

Bosch & van Rijn

Franz-Lisztplantsoen 200
3533 JG Utrecht
030 – 677 6466

Auteurs

Hans Kerkvliet MSc.

Opdrachtgever

Waterschap AGV
Korte Ouderkerkerdijk 7
1096 AC Amsterdam



Windpark Westpoortweg

Onderzoek Externe Veiligheid t.b.v. omgevingsvergunning



Bosch & van Rijn
experts in renewable energy

Windpark Westpoortweg

Externe veiligheidsonderzoek t.b.v. omgevingsvergunning

Datum
2-7-2020

Versie
2.0

Bosch & Van Rijn
Franz Lisztplantsoen 200
3533 JG Utrecht

Tel: 030-677 6466
Mail: info@boschenvanrijn.nl
Web: www.boschenvanrijn.nl

© Bosch & Van Rijn 2020

Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt. Bosch & Van Rijn BV is niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie

Inhoudsopgave

HOOFDSTUK 1	INLEIDING	3
1.1	<i>Inleiding</i>	4
1.2	<i>Te onderzoeken windturbinetype</i>	5
1.3	<i>Leeswijzer</i>	6
HOOFDSTUK 2	RISICO-INVENTARISATIE	7
HOOFDSTUK 3	BEOORDELINGSKADER	10
3.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	11
3.2	<i>Risicovolle installaties</i>	11
3.3	<i>Buisleidingen</i>	12
3.4	<i>Spoorwegen</i>	13
3.5	<i>Infrastructuur</i>	13
HOOFDSTUK 4	RISICOANALYSE	15
4.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	16
4.2	<i>Risicovolle installaties</i>	20
4.3	<i>Buisleidingen</i>	25
4.4	<i>Spoorwegen</i>	31
4.5	<i>Infrastructuur</i>	35
HOOFDSTUK 5	CONCLUSIE	38
5.1	<i>(beperkt) Kwetsbare objecten</i>	39
5.2	<i>Risicovolle installaties</i>	39
5.3	<i>Buisleidingen</i>	40
5.4	<i>Spoorwegen</i>	41
5.5	<i>Infrastructuur</i>	42
HOOFDSTUK 6	BIJLAGEN	43
BIJLAGE A	WINDTURBINEOPSTELLING	44
BIJLAGE B	RISICOCONTOUREN EN WERPAFSTANDEN	46
BIJLAGE C	BEREKENING WERPAFSTAND	52
BIJLAGE D	WERPAFSTAND WINDTURBINETYPE	54
BIJLAGE E	GEGEVENS BUISLEIDING	55
BIJLAGE F	(BEPERKT) KWETSBARE OBJECTEN	56

Hoofdstuk 1 Inleiding

1.1 Inleiding

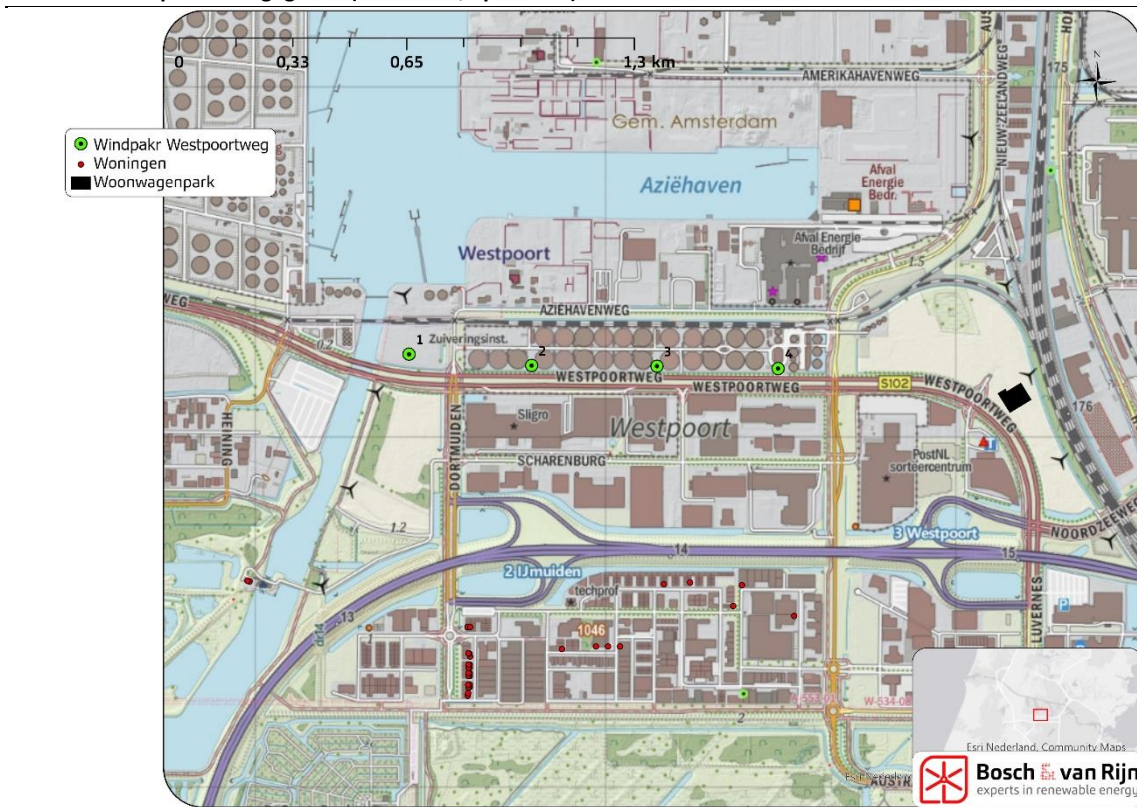
Bosch & Van Rijn heeft een kwantitatieve risicoanalyse uitgevoerd naar de externe veiligheidsrisico's van het voorgenen Windpark Westpoortweg in de gemeente Amsterdam ten behoeve van de omgevingsvergunningaanvraag.

In deze studie worden de externe veiligheidsrisico's in kaart gebracht van een opstelling waarin de vier windturbinelocaties vastliggen, maar er wel een bandbreedte is in ashoogte en rotordiameter. Voor wat betreft de afmetingen is deze bandbreedte als volgt opgespannen:

- Ashoogte: minimaal 80 meter, maximaal 100 meter;
- Rotordiameter: minimaal 82 meter, maximaal 103 meter;
- Tiphoogte: Wtb 1: maximaal 133 meter
Wtb 2 t/m 4: maximaal 140 meter

In deze studie is de bovenvariant van de bandbreedte doorerekend, omdat de bovenvariant het hoogste risico verhogende effect heeft op nabijgelegen gebouwen, installaties en infrastructuur.

Figuur 1 Ligging van de beoogde windturbines. Ook zijn alle gevoelige objecten in de omgeving van het windpark weergegeven (bron: BAG, april 2019).



De coördinaten van de windturbines staan in onderstaande tabel.

Tabel 1 De coördinaten van de beoogde windturbines

Windturbine	X	Y
1	113439	490237
2	113788,8	490204,7
3	114146,7	490202,7
4	114492,3	490196

1.2 Te onderzoeken windturbinetype

Om de externe veiligheidsrisico's van de bandbreedte goed in beeld te brengen worden de effecten doorgerekend met de grootst mogelijke windturbine afmetingen. Dit, aangezien de meeste externe risico's een direct gevolg zijn van de afmetingen.

Doordat de afmetingen van windturbine 1 anders zijn dan de afmetingen van windturbine 2 tot en met 4 zijn twee referentiewindturbines bepaald met de juiste afmetingen en met de grootst mogelijke werpafstanden.

Wtb type	Ashoogte (m)	Rotor (m)	Risicocontouren (m)		Max. werpafstand (m)	
			10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	Bij nominaal toerental	Bij overtoeren
Ref. WTB. 1	81,5	101	51,5	148	148	420
Ref. WTB. 2 t/m 4	88,5	101	51,5	153	153	426

In de risicoanalyse wordt de referentiewindturbine in het vervolg aangeduid als 'bovenvariant'.

NB. De maximale werpafstand schaalt niet 1-op-1 met de afmetingen van een windturbine. Het kan daarom zo zijn dat een uiteindelijk te realiseren type een grotere werpafstand heeft dan de hierboven genoemde variant. Omdat de meeste aspecten betreffende externe veiligheid wel schalen met de afmetingen is er voor gekozen om de bandbreedte te definiëren aan de hand van afmetingen. Voor aspecten waar de maximale werpafstand een belangrijke rol speelt is hier verder aandacht aan besteed.

1.3 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 worden de externe veiligheidsrisico's van de windturbines beschreven. Verder zal in dit hoofdstuk worden ingegaan op de risico's in de omgeving en de relevante objecten in het risicogebied. Hoofdstuk 3 bevat het toetsingskader voor de beoordeling van de (toename) van de externe veiligheidsrisico's. Hierbij wordt alleen ingegaan op de relevante aspecten in het plangebied. In Hoofdstuk 4 worden de risico's van de windturbines op de relevante objecten geanalyseerd. Indien nodig zullen er ook berekeningen worden opgenomen om tot conclusies te komen. Hoofdstuk 5 bevat de conclusies waarin de berekende waarden worden getoetst aan het in Hoofdstuk 3 beschreven beoordelingskader.

Hoofdstuk 2 Risico-inventarisatie

Risico's van een windturbine voor de omgeving bestaan uit 3 typen falen:

1. het afbreken van (een gedeelte van) een windturbineblad,
2. het omvallen van een windturbine door mastbreuk,
3. en het naar beneden vallen van de gondel en/of rotor.

Het afbreken van een windturbineblad vormt een risico binnen de straal van de maximale werpafstand. Hierbij worden twee scenario's onderscheiden; werpafstand bij nominaal toerental en de werpafstand bij overtoeren. Het omvallen van een windturbine vormt een risico binnen een straal van de maximale valafstand van de windturbine (tiphoogte). Het naar beneden vallen van de gondel en/of rotor vormt een risico binnen een afstand van de wieklengte.

Op basis van de afmetingen van de varianten is een shortlist opgesteld met gangbare windturbintypes. Voor deze gangbare windturbintypes zijn op basis van generieke faalfrequenties (Bijlage A, Handboek Risicoberekeningen Windturbines (HRW) 2014), het kogelbaanmodel (zie Bijlage C. Bron: Handleiding Omgevingsveiligheid Module IV) en parameters van de specifieke windturbintypes de werpafstanden en risicocontouren berekend (Bijlage D). De grootste werpafstand uit de shortlist wordt overgenomen ten behoeve van de referentiewindturbine. Hieruit volgen de volgende afstanden:

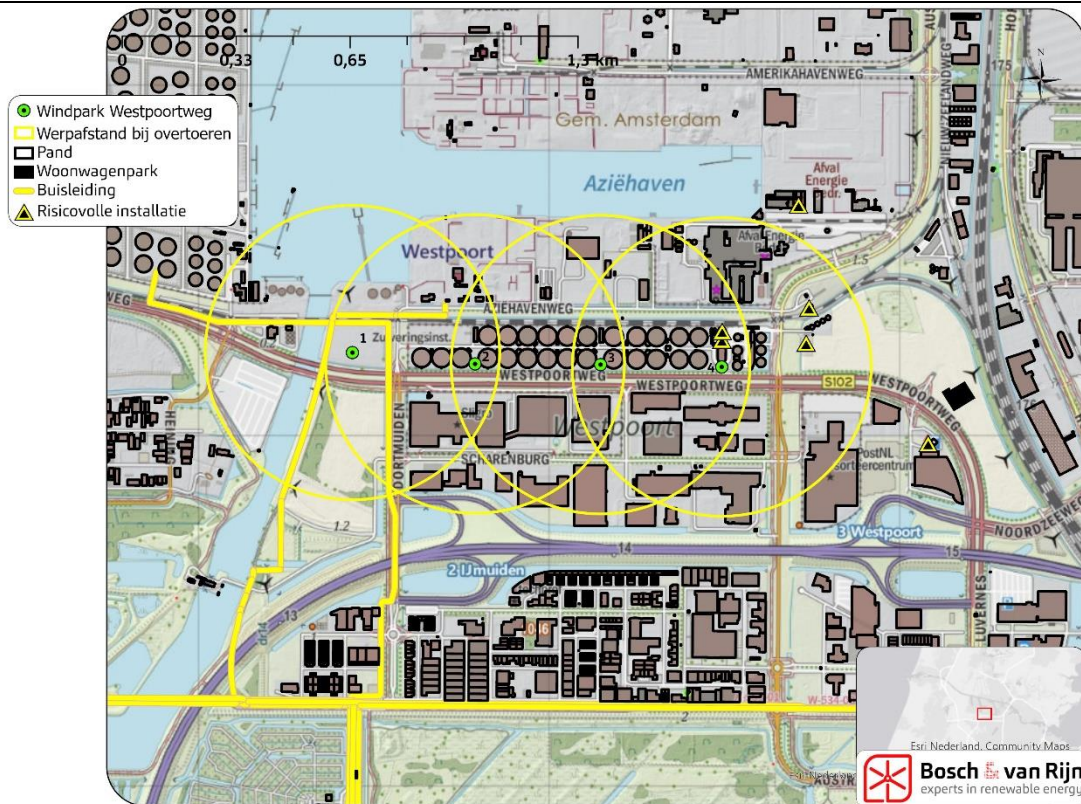
Tabel 2

Risicocontouren en maximale werpafstanden van onderzochte windturbintype

Wtb type	Ashoogte (m)	Rotor (m)	Risicocontouren (m)		Max. werpafstand (m)	
			10^{-5}	10^{-6}	Bij nominaal toerental	Bij overtoeren
Ref. WTB. 1	81,5	103	51,5	148	148	420
Ref. WTB. 2 t/m 4	88,5	103	51,5	153	153	426

De windturbines kunnen een risico verhogend effect hebben op nabijgelegen gebouwen, installaties en infrastructuur. Om voor het plangebied Westpoortweg te bepalen welke onderwerpen relevant zijn wordt eerst de maximale werpafstand bij overtoeren in kaart gebracht en daarbinnen de onderwerpen gedefinieerd die relevant zijn (Figuur 2).

Figuur 2 Werpafstand bij overtoeren van bovenvariant met voor Externe Veiligheid relevante onderwerpen



Uit bovenstaande figuur blijkt dat de volgende onderwerpen relevant¹ zijn:

- ❖ **(Beperkt) kwetsbare objecten:** Er bevinden zich verschillende (beperkt) kwetsbare objecten binnen de maximale werpafstand bij overtoeren.
- ❖ **Risicovolle Installaties:** Er bevinden zich risicovolle installaties binnen de werpafstand bij overtoeren
- ❖ **Buisleidingen:** Er bevinden zich twee leidingen binnen de werpafstand bij overtoeren.
- ❖ **Spoorwegen:** Er ligt een spoorweg nabij de windturbines.
- ❖ **Infrastructuur:** Er zijn er openbare wegen nabij de windturbines.

NB. Voor windturbines geldt dat het groepsrisico, vanuit het activiteitenbesluit, geen beoordelingskader is voor windturbines. Hierdoor hoeft er niet worden ingegaan op het groepsrisico in onderhavig document. Indien een windturbine een risico verhogend effect heeft op een risicovolle installatie, is het mogelijk dat het groepsrisico van de installatie omhoog gaat. Indien dit gebeurt moet er wel getoetst worden aan het groepsrisico.

¹ Relevant houdt in dat deze onderwerpen zich bevinden binnen de invloedssfeer van de windturbines.

Hoofdstuk 3 Beoordelingskader

3.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

De normstelling omtrent windturbines en objecten waar personen verblijven volgt uit het Activiteitenbesluit:

1. Het plaatsgebonden risico voor een **buiten de inrichting gelegen kwetsbaar object**, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, is niet hoger dan **10^{-6} per jaar**.
2. Het plaatsgebonden risico voor een **buiten de inrichting gelegen beperkt kwetsbaar object**, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, is niet hoger dan **10^{-5} per jaar**.

Zie Bijlage F voor de definities kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten.

Op de 10^{-6} contour heeft een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, een kans op overlijden van één keer in de miljoen jaar als rechtstreeks gevolg van een falende windturbine. Op de 10^{-5} contour is deze kans één keer in de honderdduizend jaar.

3.2 Risicovolle installaties

Indien de windturbines de risico's van de inrichting niet substantieel verhogen zullen de voor de inrichting geldende risicoafstanden niet significant wijzigen. Dit betekent dat toetsing aan de afstanden tot (beperkt) kwetsbare objecten ook na plaatsing van de windturbines niet tot belemmeringen leidt. Om te toetsen of de windturbines de risico's van de inrichting niet substantieel verhogen kan in eerste instantie naar de toename van de catastrofale faalfrequentie van risicovolle installaties behorende tot de inrichting worden gekeken. Indien deze toename een bepaalde richtwaarde niet overschrijdt dan is plaatsing van de windturbine uit oogpunt van risicobeoordeling toegestaan. Als uitgangspunt voor deze richtwaarde wordt volgens het Handreiking Risicozonering Windturbines² 10% gehanteerd. Indien de toename deze richtwaarde overschrijdt, is plaatsing niet direct uitgesloten, maar wordt door een uitgebreidere analyse bepaald of er na plaatsing nog steeds voldaan wordt aan de normen uit het BEVI en Bevb:

- *De grenswaarde, bedoeld in artikel 4, eerste lid, voor kwetsbare objecten is 10^{-6} per jaar.*
- *De richtwaarde, bedoeld in artikel 4, tweede lid, voor beperkt kwetsbare objecten is 10^{-5} per jaar.*

² Handreiking risicozonering Windturbines (HRW2020).

Artikel 4 Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen

1. Het bevoegd gezag neemt bij de beslissing op een aanvraag om een omgevingsvergunning voor een activiteit als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, onder e, onder 1°, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht de grenswaarde, genoemd in artikel 6, eerste lid, in acht.
2. Het bevoegd gezag houdt bij de beslissing op een aanvraag als bedoeld in het eerste lid rekening met de richtwaarde, genoemd in artikel 6, tweede lid.

Artikel 6 Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen

1. De grenswaarde, bedoeld in artikel 4, eerste lid, voor al dan niet geprojecteerde kwetsbare objecten is 10^{-6} per jaar.
2. De richtwaarde, bedoeld in artikel 4, tweede lid, voor al dan niet geprojecteerde beperkt kwetsbare objecten is 10^{-5} per jaar.

3.3 Buisleidingen

Voor gasleidingen hanteert Gasunie N.V. een adviesafstand waarbuiten geen substantiële negatieve invloed van een windturbine is te verwachten. Deze afstand is de hoogste waarde van de maximale werpafstand bij nominaal toerental of masthoogte + $1/3^{\text{de}}$ wieklengte. (bron: Het beleid van Gasunie Transport Services inzake het veilig plaatsen van windturbines bij haar gasinfrastructuur – 31-07-2015).

Bij in acht nemen van bovenstaande afstanden zal voor ondergrondse leidingen de plaatsing van de windturbines niet leiden tot een (significante) verhoging van de faalkans van de gasinfrastructuur, waardoor ook het risico voor de omgeving door de aanwezigheid van de gasinfrastructuur niet (significant) zal toenemen en de transport- en leveringszekerheid van het aardgas niet (significant) worden aangetast.

Als er aan bovenstaande afstanden niet kan worden voldaan dan is plaatsing van de windturbines voor Gasunie³ slechts acceptabel als:

- Er géén 10^{-6} per jaar contour ontstaat die bij Besluit externe veiligheid buisleidingen(Bevb)-transportleidingen tot buiten de belemmeringstrook reikt en bij Bevi-inrichten tot buiten het hekwerk reikt als die 10^{-6} per jaar contour vóór plaatsing van de windturbines ook niet buiten de belemmeringstrook resp. het hekwerk reikte. Dat betekent dat voor situaties waar het PR niveau binnen de belemmeringstrook resp. het hekwerk lager is dan 10^{-6} per jaar, het PR wel mag toenemen tot maximaal 10^{-6} per jaar⁴;
- De PR 10^{-6} per jaar contour niet groter wordt als die vóór de plaatsing van de windturbines al wel buiten de belemmeringstrook resp. het hekwerk reikte;

³ Bron: Het beleid van Gasunie Transport Services inzake het veilig plaatsen van windturbines bij haar gasinfrastructuur – 31-07-2015.

⁴ PR: plaatsgebonden risico.

- De frequentie dat een inrichting die onder het Activiteitenbesluit Milieubeheer valt door een onderdeel van de windturbines wordt getroffen lager is dan:
 - o 5×10^{-6} per jaar voor meet- en regelstations en exportstations;
 - o $2,5 \times 10^{-4}$ per jaar voor gasontvangstations.

NB. Er bestaan ook niet-risicovolle buisleidingen, zoals bijvoorbeeld waterleidingen en persleidingen. Voor dergelijke leidingen gelden bovenstaande adviesafstanden niet.

3.4 Spoorwegen

Voor spoorwegen hanteert ProRail een afstandseis tussen windturbines en spoorwegen. De afstandseis die gehanteerd wordt tussen windturbines en het dichtstbij gelegen spoor is minimaal 7,85 meter + halve rotordiameter, gemeten vanuit het hart van het dichtstbijzijnde spoor, met een minimum van 30 meter (Handreiking Risicozonering Windturbines, 2020).

3.5 Infrastructuur

Voor Rijkswegen zijn generieke afstanden berekend waarbuiten er geen ontoelaatbare risico's voor passanten plaatsvinden. Het document "*Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken*" staan de minimale afstanden tot Rijkswegen gegeven:

"Langs rijkswegen wordt plaatsing van windturbines toegestaan bij een afstand van ten minste 30m uit de rand van de verharding of bij een rotordiameter groter dan 60m, ten minste de halve diameter".

Voor de overige openbare wegen bestaan geen genormeerde afstanden, waardoor kleinere afstanden mogelijk zijn. In de beleidsregel "*Windturbines langs auto-, spoor-, en vaarwegen – Beoordeling van veiligheidsrisico's*" staan de richtlijnen gegeven (zie kaders):

“Individuele passantenrisico (IPR)

Voor het risico voor de passant is een risicomaat gekozen die aansluit bij de individuele beleving van de passant, namelijk de overlijdenskans per passant per jaar. Hierbij wordt de passant gevolgd gedurende zijn bezigheden in de nabijheid van het windturbinepark.

De initiatiefnemer die een of meerdere windturbines wil plaatsen dient aan te tonen dat het maximale toelaatbare Individueel Passanten Risico IPR niet wordt overschreden op de infrastructuur in de nabijheid van de turbine. De grens is vastgesteld van honderdzesig kilometer per uur. Een generiek IPR van 10^{-6} wordt aangehouden voor alle infrastructuur waarop de wettelijk toelaatbare snelheden de honderdzesig kilometer per uur niet overschrijden, en een generiek IPR van 10^{-7} op infrastructuur waarop wettelijk toelaatbare snelheden boven de honderdzesig kilometer per uur bestaan.

Maatschappelijk risico (MR)

Er zijn verschillenden maten te kiezen voor het maatschappelijk risico. Rijkswaterstaat en ProRail hanteren het criterium dat er jaarlijks niet meer dan $2 \cdot 10^{-3}$ passanten mogen overlijden. In het externe-veiligheidsbeleid voor stationaire installaties of vervoersactiviteiten wordt uitgegaan van groepsrisicocurven of FN-curven. Groepsrisicocurves hebben alleen betekenis voor 'kleine-kans-groot-gevolg'-ongevallen met slachtofferaantallen groter dan 10 per ongeval. Uit studies ref. [2, 4, 5, 6] blijkt dat bij windturbineparken in de nabijheid van rijkswegen altijd ruimschoots aan de groepsrisiconorm wordt voldaan.”

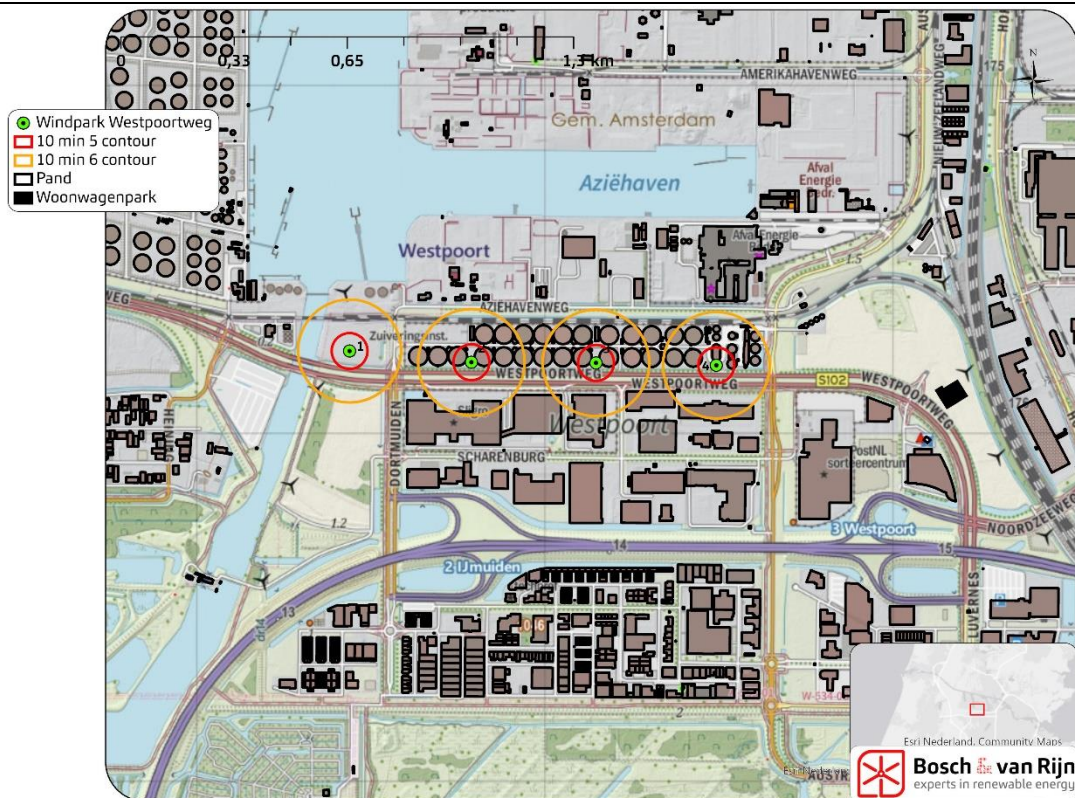
Hoofdstuk 4 Risicoanalyse

4.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

Binnen de 10^{-5} en 10^{-6} -contouren van de windturbines met generieke parameters is nagegaan of (geprojecteerde) kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten van derden aanwezig zijn. Hiervoor is gebruik gemaakt van het BAG, de luchtfoto en risicokaart.nl.

In onderstaand figuur zijn de risicocontouren van de windturbines te vinden. Deze is tevens in groter formaat weergegeven in Bijlage B.

Figuur 3 Risicocontouren rond de windturbines (bovenvariant)



Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied verschillende aandachtspunten. Binnen de 10^{-5} -contouren van de windturbines bevinden zich bezinktanks. Doordat dit geen objecten zijn waarin mensen werken worden deze objecten niet beschouwd als een beperkt kwetsbaar of kwetsbaar object. Hierdoor wordt er bij de objecten binnen de 10^{-5} -contour voldaan aan het Activiteitenbesluit.

Voor objecten weke binnen de 10^{-6} -contour, maar buiten de 10^{-5} -contour gelegen zijn is onderzocht of het kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten zijn. Hieronder wordt per windturbine (nummering van west naar oost) weergegeven welke objecten er zich binnen de 10^{-6} -contour, maar buiten de 10^{-5} -contour bevinden en of het beperkt kwetsbare of kwetsbare objecten zijn:

- Windturbine 1 – Er bevinden zich geen objecten binnen de risicocontouren van de windturbine. Hierdoor wordt er voldaan aan het Activiteitenbesluit.
- Windturbine 2 – de 10^{-6} -contour bevindt zich over een grote opslagloods. Het is niet aannemelijk dat hier meer dan 50 mensen verblijven die ieder tevens ten minste 8 uur per etmaal aanwezig zijn. Hierdoor wordt de opslagloods beschouwd als een beperkt kwetsbaar object en wordt er voldaan aan het Activiteitenbesluit.
- Windturbine 3 – Er bevinden zich drie objecten binnen de 10^{-6} -contour van de windturbine.
Het meest westelijke object is hetzelfde object als bij Windturbine 2 (de grote opslagloods).
Het middelste object is een loods met daarboven kantoorruimte. Hoewel de 10^{-6} -contour maar gedeeltelijk over het kantoor valt heeft het kantoor een oppervlakte groter dan 1.500m^2 . Hierdoor moet het gehele pand als een kwetsbaar object worden beschouwd. Hierdoor wordt er niet voldaan aan de eisen uit het Activiteitenbesluit.
Het meest oostelijke object binnen de 10^{-6} -contour is ook een opslagloods. Gezien de aard van het object is het niet aannemelijk dat hier meer dan 50 mensen verblijven die ieder ten minste 8 uur per etmaal aanwezig zijn dus wordt het object beschouwd als een beperkt kwetsbaar object.
Gezien het feit dat het middelste object een kwetsbaar object is wordt er voor windturbine 3 niet voldaan aan het Activiteitenbesluit op basis van generieke parameters van een windturbine.
- Windturbine 4 - Er bevinden zich twee opslagloodsen binnen de 10^{-6} -contour van de windturbine. Gezien de aard van beide objecten is het niet aannemelijk dat hier meer dan 50 mensen verblijven die ieder ten minste 8 uur per etmaal aanwezig zijn. Hiermee worden beide objecten beschouwd als beperkt kwetsbare objecten en wordt er voor windturbine 4 voldaan aan het Activiteitenbesluit.

Uit bovenstaande analyse blijkt dat alleen bij windturbine 3 niet wordt voldaan aan de eisen uit het Activiteitenbesluit. Omdat bij deze analyse is gerekend met generieke parameters wordt hieronder met windturbine-specifieke parameters en faalfrequenties gerekend. Dit om te onderzoeken of het mogelijk is dat een specifiek windturbinetype wel voldoet aan het Activiteitenbesluit. Ten behoeve van de berekening zijn windturbine-specifieke gegevens en faalfrequenties⁵ opgevraagd bij Enercon van de Enercon E103⁶.

Wanneer de aangepaste faalfrequenties en windturbine-specifieke parameters worden toegepast in de berekening leidt dit tot de volgende afstanden:

⁵ De faalfrequenties van Enercon zijn gecertificeerd door WindGuard Certification GmbH

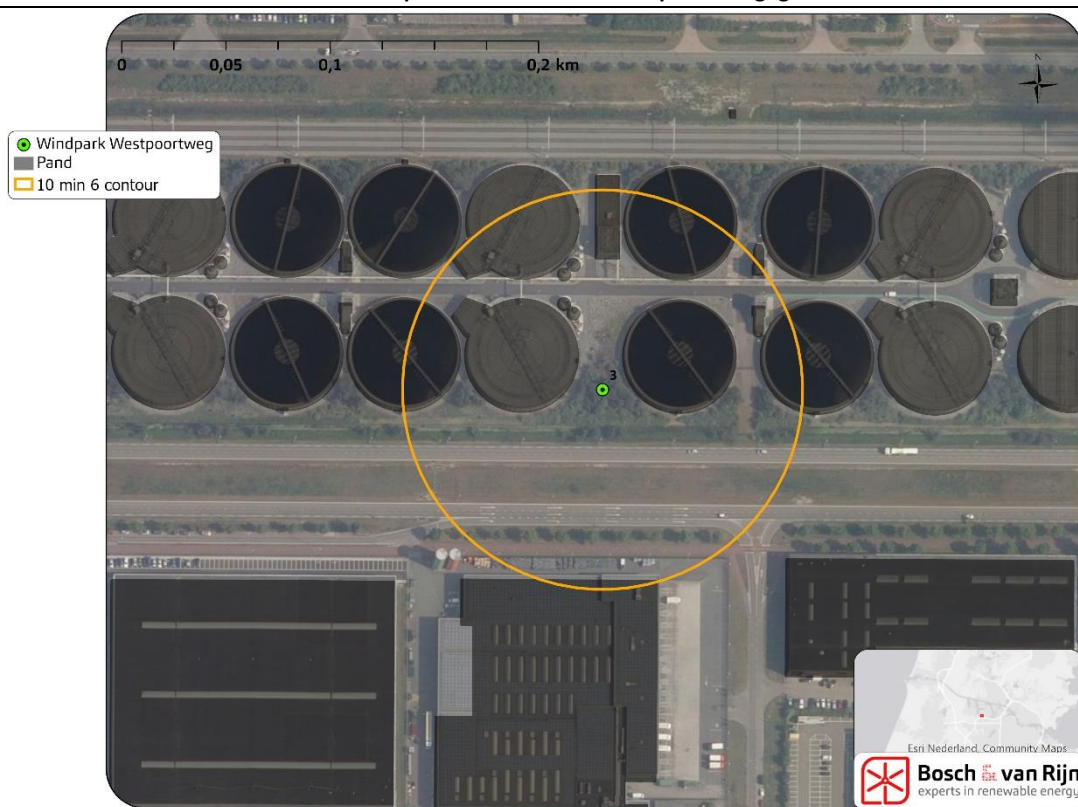
⁶ De gegevens voor de Enercon E103 zijn op 7 april 2020 aangeleverd door Enercon.

Tabel 3 Risicocontouren en werpafstanden van de Enercon E103 met windturbine-specifieke parameters en faalfrequenties van Enercon.

Wtb type	Ashoogte (m)	Rotor (m)	Risicocontouren (m)		Max. werpafstand (m)	
			10^{-5}	10^{-6}	Bij nominaal toerental	Bij overtoeren
E103	88,5	103	16	94	94	217

Op basis van bovenstaande resultaten zijn de risicocontouren voor windturbine 3 ingetekend die van toepassing zijn op het specifieke windturbintype Enercon E103 (zie Figuur 4). Vervolgens is opnieuw nagegaan of zich (geprojecteerde) kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten binnen de 10^{-6} risicocontour van windturbine 3 bevinden.

Figuur 4 Risicocontour windturbine 3 op basis van windturbine-specifieke gegevens



Bovenstaande figuur laat zien dat de 10^{-6} -contour nog steeds over het kwetsbaar object valt. Hierdoor wordt ook met windturbine-specifieke parameters niet voldaan aan het Activiteitenbesluit.

Omdat de 10^{-6} -contour maar zeer beperkt over het kwetsbare object valt zou het toepassen van sectormanagement er mogelijk toe kunnen leiden dat de 10^{-6} -contour dusdanig verkleint dat deze niet meer boven het kwetsbare object valt. Dit vanwege het feit dat bladafwerp één van de scenario's is die op kan treden en dit scenario een relatief grote invloed heeft op de ligging van de 10^{-6} -contour. De Handreiking Risicozonering Windturbines (HRW 2020) zegt het volgende over sectormanagement:

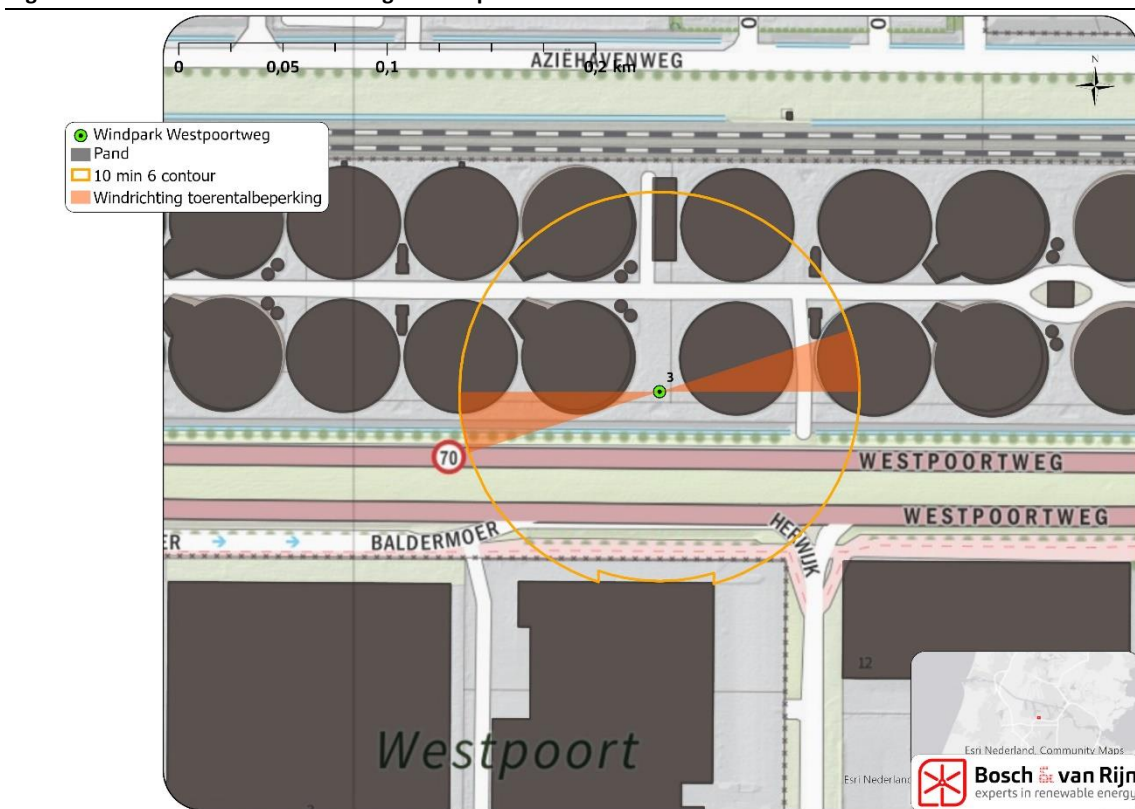
“In windparken wordt regelmatig sectormanagement toegepast. Dit houdt in dat indien de wind uit vooraf gedefinieerde windrichtingen komt het vermogen van het windpark, of van enkele windturbines, wordt beperkt. De meest voorkomende reden om sectormanagement toe te passen is het verlagen van de turbulentie-intensiteit bij windturbines die in zog van andere windturbines worden aangestroomd.

Sectormanagement kan eveneens toegepast worden als bronmaatregel om het additionele risico, ten gevolge van de windturbines, op een object te verlagen. Sectormanagement biedt geen oplossing bij mast- en gondelfalen, maar wel bij bladafworp. Bij bladafworp is de richting veelal in het vlak van de rotor terwijl de richting van vallen bij mast- en gondelfalen meer willekeurig is. Om deze reden is sectormanagement enkel voor het bladafworpscenario zinvol. Indien een object slechts getroffen kan worden door een afgebroken rotorblad bij een beperkt aantal gondelposities, kan sectormanagement voor een verlaagd risiconiveau zorgen. Als preventieve maatregel kan het volgende toegepast worden:

- *Stilzetten van één of meerdere windturbines in vooraf bepaalde gondelposities, het risico door bladafworp wordt in deze gondelposities daarmee gelijk aan nul.*
- *Verlagen van het toerental/vermogen van één of meerdere windturbines in vooraf bepaalde gondelposities, het risico door bladafworp wordt in deze gondelposities verlaagd.*

Doordat de 10^{-6} -contour maar zeer beperkt met het kwetsbare object overlapt is stilzetten van de windturbine niet noodzakelijk en kan verlaging van het toerental in bepaalde windrichtingen afdoende zijn om de 10^{-6} -contour genoeg te verkleinen. Voor de Enercon E103 geldt dat het nominale toerental 14,6 omwentelingen per minuut (round per minute, RPM) is met een 10^{-6} -contour van 94 meter tot gevolg. Wanneer het toerental wordt teruggebracht tot 14,2 RPM in bepaalde windrichtingen dan heeft dit een 10^{-6} -contour van 91 meter tot gevolg. Doordat de afstand tot het kwetsbare object 92 meter is, zou de 10^{-6} -contour bij een toerental van 14,2 RPM dus buiten de risicocontour komen te liggen. In onderstaande figuur wordt de risicocontour weergegeven waarbij in bepaalde windrichtingen (oranje vlakken) het toerental wordt teruggebracht tot 14,2 RPM.

Figuur 5 Effect van sectormanagement op de risicocontour van de Enercon E103



Uit bovenstaande figuur is op te maken dat er zich in geval van sectormanagement bij de Enercon E103 geen kwetsbare objecten zullen bevinden binnen de 10^{-6} -contour van windturbine 3. Hiermee wordt met behulp van sectormanagement dus voldaan aan de eisen uit het Activiteitenbesluit.

4.2 Risicovolle installaties

4.2.1 Inventarisatie

Op basis van de ingetekende werpafstanden, informatie van de initiatiefnemer en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

Figuur 6 Risicovolle installaties binnen werpafstand bij overtoeren (bovenvariant)



In de bovenstaande figuur zijn de volgende risicovolle objecten binnen de maximale werpafstanden van windturbines geïdentificeerd:

Tabel 4 Risicovolle installaties binnen de maximale werpafstand bij overtoeren van de geplande turbines

Installatie	Windturbine
Propaantank	4 & 5
Opslagvoorziening biogas 1 & 2	3, 4 & 5
Groengasinstallatie	4 & 5
Gasontvangststation	1 & 2

Tabel 5 Afstand van de geplande windturbines ten opzichte van risicovolle installaties binnen de maximale werpafstand bij overtoeren

Windturbine	Installatie	Afstand tot installatie (m)
1	Gasontvangststation	195
2	Gasontvangststation	305
3	Opslagvoorziening biogas 1	344
3	Opslagvoorziening biogas 2	350
4	Propaantank	317
4	Opslagvoorziening biogas 1	71
4	Opslagvoorziening biogas 2	95
4	Groengasinstallatie	243

Voor alle in Tabel 5 genoemde installaties geldt dat de afstand tot de geplande windturbines groter is dan de wieklengte. Om deze reden hebben alleen de scenario's mastbreuk en wiekbreuk een risico verhogend effect op de installaties. In de volgende paragrafen wordt de faalkansverhoging als gevolg van de windturbines voor bovengenoemde risicovolle installaties inzichtelijk gemaakt.

NB. Inrichtingen welke buiten de maximale werpafstand bij overtoeren zijn gelegen, zoals het depot bijzonder afval van AEB, ondervinden dan ook geen additionele faalkans door de aanwezigheid van de windturbines en zijn diensgevolge niet in onderstaande tabel opgenomen.

4.2.2 Trefkansberekening

Rekenmethode wiekbreuk (*Handleiding Omgevingsveiligheid, 2019*)

Om de trefkans van een object met hoogte h , breedte b , en diepte d te berekenen wordt uitgegaan van een geprojecteerd grondoppervlak:

De kans dat het zwaartepunt van de wiek in het geprojecteerde oppervlak terecht komt is:

$$P_{od} = P_{zwpt} \cdot A_{pt}$$

Waarin:

P_{zwpt} = trefkans van het zwaartepunt van het blad (*berekend volgens HRW 2014*).

$$A_{pt} = (b+h) \cdot (d+h)$$

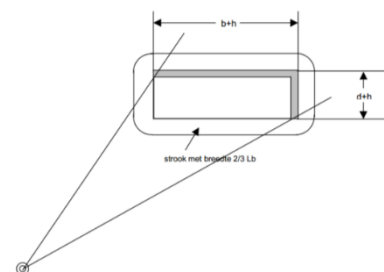
Het object kan direct door het zwaartepunt worden getroffen, maar het is ook mogelijk dat het zwaartepunt van het blad binnen een afstand van $2/3 L_b$ (lengte afgebroken blad) inslaat. In dit geval kan het object nog door het blad worden geraakt, aangezien het zwaartepunt zich op ongeveer $1/3$ van het blad bevindt. Deze kans loopt van 0,0 naar 1,0 van de buitenrand van de $2/3 L_b$ strook tot het object.

De kans dat het zwaartepunt in de strook met breedte $2/3 L_b$ rondom de tank terecht komt is:

$$P_{oi} = P_{zwpt} \left((2b + 2d) \cdot \frac{1}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \right)$$

Om de totale trefkans te berekenen dat een installatie wordt getroffen door een blad worden de twee bovenstaande parameters bij elkaar opgeteld:

$$P_o = P_{od} + P_{oi}$$



Rekenmethode mastbreuk (*Handleiding Omgevingsveiligheid, 2019*)

De trefkans van een object door mastbreuk van een windturbine is afhankelijk van verschillende parameters. Ten eerste van de generieke faalkans van de mast. Indien de mast niet verstevigd is, is dit standaard $1.3 \cdot 10^{-4}$. Ten tweede is de faalkans afhankelijk van de hoek waarbij de hoek wordt vastgesteld door de grenzen waarbij het rotoroppervlak het object net niet raakt.

De kans dat de windturbine richting het object (Ko) valt wanneer de mastbreuk zich voordoet is dan:

$$Ko = \left(\frac{\text{Hoek}}{360} \right)$$

De kans dat het scenario zich voordoet en dat een object geraakt wordt kan dan berekend worden via de onderstaande formule:

$$Kg = Ko * \text{faalkans mast}$$

Totale faalkans

De totale trefkans van de windturbine op een object is de som van de bovenstaande scenario's. De totale trefkans (Ttk) op een object kan dan berekend worden via de volgende formule:

$$Ttk = Po + Ko$$

4.2.3 Resultaten trefkansen risicovolle installaties

Via de bovenstaande methode zijn de totale trefkansen berekend voor de risicovolle installaties. Hierbij is de totale trefkans van de installatie de som van de trefkansen door mastbreuk of wiekbreuk door alle windturbines die de risicovolle installatie kunnen treffen. De resultaten worden weergegeven in onderstaande tabel. Bijlage D bevat de gehanteerde parameters van de windturbine en Bijlage C bevat de formules van het kogelbaanmodel conform (*Handleiding Omgevingsveiligheid, 2019*).

Tabel 6

Trefkansen risicovolle installatie

Installatie	Totale trefkans
Propanaantank	$6,16 \cdot 10^{-09}$
Opslagvoorziening biogas 1	$5,38 \cdot 10^{-05}$
Opslagvoorziening biogas 2	$4,23 \cdot 10^{-05}$
Groengasinstallatie	$1,04 \cdot 10^{-08}$
Gasontvangstation	$1,74 \cdot 10^{-08}$

4.2.4 Faalkansverhoging

De berekende trefkans wordt vergeleken met de intrinsieke faalkans van de risicovolle installaties (faalkansen van alle catastrofale scenario's bij elkaar opgeteld). De intrinsieke faalkans wordt als volgt onderbouwd:

Tabel 7 Onderbouwing intrinsieke faalkansen van risicovolle objecten (Bron: Handleiding Risicoberekeningen BEVI)

Object	Faalkans scenario's (Weergegeven tussen haakjes)
Opslagtanks gevaarlijke stoffen	De mogelijke catastrofale scenario's zijn het vrijkomen van de gehele inhoud ($5 \cdot 10^{-6}$) en het vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom ($5 \cdot 10^{-6}$).

Onderstaande tabel bevat de vergelijking van de trefkans van de windturbines met de intrinsieke faalkans van de installatie:

Tabel 8 Verhoging faalkans van risicovolle installatie

Installatie	Intr. Faalkans	Trefkans	Verhoging faalkans
Propaantank	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$6,16 \cdot 10^{-9}$	0,06%
Opslagvoorziening biogas 1	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$5,38 \cdot 10^{-5}$	538,34%
Opslagvoorziening biogas 2	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$4,23 \cdot 10^{-5}$	432,42%
Groengasinstallatie	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,04 \cdot 10^{-8}$	0,10%

Uit bovenstaande tabel blijkt dat bij de propaantank en de groengasinstallatie de faalkansverhoging lager is dan de richtwaarde van 10%. Hierdoor is voor deze risicovolle installaties geen aanvullend onderzoek nodig.

Bij de opslagvoorziening biogas⁷ is de risicoverhoging boven de 10%. Hoewel de risicoverhoging boven de 10% is, is er geen aanleiding om de risicocontouren te berekenen. Dit, omdat de huidige milieuvergunning van de RWZI geen informatie biedt over de externe veiligheidsrisico (Plaatsgebonden Risico) behorende bij de biogasinstallatie (opslag). Tevens is de RWZI geen BEVI of BRZO inrichting en bevat de huidige milieuvergunning geen QRA of veiligheidsrapportage waardoor er geen informatie is over het PR. Op basis van bovenstaande gaan we er vanuit dat bij de aanwezige biogasinstallaties veiligheidsafstanden van toepassing zijn. De veiligheidsafstand van een biogasinstallatie is 50 meter⁸ (in normale omstandigheden en met een H₂S gehalte van minder dan 1%). Binnen de veiligheidsafstand bevindt zich geen (beperkt) kwetsbare objecten. Naast de veiligheidsafstanden kan er ook gekeken worden naar de effectafstand van biogasopslag⁹. De effectafstand van een biogasinstallatie is afhankelijk van de druk en varieert tussen de 50m en 115m (Effect- en risicoafstanden bij de opslag van biogas, Centrum Externe Veiligheid). Bin-

⁷ Biogasopslag is berekend voor de interne veiligheid bij Waternet.

⁸ <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/activiteiten/praktijk-ruimte/nieuwe-sanitatie-zorginstellingen/afwegingen/externe-veiligheid/>

⁹ Effectafstand is het aantal meters waarbinnen dodelijke slachtoffers kunnen worden verwacht wanneer er een van de scenario's zich voor zou doen (Informatienotitie A-8, Veiligheidsregio Hollands Midden).

nen de bij ons bekende range voor veiligheids- en effectafstanden voor biogasinstallaties bevinden zich geen kwetsbare objecten. Het dichtstbijzijnde relevante object is gelegen op 172m. Hierbij geldt dat oprichting van het windpark geen effect heeft op de effectafstand, en dat de PR 10 min 6 contour in geen geval buiten de effectafstand is gelegen. Gelet op de wettelijke grondslag en de situatie ter plaatse van de RWZI is er daarom geen aanleiding om de risicocontouren te berekenen.

NB. Ten noorden van de propaantank komt er in de toekomst ook een waterstof-tank. Gezien het feit dat de risicotename van de propaantank ruim onder de 10% is zal dit ook het geval zijn bij de waterstof-tank en is er geen aanvullend onderzoek nodig.

4.2.5 Gasontvangstation

Voor het gasontvangstation geldt dat de trefkans onder de door de Gasunie toegestane waarde moet liggen. In Tabel 9 is weergegeven dat ruimschoots aan de door de Gasunie toegestane waarde wordt voldaan.

Tabel 9 Vergelijking van de trefkans van het gasontvangstation met de maximaal toegestane waarde van Gasunie.

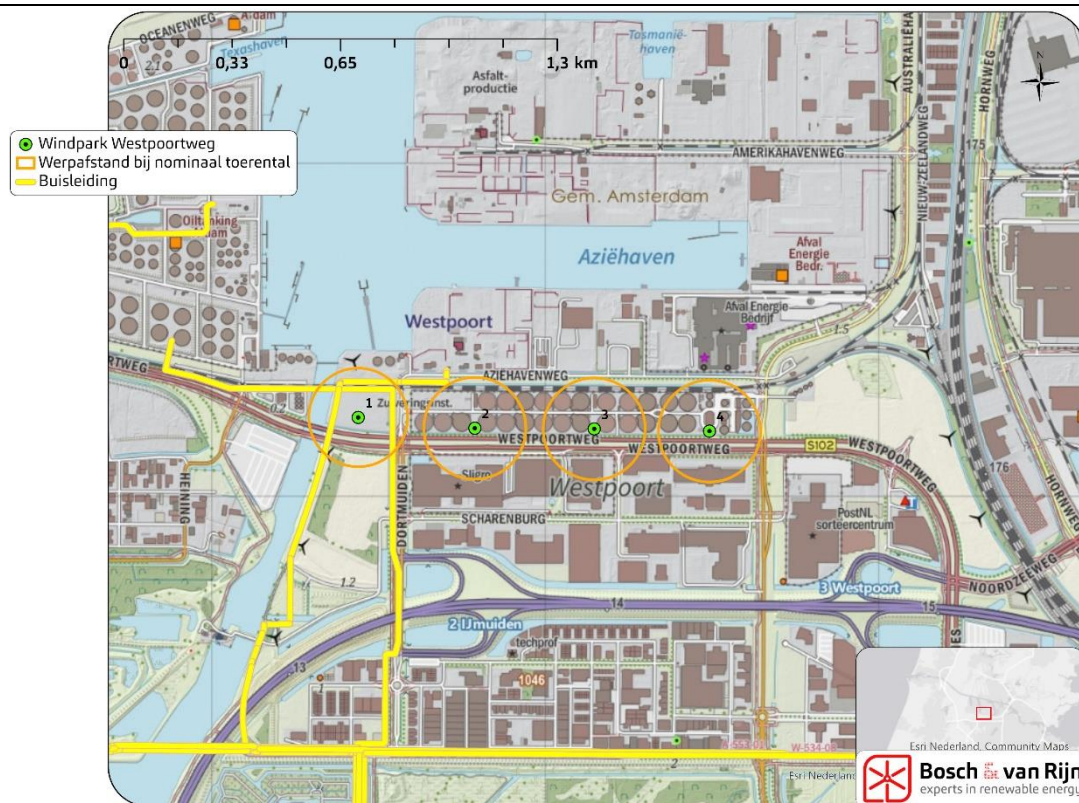
Installatie	Toegestane waarde	Trefkans
Gasontvangstation	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$1,74 \cdot 10^{-08}$

4.3 Buisleidingen

Vanwege de aanwezigheid van risicovolle buisleidingen in het plangebied is geanalyseerd of er wordt voldaan aan de adviesafstanden van Gasunie. Indien er niet wordt voldaan aan de adviesafstanden van Gasunie worden de risico's gekwantificeerd waarbij de trefkansberekeningen worden uitgevoerd volgens *Handleiding Omgevingsveiligheid, 2019*. Voor overige niet-risicovolle leidingen in het gebied hoeven de risico's niet te worden gekwantificeerd.

Tevens wordt in dit hoofdstuk onderzocht of er zich een gasontvangstation bevindt binnen de werpafstand bij overtoeren. Indien dit het geval is wordt de trefkans berekend conform paragraaf 4.2.2.

Figuur 7 Buisleidingen en werpafstand bij nominaal toerental



Uit bovenstaande figuur blijkt dat windturbine 1 niet voldoet aan de adviesafstanden bij de volgende buisleidingen:

- Gasunieleiding: W-534-26
- Amsterdam Schiphol Pijpleiding

In onderstaande paragrafen wordt de trefkans van de windturbine op de buisleidingen berekend.

Tevens bevindt zich een gasontvangststation binnen de werpafstand bij overtoeren. Hiervoor zal ook een trefkans worden berekend in onderstaande paragrafen.

4.3.1 Trefkansberekening

In onderstaande paragrafen wordt de trefkans van de windturbines op de buisleidingen berekend. Doordat de dichtstbijzijnde leiding zich bevindt op 73,1 meter van de windturbine hebben de scenario's mastbreuk en bladbreuk beiden een risico-verhogend effect op de leidingen.

Bladbreuk

Er zijn twee manieren waarop ondergrondse leidingen kunnen falen door impact van een zwaar voorwerp op de grond:

1. *Het voorwerp vormt een krater en raakt de leiding daarbij rechtstreeks.*
2. *De leiding faalt doordat de grond bij een dergelijke grote impact weggeduwd wordt, waardoor leidingen worden blootgesteld aan verschuivingen en door de ontstane spanningen kunnen falen.*

De maximale afstand waarbij de leiding nog faalt (de kritische afstand) volgt uit de hoeveelheid toelaatbare stress. Deze wordt berekend met (HRW 2014):

$$R = 0,3048 * \left(\frac{4,44E}{\sigma_{toelaatbaar}} \right)^{\frac{1}{k5k6}} * \left(\frac{2,03 \cdot 10^{-4} * k4 * E_{kinetisch}}{\sqrt{E * t}} \right)^{\frac{1}{k5}}$$

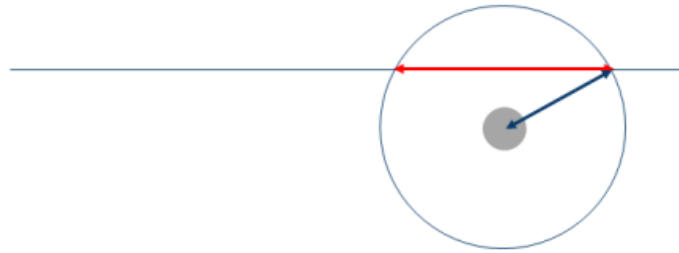
Waarbij:

- R: de kritische afstand [m]
 E: elasticiteit [Pa]
 $\sigma_{toelaatbaar}$: toelaatbare extra stress voordat metaal gaat vloeien [Pa]:
 t: wanddikte
 $E_{kinetisch}$: de energie van de bron (effectieve kinetische energie) [J] of voor de lijnbron de energiedichtheid per eenheidslengte [J/m]
 $1,01 * 10^7$
 k4, k5 en k6: empirische coëfficiënten (*Handleiding Omgevingsveiligheid, 2019*)

Hieruit resulteert een kritische afstand. Op basis van de diepte kan de maximale kritische breedte berekend worden.

NB. De parameters van de leidingen zijn te vinden in Bijlage E..

Figuur 8 Verticale dwarsdoorsnede loodrecht op de leiding (grijs)



De kans dat deze strook getroffen wordt volgt uit de vermenigvuldiging *kansdichtheidsverdeling* * *kritisch oppervlak*. Het kritisch oppervlak is de totale oppervlakte van de strook binnen de maximale werpafstand van de windturbine. De kansdichtheidsverdeling is de kans dat het blad de afstand tot de strook weggeslingerd wordt.

De trefkans bij bladbreuk is per buisleiding en windturbine als volgt:

Trefkans Gasunie leiding

WTB 1

Scenario wiek-breuk	Kansdichtheids-verdeling (/jr.)	Kritisch oppervlak (m ²)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
nominaal	$9,82 \cdot 10^{-09}$	471,35	$4,68 \cdot 10^{-06}$	$1,73 \cdot 10^{-06}$
overtieren	$4,05 \cdot 10^{-12}$	598,29	$2,43 \cdot 10^{-09}$	$1,15 \cdot 10^{-09}$

WTB 2

Scenario wiek-breuk	Kansdichtheids-verdeling (/jr.)	Kritisch oppervlak (m ²)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
overtieren	$8,62 \cdot 10^{-12}$	1386,92	$1,19 \cdot 10^{-08}$	$1,04 \cdot 10^{-08}$

Trefkans Amsterdam-Schiphol leiding

WTB 1

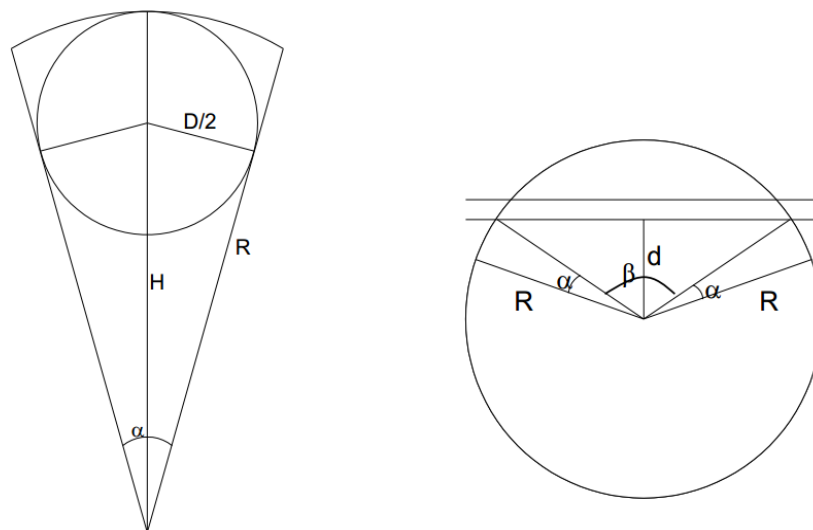
Scenario wiek-breuk	Kansdichtheids-verdeling (/jr.)	Kritisch oppervlak (m ²)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
nominaal	$7,19 \cdot 10^{-09}$	594,15	$4,27 \cdot 10^{-06}$	$1,75 \cdot 10^{-06}$
overtieren	$4,16 \cdot 10^{-12}$	853,55	$3,55 \cdot 10^{-09}$	$2,09 \cdot 10^{-09}$

WTB 2

Scenario wiek-breuk	Kansdichtheids-verdeling (/jr.)	Kritisch oppervlak (m ²)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
overtieren	$4,68 \cdot 10^{-12}$	1013	$4,74 \cdot 10^{-09}$	$2,96 \cdot 10^{-09}$

Mastbreuk

De kans¹⁰ dat de leidingstrook wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van onderstaande cirkelsegment (linker figuur) in aanraking komt met de leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in het rechter figuur.



Windturbine gemodelleerd als cirkelsegment. Turbine in aanraking met leidingstrook.

De trefkans bij mastbreuk is per buisleiding als volgt:

WTB 1

Trefkans Gasunie leiding op

Hoek ($\beta + \alpha$) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilome- ter per jaar)
210	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7,58 \cdot 10^{-05}$	$2,53 \cdot 10^{-05}$

WTB 1

Trefkans Amsterdam-Schiphol leiding

Hoek ($\beta + \alpha$) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilome- ter per jaar)
220	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7,94 \cdot 10^{-05}$	$3,14 \cdot 10^{-05}$

Totale trefkans

Gebaseerd op bovenstaande berekeningen is het mogelijk om de totale trefkans te berekenen. Dit is een sommatie van de trefkans door mastbreuk en wiekbreuk. Onderstaand wordt dit per buisleiding weergegeven.

¹⁰ De kritische strook gaat om het massamiddelpunt. In het geval van een windturbine ligt het massamiddelpunt bij de gondel. Hierdoor wordt de valhoek bepaald door de hoek waarin de gondel (inclusief bladen) de kritische strook raakt.

Gasunie leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
2	$1,74 \cdot 10^{-06}$	$2,53 \cdot 10^{-5}$	$2,70 \cdot 10^{-05}$

Amsterdam-Schiphol leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
2	$1,76 \cdot 10^{-06}$	$3,14 \cdot 10^{-05}$	$3,32 \cdot 10^{-05}$

4.3.2 Faalkansverhoging

De intrinsieke faalkans van de buisleidingen is als volgt:

Gasunie leiding: $4,2 \cdot 10^{-5}$ per kilometer per jaar. Dit volgt uit een door DNVGL uitgevoerde berekening met het rekenpakket PIPESAFE (DNVGL, 2020).

Amsterdam-Schiphol leiding: $2,7 \cdot 10^{-5}$ per kilometer per jaar. Dit is overgenomen van kwantitatieve risicoanalyse windturbines Westpoortweg – 2016 en gecorrigeerd met de diepteligging van de leiding (DNVGL, 2020).

Hieruit blijken de volgende risicoverhogingen:

Gasunie leiding: **64,29%**
Amsterdam-Schiphol leiding: **122,96%**

Op basis van de risicoverhogingen is voor de m.e.r.-beoordeling een QRA¹¹ uitgevoerd voor beide buisleidingen. Hieruit blijkt dat er ondanks de risicoverhoging voor beide leidingen wordt voldaan aan de criteria in het Besluit externe veiligheid buisleidingen. Tevens resulteert de faalkansverhoging bij beide leidingen niet in een scenario waarbij 10 of meer slachtoffers vallen. Hierdoor is conform de definitie van het groepsrisico zoals gesteld in het Besluit formeel geen sprake van een groepsrisico. Doordat de trefkansen (en dus de risicoverhogingen) bij de m.e.r.-beoordeling groter zijn dan in onderhavig onderzoek gelden bovenstaande conclusies ook voor de omgevingsvergunning.

¹¹ DNVGL, 2020-05-29, Kwantitatieve Risicoanalyse Buisleidingen nabij Windpark Westpoortweg, Rapport Nr. 10205423-rev. 2

4.4 Spoorwegen

Binnen het plangebied is nagegaan of er zich spoorwegen in de buurt van de windturbines bevinden. Indien dit het geval is wordt gekeken of er wordt voldaan aan de afstandseis van ProRail (halve rotordiameter + 7,85 meter).

Figuur 9 Adviesafstand bij ProRail en spoorwegen



Bovenstaande figuur laat zien dat zich geen spoorwegen bevinden binnen de adviesafstand van ProRail. Hiermee wordt voldaan aan de adviesafstand van ProRail.

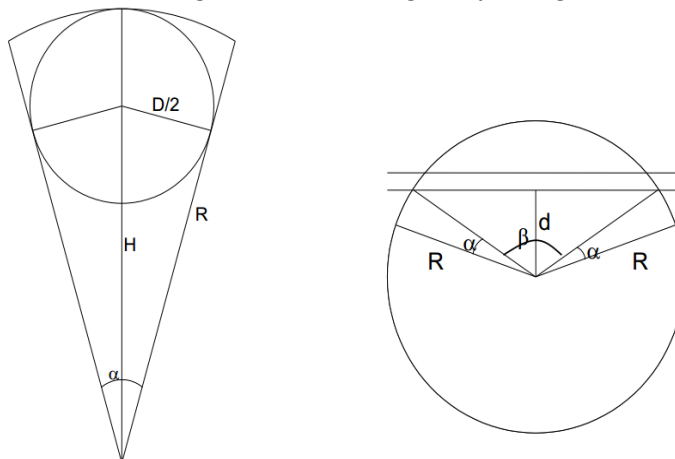
De spoorweg bevindt zich wel binnen de invloedssfeer van de windturbines en doordat er transport van gevaarlijke stoffen kan plaatsvinden wordt de kans berekend dat een spoorketelwagen wordt geraakt. Hiervoor wordt eerst de trefkans voor een rijdende ketelwagen berekend voor de windturbine die het dichtstbij de spoorweg staat. Deze trefkans wordt als maatgevend beschouwd voor de overige windturbines waardoor een worst-case benadering is gehanteerd.

Vervolgens wordt de trefkans berekend voor een ketelwagen die zich stilstaand op het emplacement bevindt, waarbij opnieuw de dichtstbijzijnde afstand tot een windturbine als maatgevend is aangenomen.

Rekenmethode mastbreuk rijdende ketelwagen

De kans dat de spoorweg wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van onderstaand cirkelsegment in aanraking komt met de leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in onderstaande figuur (HRW, 2014).

Figuur 10 Windturbine als cirkelsegment en in aanraking met spoorweg



WTB	Afstand tot spoorweg (m)	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans spoorweg
1	88	133	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$4,80 \cdot 10^{-5}$

De kans dat een trein wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor:

$$\tau = \frac{L_o}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

v_o = snelheid van de trein (m/s)

L_o = Lengte van het passerend object (m)¹²

Ten behoeve van deze berekening gaan wij ervan uit dat de trein een snelheid heeft van 80 km/u en dat de wagon een lengte heeft van 15 meter en een remweg van 300 meter.

WTB	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans spoorweg	Verblijfstijd passant	Trefkans per passage
1	133	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$4,80 \cdot 10^{-5}$	$1,80 \cdot 10^{-7}$	$8,65 \cdot 10^{-12}$

Rekenmethode wiekbreuk rijdende ketelwagen

De kans dat een trein wordt geraakt als gevolg van een afgebroken wiek wordt als volgt berekend:

¹² De lengte van het passerende object (trein, auto of schip) is de som van de echte lengte van het object vermeerderd met de remweg.

$$Trefkans\ spoorweg = p_{zwpt} \cdot oppervlakte\ spoorweg$$

De kans dat een trein wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor:

$$\tau = \frac{L_o}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600} (1,5 \cdot B_o + 2/3 L_b)$$

v_o = snelheid van de trein (m/s)

L_o = Lengte van het passerend object (m)

b_o = Breedte van het passerend object (m)

Voor de lengte en snelheid worden dezelfde gegevens gebruikt als bij mastbreuk.
 Voor de breedte wordt uitgegaan van 4 meter.

Trefkans voor WTB 1 is: $5,17 \cdot 10^{-10}$ per passage

Conclusie trefkans ketelwagen rijdende ketelwagen

De totale raakkans per passage door de turbine is de som van de trefkans door mastbreuk en de trefkans door wiekbreuk:

Wind turbine 1: $5,26 \cdot 10^{-10}$ per passage

Trefkans stilstaande ketelwagen

Naast een rijdende ketelwagen is het mogelijk dat de ketelwagens ook stil staan op het emplacement. Om de trefkans voor een stilstaande ketelwagen te berekenen wordt dezelfde methode gehanteerd als uitgelegd in paragraaf 4.2.2.

Wanneer er wordt gekeken naar de dichtstbijzijnde plek waar een ketelwagen kan stilstaan is dat op 110 meter van windturbine 3. Op deze afstand zijn voor de ketelwagens de faalscenario's: mastbreuk en werpafstand bij nominaal toerental van toepassing. Naast windturbine 3 hebben ook windturbine 2 (op 371m afstand) en windturbine 4 (op 368m afstand) een risicoverhogend effect op de ketelwagen. Ter bepaling van de risicoverhoging van windturbine 2 en 4 is voor de dichtstbijzijnde van deze windturbines (windturbine 4) de trefkans berekend, en als maatgevend beschouwd voor beide windturbines. Gezien de afstand tussen de windturbines en de stilstaande ketelwagen is voor windturbine 2 en 4 is alleen het faalscenario wiekbreuk bij overtoeren van belang.

Het toepassen van de methode in paragraaf 4.2.2. in combinatie met de hier genoemde afstanden leidt tot de volgende trefkans:

Tabel 10

Trefkans stilstaande ketelwagen

Installatie	Totale trefkans
Ketelwagen	$3,41 \cdot 10^{-05}$

Voor het emplacement is berekend wat de trefkans is, wanneer een trein/wagen zich 24 uur per dag 7 dagen per week op het emplacement bevindt. Echter, dit is in de praktijk niet het geval.

Voor het betreffende emplacement zijn geen gegevens bekend. Om de trefkans per wagon berekend is is gebruik gemaakt van bij ons bekende gegevens van een andere emplacement¹³. Op basis hiervan is bepaald hoeveel procent van de tijd (20%) er zich gevaarlijke stoffen bevinden op het rangeerterrein en hoe lang een wagon zich bevindt op het rangeerterrein, waarbij de verblijfstijd van een wagon afhangt van de activiteit die op het rangeerterrein plaatsvindt. Indien een wagon/trein wordt gesplitst is de overstandtijd 1,5 uur, wanneer er een locwissel plaatsvindt is de overstandtijd 25 minuten.

Op basis van bovenstaande gegevens is het mogelijk om de trefkans per trein/wagen te berekenen. Dit gebeurt via onderstaande formule:

Trefkans Trein of Wagon = Totale trefkans * (Overstandtijd activiteit/8760) * percentage gevaarlijke stoffen

Dit leidt tot de volgende trefkans per activiteit:

Tabel 11

Trefkans per activiteit emplacement

Activiteit	Totale trefkans
Splitsen	$1,17 \cdot 10^{-9}$
Locwisselen	$3,24 \cdot 10^{-10}$

De berekende trefkans moet nog worden vergeleken met de intrinsieke faalkans. Hiertoe zijn, op basis van bij ons bekende gegevens van een ander emplacement, basisfaalfrequenties bepaald. Voor locwisselen resulteert dit in een basisfaalfrequentie van $1 \cdot 10^{-6}$ per locwissel en voor het samenstellen van een trein d.m.v. omhalen en splitsen resulteert dit in een basisfaalfrequentie van $2,12 \cdot 10^{-5}$ per trein.

Vergelijking van bovenstaande intrinsieke faalkansen met de trefkans leidt tot de volgende faalkansverhogingen:

Locwissel: 0,03%
Splitsen: 0,01%

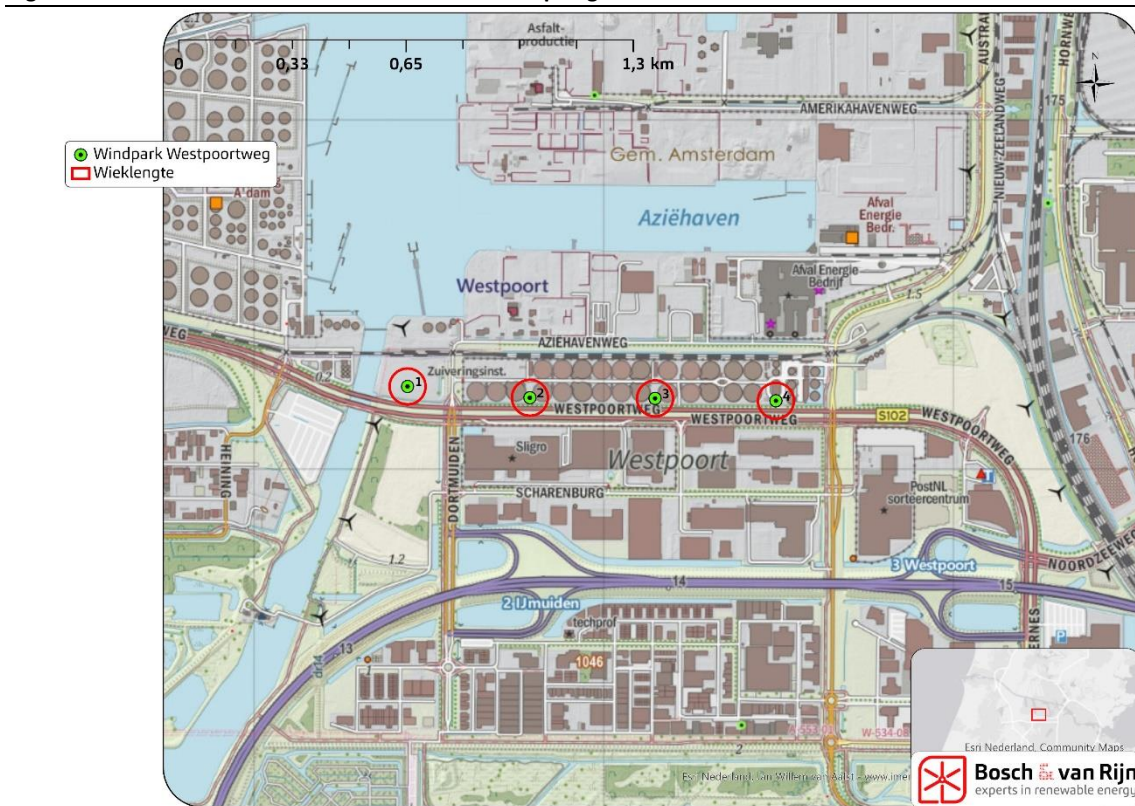
De berekende faalkansverhoging is ver onder de toetsingswaarde van 10%. Dit betekent dat de risico's van de windturbines, gelet op de afstand tot het emplacement, niet leiden tot een toename van de initiële faalkans met meer dan 10%.

¹³ Emplacement Lage Zwaluwe te Noord-Brabant

4.5 Infrastructuur

4.5.1 Wegen

Figuur 11 Overdraai van de windturbines en het plangebied



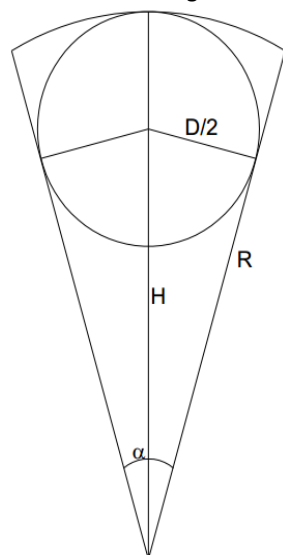
Op basis van bovenstaande figuur is te concluderen dat de windturbines overdraaien over de Westpoortweg. Om de risico's te bepalen moet voor de windturbines het IPR en MR worden berekend. Hierbij wordt uitgegaan van een passant die lopend langs de windturbines deze alle vier passeert, waarbij de trefkans wordt berekend op basis van de windturbine die het dichtstbij een openbare weg is gelegen. Deze trefkans wordt als representatief beschouwd voor de andere windturbines, waardoor er een conservatieve worst-case aanpak ontstaat.

Trefkansberekening

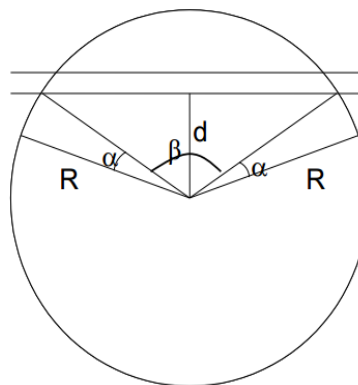
Rekenmethode mastbreuk

De kans dat de weg wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van een onderstaand cirkelsegment (Figuur 10) in aanraking komt met de leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in Figuur 11 (HRW, 2014).

Figuur 12 Windturbine als cirkelsegment



Figuur 13 Turbine in aanraking met weg



De trefkans wordt berekend voor de windturbine met de hoogste trefkans (WTB 4). Hierbij wordt de aanname gedaan dat de trefkans voor deze windturbine locatie representatief is voor de andere windturbine locaties waarbij overdraai plaatsvindt. Hierdoor ontstaat er een conservatieve benadering.

De trefkans is als volgt:

Turbine nummer	Afstand tot weg (m)	Valhoek graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
4	23	205	$1,3 \cdot 10^{-04}$	$7,40 \cdot 10^{-05}$

De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor:

$$\tau = \frac{0,3}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

v_o = snelheid van de passant (m/s)

Ten behoeve van deze berekening gaan we uit van een worst-case scenario, wat inhoudt dat de passant met de laagste snelheid de langste verblijftijd heeft. Dit houdt in dat we uitgaan van een voetganger, met een gemiddelde snelheid van 5 km/uur (1,4 meter per seconde).

Windturbine	Trefkans weg	Verblijfstijd passant	Trefkans per passage
4	$7,40 \cdot 10^{-05}$	$6,79 \cdot 10^{-09}$	$5,02 \cdot 10^{-13}$

Rekenmethode wiekbreuk

De kans dat een persoon wordt geraakt als gevolg van een afgebroken wiek wordt als volgt berekend.

$$P = 1,5 \cdot A_c \text{ (Kritiek oppervlakte wiek)} \\ \cdot p_{zwpt} \text{ (Trefkans zwaartepunt wiek)}$$

Windturbine	A_c	P_{zwpt}	P
4	140,29	$3,56 \cdot 10^{-08}$	$7,49 \cdot 10^{-06}$

De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor:

$$\tau = \frac{1}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

Windturbine	Trefkans passant
4	$1,69 \cdot 10^{-13}$

Rekenmethode gondelafworp

Voor het berekenen van de trefkans bij personen en objecten ten gevolge van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als bij mastbreuk. De masthoogte wordt voor deze berekening nul verondersteld. Het risicogebied blijft dan beperkt tot een gebied rondom de toren dat gelijk is aan de rotordiameter. Daarmee is de trefkans van de weg gelijk aan de kans dat het scenario zich voordoet: $4,0 \cdot 10^{-5}$ per jaar.

Hierdoor is de kans dat een passant getroffen wordt hetzelfde voor alle turbinelocaties en kan deze berekend worden door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor:

$$\tau = \frac{0,3}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

Trefkans passant is: $2,72 \cdot 10^{-13}$ per passage.

Totale trefkans

De totale trefkans door de turbine per passage is:

Bij mastbreuk:	$5,02 \cdot 10^{-13}$ per passage
Bij wiekbreuk:	$1,69 \cdot 10^{-13}$ per passage
Bij gondelafworp:	$2,72 \cdot 10^{-13}$ per passage

Totaal:	$9,43 \cdot 10^{-13}$ per passage.

Hoofdstuk 5 Conclusie

5.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

Voor windturbine 1, 2 en 4 geldt dat op basis van de berekende risicocontouren en objecten het projectgebied verscheidene aandachtspunten kent. Binnen de 10^{-5} bevinden zich verschillende bezinktanks. Doordat dit geen objecten waarin mensen werken worden deze objecten niet beschouwd als een beperkt kwetsbaar of kwetsbaar object.

Tevens bevinden zich verscheidene objecten binnen de 10^{-6} contour van windturbine 1, 2 en 4. Doordat het niet aannemelijk is dat hier meer dan 50 mensen verblijven die ieder ten minste 8 uur per etmaal aanwezig zijn worden de objecten beschouwd als een beperkt kwetsbaar object. Hiermee wordt voor windturbines 1, 2 en 4 voldaan aan de veiligheidseisen uit het Activiteitenbesluit.

Voor windturbine 3 geldt dat zich een kwetsbaar object bevindt binnen de 10^{-6} contour. Dit is zowel het geval wanneer de 10^{-6} -contour is berekend op basis van generieke parameters, als wanneer deze is berekend op basis van windturbine-specifieke parameters. Echter kan de 10^{-6} contour worden verkleind door vanuit bepaalde windrichtingen sectormanagement toe te passen. Bij toepassing van sectormanagement is het mogelijk om ook windturbine 3 te laten voldoen aan de eisen uit het Activiteitenbesluit.

5.2 Risicovolle installaties

Indien de windturbines niet substantieel bijdragen aan een verhoging van de risico's van de inrichting hebben de windturbines geen significante invloed op de bestaande risicosituatie. Om dit te toetsen is in eerste instantie gekeken naar de toename van de catastrofale faalfrequentie van risicovolle installaties behorende tot de inrichting. Indien deze toename een bepaalde richtwaarde niet overschrijdt is plaatsing van de windturbine, uit het oogpunt van risicobedoordeling, toelaatbaar. Op grond van het Handreiking Risicozonering Windturbines wordt een richtwaarde of toetsingswaarde van 10% gehanteerd.

Paragraaf 0 bevat de vergelijking van de trefkans van de windturbines met de intrinsieke faalkans van de installaties. Uit deze vergelijkingen volgt dat bij 2 installaties een overschrijding plaatsvindt van meer dan 10%.

Hierbij gaat het om de twee opslagvoorzieningen biogas. Hoewel bij de biogasopslagen de risicoverhoging boven de 10% is, is er geen aanleiding om de risicocontouren te berekenen. Dit, omdat de huidige milieuvergunning van de RWZI geen informatie biedt over de externe veiligheidsrisico (Plaatsgebonden Risico) behorende bij de biogasinstallatie (opslag). Tevens is de RWZI geen BEVI of BRZO inrichting en bevat de huidige milieuvergunning geen QRA of veiligheidsrapportage waardoor er geen informatie is over het PR. Op basis van bovenstaande gaan we er vanuit dat bij de aanwezige biogasinstallaties veiligheidsafstanden van toepassing zijn. De veiligheidsafstand van een biogasinstallatie is 50 meter

(in normale omstandigheden en met een H₂S gehalte van minder dan 1%). Binnen de veiligheidsafstand bevindt zich geen (beperkt) kwetsbare objecten. Naast de veiligheidsafstanden is er ook gekeken worden naar de effectafstand van biogasopslag. De effectafstand van een biogasinstallatie is afhankelijk van de druk en varieert tussen de 50m en 115m (Effect- en risicoafstanden bij de opslag van biogas, Centrum Externe Veiligheid). Binnen de bij ons bekende range voor veiligheids- en effectafstanden voor biogasinstallaties bevinden zich geen kwetsbare objecten. Het dichtstbijzijnde relevante object is gelegen op 172m. Hierbij geldt dat oprichting van het windpark geen effect heeft op de effectafstand, en dat de PR 10 min 6 contour in geen geval buiten de effectafstand is gelegen. Gelet op de wettelijke grondslag en de situatie ter plaatse van de RWZI is er daarom geen aanleiding om de risicocontouren te berekenen.

Tevens bevindt zich een gasontvangststation binnen de werpafstand bij overtoeren. De trefkans van het gasontvangststation door de windturbines is $1,74 \cdot 10^{-08}$ per jaar. Dit is ver onder de toegestane waarde van Gasunie. Hiermee vormt het gasontvangststation geen belemmering voor de windturbines.

5.3 Buisleidingen

Op basis van de berekeningen uit paragraaf 4.3.2. blijkt dat de beoogde windturbines resulteren in een faalkansverhoging van de 2 buisleidingen. De faalkansverhoging voor de Gasunie-leiding is boven de 10%. Hiermee wordt er niet voldaan aan de richtwaarde van een maximale faalkansverhoging van 10% en is er vervolgonderzoek nodig.

Uit de QRA¹⁴ is naar voren gekomen dat ondanks de risicoverhoging wordt voldaan aan de criteria in het Besluit externe veiligheid buisleidingen. Tevens resulteert de faalkansverhoging bij de leidingen niet in een scenario waarbij 10 of meer slachtoffers vallen. Hierdoor is conform de definitie van het groepsrisico zoals gesteld in het Besluit formeel geen sprake van een groepsrisico.

Voor de Amsterdam-Schiphol leiding ligt de faalkansverhoging boven de richtwaarde van 10%. Doordat de faalkansverhoging hoger is dan 10% heeft vervolgonderzoek plaatsgevonden naar de Amsterdam-Schiphol leiding en is een QRA uitgevoerd. Uit de QRA is naar voren gekomen dat ondanks de risicoverhoging wordt voldaan aan de criteria in het Besluit externe veiligheid buisleidingen. Tevens resulteert de faalkansverhoging bij de leidingen niet in een scenario waarbij 10 of meer slachtoffers vallen. Hierdoor is conform de definitie van het groepsrisico zoals gesteld in het Besluit formeel geen sprake is van een groepsrisico.

Doordat er voor beide buisleidingen wordt voldaan aan de eisen zoals gesteld in het Besluit externe veiligheid buisleidingen vormt de risicoverhoging van de buisleidingen door de windturbines geen belemmering.

¹⁴ DNVGL, 2020-05-29, Kwantitatieve Risicoanalyse Buisleidingen nabij Windpark Westpoortweg, Rapport Nr. 10205423-rev. 2

5.4 Spoorwegen

De spoorweg bevindt zich buiten een afstand van wieklengte + 7,85 meter. Hiermee wordt er voldaan aan de adviesafstand van ProRail.

De spoorweg bevindt zich wel binnen de invloedssfeer van de windturbines. Doordat de spoorweg behoort tot het basisnet is de trefkans berekend. Voor het basisnet geldt dat de hoogste trefkans voor een spoorketelwagen $5,26 \cdot 10^{-10}$ per passage is. Echter zijn er 4 windturbines waardoor de trefkans per passage als volgt is: $2,10 \cdot 10^{-09}$ per passage. Dit leidt tot een faalkans per km van: $1,14 \cdot 10^{-09}$ per vervoerskilometer.

Vergelijkend met de faalkans van een tankwagen ($2,77 \cdot 10^{-08}$ per kilometer per tankwagen¹⁵) hebben de beoogde windturbines een faalkansverhoging van 4,12% tot gevolg. Dit is een verwaarloosbaar kleine verhoging waardoor de veiligheid ter plaatse in stand blijft.

Tevens is de trefkans berekend voor een stilstaande trein/wagon op het emplacement per activiteit. De trefkans is als volgt:

Tabel 12

Trefkans per activiteit emplacement

Activiteit	Totale trefkans
Splitsen	$1,17 \cdot 10^{-09}$
Locwisselen	$3,24 \cdot 10^{-10}$

De berekende trefkans moet nog worden vergeleken met de intrinsieke faalkans. Hiertoe zijn, op basis van bij ons bekende gegevens van een ander emplacement, basisfaalfrequenties bepaald. Voor locwisselen resulteert dit in een basisfaalfrequentie van $1 \cdot 10^{-06}$ per locwissel en voor het samenstellen van een trein d.m.v. omhalen en splitsen resulteert dit in een basisfaalfrequentie van $2,12 \cdot 10^{-05}$ per trein.

Het vergelijken van bovenstaande intrinsieke faalkansen met de trefkans leidt tot de volgende faalkansverhogingen:

Locwissel:	0,03%
Splitsen:	0,01%

De berekende faalkansverhoging is ver onder de toetsingswaarde van 10%. Dit betekent dat de risico's van de windturbines, gelet op de afstand tot het emplacement, niet leiden tot een toename van de initiële faalkans met meer dan 10%.

¹⁵ Handleiding Risicoanalyse Transport, Datum 11 januari 2017 Versie 1.2

5.5 Infrastructuur

Voor de beoogde opstelling geldt dat er overdraai plaatsvindt over een openbare weg. Hiermee wordt er *niet* voldaan aan de beleidsregel “*Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over rijkswaterstaatwerken*”. Voor de opstelling is de trefkans berekend en deze is:

$3,77 \cdot 10^{-12}$ per passage

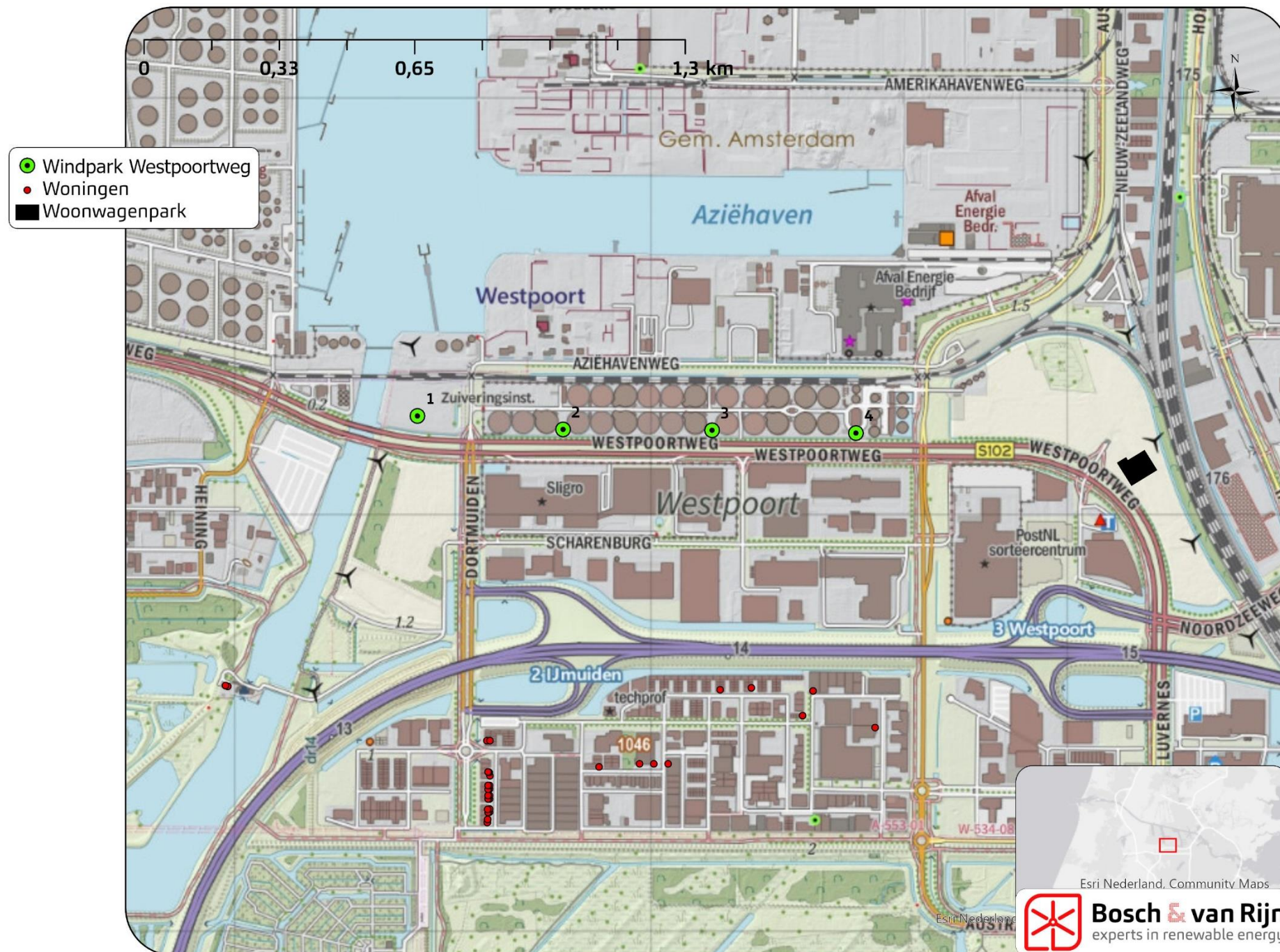
Bij de beoogde windturbines wordt aan het IPR voldaan zolang één passant niet meer dan 265.111 keer per jaar de turbines passeert. Dit komt overeen met 726 passages per dag, gedurende een heel jaar, door een en dezelfde persoon. Tevens wordt er aan het MR ($2 \cdot 10^{-3}$) voldaan zolang niet meer dan 530.222.694 passanten per jaar de windturbines passeren. Gelet op de aard van de weg is het niet realistisch dat het IPR en MR wordt overschreden.

Hoofdstuk 6 Bijlagen

Bijlage A Windturbineopstelling

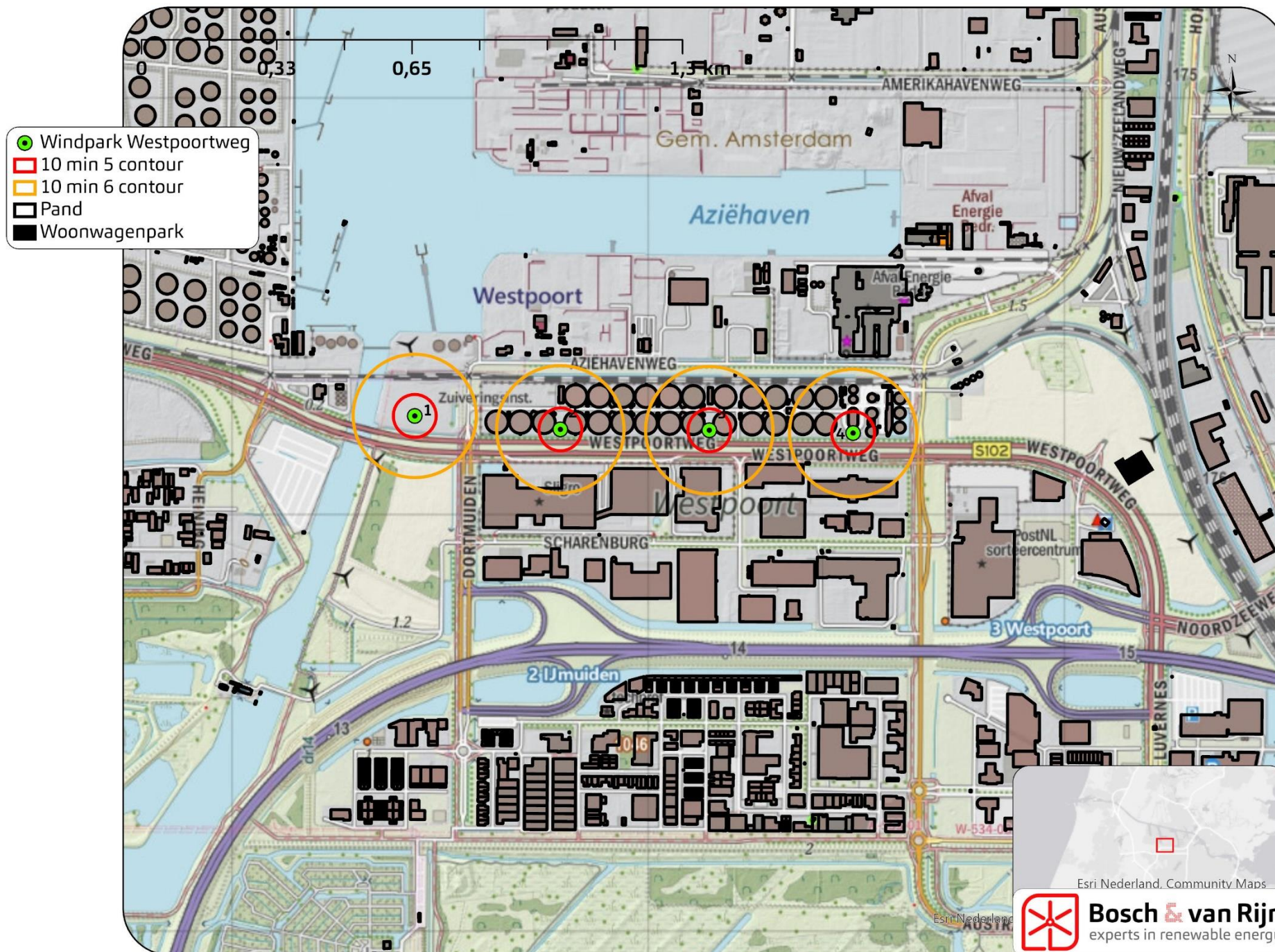
In onderstaande figuur wordt de onderzochte opstelling weergegeven.



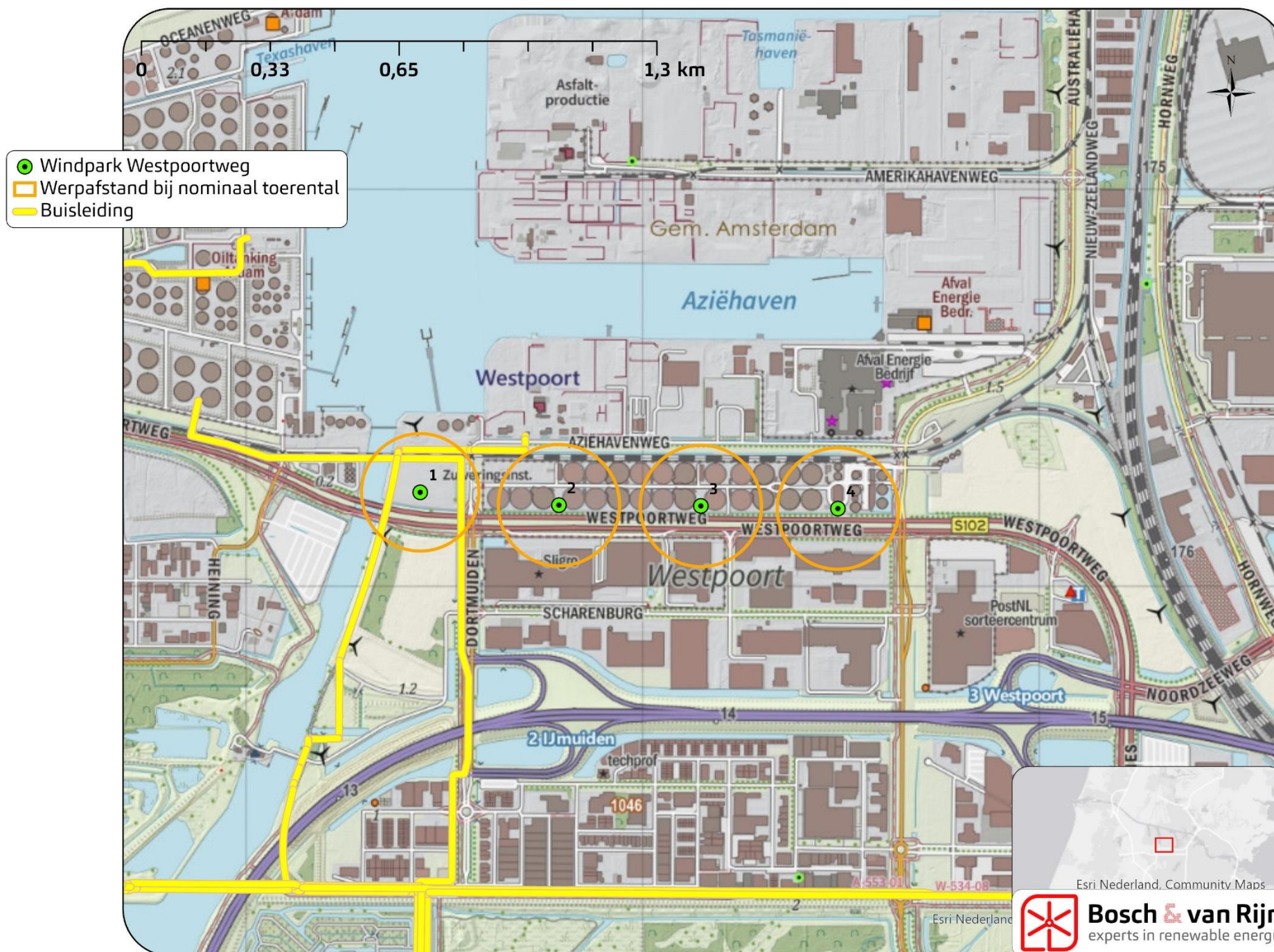


Bijlage B Risicocontouren en werpafstanden













Bijlage C Berekening werpafstand

2.1 Ballistisch model zonder luchtkrachten

2.1.1 Bewegingsvergelijking

Dit model is in principe het klassieke kogelbaanmodel, waarbij de luchtkrachten op het blad worden verwaarloosd. De relevante parameters voor dit ballistisch model zijn:

H : hoogte rotoras [m]

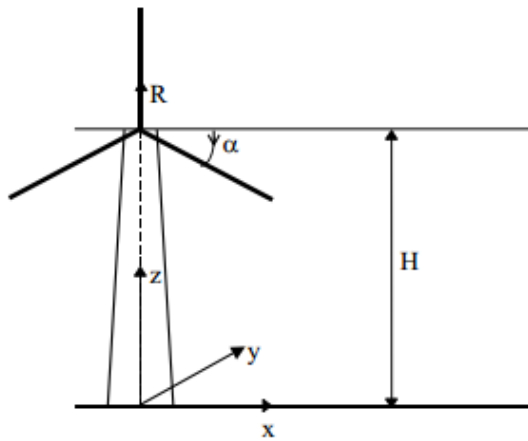
Ω : toerental van de rotor [rad/s]

R_z : afstand tot het rotor centrum van het zwaartepunt van wegvliegende deel [m]

α : azimuthhoek [rad]

g : valversnelling ($= 9,81 \text{ m/s}^2$).

Het gehanteerde assenstelsel en de draairichting wordt aangegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Overzicht parameters in ballistisch model

De bewegingsvergelijking voor het zwaartepunt is nu

$$\ddot{x}(t) = 0, \quad \ddot{y}(t) = 0, \quad \ddot{z}(t) = -g \quad (2.1.1)$$

Met de beginvoorwaarden

$$\begin{aligned} x(0) &= R_z \cos \alpha, & y(0) &= 0, & z(0) &= H - R_z \sin \alpha, \\ \dot{x}(0) &= -\Omega R_z \sin \alpha, & \dot{y}(0) &= 0, & \dot{z}(0) &= -\Omega R_z \cos \alpha, \end{aligned} \quad (2.1.2)$$

is de positie van een wegvliegende deel op tijdstip t is gegeven door:

$$\begin{aligned} x(t) &= R_z \cos \alpha - \Omega R_z t \sin \alpha \\ y(t) &= 0 \\ z(t) &= H - R_z \sin \alpha - \Omega R_z t \cos \alpha - \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \quad (2.1.3)$$

Het tijdstip waarop het zwaartepunt de grond raakt volgt uit $z(t_i) = 0$ en wordt gegeven door

$$t_i = -\frac{\Omega R_z \cos \alpha}{g} + \sqrt{\frac{2}{g} \left(H - R_z \sin \alpha + \frac{\Omega^2 R_z^2 \cos^2 \alpha}{2g} \right)} \quad (2.1.4)$$

Substitutie van (2.1.4) in (2.1.3) geeft voor een bepaald toerental de afgelegde afstand, r , als functie van de azimuthhoek ten tijde van bladbreuk, ofwel

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = x = h(\alpha; \Omega) \quad (2.1.5)$$

2.1.2 Verdelingsfuncties

De kansverdelingsfunctie f_{ZWPT} geeft de kans per m^2 dat het zwaartepunt op een bepaalde plek terecht komt gegeven bladbreuk. Bij het onderhavige model worden de luchtkrachten niet meegenomen, zodat alleen het toerental en de azimuthhoek als stochastische grootheden overblijven. Tevens geldt dat f_{ZWPT} alleen afhankelijk is van de afstand tot de windturbine. De kans dat het zwaartepunt van het blad in een cirkelschijf met breedte dr op een afstand r van de turbine terecht komt, is gegeven door

$$\begin{aligned} f_R(r; \Omega) dr &= P\{r < R < r + dr\} \\ &= P\{h^{-1}(r; \Omega) < \alpha < h^{-1}(r + dr; \Omega)\} \\ &= F_A(h^{-1}(r + dr; \Omega)) - F_A(h^{-1}(r; \Omega)) \end{aligned} \quad (2.1.6)$$

waarbij F_A de cumulatieve verdelingsfunctie is van de azimuthhoek waarbij bladbreuk optreedt. Met de aanname dat de azimuthhoek waarbij het blad afbreekt uniform is verdeeld, ofwel

$$f_A(r) = \frac{d}{d\alpha} F_A(\alpha) = \frac{1}{2\pi}, \quad 0 \leq \alpha < 2\pi \quad (2.1.7)$$

geldt nu

$$f_R(r; \Omega) = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dr} h^{-1}(r; \Omega) \quad (2.1.8)$$

Opm: Om de gevolge aanpak te demonstreren is bij bovenstaande afleiding verondersteld dat de functie $h(\alpha; \Omega)$ inverteerbaar is. In het geval van bladbreuk zal dit niet zo zijn, want in het algemeen zal het zwaartepunt vanuit twee verschillende azimuthhoeken op een bepaalde plek terecht kunnen komen, via de hoge baan of via de lage baan. Bij de numerieke uitwerking zal hiermee rekening moeten worden gehouden.

De kansverdelingsfunctie van de positie waar het zwaartepunt van het blad zal inslaan is nu

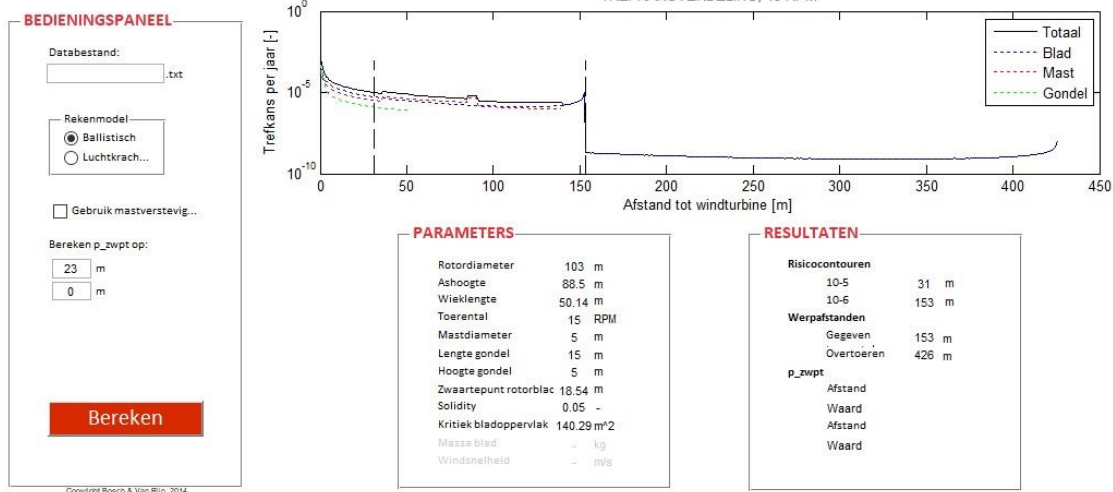
$$f_{ZWPT}(x, y; \Omega) = f_{ZWPT}(r; \Omega) = \frac{1}{2\pi r} f_R(r; \Omega) \quad (2.1.9)$$

Bijlage D Werpafstand Windturbinetype

Werpafstand windturbines 2 tot en met 4

BladeThro

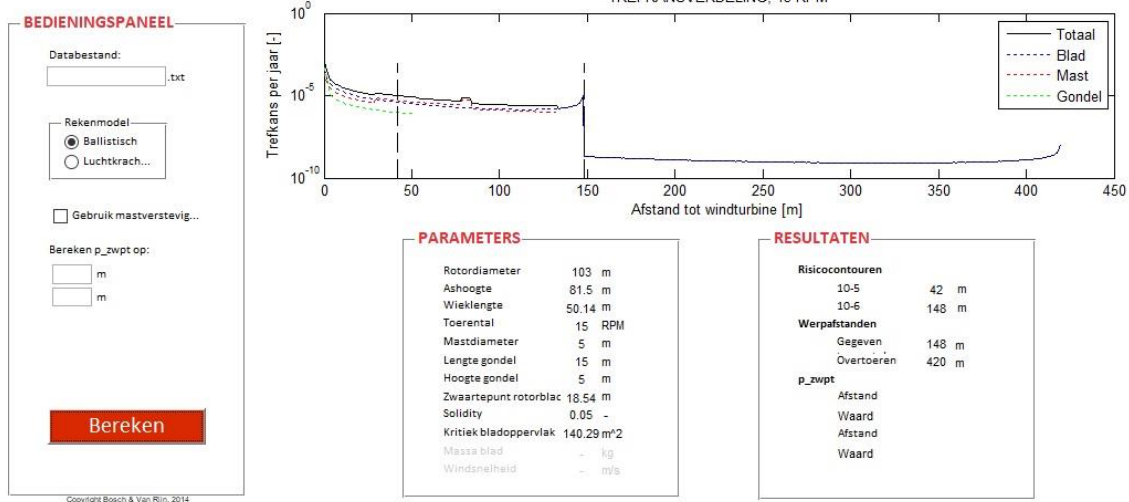
Rekenmodel voor externe veiligheid van windturbines volgens het Handboek Risicozonering



Werpafstand windturbine 1

BladeThro

Rekenmodel voor externe veiligheid van windturbines volgens het Handboek Risicozonering



Bijlage E Gegevens Buisleiding

Gasunie Leiding

Gegevens Buisleiding

Diepte leiding
SMYS
P
D
t
stoelaatbaar
E

Waarde	Eenheid	Uitleg
1,77	m	diepte van de leiding
241000000	Pa	De gespecificeerde minimum vloeigrens
4000000	Pa	De interne gasdruk in de pijpleiding
114,3	mm	De diameter van de pijpleiding
4,37	mm	wanddikte van de pijpleiding
188688787,2	Pa	toelaatbare extra stress door de schokgolf
2,41E+11	Pa	Elasticiteit

Amsterdam-Schiphol leiding

Gegevens Buisleiding

Diepte leiding
SMYS
P
D
t
stoelaatbaar
E

Waarde	Eenheid	Uitleg
1,2	m	diepte van de leiding
415000000	Pa	De gespecificeerde minimum vloeigrens
4000000	Pa	De interne gasdruk in de pijpleiding
406,4	mm	De diameter van de pijpleiding
6,35	mm	wanddikte van de pijpleiding
287000000	Pa	toelaatbare extra stress door de schokgolf
2,41E+11	Pa	Elasticiteit

Bijlage F (beperkt) Kwetsbare objecten

Kwetsbare objecten

- a) woningen, woonschepen en woonwagens, niet zijnde woningen, woonschepen of woonwagens als bedoeld in onderdeel b, onder a;
- b) gebouwen bestemd voor het verblijf, al dan niet gedurende een gedeelte van de dag, van minderjarigen, ouderen, zieken of gehandicapten, zoals:
 - 1. ziekenhuizen, bejaardenhuizen en verpleeghuizen;
 - 2. scholen, of
 - 3. gebouwen of gedeelten daarvan, bestemd voor dagopvang van minderjarigen;
- c) gebouwen waarin doorgaans grote aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zijn, waartoe in ieder geval behoren:
 - 1. kantoorgebouwen en hotels met een bruto vloeroppervlak van meer dan 1500 m² per object, of
 - 2. complexen waarin meer dan 5 winkels zijn gevestigd en waarvan het gezamenlijk bruto vloeroppervlak meer dan 1000 m² bedraagt en winkels met een totaal bruto vloeroppervlak van meer dan 2000 m² per winkel, voorzover in die complexen of in die winkels een supermarkt, hypermarkt of warenhuis is gevestigd, en
- d) kampeer- en andere recreatieterreinen bestemd voor het verblijf van meer dan 50 personen gedurende meerdere aaneengesloten dagen;

Beperkt kwetsbare objecten

- a) 1°.verspreid liggende woningen, woonschepen en woonwagens van derden met een dichtheid van maximaal twee woningen, woonschepen of woonwagens per hectare, en
2°.dienst- en bedrijfswoningen van derden;
- b) kantoorgebouwen, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- c) hotels en restaurants, voorzover zij niet kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- d) winkels, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- e) sporthallen, sportterreinen, zwembaden en speeltuinen;
- f) kampeerterrainen en andere terreinen bestemd voor recreatieve doeleinden, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder d, vallen;
- g) bedrijfsgebouwen, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- h) objecten die met de onder a tot en met e en g genoemde gelijkgesteld kunnen worden uit hoofde van de gemiddelde tijd per dag gedurende welke personen daar verblijven, het aantal personen dat daarin doorgaans aanwezig is en de mogelijkheden voor zelfredzaamheid bij een ongeval, voorzover die objecten geen kwetsbare objecten zijn, en;
- i) objecten met een hoge infrastructurele waarde, zoals een telefoon- of elektriciteitscentrale of een gebouw met vluchtleiding apparatuur, voorzover die objecten wegens de aard van de gevaarlijke stoffen die bij een ongeval kunnen vrijkomen, bescherming verdienen tegen de gevolgen van dat ongeval;



Bosch & van Rijn
experts in renewable energy

Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht
www.boschenvanrijn.nl

