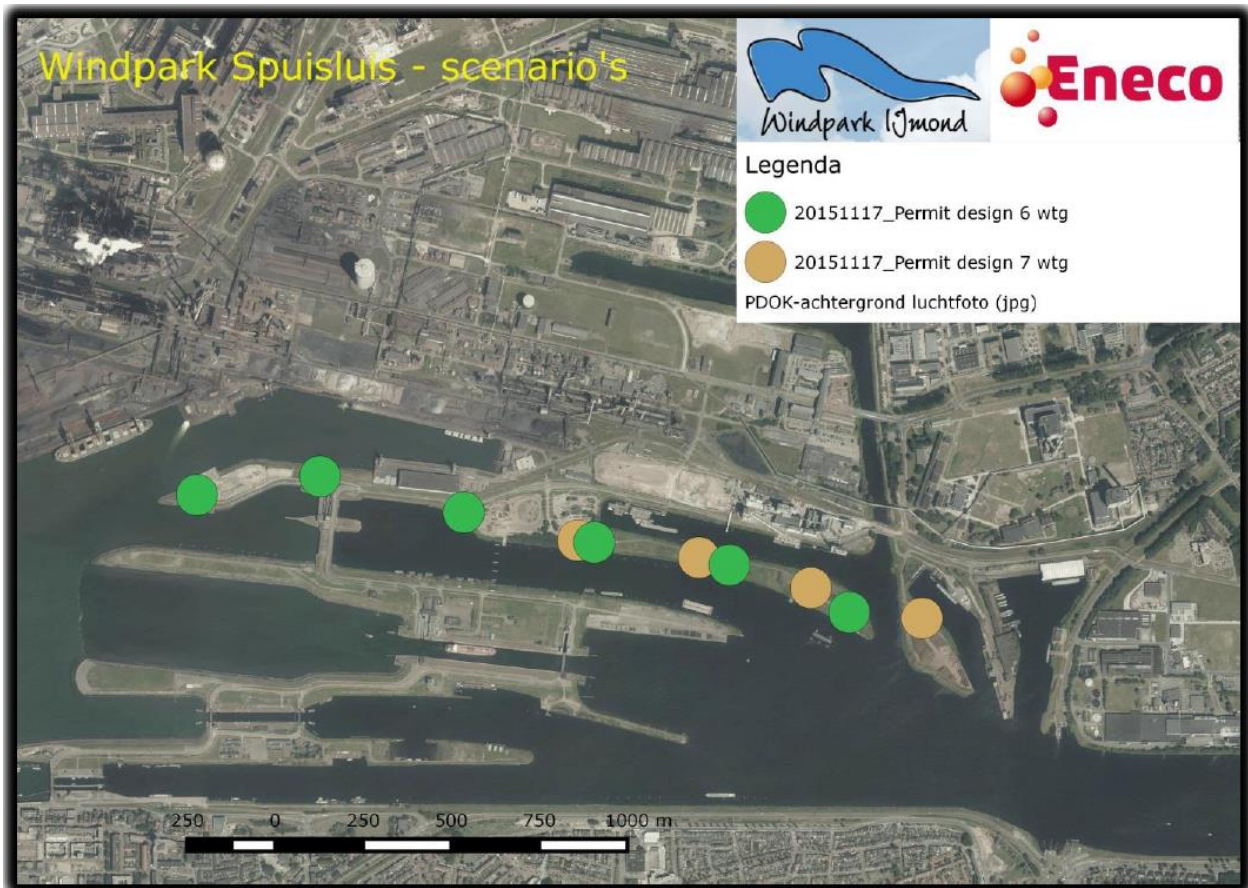
3.1 Situatieschets

In de QuickScan zijn 2 situaties onderzocht:

A: 6 windturbines;

B: 7 windturbines.

In de onderstaande figuren zijn de twee opties weergegeven (A: groene bolletjes; B: bruine bolletjes, de meest westelijke drie locaties vallen samen voor optie A en B).



3.2 Uitgangspunten risicoberekeningen

Er zijn 4 windturbine types onderzocht. In de onderstaande tabel zijn de windturbinegegevens opgenomen die zijn gebruikt voor het bepalen van de effect- en risicoafstanden.

Tabel 1: Eigenschappen van de onderzochte turbinetypes

Eigenschap	Eenheid	Gamesa G114	Nordex N117	Senvion MM114	Vestas V117
Nominaal Vermogen	[kW]	2500	3000	3400	3450
IEC klasse	[-]	II	II	II	II
Hoogte rotorhub	[m]	114	120	119	117
Nominaal toerental	[rpm]	13,06	12,6	12,06	13,2
Zwaartepunt blad	[m]	16,6	15,6	17,2	15,4
Lengte bladdeel	[m]	56	57,8	55,8	57,2
Bladoppervlak ¹⁾	[m ²]	168	161	153	159
Diameter rotor	[m]	120	117	114	116,5
Diameter toren	[m]	4	4,2	3,8	4
Lengte gondel	[m]	12,8	12,8	12,8	12,8
Hoogte gondel	[m]	4	4,0	4,0	4
Breedte gondel	[m]	4,3	5,4	4,2	4,3

1) Bladoppervlak is geschat op basis van het handboek risicozonering windturbines: $0,029 \times D^{1,81}$

Op basis van deze gegevens is het PR van de verschillende turbines berekend en zijn de maximale werpafstanden bepaald. Deze zijn in de onderstaande tabel weergegeven. De grootste afstanden per criterium zijn met een donkerder kleur aangegeven:

Tabel 2: Effect – en risicoafstanden per turbinetype

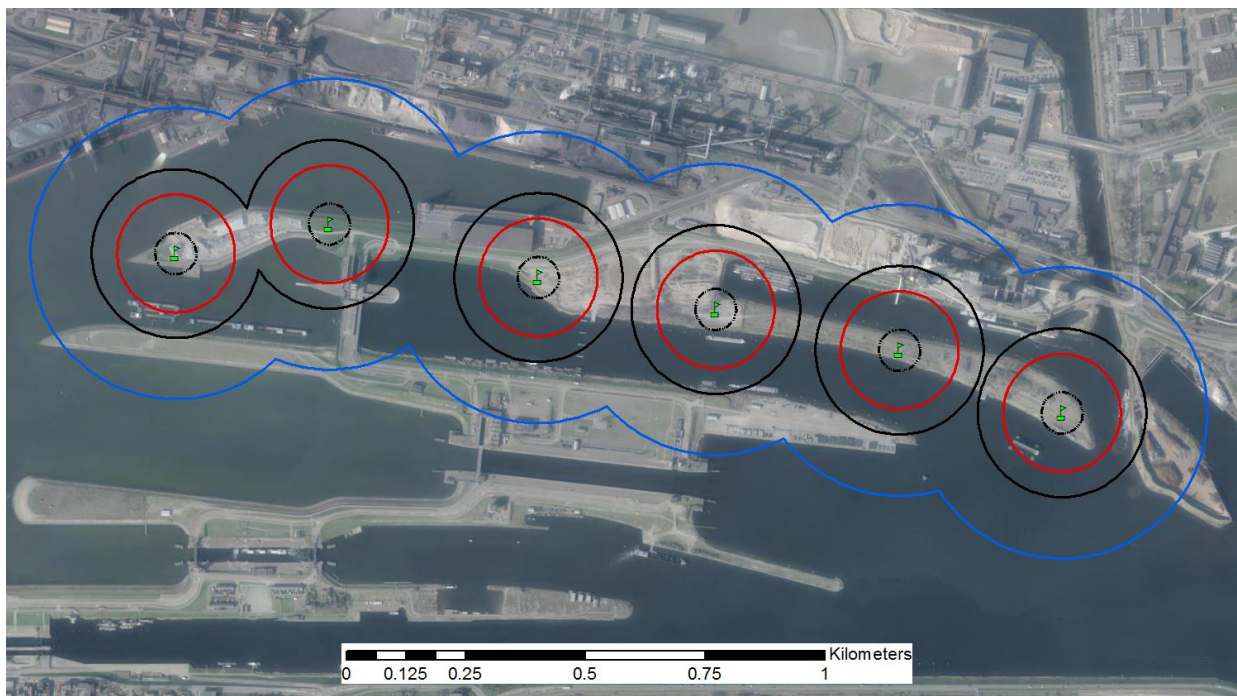
Criterium	Gamesa	Nordex	Senvion	Vestas
	[m]	[m]	[m]	[m]
PR 10^{-5} per jaar contour	41	42	38	40
PR 10^{-6} per jaar contour	174	178	176	175
Werpafstand nominaal toerental	123	112	118	115
Werpafstand overtoeren	304	268	289	279

In de onderstaande tabel zijn de afstanden opgenomen zoals deze in de QuickScan zijn gehanteerd, gebaseerd op de uitgangspunten in tabel 1.

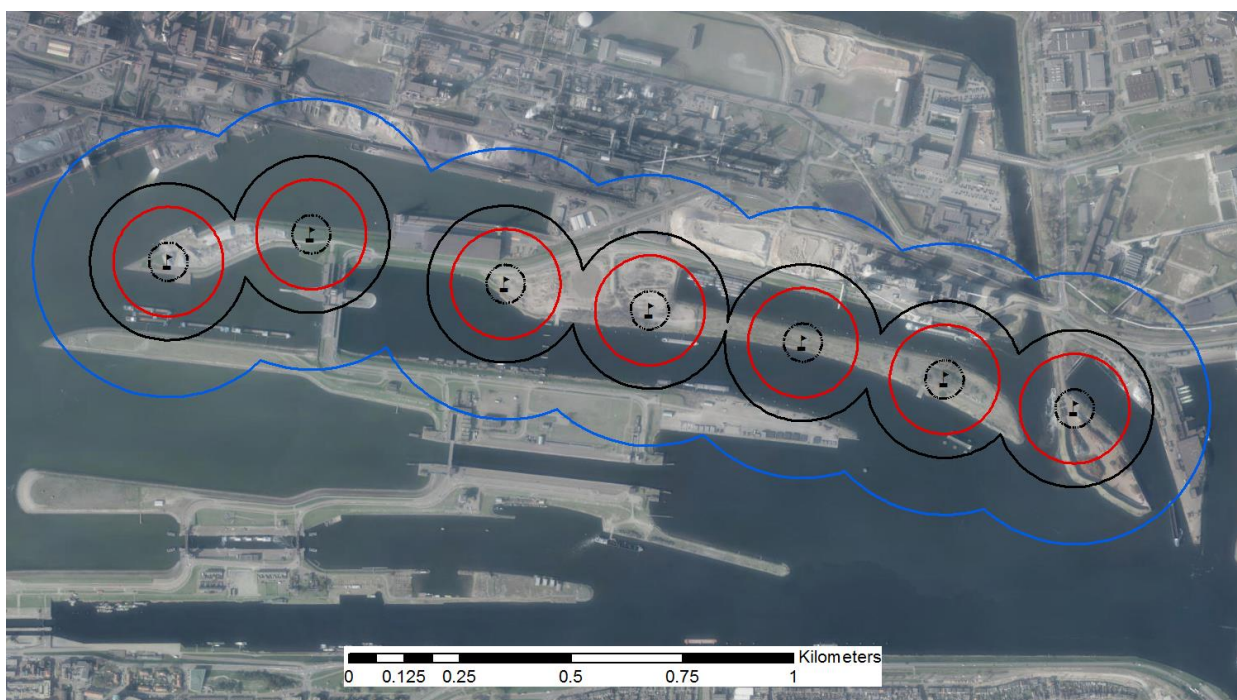
Tabel 3: Gehanteerde effect- en risicoafstanden QuickScan

Criterium	Gehanteerde afstand
	[m]
PR 10^{-5} per jaar contour	42 (Nordex)
PR 10^{-6} per jaar contour	178 (Nordex)
Werpafstand nominaal toerental	123 (Gamesa)
Werpafstand overtoeren	304 (Gamesa)

In de onderstaande figuren zijn de berekende afstanden weergegeven op een satellietfoto, zoals in de QuickScan is gehanteerd.



Figuur 2: Effect- en risicoafstanden Optie A (6 turbines)



Figuur 3: Effect- en risicoafstanden Optie B (7 turbines)

3.3 Conclusies QuickScan

In de QuickScan zijn de volgende conclusies getrokken:

Het windmolenpark is vanuit het oogpunt van EV als kansrijk te bestempelen. Er is wel een aandachtspunt en er is een aantal QRA's dat moet worden uitgevoerd. Te weten:

Vervolgonderzoek

De volgende objecten dienen te worden onderzocht op mogelijke additionele risico's:

Wegen

1. Noordersluisweg.

Waterwegen

2. Hoogovenhaven (inclusief ligplaats binnenvaartschepen).
3. Buitenspuikanaal (inclusief ligplaats binnenvaartschepen).
4. Binnenspuikanaal (inclusief ligplaats binnenvaartschepen).
5. 1^e Rijksbinnenhaven (inclusief ligplaats binnenvaartschepen).
6. 2^e Rijksbinnenhaven (inclusief ligplaats binnenvaartschepen).
7. Ligplaatsen van binnenvaartschepen indien deze gevaarlijke stoffen kunnen vervoeren.

Spoor

8. Werkspoor.

Industrie

9. Tata Steel terrein.
10. Gasontvangststation bij Nuon.
11. Propaanreservoir van RWS¹.

Primaire waterkering

12. Primaire waterkering.

Sluisgemaal

13. Voor het sluisgemaal zijn geen normeringen, maar zal op basis van een expert judgement een oordeel worden geveld over de aanvaardbaarheid van een eventueel verhoogd risico.

Aandachtspunt

De meeste van de windturbine posities zijn kansrijk, hierbij is er op dit moment geen voorkeur voor variant A of B. Vooral windturbine positie 2 heeft aandacht nodig, vanwege het sluisgemaal, maar ook vanwege de primaire waterkering. Positie 2 is gelijk voor variant A en B.

¹ Tijdens de bespreking van de QuickScan met betrokken partijen kwam naar voren dat naast de in de QuickScan geïdentificeerde objecten/inrichtingen er ook een propaanreservoir van RWS binnen de werpafstanden van de windturbines ligt welke onderzocht moet worden.

3.4 Aanpassingen naar aanleiding van de QuickScan

De QuickScan heeft aanleiding gegeven tot het aanpassen van de turbine locaties 1 en 2 in verband met de mogelijke risico's voor het sluisgemaal. Hierbij is de windturbine op positie 1 komen te vervallen en is de locatie van windturbine 2 in westelijke richting verschoven, zodat deze buiten de afstand ashoogte + $\frac{1}{2}$ rotordiameter ligt. Hierdoor zijn 3 van de vier faalmechanismen niet meer van toepassing voor de risico's op het gemaal. Het enige scenario dat overblijft voor het gemaal is daarmee het afbreken van een turbineblad bij overtoeren. Dit scenario heeft een veel lagere kans op voorkomen dan de andere drie scenario's. In de onderstaande figuur is de aangepaste lay-out, eerder C genoemd, weergegeven.



Figuur 4: Aangepaste lay-out naar aanleiding van de QuickScan resultaten

Tevens is de Gamesa windturbine afgefallen als mogelijke turbine voor het project, vanwege economische redenen.

4 Directe risico's per turbine

In dit hoofdstuk zullen de risico's van de windturbines per turbine worden besproken. De uitgangspunten hierbij zijn:

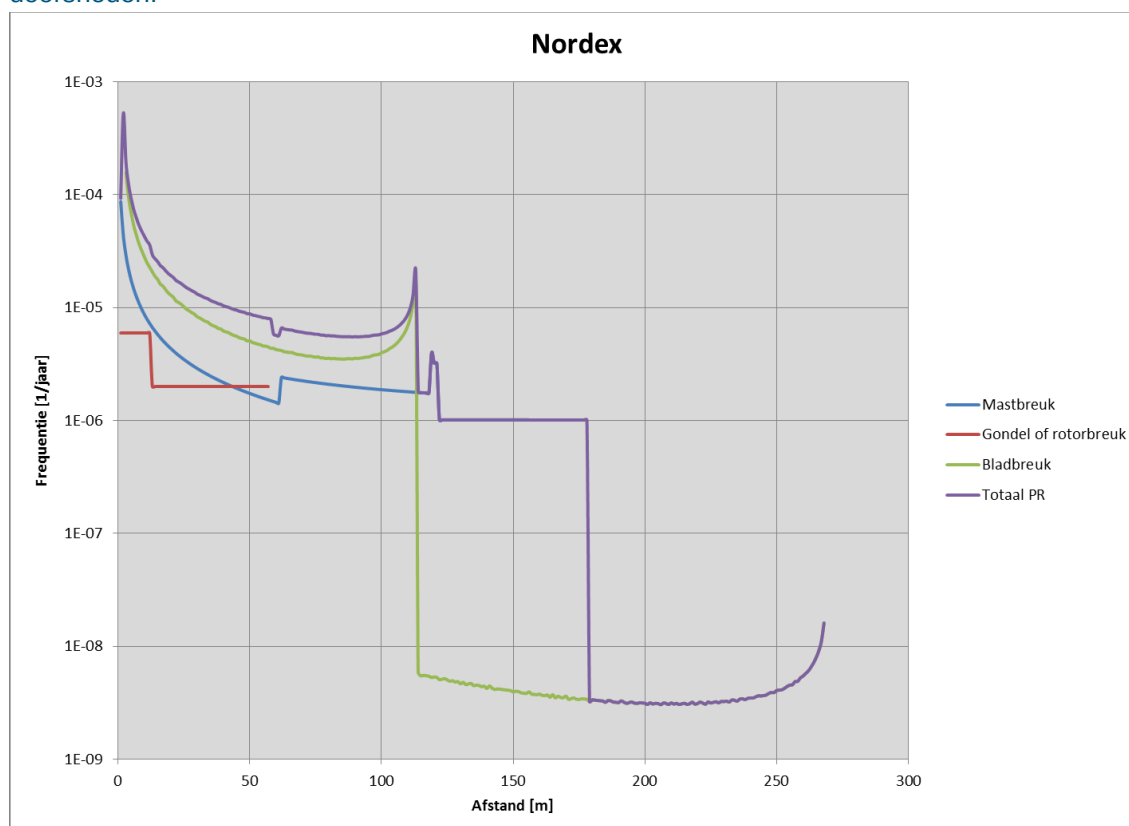
- de aangepaste lay-out naar aanleiding van de QuickScan;
- drie turbintypen (Nordex N117, Vestas V117, Senvion MM114)²;
- de turbine eigenschappen.

4.1 QRA-berekeningen per turbine type

Voor alle drie de turbintypes is een model risicoberekening gemaakt op basis van het handboek risicozonering windturbines (2014). Dit geeft de volgende PR-grafieken.

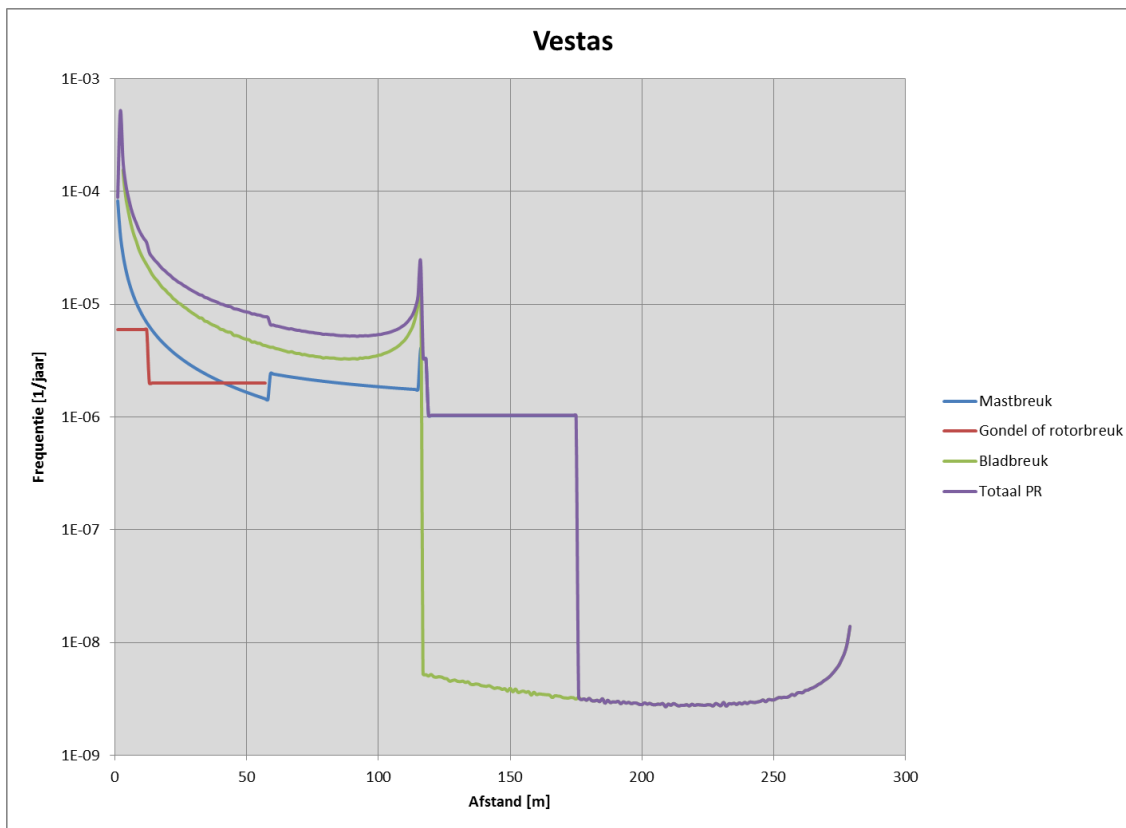
De typische vorm van de grafiek, waarbij de risico's in eerste instantie dalen en weer omhoog gaan vlakbij de maximale werpafstand, wordt bepaald door het scenario breuk van een turbineblad bij nominaal toerental en bij overtoeren. De vorm kan worden verklaard doordat er veel mogelijkheden zijn om ongeveer de verste afstand te bereiken. Omdat er alleen wordt gerekend met het toerental bij nominaal vermogen en het dubbele toerental voor het scenario overtoeren wordt een scherpe piek verkregen. In werkelijkheid zal een windturbine niet het gehele jaar het nominale toerental leveren. Hierdoor zal het werkelijke risico lager zijn en zal de piek bij maximale werpafstand een bredere lagere waarde hebben.

Voor de $PR = 10^{-5}$ per jaar risicoafstand wordt daarom het eerste punt genomen waar de 10^{-5} as wordt doorsneden.

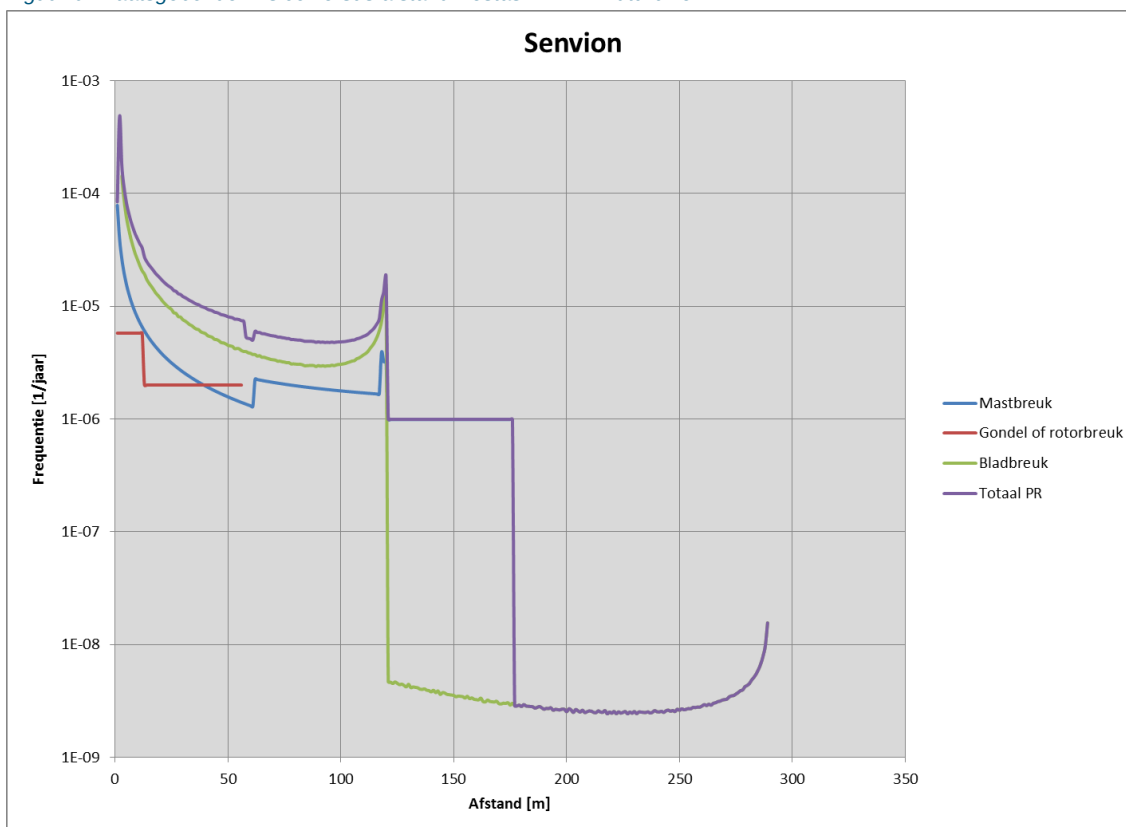


Figuur 5: Plaatsgebonden risico versus afstand Nordex N117 windturbine

² De gamesa G114 is afgevalen als mogelijke turbine aan het einde van de QuickScan.



Figuur 6: Plaatsgebonden risico versus afstand Vestas V117 windturbine



Figuur 7: Plaatsgebonden risico versus afstand Senvion MM114 windturbine

De grafieken zijn voor de drie verschillende turbine types nagenoeg gelijk. De Nordex geeft de grootste risicoafstanden en de Servion de grootste werpafstanden, de grootste afstanden zijn als uitgangspunt genomen.

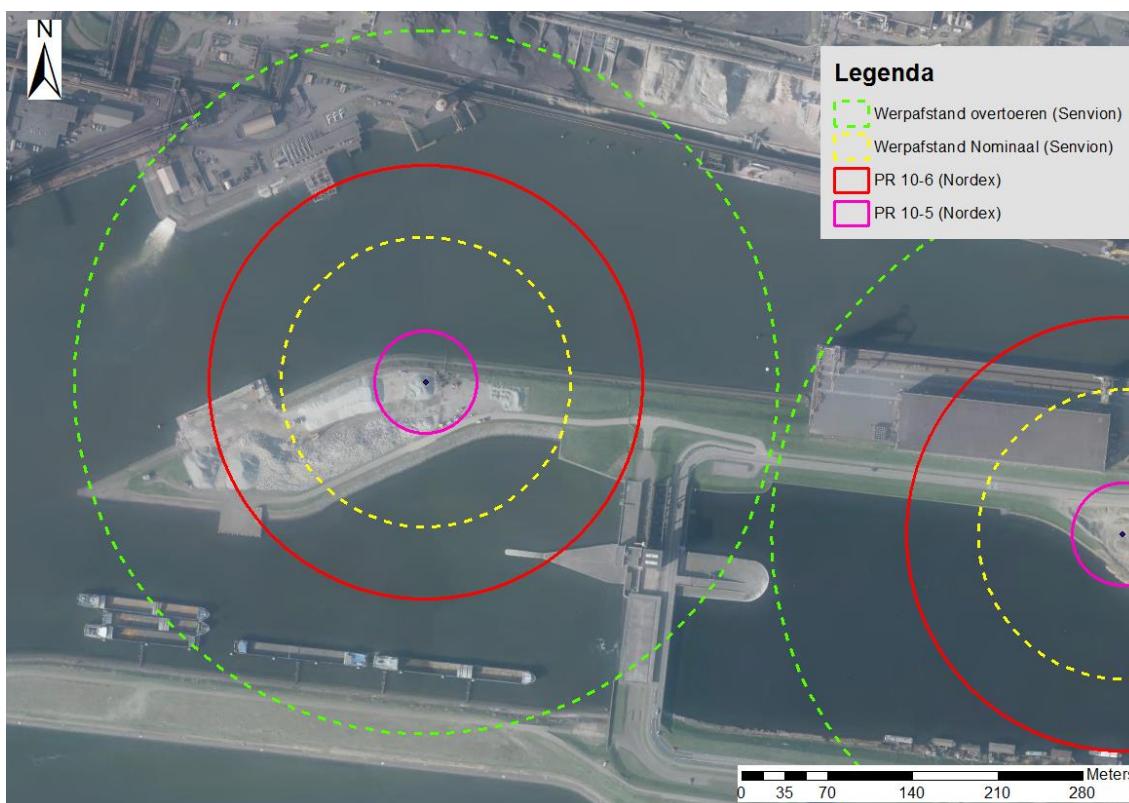
In de onderstaande tabel zijn de in deze studie gehanteerde risico en effectafstanden opgenomen.

Criterium	Gehanteerde afstand
	[m]
PR 10^{-5} per jaar contour	42 (Nordex)
PR 10^{-6} per jaar contour	178 (Nordex)
Werpafstand nominaal toerental	119 (Servion)
Werpafstand overtoeren	289 (Servion)

Tabel 4: Effect- en risicoafstanden die in de QRA-studies zijn gehanteerd.

4.2 Windturbine Positie 1

In onderstaande figuur zijn de effect- en risicocontouren van locatie 1 opgenomen.



Figuur 8: Effect- en risicocontouren windturbine locatie 1

Binnen de $PR10^{-5}$ per jaar en de $PR10^{-6}$ per jaar contouren zijn geen kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten aanwezig. In de QuickScan is deze locatie niet meegenomen, daarom worden de onderdelen waarvoor een nadere beschouwing nodig is hier genoemd.

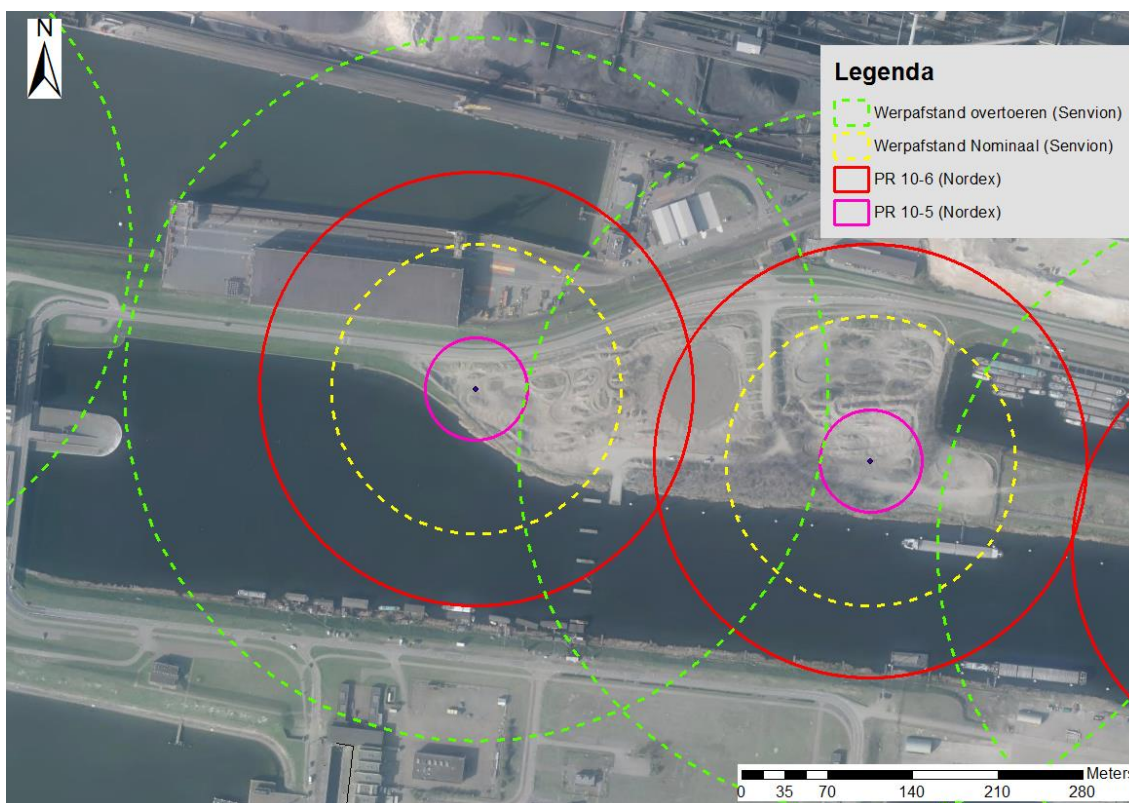
- wegen;
- vaarwegen;
- Tata Steel terrein;
- sluisgemaal;
- primaire waterkering.

Door de gewijzigde ligging van turbine 1 en 2 ligt de helihaven niet meer binnen de effectafstand bij overtoeren. Het risico voor het gemaal is minimaal omdat het buiten de effectafstanden voor de drie belangrijkste faalscenario's ligt (gondelfalen, mastfalen, bladfalen bij nominaal toerental). Er blijft slechts een faalscenario over: bladfalen bij overtoeren. Dit heeft een lage faalfrequentie en een veel groter effectgebied, zodat de risico's over een groter gebied worden uitgespreid.

De risico's van de geselecteerde onderdelen worden in het volgende hoofdstuk behandeld.

4.3 Windturbine Positie 2

In onderstaande figuur zijn de effect- en risicocontouren van locatie 2 opgenomen.



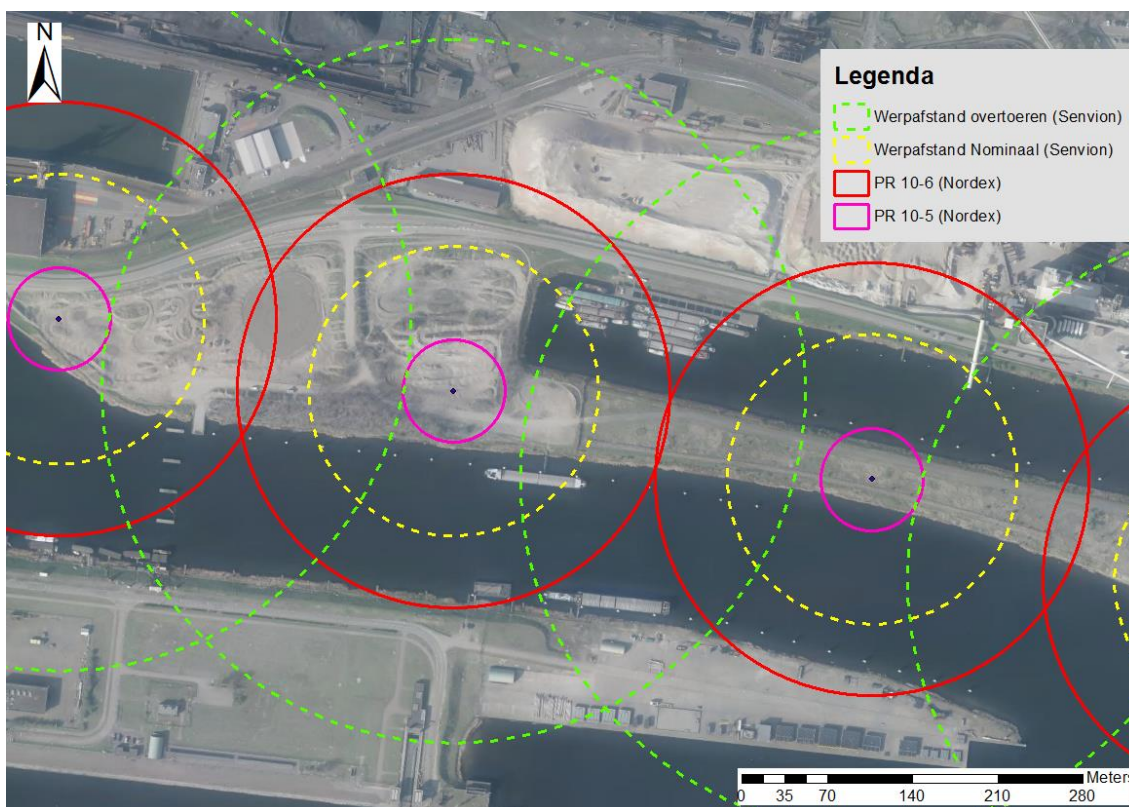
Figuur 9: Effect- en risicocontouren windturbine locatie 2

Binnen de $PR10^{-5}$ per jaar en de $PR10^{-6}$ per jaar contouren zijn geen kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten aanwezig.

De woonboten aan de Noordersluisweg worden in deze rapportage beschouwd als kwetsbare objecten en liggen net buiten de $PR10^{-6}$ per jaar contour. De loods van Tata Steel is onderdeel van de Bevi inrichting, welke in paragraaf 5.7 van deze rapportage wordt behandeld. De Tata Steel inrichting is geen kwetsbaar of beperkt kwetsbaar object.

4.4 Windturbine Positie 3

In onderstaande figuur zijn de effect- en risicocontouren van locatie 3 opgenomen.

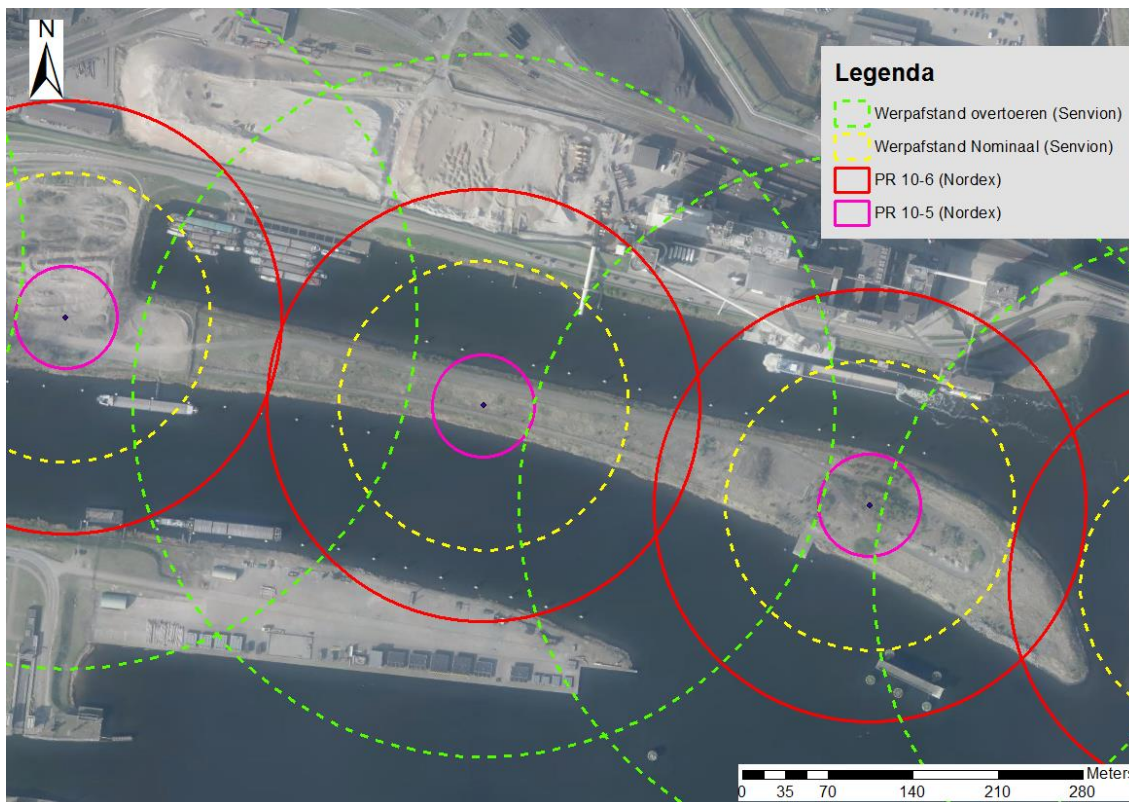


Figuur 10: Effect- en risicocontouren windturbine locatie 3

Binnen de $PR10^{-5}$ per jaar en de $PR10^{-6}$ per jaar contouren zijn geen kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten aanwezig.

4.5 Windturbine Positie 4

In onderstaande figuur zijn de effect- en risicocontouren van locatie 4 opgenomen.

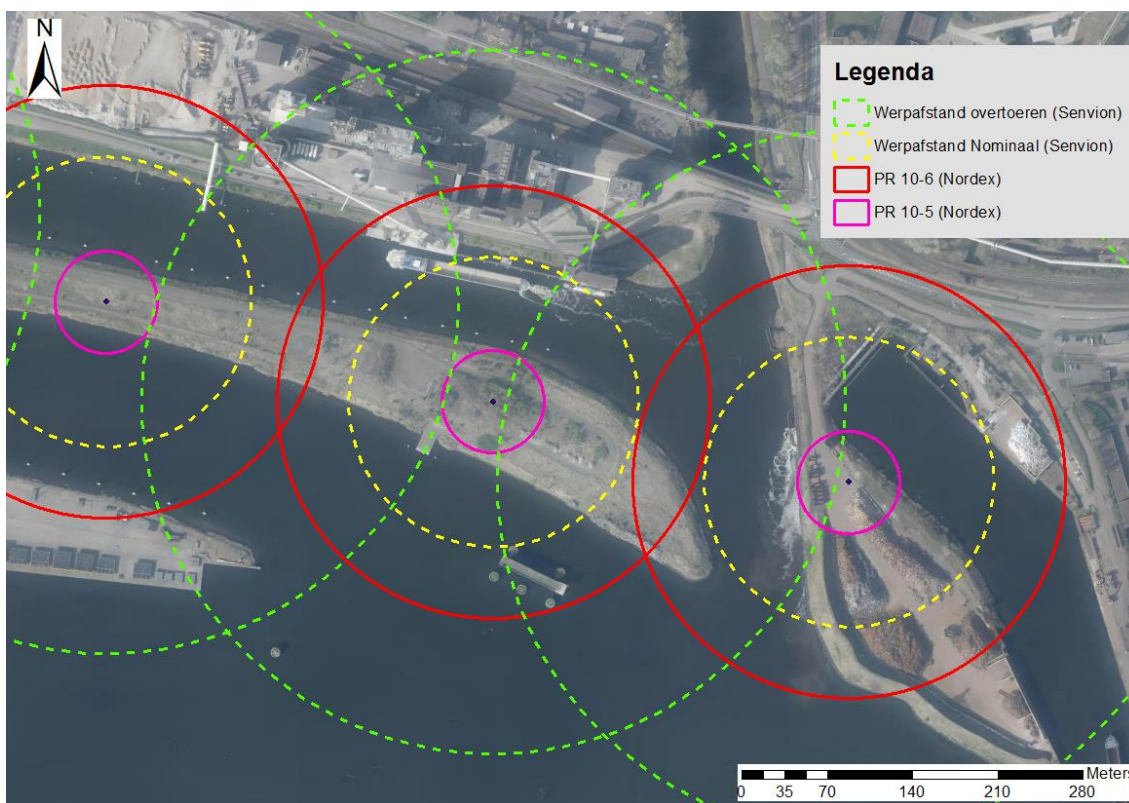


Figuur 11: Effect- en risicocontouren windturbine locatie 4

Binnen de $PR10^{-5}$ per jaar en de $PR10^{-6}$ per jaar contouren zijn geen kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten aanwezig.

4.6 Windturbine Positie 5

In onderstaande figuur zijn de effect- en risicocontouren van locatie 5 opgenomen.

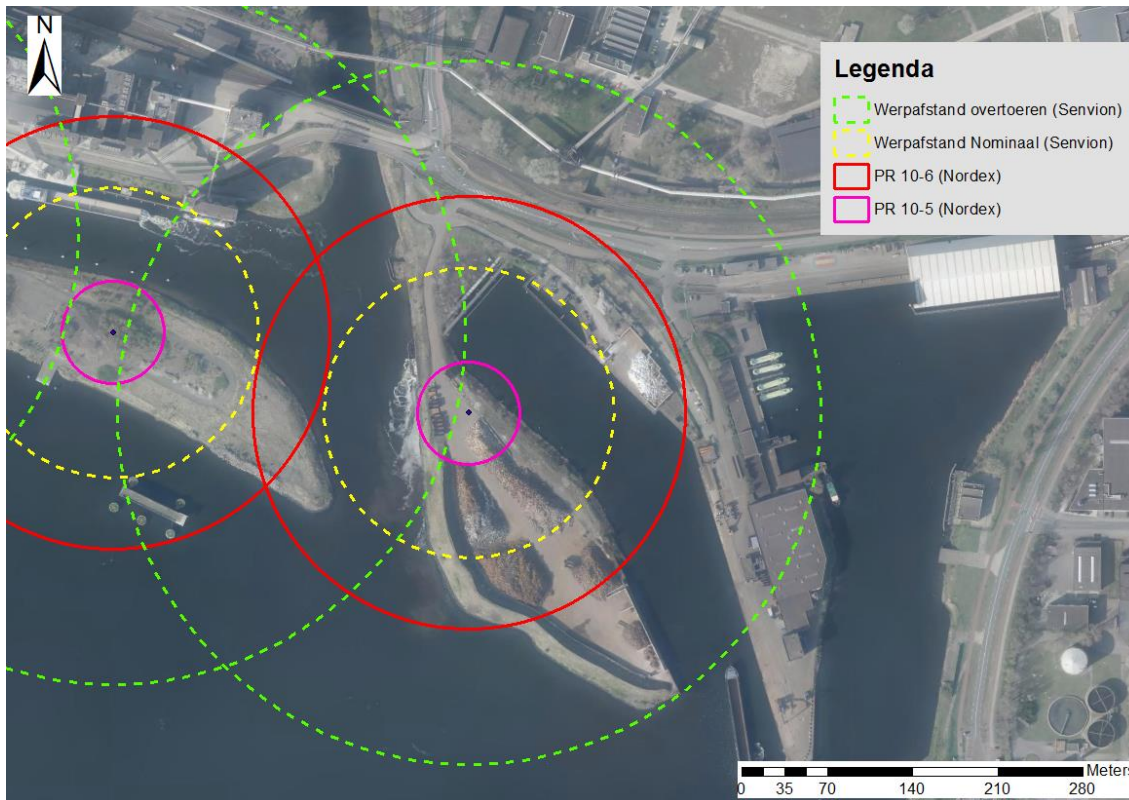


Figuur 12: Effect- en risicocontouren windturbine locatie 5

Binnen de $PR10^{-5}$ per jaar en de $PR10^{-6}$ per jaar contouren zijn geen kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten aanwezig.

4.7 Windturbine Positie 6

In onderstaande figuur zijn de effect- en risicocontouren van locatie 6 opgenomen.



Figuur 13: Effect- en risicocontouren windturbine locatie 6

Binnen de $PR10^{-5}$ per jaar en de $PR10^{-6}$ per jaar contouren zijn geen kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten aanwezig.

De woonboot in de 3^{de} Rijksbinnenhaven wordt in deze rapportage beschouwd als kwetsbaar object en ligt buiten de $PR 10^{-6}$ per jaar contour, waardoor het aan de norm voor kwetsbare objecten voldoet.

5 Indirecte Risico's

Indirecte risico's worden veroorzaakt door zogenaamde domino effecten. Hierbij is de windturbine een risico verhogend object. De volgende objecten worden onderzocht op een verhoogd risico door de aanwezigheid van de windturbines³:

Wegen

- 1 Noordersluisweg
- 2 1^e Rijksbinnenhaven
- 3 2^e Rijksbinnenhaven

Waterwegen

- 4 Hoogovenhaven
- 5 Buitenspuikanaal
- 6 Binnenspuikanaal
- 7 1^e Rijksbinnenhaven
- 8 2^e Rijksbinnenhaven
- 9 Ligplaatsen van binnenvaartschepen

Spoor

- 10 Werkspoor op het Tata Steel terrein

Industrie

- 11 Tata Steel
- 12 Gasontvangststation op het Nuon terrein
- 13 Propaanreservoir van RWS

Buisleidingen

- 14 Aardgas buisleiding ondergronds op het Tata Steel en Nuon terrein
- 15 Aardgas buisleiding bovengronds (jumper) over het Binnenkanaal

Primaire waterkering

- 16 Primaire waterkering

Sluisgemaal

- 17 Voor het sluisgemaal zijn geen normeringen, maar zal op basis van een expert judgement door RWS een oordeel worden geveld over de aanvaardbaarheid van een eventueel verhoogd risico.

5.1 Rekenmethodiek wegen, vaarwegen en spoorwegen

Voor wegen, vaarwegen en spoorwegen wordt het zogenaamde Individueel Passanten Risico (IPR) en het Maatschappelijk Risico (MR) berekend conform het beoordelingskader van NS Railinfrabeheer en Rijkswaterstaat, zoals vastgelegd in het rapport: 'Windturbines langs auto-, spoor- en vaarwegen uit 1999'.

³ Tijdens de bespreking van de QuickScan met betrokken partijen kwam naar voren dat naast de in de QuickScan geïdentificeerde objecten/inrichtingen er ook een propaanreservoir van RWS en een bovengrondse gasleiding van Gasunie onderzocht moet worden.

Het IPR is gelijk aan het aantal passages per passant maal de kans op overlijden van die passant per passage en wordt gegeven door:

$$IPR = N_p \times \left(\frac{10^{-5}}{365 \times 24 \times 3600} \times t_5 + \frac{10^{-6}}{365 \times 24 \times 3600} \times t_6 \right)$$

Hierin is:

t_5 : de tijd per passage binnen de 10^{-5} risicocontour [s];

t_6 : de tijd per passage binnen de 10^{-6} risicocontour [s];

N_p : het aantal passages per passant [-].

De berekening van het MR is gelijk aan: Het aantal doden per passage maal het totaal aantal passages per jaar:

$$MR = \frac{IPR}{N_p} \times N_T$$

Hierin is:

N_T : het totaal aantal passages per jaar op het traject.

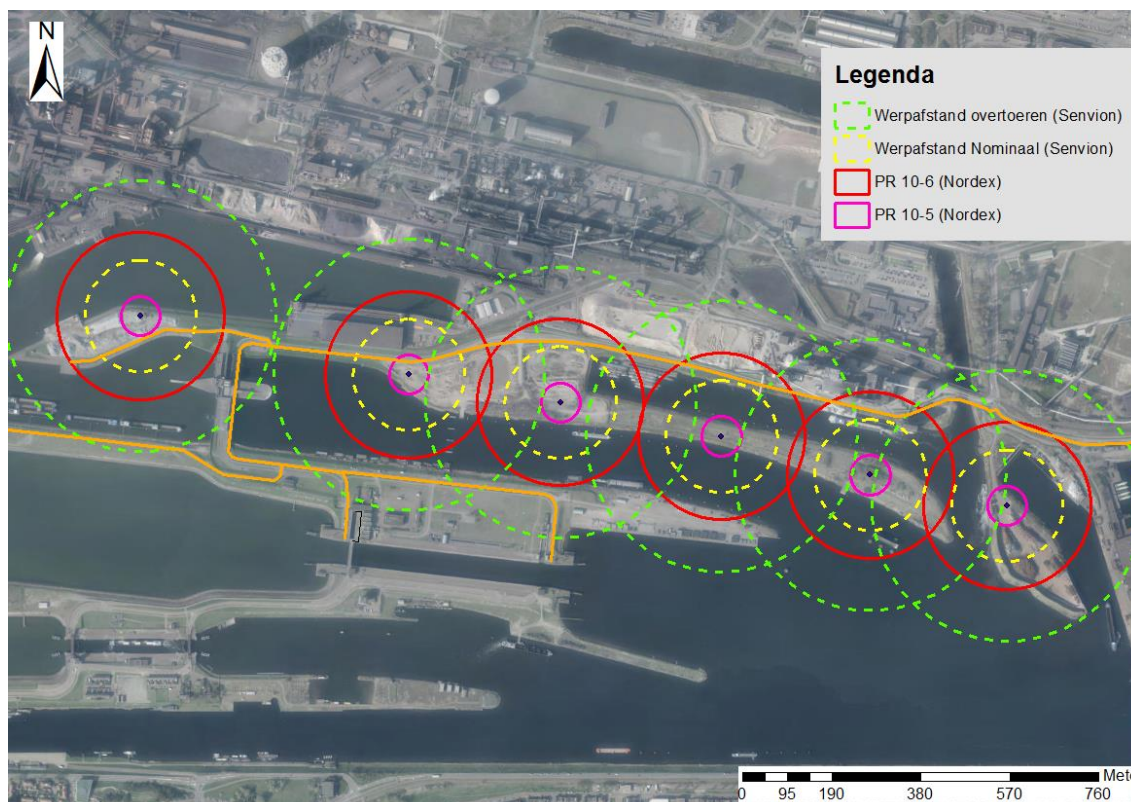
De normen voor het IPR en het MR zijn:

IPR: $1,0 \times 10^{-6}$ per jaar;

MR: $2,3 \times 10^{-3}$ per jaar.

5.2 Noordersluisweg

Op onderstaande kaart is de ligging van de Noordersluisweg binnen de risicocontouren van de windturbines weergegeven. Hoewel niet alle wegen vrij toegankelijk zijn, is toch de gehele weg meegenomen in de berekening:



Figuur 14: Ligging van de Noordersluisweg binnen de effectafstand van de windturbines

De lengte van de Noordersluisweg binnen 10^{-5} en binnen de 10^{-6} contouren van de windturbines zijn gegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 5: Lengte van de Noordersluisweg binnen de risicocontouren van de windturbines

	Lengte binnen 10^{-5} contour	Lengte binnen 10^{-6} contour
Windturbine1	-	340
Windturbine 2	60	282
Windturbine 3	0	270
Windturbine 4	0	244
Windturbine 5	0	195
Windturbine 6	0	100
Totaal	60	1431

In deze berekening zijn aannames gedaan welke zeer conservatief zijn om daarmee aan te tonen dat de risico's ver beneden de acceptatiecriteria blijven. De volgende aannames zijn gemaakt:

- het aantal passages per persoon is geschat op maximaal 2 per dag = $2 * 365 = 730$;
- een gemiddelde snelheid van 40 km/h = 11,11 m/s;
- een totaal aantal passages per jaar van 1.000.000 (een miljoen).

Hiermee kunnen het IPR en het MR worden berekend:

$$\text{IPR} = 730 * \{1 \times 10^{-5} / (365 * 24 * 3600) * 60 / 11,11 + 1 \times 10^{-6} / (365 * 24 * 3600) * 1431 / 11,11\} = 4,23 \times 10^{-9} \text{ per jaar.}$$

$$\text{MR} = 4,23 \times 10^{-9} * 1 \times 10^6 / 730 = 5,80 \times 10^{-6} \text{ per jaar.}$$

Deze waarden liggen ruim onder de normwaarden voor het IPR (1×10^{-6}) en het MR (2×10^{-3}).

5.3 1^e Rijksbinnenhaven (weg)

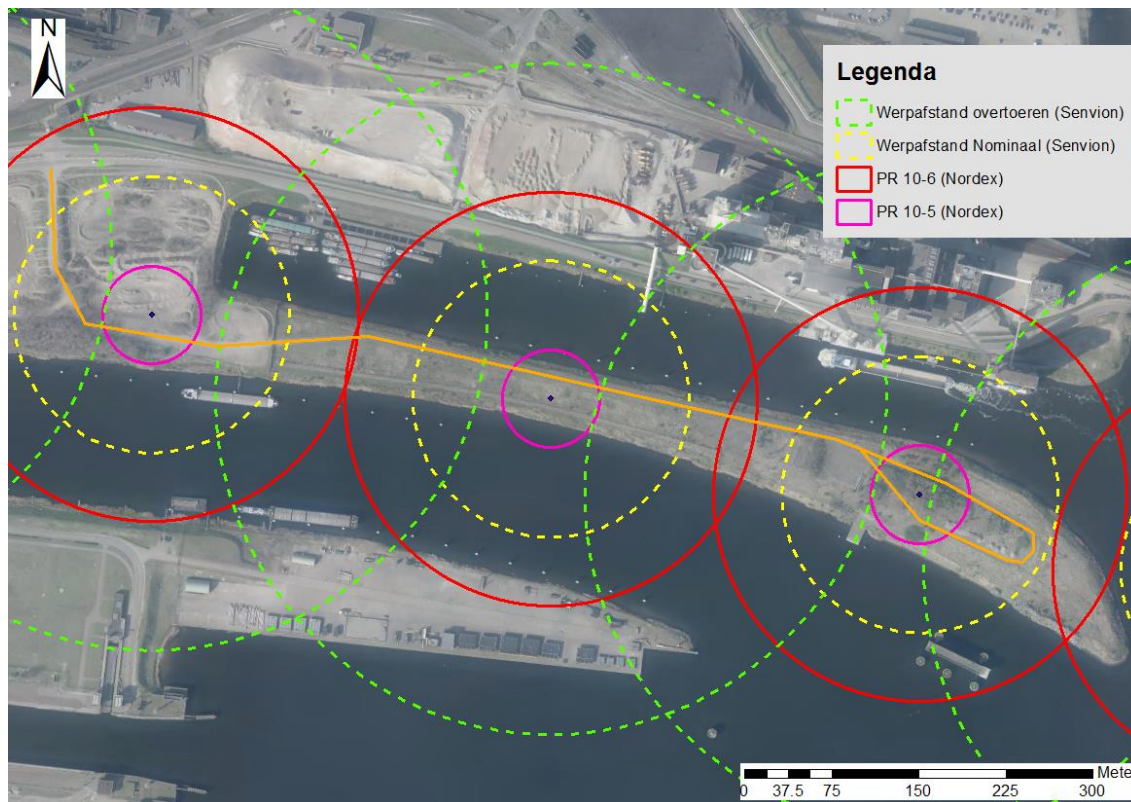
De 1^e Rijksbinnenhaven is een weg op het oostelijk deel van de landtong. De weg heeft een totale lengte van 1337 meter, waarvan 323 meter binnen de 10^{-5} per jaar PR contour en 1014 meter binnen de 10^{-6} per jaar PR contour. Zie de figuur hieronder. Hoewel de weg niet vrij toegankelijk is, is toch de gehele weg meegenomen in de berekening:

Op deze weg wordt aanmerkelijk minder gereden dan op de Noordersluisweg, waardoor de risico's veel lager zullen zijn. In de berekening worden (zeer conservatief) dezelfde aannames gehanteerd als voor de Noordersluisweg. Het IPR en het MR wordt daarmee berekend op:

$$\text{IPR} = 730 * (3,17 \times 10^{-13} * 323/11,11 + 3,17 \times 10^{-14} * 1014/11,11) = 8,84 \times 10^{-9} \text{ per jaar.}$$

$$\text{MR} = 8,84 \times 10^{-9} * 1 \times 10^6 / 730 = 1,21 \times 10^{-5} \text{ per jaar.}$$

Deze waarden liggen ruim onder de normwaarden voor het IPR (1×10^{-6}) en het MR (2×10^{-3}).



Figuur 15: Ligging van de 1^e Rijksbinnenhaven binnen de effectafstand van de windturbines

5.4 2^e Rijksbinnenhaven (weg)

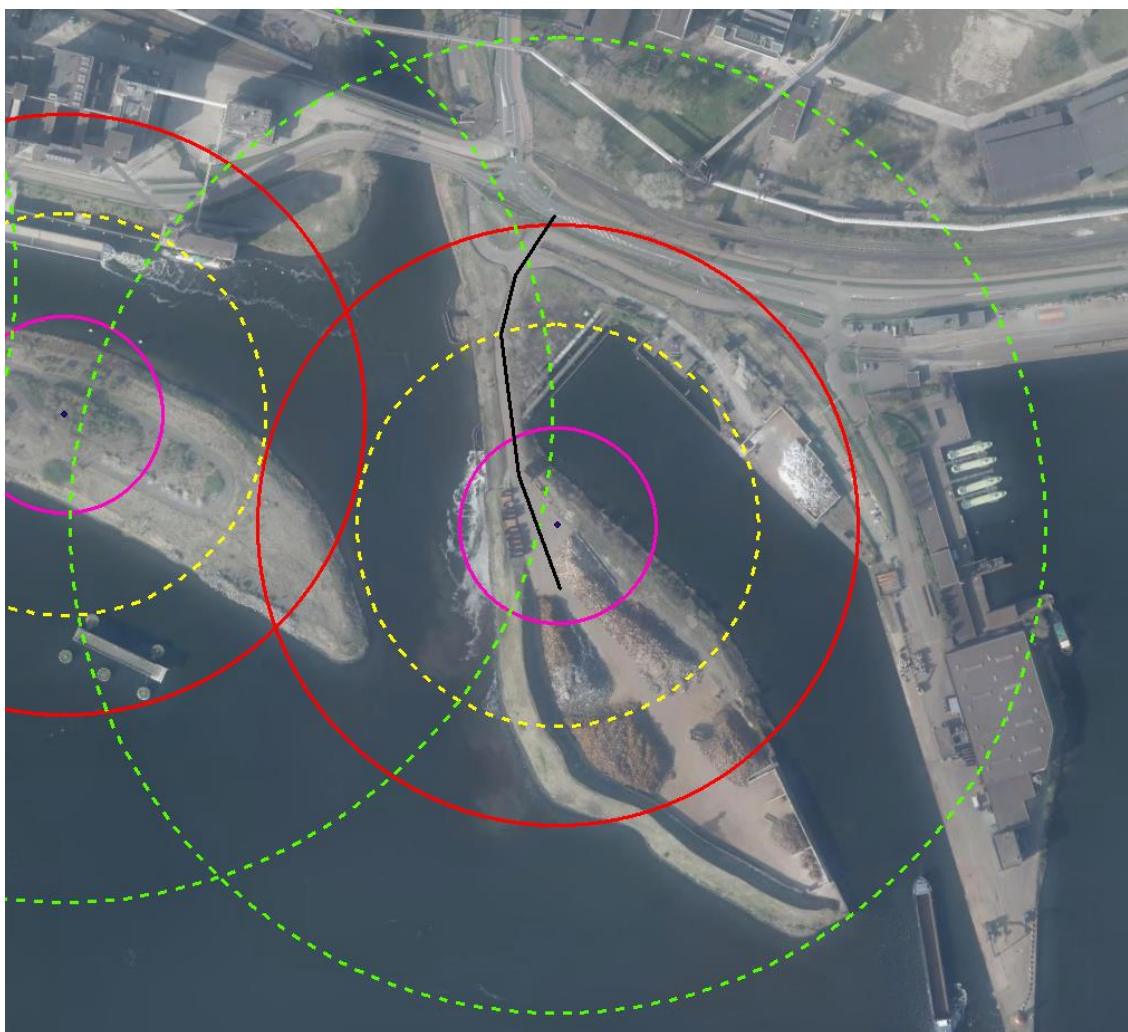
De 2^e Rijksbinnenhaven is een weg op het oostelijk deel van de landtong. De weg heeft een totale lengte van 233 meter, waarvan 78 meter binnen de 10^{-5} per jaar PR contour en 150 meter binnen de 10^{-6} per jaar PR contour. Zie de figuur hieronder. Hoewel de weg niet vrij toegankelijk is, is toch de gehele weg meegenomen in de berekening:

Op deze weg wordt aanmerkelijk minder gereden dan op de Noordersluisweg, waardoor de risico's veel lager zullen zijn. In de berekening worden (zeer conservatief) dezelfde aannames gehanteerd als voor de Noordersluisweg. Het IPR en het MR wordt daarmee berekend op:

$$\text{IPR} = 730 * (3,17 \times 10^{-13} * 78/11,11 + 3,17 \times 10^{-14} * 150/11,11) = 1,88 \times 10^{-9} \text{ per jaar.}$$

$$\text{MR} = 1,88 \times 10^{-9} * 1 \times 10^6 / 730 = 2,57 \times 10^{-6} \text{ per jaar.}$$

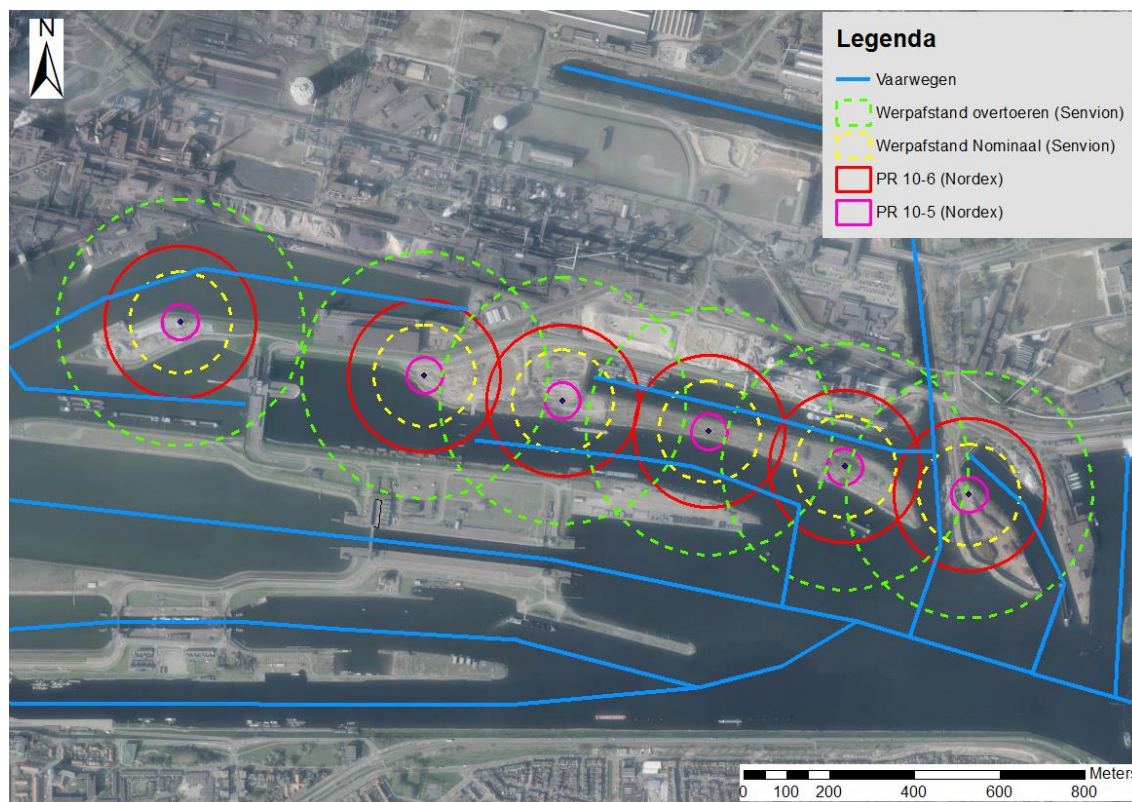
Deze waardes liggen ruim onder de normwaarden voor het IPR (1×10^{-6}) en het MR (2×10^{-3}).



Figuur 16: Ligging van de 2^e Rijksbinnenhaven binnen de effectafstand van de windturbines

5.5 Vaarwegen

De risico's van de vaarwegen worden in deze studie gezamenlijk berekend. Op onderstaande kaart is de ligging van de vaarwegen (Hoogovenhaven, Buitenspuikanaal, Binnenspuikanaal, 1^e Rijksbinnenhaven, 2^e Rijksbinnenhaven) binnen de risicocontouren van de windturbines gegeven:



Figuur 17: Ligging van de vaarwegen binnen de effectafstand van de windturbines

De totale lengte van de alle vaarwegen⁴ binnen 10^{-5} en binnen de 10^{-6} contouren van de windturbines is gegeven in de onderstaande tabel. De lengte is gemeten langs de dichtstbijzijnde oever per vaarweg, zodat een zo groot mogelijk gedeelte binnen de risicocontouren ligt.

Tabel 6: Lente van de vaarwegen binnen de risicocontouren van de windturbines

	Lengte binnen 10^{-5} contour	Lengte binnen 10^{-6} contour
Windturbine1	72	637
Windturbine 2	61	538
Windturbine 3	0	466
Windturbine 4	136	572
Windturbine 5	0	707
Windturbine 6	62	553
Totaal	331	3473

⁴ Het is onduidelijk of de vaarwegen als afzonderlijke vaarwegen moeten worden gezien. In deze studie is het risico van alle vaarwegen bij elkaar geteld om een zo voorzichtig mogelijke inschatting te maken.

In deze berekening zijn aannames gedaan welke zeer conservatief zijn om daarmee aan te tonen dat de risico's ver beneden de acceptatiecriteria blijven. De volgende aannames zijn gemaakt:

- het aantal passages per persoon is geschat op maximaal 2 per dag = $2 \cdot 365 = 730$;
- een gemiddelde snelheid van 10 km/h = 2,78 m/s;
- een totaal aantal passages per jaar van 100.000 (passanten schepen per jaar).

Hiermee kunnen het IPR en het MR worden berekend:

$$\text{IPR} = 730 \cdot (3,17 \times 10^{-13} \cdot 331/2,78 + 3,17 \times 10^{-14} \cdot 3473/2,78) = 5,65 \times 10^{-8} \text{ per jaar.}$$

$$\text{MR} = 5,65 \times 10^{-8} \cdot 1 \times 10^5 / 730 = 7,74 \times 10^{-6} \text{ per jaar.}$$

Deze waarden liggen ruim onder de normwaarden voor het IPR ($1,0 \times 10^{-6}$) en het MR ($2,0 \times 10^{-3}$).

5.6 Ligplaatsen van de binnenvaartschepen

Met betrekking tot de ligplaatsen van binnenvaartschepen geldt dat er geen toetsingskader is voor de externe veiligheid. In deze studie is aangehouden dat binnenvaartschepen beperkt kwetsbare objecten zijn, zodat de acceptatienorm het 10^{-5} per jaar Plaatsgebonden risico is. Alle ligplaatsen bevinden zich buiten de 10^{-5} per jaar PR-contour, zodat deze aan de risiconormen voor beperkt kwetsbare objecten voldoen.

5.7 Het werkspoor op het Tata Steel terrein

Het werkspoor behoort tot het Tata Steel terrein en wordt als onderdeel van de QRA van Tata Steel inrichting meegenomen.

5.8 Trefkansberekeningen

De trefkans van een object wordt berekend met formule 3.3.14 van module C van het handboek:

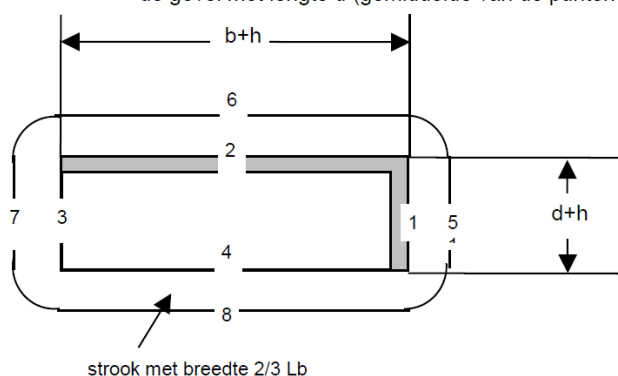
$$p_o = p_{od} + p_{oi}$$

De waarden voor p_{od} en p_{oi} worden hierin gegeven door:

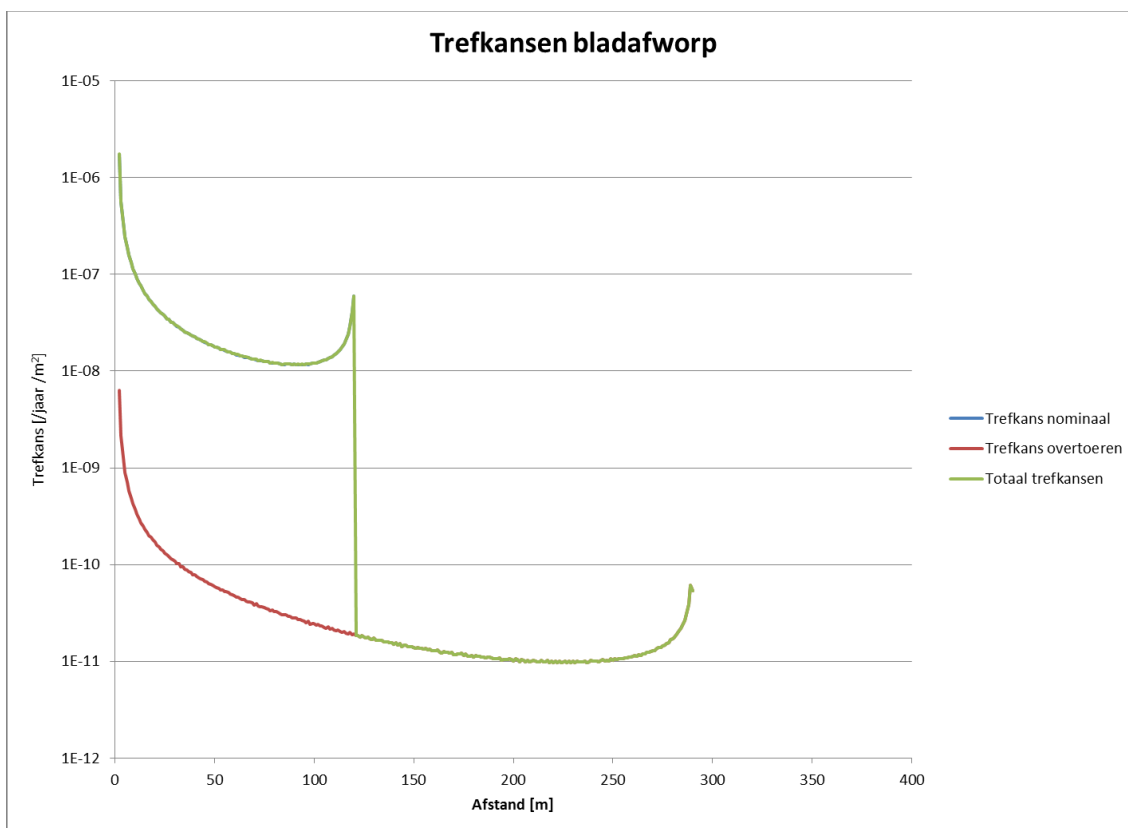
$$\left. \begin{aligned} p_{od} &= \bar{p}_{zwpt} \cdot A_{pr} \\ p_{oi} &= \bar{p}_{zwpt,b} \cdot b \cdot \frac{2}{3} \cdot L_b + \bar{p}_{zwpt,d} \cdot d \cdot \frac{2}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \cdot \left(\frac{\bar{p}_{zwpt,b} + \bar{p}_{zwpt,d}}{2} \right) \end{aligned} \right\}$$

waarbij:

- $\bar{p}_{zwpt}$: de gemiddelde waarde van de trefkans van het zwaartepunt per m^2 over het oppervlak A_{pr} (gemiddelde van de punten 1 t/m 4 uit onderstaande figuur);
- $\bar{p}_{zwpt,b}$: de gemiddelde waarde van de trefkans van het zwaartepunt per m^2 in de stroken langs de gevel met lengte b (gemiddelde van de punten 2, 4, 6, en 8 uit onderstaande figuur);
- $\bar{p}_{zwpt,d}$: de gemiddelde waarde van de trefkans van het zwaartepunt per m^2 in de stroken langs de gevel met lengte d (gemiddelde van de punten 1, 3, 5, en 7 uit onderstaande figuur).



In de onderstaande figuur is de trefkans per m^2 per jaar gegeven voor de Senvion windturbine, welke de grootste werpafstanden heeft. De trefkansen zijn gepresenteerd voor de scenario's bladbreuk bij nominaal toerental, bladbreuk bij overtoeren en de gesommeerde trefkansen.

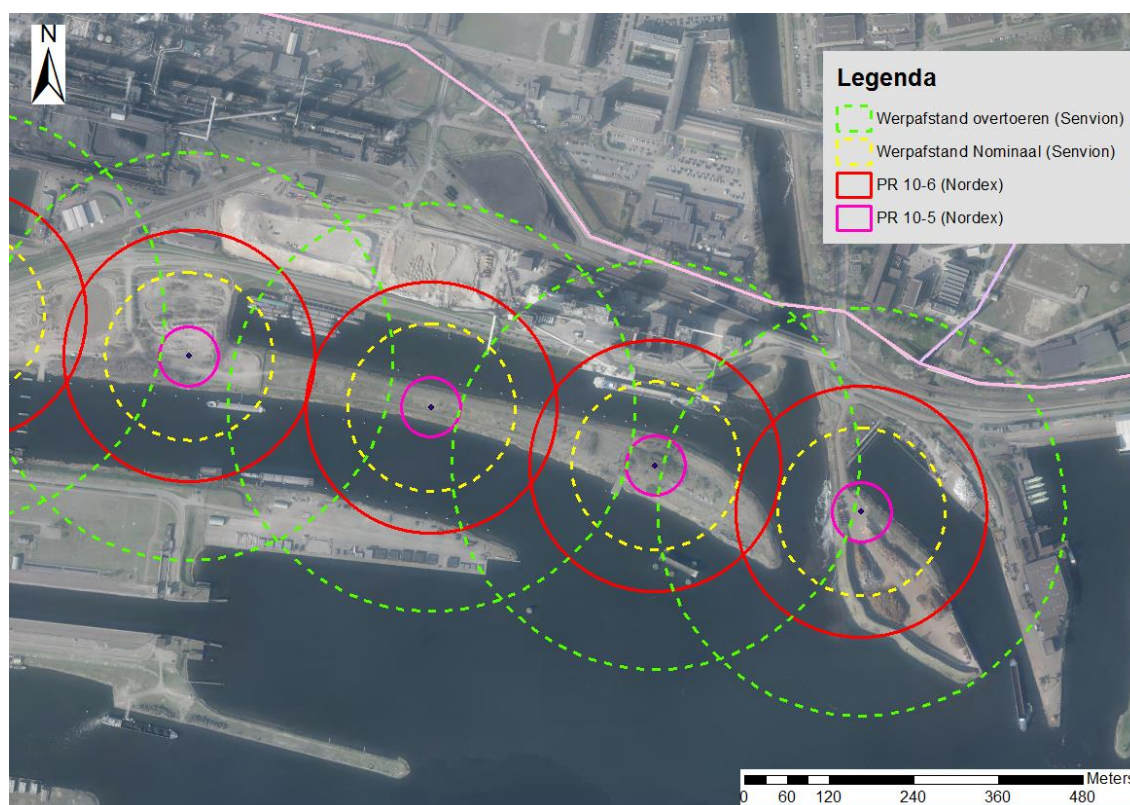


Figuur 18: Trefkansen voor het zwaartepunt bij bladafworp voor de Senvion turbine.

5.9 Tata Steel

De Tata Steel inrichting valt onder het Bevi. Om te onderzoeken of de windturbines een risico verhogend effect hebben op de QRA van Tata Steel moeten trefkansberekeningen worden uitgevoerd van de relevante onderdelen van de inrichting. Indien de gevonden trefkansen meer dan 10% van de catastrofaal falen faalkans van de betreffende onderdelen bedraagt, dient de QRA te worden aangepast.

In de onderstaande figuur zijn de relevante onderdelen aangegeven met een roze lijn (de hoogovengasleiding).



Figuur 19: Relevante onderdelen QRA Tata Steel

Het enige onderdeel van de Tata Steel QRA dat relevant is voor deze studie is de buisleiding met Hoogovengas. Deze is met roze aangegeven in de bovenstaande figuur. Alleen windturbine posities 5 en 6 zijn potentieel risico verhogend omdat de buisleiding buiten de effecten van de overige windturbines valt.

De buisleiding ligt over de gehele relevante lengte alleen in het effectgebied van het scenario 'bladbreuk bij overtoeren' voor zowel positie 5 als 6. De totale lengte van de buisleiding binnen de maximale werpaafstand van de twee turbines is: 555 meter. De buisleiding komt het dichtst in de buurt van turbinepositie 6, waar de kortste afstand 223 m is.

Het risico van de buisleiding kan nu berekend worden met een trefkansberekening conform het handboek risicozonering windturbines module C.

Voor de buisleiding gelden de volgende waarden:

$b = 555 \text{ m};$

$d = 3,2 \text{ m};$

$h = 20 \text{ m};$

$L_b = 55,8 \text{ m};$

Trefkans = 2×10^{-11} per m^2 per jaar (gemiddeld over de lengte van de leiding).

De totale trefkans van de buisleiding wordt daarmee:

$p_{o,d} = 2,0 \times 10^{-11} \times (555 + 20) \times (3 + 20) = 2,65 \times 10^{-7}$ per jaar;

$p_{o,i} = 2,0 \times 10^{-11} \times 555 \times 2/3 \times 55,8 + 2,0 \times 10^{-11} \times 3 \times 2/3 \times 55,8 + \pi/3 \times (2/3 \times 55,8)^2 \times 2,0 \times 10^{-11} = 4,44 \times 10^{-7}$ per jaar;

$p_o = p_{o,d} + p_{o,i} = 2,65 \times 10^{-7} + 4,44 \times 10^{-7} = 7,09 \times 10^{-7}$ per jaar.

Verdeeld over de lengte van de leiding (555 m) leidt dit tot een additioneel risico ten gevolge van de windturbines van:

$1,28 \times 10^{-9}$ per meter per jaar.

De catastrofaal falen faalfrequentie van de buisleiding is volgens de handleiding risicoberekeningen Bevi: 1×10^{-7} per meter per jaar. Dit betekent dat de additionele faalfrequentie minder is dan 10% van de catastrofaal falen faalfrequentie en dat de QRA van Tata Steel niet hoeft te worden aangepast.

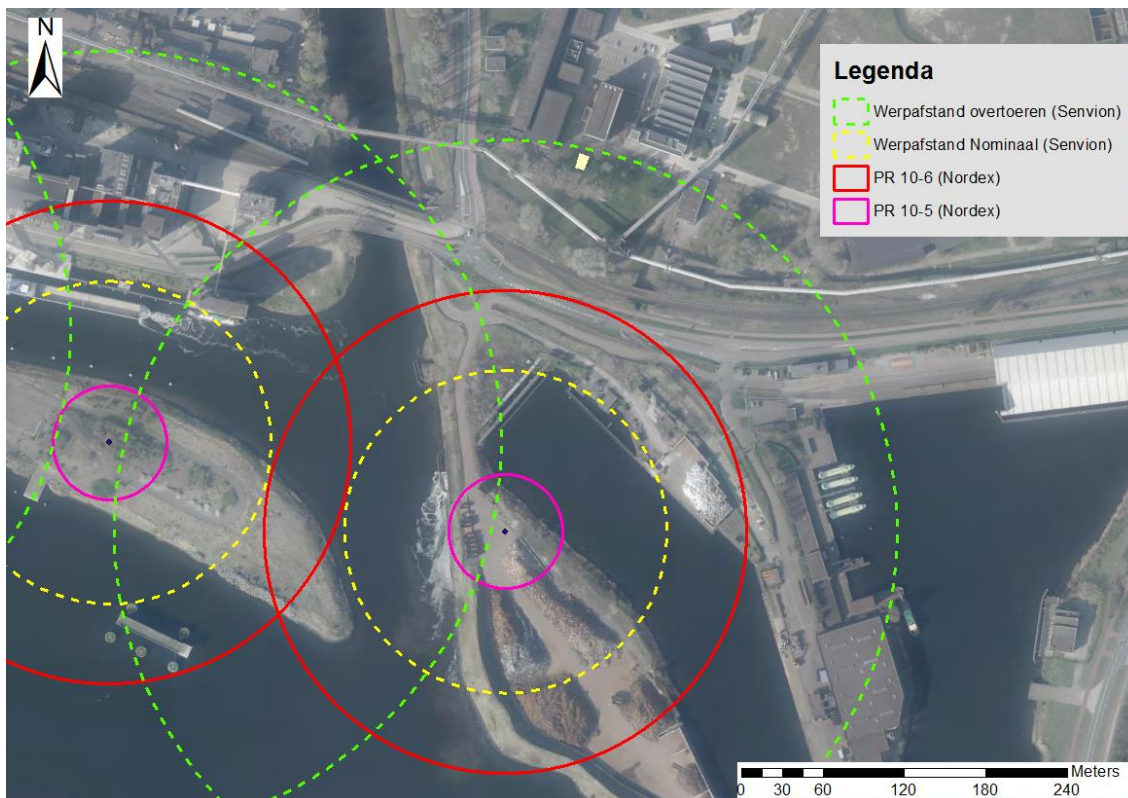
5.10 Nuon

De hoogovengasleiding op het terrein van Nuon is meegenomen in de trefkansberekening voor Tata Steel. Zie voor de hoogovengasleiding de roze lijn in figuur 19. De additionele trefkans is $1,28 \times 10^{-9}$ per meter per jaar.

De catastrofaal falen faalfrequentie van de buisleiding is volgens de handleiding risicoberekeningen Bevi: 1×10^{-7} per meter per jaar. Dit betekent dat de additionele faalfrequentie minder is dan 10% van de catastrofaal falen faalfrequentie en dat de QRA van Nuon niet hoeft te worden aangepast.

5.11 Gasunie gasontvangststation

Het gasontvangststation van Gasunie op het terrein van Nuon valt onder het activiteitenbesluit. In de onderstaande figuur is het gasontvangststation met een geel blokje aangegeven.



Figuur 20: Ligging gasontvangststation van Gasunie op het terrein van Nuon

Om te onderzoeken of de windturbines een risico verhogend effect hebben op de QRA van het gasontvangststation worden trefkansberekeningen uitgevoerd.

De trefkansberekeningen conform de berekeningswijze beschreven in paragraaf 5.8:

Trefkans: 2×10^{-11} per m^2 per jaar (gemiddeld over het oppervlak van het gasontvangststation).

$L_b = 55,8$ m.

$b = 8$ m.

$d = 12,5$ m.

$h = 6$ m (aanname).

De trefkans van het gasontvangststation is hiermee gelijk aan:

$p_{o,d} = 2 \times 10^{-11} \times (12,5 + 6) \times (8 + 6) = 5,18 \times 10^{-9}$ per jaar.

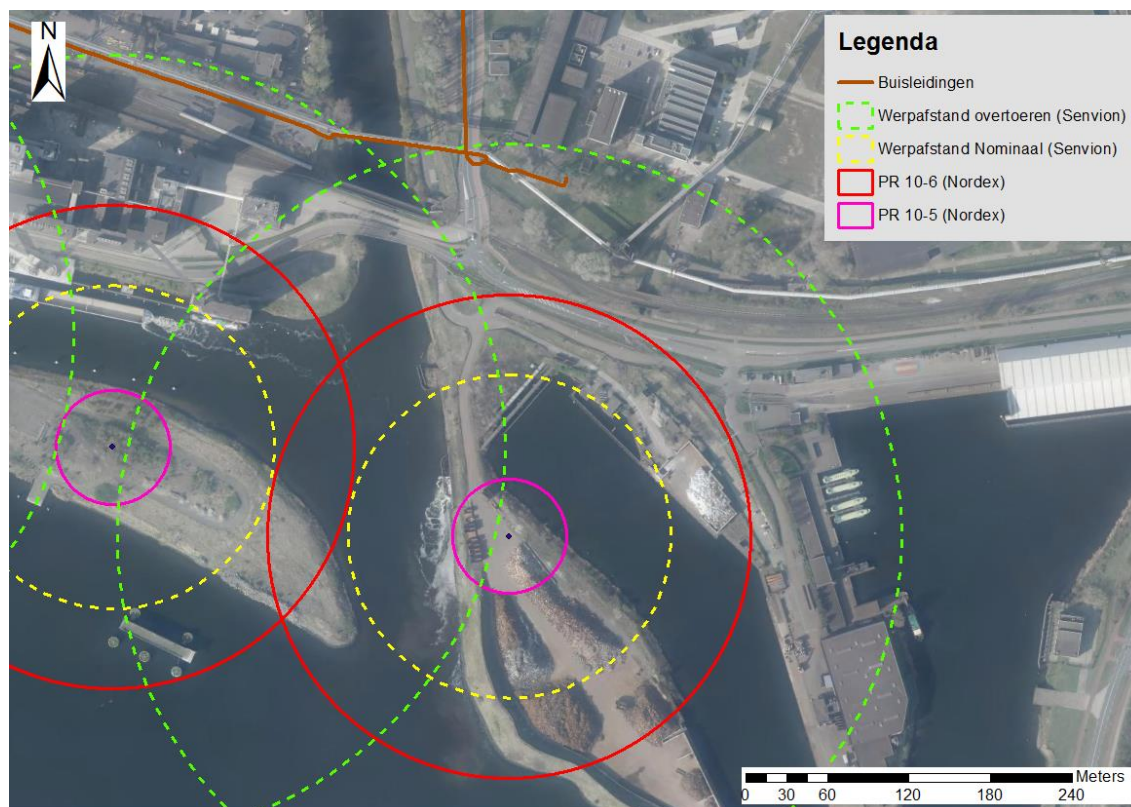
$p_{o,i} = 2 \times 10^{-11} \times 12,5 \times \frac{2}{3} \times 55,8 + 2 \times 10^{-11} \times 8 \times \frac{2}{3} \times 55,8 + \pi/3 \times (\frac{2}{3} \times 55,8)^2 \times 2 \times 10^{-11} = 4,42 \times 10^{-8}$ per jaar.

$p_o = p_{o,d} + p_{o,i} = 5,18 \times 10^{-9} + 4,42 \times 10^{-8} = 4,94 \times 10^{-8}$ per jaar.

Het is aannemelijk dat de toegevoegde faalfrequentie voor de onderdelen van het gasontvangststation onder de 10% bijdrage aan de faalfrequentie voor catastrofaal falen blijft. Aangezien de QRA niet bekend is kan dit niet met 100% zekerheid worden aangetoond. In ieder geval zal er geen effect zijn op de ligging van de 10^{-6} contour omdat de additionele faalfrequentie meer dan een factor 20 lager is dan 10^{-6} . Dit houdt in dat de QRA van het gasontvangststation niet hoeft te worden aangepast.

5.12 Aardgasleiding Gasunie

Op het terrein van Tata Steel loopt een aardgasleiding van Gasunie. Deze leiding loopt grotendeels ondergronds, maar komt bovengronds om het Binnenkanaal over te steken. In de onderstaande figuur is de ligging van de aardgasleiding aangegeven



Figuur 21: Ligging aardgasleiding van Gasunie

Ondergrondse aardgasleiding

De ondergrondse aardgasleiding ligt in zijn geheel buiten afstand 'masthoogte + 1/3 bladlengte' en hoeft daarom niet verder te worden beschouwd.

Bovengrondse aardgasleiding

De bovengrondse leiding ligt binnen de werpafstand en moet daarom verder worden onderzocht. Van de bovengrondse leiding over de jumper ligt slechts een klein deel binnen de werpafstand: 14,5 m aan de oostzijde en 27 m aan de westzijde. Voor de hoogte wordt 20 meter aangehouden (hoogte conform risicokaart.nl) en voor de breedte 3 meter (dit is de breedte van de hoogovengasleiding die samen met de aardgasleiding over het kanaal loopt).

De trefkansberekeningen conform de berekeningswijze beschreven in paragraaf 5.8:

Deel 1: 14,5 meter aan oostzijde jumper.

Trefkans: $3,14 \times 10^{-11}$ per m² per jaar (gemiddeld over de lengte van de leiding).

Lb = 55,8 m.

b = 14,5 m.

d = 3 m.

h = 20 m.

De trefkans van deel 1 van de aardgasleiding is hiermee gelijk aan:

$$p_{o,d} = 3,14 \times 10^{-11} \times (14,5 + 10) \times (3 + 20) = 2,49 \times 10^{-8} \text{ per jaar.}$$

$$p_{o,i} = 3,14 \times 10^{-11} \times 14,5 \times 2/3 \times 55,8 + 3,14 \times 10^{-11} \times 3 \times 2/3 \times 55,8 + \pi/3 \times (2/3 \times 55,8)^2 \times 3,14 \times 10^{-11} = 6,60 \times 10^{-8} \text{ per jaar.}$$

$$p_o = p_{o,d} + p_{o,i} = 2,49 \times 10^{-8} + 6,60 \times 10^{-8} = 9,09 \times 10^{-8} \text{ per jaar.}$$

Deel 2: 27 meter aan westzijde jumper

Trefkans: $3,14 \times 10^{-11}$ per m² per jaar (gemiddeld over de lengte van de leiding).

Lb = 55,8 m.

b = 27 m.

d = 3 m.

h = 20 m.

De trefkans van deel 1 van de aardgasleiding is hiermee gelijk aan:

$$p_{o,d} = 3,14 \times 10^{-11} \times (27 + 20) \times (3 + 20) = 3,40 \times 10^{-8} \text{ per jaar.}$$

$$p_{o,i} = 3,14 \times 10^{-11} \times 27 \times 2/3 \times 55,8 + 3,14 \times 10^{-11} \times 3 \times 2/3 \times 55,8 + \pi/3 \times (2/3 \times 55,8)^2 \times 3,14 \times 10^{-11} = 8,06 \times 10^{-8} \text{ per jaar.}$$

$$p_o = p_{o,d} + p_{o,i} = 3,40 \times 10^{-8} + 8,06 \times 10^{-8} = 1,15 \times 10^{-7} \text{ per jaar.}$$

Totaal deel 1 en deel 2:

$$9,09 \times 10^{-8} + 1,15 \times 10^{-7} = 2,06 \times 10^{-7} \text{ per jaar.}$$

De jumperleiding is circa 100 meter lang. En de additionele faalfrequentie wordt over de gehele jumper verdeeld, zodat de toegevoegde faalfrequentie voor de jumper $2,06 \times 10^{-9}$ per meter per jaar bedraagt.

De handleiding risicoberekeningen Bevb geeft geen faalfrequentie voor bovengrondse aardgas buisleidingen. Op verzoek van de omgevingsdienst heeft het RIVM geadviseerd om uit te gaan van een faalfrequentie van $8,1 \times 10^{-9}$ per meter per jaar.

Als van deze faalfrequentie wordt uitgegaan dan houdt dit in dat de bijdrage van de windturbines aan deze aardgasleiding meer is dan 10%. Echter een dergelijk lage faalfrequentie levert over het algemeen geen 10^{-6} contour op voor een leiding van circa 100 meter lang. Uit de QRA van de gasleiding op ruimtelijke plannen kan worden opgemaakt dat met dezelfde faalfrequentie is gerekend als voor het laatste deel van de ondergrondse gasleiding met een diepteligging van 0,4 meter. Ook daarvan is niet bekend wat de faalfrequentie is. De QRA voor de aardgasleiding zal dan ook moeten worden aangepast, iets wat Gasunie sowieso aanbeveelt voor bovengrondse aardgasleidingen binnen de werpafstand bij overtoeren.

Hoewel de windturbines dus mogelijk een niet verwaarloosbaar risico verhogend effect hebben op de aardgasleiding zijn er nog wel enkele kanttekeningen te maken:

- het is onwaarschijnlijk dat het toegevoegde risico zal zorgen voor een vergroting van de 10^{-6} per jaar PR-contour van de aardgasleiding. Het additionele risico is slechts 2×10^{-7} per jaar voor de gehele bovengrondse leidingdeel. Deze frequentie moet nog worden verdisconteerd over de gehele leiding. Rekening houdend met windrichting en ontstekingskans wordt mogelijk een invloed op de ligging van de 10^{-7} contour verwacht, maar niet op de ligging van de 10^{-6} contour.
- zelfs als de 10^{-6} contour wordt beïnvloed is het onwaarschijnlijk dat de risico's tot een grote verschuiving van de contour (in meters) zal leiden.
- ook al zou de 10^{-6} PR-contour verschuiven dan is het onwaarschijnlijk dat dit tot een onacceptabele risicosituatie zal leiden gezien de industriële omgeving. Zowel Tata Steel als Nuon zijn Bevi-

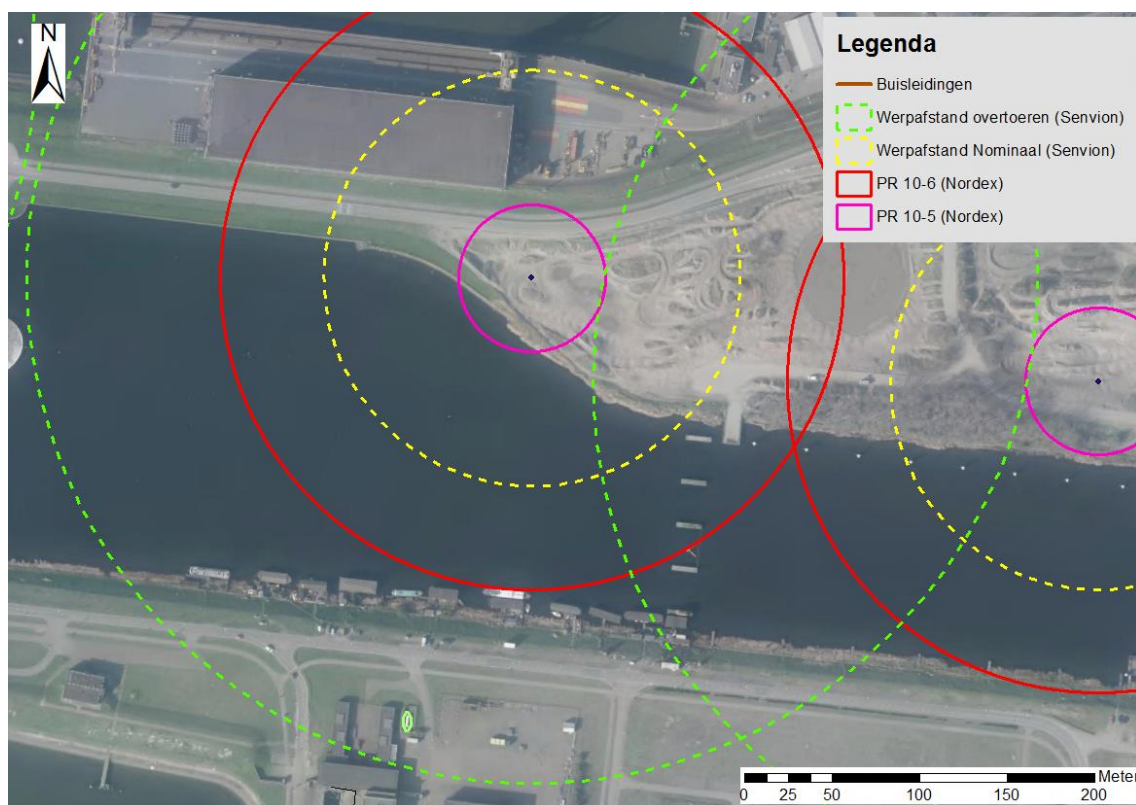
inrichtingen, welke niet als kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten gelden en waarvoor de PR normering dus niet geldt. ENCI ligt op nog grotere afstand en is bovendien een beperkt kwetsbaar object waarvoor de PR 10^{-6} norm een richtwaarde is en geen grenswaarde;

- de kans op breuk van de Hoogovengasleiding, welke ook over de jumper loopt is vele malen hoger (10^{-7} per jaar). Een breuk van de hoogovengasleiding zal naar alle waarschijnlijkheid ook leiden tot het falen van de aardgasleiding. Wanneer dit domino effect ook meegewogen zou worden dan is het toegevoegde risico van de windturbines wel verwaarloosbaar.

5.13 Propaanreservoir van Rijkswaterstaat⁵

Het propaanreservoir op het terrein van Rijkswaterstaat valt onder het Bevi. Om te onderzoeken of de windturbines een risico verhogend effect hebben op de QRA van het propaanreservoir moeten trefkansberekeningen worden uitgevoerd. Indien de gevonden trefkansen meer dan 10% van de catastrofaal falen faalkans van de betreffende onderdelen bedraagt, dient de QRA te worden aangepast.

In de onderstaande figuur is het propaanreservoir aangegeven (het gele vlakje in de groene ellips).



Figuur 22: Propaanreservoir Rijkswaterstaat

⁵ Tijdens de bespreking van de QuickScan met betrokken partijen kwam naar voren dat naast de in de QuickScan geïdentificeerde objecten/inrichtingen er ook een propaanreservoir van RWS binnen de werpafstanden van de windturbines ligt welke onderzocht moet worden.

De trefkansberekeningen worden uitgevoerd conform de berekeningswijze beschreven in paragraaf 5.8:

Trefkans: 1×10^{-11} per m^2 per jaar (ter plaatse van propaanreservoir).

$L_b = 55,8$ m.

$b = 2,5$ m.

$d = 8$ m.

$h = 4$ m (aanname).

De trefkans van het propaanreservoir is hiermee gelijk aan:

$p_{o,d} = 1 \times 10^{-11} \times (2,5 + 4) \times (8 + 4) = 7,8 \times 10^{-10}$ per jaar.

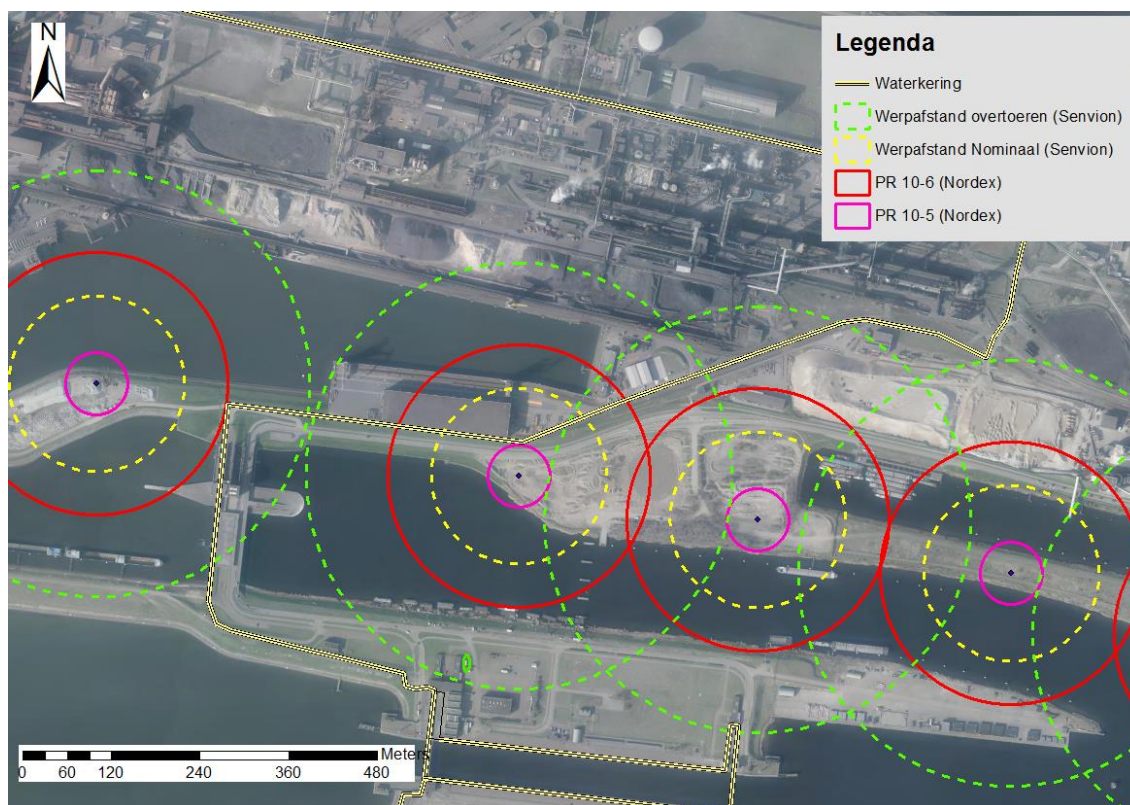
$p_{o,i} = 1 \times 10^{-11} \times 2,5 \times 2/3 \times 55,8 + 1 \times 10^{-11} \times 8 \times 2/3 \times 55,8 + \pi/3 \times (2/3 \times 55,8)^2 \times 1 \times 10^{-11} = 1,84 \times 10^{-8}$ per jaar.

$p_o = p_{o,d} + p_{o,i} = 7,8 \times 10^{-10} + 1,84 \times 10^{-9} = 1,92 \times 10^{-9}$ per jaar.

De trefkans van het propaanreservoir is hiermee gelijk aan: $1,92 \times 10^{-9}$ per jaar. Deze additionele faalfrequentie ligt onder de 10% van de catastrofaal falen faalfrequentie van de aanwezige opslagtank (1×10^{-6}) en ook van de tankwagen (1×10^{-6}). Dit houdt in dat de QRA van het propaanreservoir van Rijkswaterstaat niet hoeft te worden aangepast.

5.14 Primaire waterkering

De QRA van de primaire waterkering behoort niet tot het huidige onderzoek. Hiervoor zal een specifiek onderzoek worden uitgevoerd welke samenhangt met de aanvraag van een watervergunning. Wel zal een grove inschatting gemaakt worden van de trefkansen van de waterkering als geheel. In de onderstaande figuur is de ligging van de primaire waterkering weergegeven.



Figuur 23: Ligging primaire waterkering

Trefkans gondelval:

Dit scenario is alleen relevant voor turbine positie 2. De kans dat de rotor of gondel op de waterkering valt is 100%. Dit lijkt conservatief, maar de waterkering is breder dan het gele lijntje op de kaart. De faalfrequentie van het scenario gondelval is 4×10^{-5} per jaar, waarmee de trefkans voor dit scenario uitkomt op: $4,0 \times 10^{-5}$ per jaar.

Trefkans mastbreuk:

Dit scenario is alleen relevant voor turbine positie 2. De kans dat de rotor of gondel op de waterkering valt is circa 56%. De faalfrequentie van het scenario gondelval is $1,3 \times 10^{-4}$ per jaar, waarmee de trefkans uitkomt op: $7,26 \times 10^{-4}$ per jaar.

Trefkans bladbreuk nominaal:

Dit scenario is alleen relevant voor turbine positie 2. De kans dat een blad de primaire waterkering raakt wordt berekend met dezelfde formules als de trefkans berekeningen voor bovengrondse objecten.

Aannames:

b (Breedte waterkering): 50 m.

d (Lengte waterkering binnen werpafstand nominaal): 200 m.

h (hoogte waterkering (geschat).

Gemiddelde trefkans per m^2 per jaar: $1,54 \times 10^{-8}$.

Lb = 55,8.

Trefkans bladbreuk bij nominaal toerental: $3,43 \times 10^{-4}$ per jaar.

Trefkans bladbreuk overtoeren

Dit scenario is relevant voor turbine posities 1, 2 en 3. De kans dat een blad de primaire waterkering raakt wordt berekend met dezelfde formules als de trefkans berekeningen voor bovengrondse objecten.

Aannames:

b (Breedte waterkering): 50 m.

d (Lengte waterkering binnen werpafstand overtoeren): 1095 m.

Gemiddelde trefkans per m^2 per jaar: 2×10^{-11} .

Lb = 55,8.

Trefkans bladbreuk bij overtoeren: $2,11 \times 10^{-6}$ per jaar.

Totale trefkans

De totale trefkans van de waterkering komt daarmee op: $1,11 \times 10^{-3}$ per jaar.

Deze trefkans van de primaire waterkering is op basis van grove aannames over de primaire waterkering en dient nog verder te worden onderzocht. Mogelijk wijzigen de trefkans hierbij nog. Tevens dient het mechanisme waardoor de waterkering uiteindelijk faalt nog verder te worden onderzocht. Zonder deze verdere analyse is het niet mogelijk om een uitspraak te doen over de risico's voor de primaire waterkering.

De norm voor het falen van de waterkering is 1×10^{-4} per jaar. Het toegevoegde risico door windturbines mag hier slechts 1% aan bijdragen.

Het falen van de waterkering is echter niet gelijk aan het treffen van de waterkering door een windturbine.

Hiervoor moet nog worden onderzocht:

- welke schade heeft een treffen van de waterkering tot gevolg?
- wat is het restprofiel van de waterkering?
- welke storm kan nog worden gekeerd ondanks een verminderd restprofiel?
- wat is de reparatietijd van de waterkering?
- wat is de kans op de storm die niet meer gekeerd kan worden?
- hoe groot is de kans dat de niet te keren storm zich manifesteert tijdens de situatie met verminderd restprofiel?

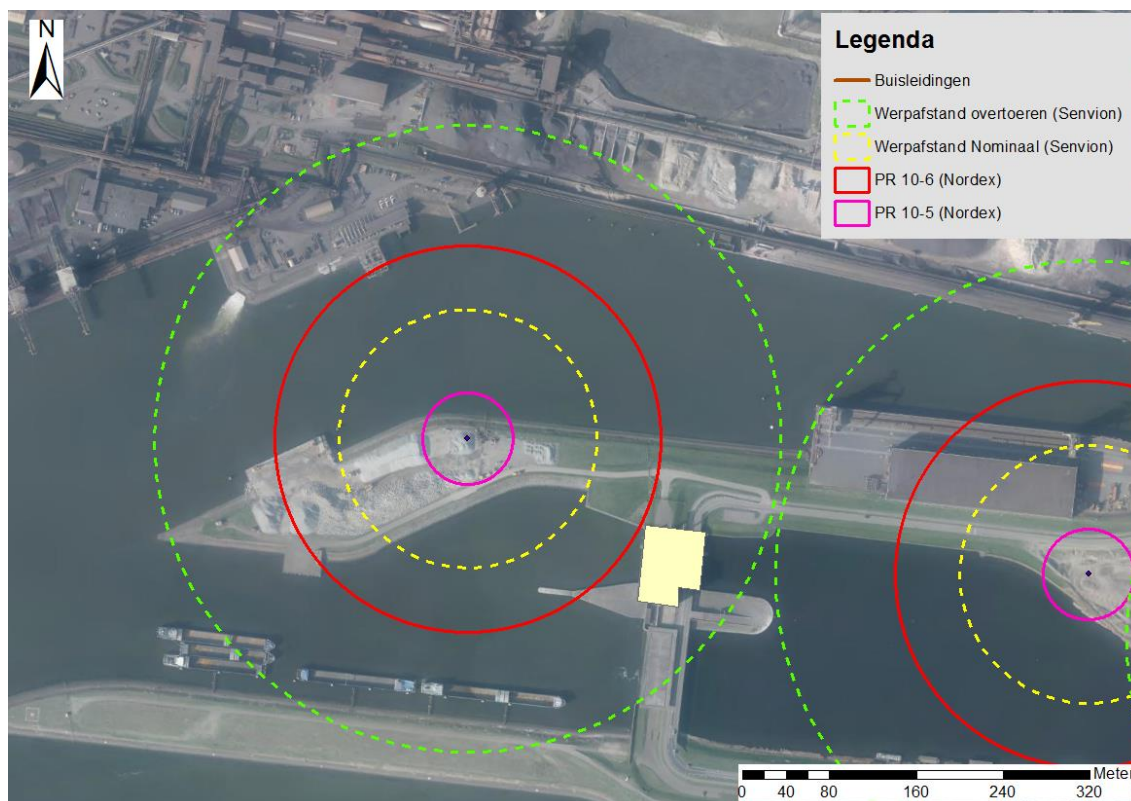
De kans op een dergelijke storm is in de ordegrootte van een maal in de paar honderd jaar. De reparatietijd is in de ordegrootte van enkele weken, waardoor het aannemelijk lijkt dat de norm gehaald kan worden ($1 \times 10^{-3} * 1 \times 10^{-2} * 2/52 = 4 \times 10^{-7} < 1 \times 10^{-6}$).

Mocht het risico toch te hoog blijken dan kunnen eventueel nog maatregelen genomen worden. Met name omdat de risico's zich toe lijken te spitsen op de directe omgeving van windturbine positie 2 is het treffen van maatregelen kansrijk als dit nodig blijkt te zijn.

5.15 Sluisgemaal

Het sluisgemaal maakt onderdeel uit van de primaire waterkering en valt buiten de scope van dit onderzoek. Er zal een specifiek onderzoek worden uitgevoerd voor het sluisgemaal. Wel zal een grove inschatting gemaakt worden van de trefkansen van het sluisgemaal.

In de onderstaande figuur is de ligging weergegeven. De kortste afstand tussen het sluisgemaal en de windturbine op positie 1 is 182 m. Hiermee ligt het gemaal buiten de effectafstanden van de grootste drie faalscenario's en is alleen het scenario bladbreuk bij overtoeren van belang.



Figuur 24: Ligging sluisgemaal

De trefkansberekeningen conform de berekeningswijze beschreven in paragraaf 5.8:

Trefkans: 1×10^{-11} per m^2 per jaar (gemiddeld over het oppervlak van het sluisgemaal).

$L_b = 55,8$ m.

$b = 60$ m.

$d = 70$ m.

$h = 6$ m (aannname).

De trefkans van het sluisgemaal is hiermee gelijk aan:

$p_{o,d} = 1 \times 10^{-11} \times (60 + 6) \times (70 + 6) = 5,02 \times 10^{-8}$ per jaar.

$p_{o,i} = 1 \times 10^{-11} \times 60 \times \frac{2}{3} \times 55,8 + 1 \times 10^{-11} \times 70 \times \frac{2}{3} \times 55,8 + \frac{\pi}{3} \times (\frac{2}{3} \times 55,8)^2 \times 1 \times 10^{-11} = 6,29 \times 10^{-8}$ per jaar.

$p_o = p_{o,d} + p_{o,i} = 5,02 \times 10^{-8} + 6,29 \times 10^{-8} = 1,13 \times 10^{-7}$ per jaar.

Het is onbekend wat de acceptatiecriteria zijn voor het sluisgemaal. De aanvaardbaarheid van de risico's voor het sluisgemaal dient in het aanvullende onderzoek te worden uitgezocht. Vanwege de lage trefkans worden hier geen problemen verwacht.

6 Conclusies

In dit onderzoek zijn de risico's van zes windturbines op de Spuisluis onderzocht.

De risico's zijn opgedeeld in directe risico's, waarbij het falen van een windturbine direct tot slachtoffers kan leiden en indirecte risico's waarbij het risico wordt veroorzaakt door een domino effect.

6.1 Directe risico's windturbines

In hoofdstuk 4 zijn de directe risico's van de windturbines onderzocht. Binnen de 10^{-5} per jaar PR contour zijn geen kwetsbare en binnen de 10^{-6} per jaar PR-contour geen beperkt kwetsbare objecten aangetroffen.

6.2 Indirecte risico's windturbines

Er is een groot aantal objecten onderzocht op mogelijke domino effecten.

Met betrekking tot wegen, vaarwegen en spoor wordt geconcludeerd dat het IPR en het MR aan de normwaarden voldoen.

Met betrekking tot de inrichtingen (Tata Steel, Nuon, Rijkswaterstaat (propaanreservoir), Gasunie) wordt geconcludeerd dat de trefkansen zo laag zijn dat de betreffende QRA's niet hoeven te worden aangepast en dus aan de normen voldoen.

De bovengrondse Gasunie leiding over het Binnenkanaal heeft een verhoogd risico. Om te bepalen hoeveel het risico precies toeneemt, moet een aanvullende QRA worden gemaakt. Aangezien de trefkans lager is dan 10^{-6} per jaar wordt niet verwacht dat de ligging van de risicocontouren van de aardgasleiding veel zullen wijzigen. Ook wordt niet verwacht dat de verhoogde risico's tot een onacceptabele situatie zullen leiden.

Met betrekking tot de primaire waterkering en het sluisgemaal zijn de trefkansen op een grove wijze geschat. Een nadere uitwerking zal in aanvullend onderzoek voor de waterveiligheidstoets volgen.



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

Our connections

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

Memberships

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

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