



714123
22 juni 2016

ANALYSE EV

WINDPARK HARINGVLIET GO

Nuon en Eneco

Definitief v4



Duurzame oplossingen in
energie, klimaat en milieu

Postbus 579
7550 AN Hengelo
Telefoon (074) 248 99 40

Documenttitel	Analyse EV Windpark Haringvliet GO
Soort document	Definitief v4
Datum	22 juni 2016
Projectnummer	714123
Opdrachtgever	Nuon en Eneco
Auteur	B. Vogelaar, Pondera Consult
Vrijgave	M. de Sain, Pondera Consult

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	1
1.1	Locatie initiatief	1
1.2	Eigenschappen windturbine	3
1.3	Bepaling identificatieafstand	4
1.4	Geïdentificeerde objecten en infrastructuren	5
1.5	Effectafstanden met betrekking tot veiligheid	6
2	Bebouwing en woningen	7
2.1	Toekomstige bebouwing	8
3	Wegen	9
3.1	Lokale wegen	9
3.2	Vaarwegen	9
4	Hoogspanningsnetwerk	10
4.1	Inleiding	10
4.2	Berekeningen	11
4.3	Scenario bladworp bij nominaal toerental	11
4.4	Scenario Gondel / rotor vallen	13
4.5	Scenario Mastvallen	14
4.6	Cumulatief risico drie scenario's	15
4.7	Risico overige windturbines	15
4.8	Reactie TenneT / Joulz	16
5	Risicovolle inrichtingen	1
6	Waterkeringen	2
6.1	Primaire waterkering	2
6.2	Secundaire (regionale) waterkering	5
7	Voorkeursalternatief	12
7.1	Bebouwing en woningen	12
7.2	Wegen	12
7.3	Hoogspanningsnetwerk	12
7.4	Risicovolle inrichtingen	12
7.5	Waterkeringen	12

1 INLEIDING

In opdracht van Nuon en Eneco is een scan uitgevoerd van de effecten met betrekking tot externe veiligheid die kunnen ontstaan door plaatsing van windturbines langs de dijk langs het Harinvliet in twee lijnen gelegen tussen de plaatsen Middelharnis en Stad aan 't Haringvliet in Goeree Overflakkee. De noordelijke lijn is gelegen langs de waterkering en zal bestaan uit 8 tot 10 windturbines. De zuidelijke lijn bestaat uit 5 tot 6 windturbines. Er zijn momenteel twee windparken gelegen langs de dijk genaamd: "Windpark van Pallandt en Windpark Martina Cornelia". In deze analyse wordt er van uitgegaan dat beide windparken worden vervangen met uitzondering van de situatie in opstelling A1V1 waarbij Windpark Martina Cornelia blijft staan.

Deze analyse is bedoeld om inzicht te verlenen in de mogelijke optredende veiligheidsrisico's voor de omgeving en om informatie te verschaffen over de hoogte van mogelijke effecten. Met behulp van een referentie windturbintype worden de veiligheidsrisico's voor objecten, infrastructuur en personen in de omgeving ingeschat. Het gebruikte referentie turbintype geeft een indicatie van de te verwachten effecten. Deze effecten kunnen veranderen indien uiteindelijk een ander type windturbine wordt geplaatst. De berekeningen en methodieken gebruikt in deze notitie sluiten aan bij de uitgangspunten uit het Handboek Risicozonering windturbines 2014 (v3.1). In deze rapportage wordt vanaf nu naar dit document verwezen als 'het handboek'.

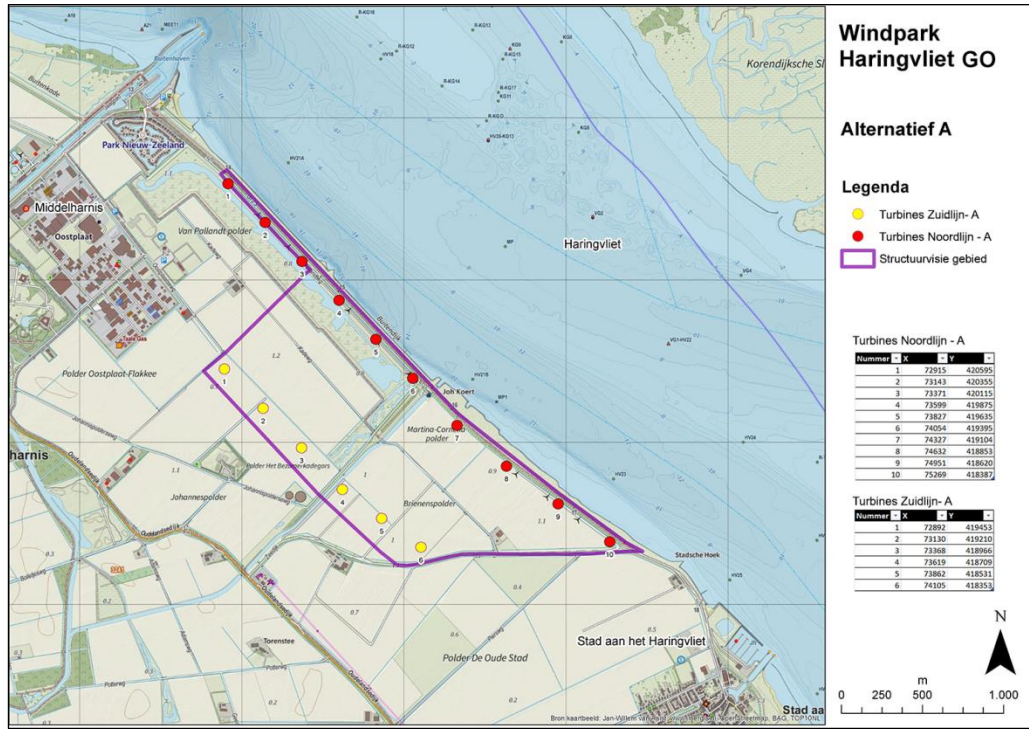
1.1 Locatie initiatief

Om de effecten te onderzoeken zijn de windturbines gepositioneerd op de volgende coördinaten van opstellingsalternatieven A1, A2, B1 en A1V1.

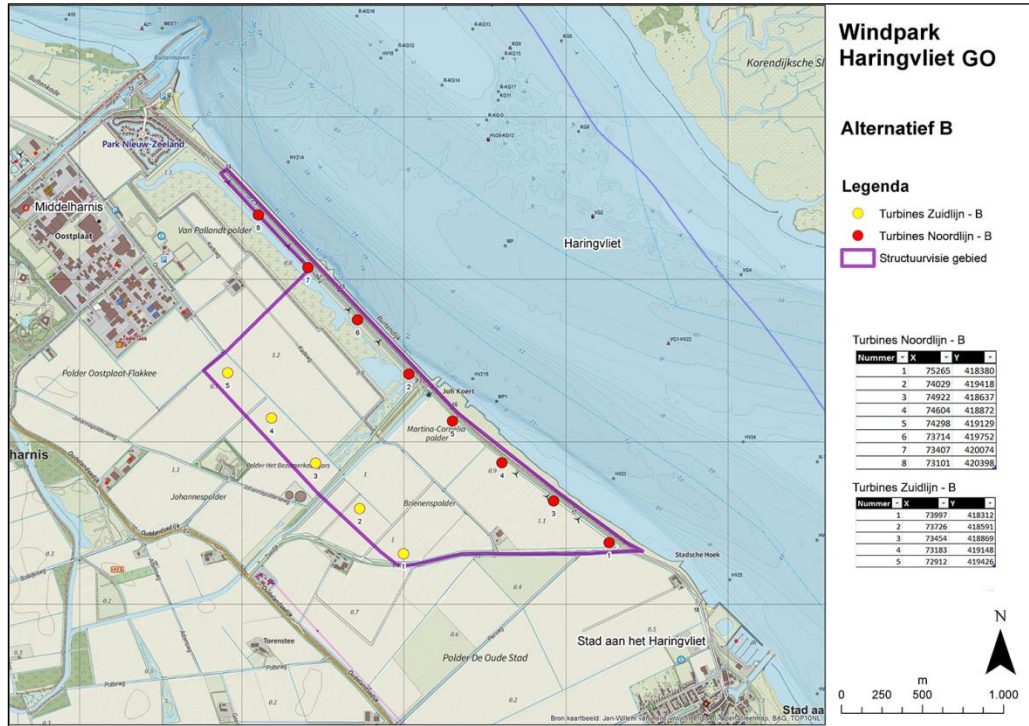
Tabel 1.1 Positie windturbines

Opstelling	Opstellingslijn	A1 en A2		B1		A1V1	
WT 01	Noord	72915	420595	75265	418380	72915	420595
WT 02	Noord	73143	420355	74029	419418	73143	420355
WT 03	Noord	73371	420115	74922	418637	73371	420115
WT 04	Noord	73599	419875	74604	418872	73599	419875
WT 05	Noord	73827	419635	74298	419129	73827	419635
WT 06	Noord	74054	419395	73714	419752	74054	419395
WT 07	Noord	74327	419104	73407	420074	74327	419104
WT 08	Noord	74632	418853	73101	420398		
WT 09	Noord	74951	418620				
WT 10	Noord	75269	418387				
WT 01	Zuid	72892	419453	73997	418312	72892	419453
WT 02	Zuid	73130	419210	73726	418591	73130	419210
WT 03	Zuid	73368	418966	73454	418869	73368	418966
WT 04	Zuid	73619	418709	73183	419148	73619	418709
WT 05	Zuid	73862	418531	72912	419426	73862	418531
WT 06	Zuid	74105	418353			74105	418353

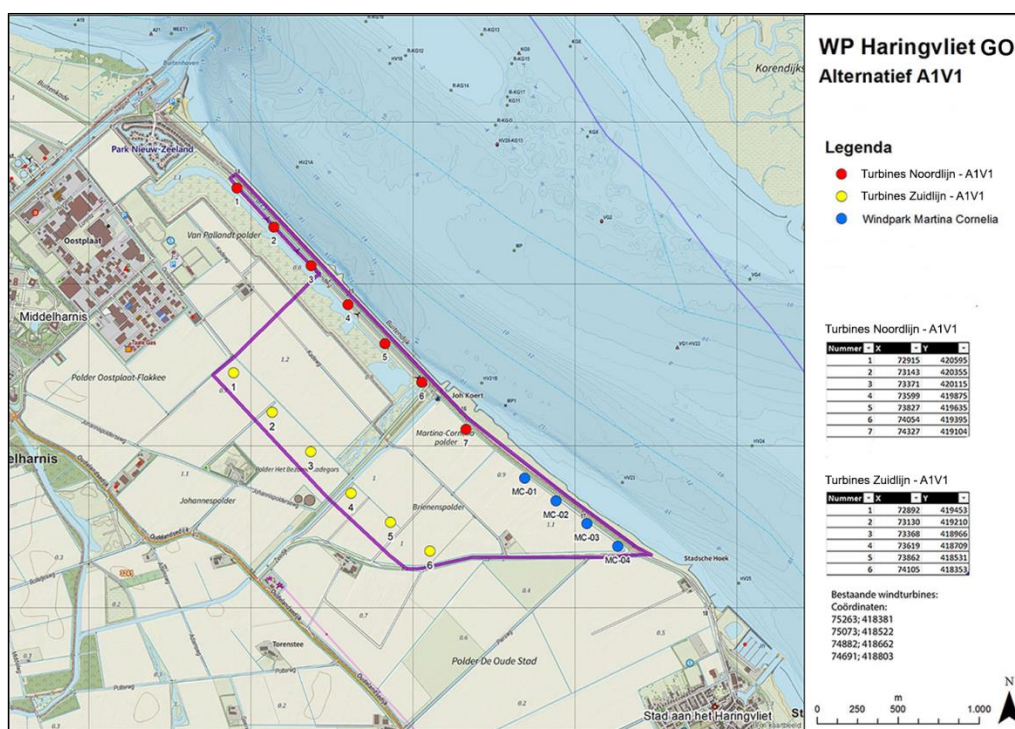
Figuur 1.1 Overzichtskaart windturbines opstelling A1 en A2



Figuur 1.2 Opstelling alternatief B



Figuur 1.3 Opstelling alternatief A1V1



1.2 Eigenschappen windturbine

De specifieke eigenschappen en afmetingen van een bepaald type windturbine beïnvloeden in sterke mate de veiligheidseffecten die een windturbine heeft op zijn omgeving. In deze scan is gebruik gemaakt van een voorbeeldwindturbine van alternatief B van het type Gamesa G132 op een ashoogte van 120 meter. Voor alternatief A1 wordt gebruik gemaakt van een Nordex N117 op 91,5 meter hoogte. In alternatief A2 wordt ook van een Nordex N117 gebruik gemaakt maar dan met een ashoogte van 120 meter. In enkele onderdelen wordt ook voor alternatief A1 / A2 een Gamesa G132 op een ashoogte van 120 meter gebruikt om de effecten worst-case te bepalen. De relevante eigenschappen van deze windturbines staan in onderstaande tabel.

Tabel 1.2 Eigenschappen referentie windturbines¹

Eigenschap	Waarde Gamesa G132	Waarde Nordex N117	Einheid
Ashoogte	120	91,5	meter
Rotordiameter	132	117	meter
Tiphoogte	186	150	meter
Operationeel toerental	n.n.b.	8,0 tot 14,1	rotaties per minuut
Nominaal toerental	11,8	12,6	rotaties per minuut

¹ Gegevens afkomstig van "Gamesa 5.0 MW Brochure details, 31 dec 2014," en "Sales document Wind turbine class K08 delta Type: N117/3000 Technical description, 18 jan 2013."

Afmetingen mast (diameter)	3,75 tot 8,5	ca. 6m	meter
Afmetingen nacelle	n.n.b.	n.n.b.	meter
Afmetingen rotorblad	n.n.b. x 64,5	x 57,3	meter
Gewicht mast*	890 (beton) + 78 (staal)	n.n.b.	ton
Gewicht nacelle	174	n.n.b.	ton
Gewicht rotorhub incl rotor	93,3	n.n.b.	ton
Gewicht rotorblad	16	10,6	ton
Zwaartepunt blad**	21,5	19,5	meter
Remsystemen	n.n.b.	For each individual rotor blade, the pitch system comprises an electromagnetic drive with 3-phase motor, planetary gear and drive pinion, as well as a control unit with frequency converter and emergency power supply. And a mechanical brake	

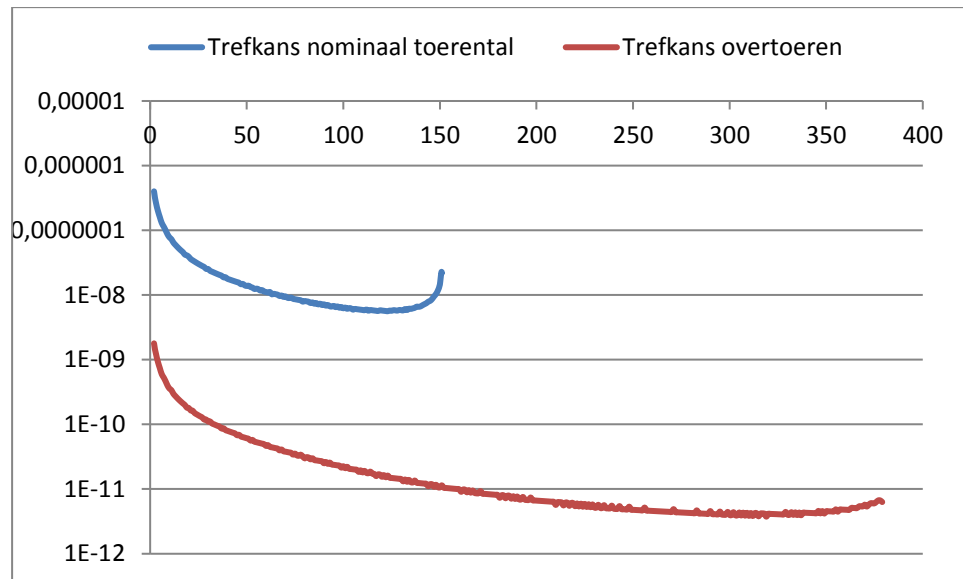
* De mast is hybride, uitgevoerd in beton en staal.

** Bepaald op 1/3^e van de bladlengte

1.3 Bepaling identificatieafstand

De identificatieafstand wordt gebruikt om alle relevante objecten en infrastructuren in de omgeving in kaart te brengen. Conform het handboek is de maximale effectzone van een windturbine gelijk aan de werpafstand bij 2x nominaal toerental. Met behulp van het kogelbaanmodel zonder luchtkrachten en de berekeningen uit het handboek – bijlage C is de maximale werpafstand bij 2x nominaal toerental berekend. De trefkans van een vierkante meter door het zwaartepunt van het blad is weergegeven in onderstaand figuur.

Figuur 1.4 Grafiek van trefkans bladworp bij bepaalde werpafstand voor de Gamesa G132 op 120 meter ashoogte



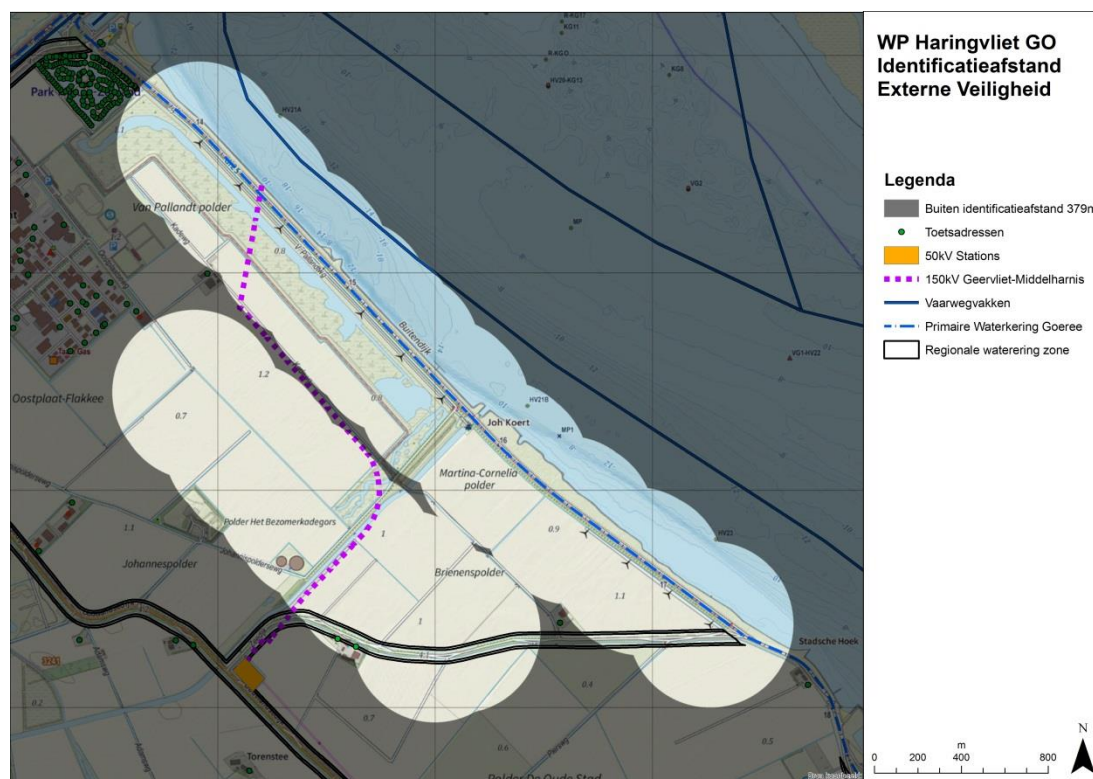
De werpafstand bij nominaal toerental bedraagt 151 meter, de werpafstand bij 2x nominaal toerental bedraagt 379 meter. De identificatieafstand bedraagt 379 meter. De identificatieafstand van de Nordex N117 op 91,5 meter (120 meter) ashoogte is kleiner en leidt tot identificatie van minder objecten en deze situatie is zodoende niet maatgevend.

1.4 Geïdentificeerde objecten en infrastructuren

De volgende objecten en/of infrastructuren van belang zijn geïdentificeerd binnen de identificatieafstand:

- Enkele lokale wegen
- Enkele gebouwen aan de Zeedijk 55 en 61
- Mestopslag aan de Johannispolderseweg
- Milieustraat / afvalverwerking aan de Johannispolderseweg
- Terrein van L. en J. de Winter aan de Oostplaatseweg 4 met een bovengrondse propaantank van 3 m³.
- Primaire waterkering
- Regionale waterkering
- Ondergrondse 150 kV hoogspanningskabel
- Watergemaal Joh Koert

Figuur 1.5 Overzichtskaart gecombineerde identificatieafstand en geïdentificeerde objecten voor opstellingen A1, A2, B1 en A1V1.



1.5 Effectafstanden met betrekking tot veiligheid

Een windturbine kan op meerdere manieren voor een veiligheidsrisico zorgen in zijn omgeving. Conform het handboek zijn er vijf scenario's die kunnen optreden. Elk scenario heeft een eigen maximale effectafstand. De vijf scenario's, hun effectafstanden en hun kans van optreden zijn:

- Bladworp bij nominaal toerental G132 = 151 meter (N117 = 131 meter)
 - Kans van optreden van $8,4 \times 10^{-4}$ per jaar.
- Bladworp bij overtoeren (2x nominaal toerental) G132 = 379 meter (N117 = 337 meter)
 - Kans van optreden van $5,0 \times 10^{-6}$ per jaar
- Mastfalen (zonder of met rotor) G132 = 120 en 186 meter (N117 = 91,5 en 150 meter)
 - Kans van optreden van $1,3 \times 10^{-4}$ per jaar
- Naar beneden vallen van gondel en/of rotor G132 = 66 meter (N117 = 58,5 meter)
 - Kans van optreden van 4×10^{-5} per jaar
- Naar beneden vallen van kleine onderdelen en/of ijsafworp = Wordt kwalitatief beschouwd binnen de zone van de rotordiameter (66 en 58,5 meter)

In de volgende hoofdstukken worden de effecten op de verschillende objecten beschouwd.

2 BEBOUWING EN WONINGEN

De maximale effecten op bebouwing en woningen zijn vastgelegd in het activiteitenbesluit. Hierin staat beschreven dat voor beperkt kwetsbare objecten het activiteitenbesluit een grenswaarde van Plaatsgebonden Risico (PR) is maximaal 10^{-5} per jaar hanteert. Het maximale PR voor kwetsbare objecten is 10^{-6} per jaar. Op basis van generieke gegevens kunnen de volgende afstandseisen worden gehanteerd. Indien aan deze afstanden wordt voldaan dan zal er zeker geen hoger PR optreden dan 10^{-5} en respectievelijk 10^{-6} . De definitie van kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten is beschreven in het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen.

Kwetsbare objecten zijn bijvoorbeeld: Woningen, ziekenhuizen, scholen en kantoorgebouwen groter dan 1500 m². Beperkt kwetsbare objecten zijn bijvoorbeeld: restaurants, hotel, winkels en kleinere kantoorgebouwen.

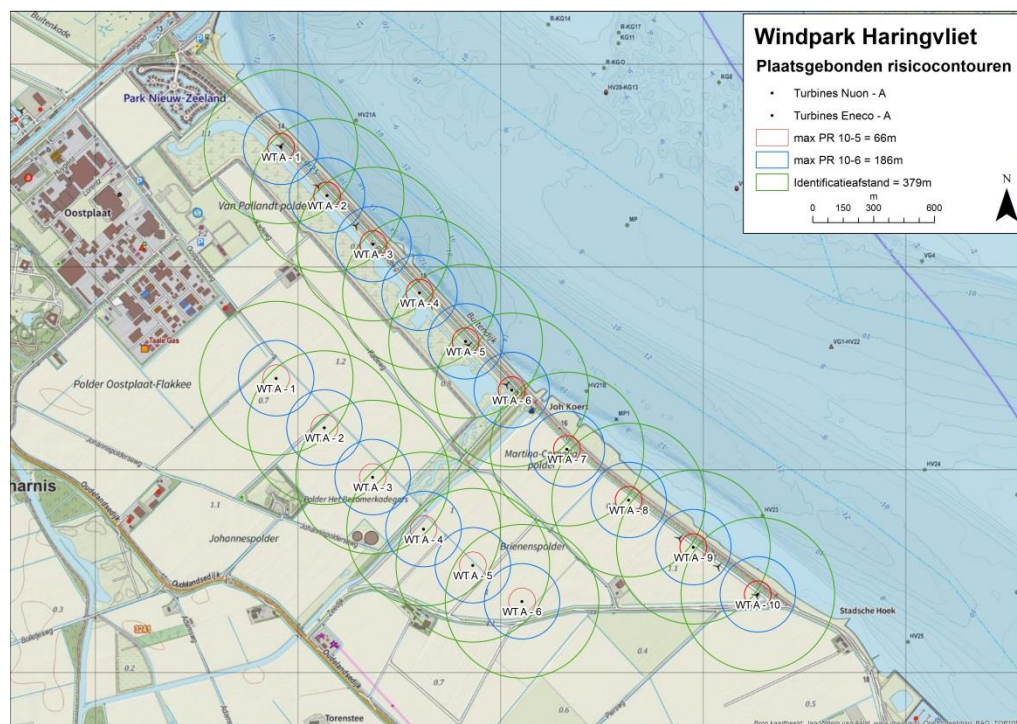
Voor de bepaling van kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten staat de kans op langdurige aanwezigheid van een grote hoeveelheid personen centraal. Enkel gebouwen van derden kunnen als beperkt kwetsbaar of kwetsbare objecten worden gedefinieerd.

Bedrijfswoningen en/of dienstwoningen zijn volgens het BEVI (Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen), waar het handboek qua definities op aanhaakt, niet beschermd als kwetsbare objecten (zie art 1.1b lid 2).

Volgens het handboek wordt de maximale afstand van de PR = 10^{-5} contour begrenst op een afstand van een halve rotordiameter. Er zijn geen beperkt kwetsbare objecten van derden aanwezig binnen de PR = 10^{-5} contour (rode lijn, zie onderstaand Figuur 2.1). Tevens zijn er geen kwetsbare objecten van derden aanwezig binnen de PR 10^{-6} contour (blauwe lijn in Figuur 2.1).

De gebouwen aan de Zeedijk 55 en 61, de mestopslag aan de Johannispolderseweg en de milieustraat / afvalverwerking aan de Johannispolderseweg liggen buiten de aangegeven afstanden en ondervinden hiermee geen significant risico.

Figuur 2.1 Plaatsgebonden risico contouren opstelling A1



* Ook voor opstelling B1, A2 en A1V1 zijn er geen beperkt kwetsbare objecten binnen de PR10⁻⁵ contour gelegen en tevens geen kwetsbare objecten binnen de PR10⁻⁶ contour.

2.1 Toekomstige bebouwing

Er zijn in het geldende bestemmingsplan en het toekomstige bestemmingsplan geen toekomstige bestemmingen geïdentificeerd die in hun ontwikkeling gehinderd zouden kunnen worden door plaatsing van de windturbines.

3 WEGEN

Het handboek beschrijft hoe om te gaan met de risico's op rijkswegen. Er zijn geen rijkswegen aanwezig binnen het plangebied en/of de identificatieafstand.

3.1 Lokale wegen

In het plangebied zijn enkele lokale wegen aanwezig binnen de identificatieafstand. Voor niet-rikswegen zijn geen wetten of normen vastgelegd. Gezien de zeer beperkte verkeersintensiteit van deze wegen treden er geen significante veiligheidsrisico's op. Eventuele resterende risico's kunnen door het bevoegd gezag worden ingeschat op basis van de ligging van de maximale PR10⁻⁵ en PR10⁻⁶ contouren van de windturbines waarbij rekening dient te worden gehouden met de beperkte verblijfstijd van passanten.

3.2 Vaarwegen

Voor waterwegen wordt plaatsing van windturbines toegestaan op een afstand van ten minste 50 meter uit de rand van de waterweg of de halve rotordiameter van de windturbine. Daarbinnen is plaatsing mogelijk als er een risicoanalyse is uitgevoerd en geconcludeerd kan worden dat er geen verstoring optreedt van wal- en scheepsradar². Op het Haringvliet is een vaarwegvak aanwezig. De minimale afstand tot deze vaarweg van alle opstellingsvarianten bedraagt 286 meter. Hierdoor ondervindt de vaarweg enkel een effect vanuit het scenario 'bladworp bij overtoeren'. Dit scenario heeft een zodanig lage kans van optreden dat er geen significante effecten worden verwacht op de functionaliteit van de vaarweg en op de veiligheid van schippers en personen op de vaartuigen. De vaarweg is niet opgenomen als route voor gevaarlijk transport in het Basisnet Vaarwegen versie 1.0 van april 2015³.

² Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over rijkswaterstaatswerken, 2 juli 2002

³ Basisnet Vaarwegen, geraadpleegd via <http://flamingo.bij12.nl/risicokaart-viewer/app/Risicokaart-Basisnet> op 05-10-2015.

4 HOOGSPANNINGSNETWERK

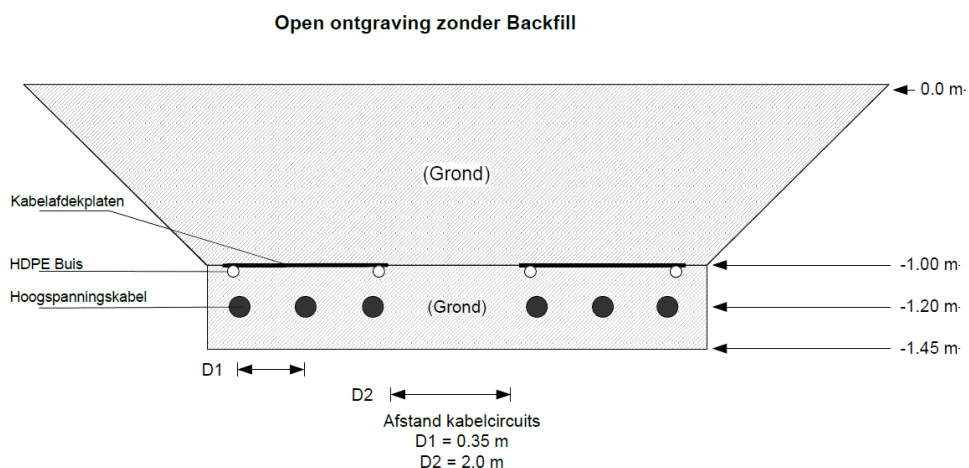
4.1 Inleiding

Binnen de identificatieafstand bevindt zich het ondergrondse tracé van een 150kV hoogspanningskabel. Door het plangebied voor Windpark Haringvliet GO loopt een ondergrondse 150kV hoogspanningskabel. Het tracé van deze kabel loopt van Geervliet naar Middelharnis. De kabel is voor gedeelten van dit traject in open ontgraving aangelegd en voor een deel door middel van een gestuurde boring onder de grond aangelegd. Van de twee onderzochte opstellingsalternatieven bevindt alternatief A zich op 26 meter vanaf het hart van de kabel en alternatief B bevindt zich op 96 meter vanaf het hart van de kabel.

4.1.1 Eigenschappen 150kV kabel

Het deel van het tracé wat gelegd is via een open ontgraving heeft een opbouw zoals weergegeven in onderstaand figuur.

Figuur 4.1 Opbouw kabelsysteem open ontgraving



Bron: Joulz, *Studie kabelsysteem 150kV, 300MVA t.b.v. Tracé over land*, Februari 2013.

De hoogspanningskabels zijn van het type XLPE en zijn in een sleuf gelegd van 2,80 meter breed van buitenste kabel tot buitenste kabel. De diepteligging is circa 1,20 meter onder maaiveld. Bij de gestuurde boringen zijn de kabels niet in plat vlak maar in een driehoek aangelegd. De diepteligging hiervan varieert per gestuurde boring.

4.1.2 Eigenschappen windturbine

Omdat het te plaatsen windturbine type nog niet bekend is wordt in deze analyse uitgegaan van een worst-case windturbine met een maximaal vermogen van 5 MW. Alternatief A bevindt zich op 26 meter vanaf het hart van de kabel en deze windturbine kan worden gezien als het worst-case effect op de kabel. Voor het cumulatieve effect van de windturbines dienen aanvullende berekeningen opgeteld te worden om zo het totale risico op het gehele tracé inzichtelijk te kunnen maken. Voor de analyse wordt er een voorbeeld windturbine gebruikt om de maximale effecten te analyseren. De voorbeeldwindturbine is gebaseerd op de voorbeeldwindturbine uit opstelling B1 een Gamesa G132 windturbine met een ashoogte van 120 meter. Het nominale

toerental van deze windturbine is 12 rotaties per minuut. De bladlengte is 64,5 meter en de rotordiameter is 132 meter. Het zwaartepunt van het blad wordt geschat op een afstand van 18% van de rotordiameter. Met deze aanpak zullen alle opstellingen een kleiner risico veroorzaken als hieronder voor de worst-case situatie berekend is.

4.1.3 Aanpak berekeningen

Om een eerste inschatting te geven van het worst-case risico wat kan optreden voor het kabelsysteem wordt gebruik gemaakt van Bijlage C – 60 van het Handboek risicozonering windturbines 2014 (v3.1) (Vanaf nu genaamd: “het handboek”). In paragraaf 8.2 *Ondergrondse hoogspanningskabels* wordt een beschrijving gegeven van hoe de trefkans bij een faalscenario van een windturbine berekend kan worden. Hierbij wordt er worst-case vanuit gegaan dat treffen van de ‘kritische afstand’ in 100% van de situaties leidt tot volledig falen van de hoogspanningsverbinding. In de praktijk hoeft dit niet het geval te zijn en aanvullende analyses kunnen meer inzicht geven in het werkelijk optredende risico’s.

4.2 Berekeningen

4.2.1 Scenario’s

Op een afstand van 26 meter kunnen de volgende scenario’s optreden.:

- Bladworp bij nominaal toerental
 - Hierbij breekt een enkel blad van een windturbine ten tijden van een maximaal operationeel toerental af en landt in de omgeving van de windturbine.
- Bladworp bij overtoeren
 - Hierbij breekt een enkel blad af wanneer de windturbine in ‘overtoeren’ is. Het optreden van overtoeren heeft echter een zodanig kleine kans van optreden dat de effecten hiervan verwaarloosbaar zijn in vergelijking met de effecten van bladworp bij nominaal toerental (<1%). De additionele effecten van dit scenario zijn dan ook niet relevant voor de beoordeling en worden voor deze afstand niet uitgerekend.
- Naar beneden vallen van de gondel en/of volledige rotor
 - Hierbij valt de gondel van de mast af en valt de volledige rotor inclusief de drie bladen naar beneden. Het zwaartepunt van de impact blijft beperkt tot een effectgebied gelijk aan een halve rotordiameter. In deze analyse wordt ervan uitgegaan dat het zwaartepunt overal binnen dit gebied een gelijke kans van treffen heeft.
- Omvallen van de mast inclusief rotor en gondel.
 - In dit scenario valt de mast aan de basis van de windturbine om en valt de gondel en rotor mee met de mast. Dit betekent dat conform de beschrijving in het handboek de gondel / rotor de klap zal opvangen. De mast zal zonder significante impact voor onderliggende kabels op maaiveld terecht komen. Het effectgebied blijft hiermee beperkt tot de rand van de cirkel van masthoogte.

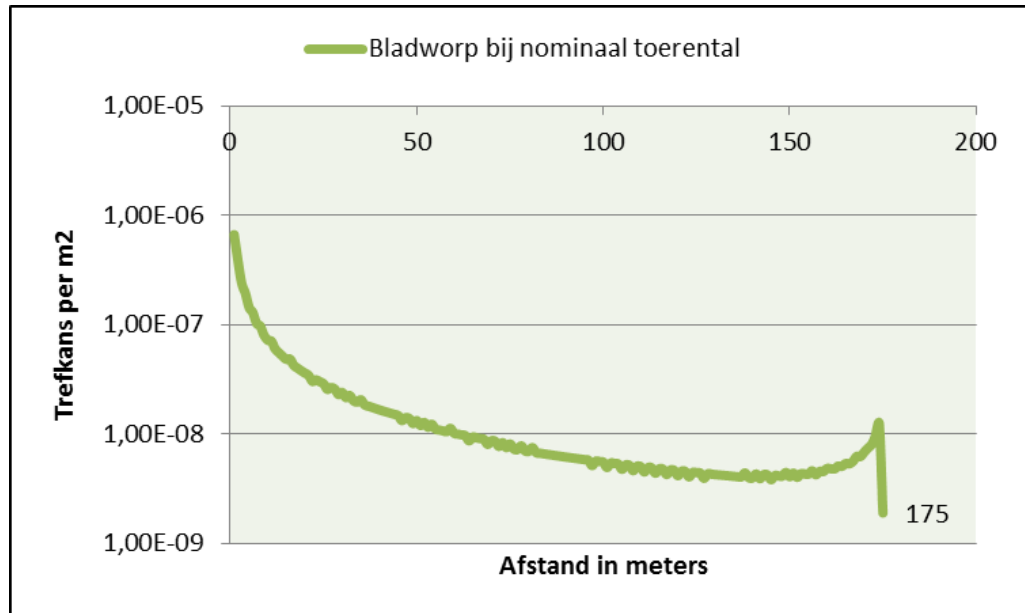
De effecten van de drie scenario’s worden in de volgende paragrafen separaat uitgerekend en uiteindelijk opgeteld.

4.3 Scenario bladworp bij nominaal toerental

Met behulp van het model ‘Ballistisch model zonder luchtkrachten’ beschreven in bijlage C-10 van het handboek risicozonering windturbines 2013 is de werpafstand van de

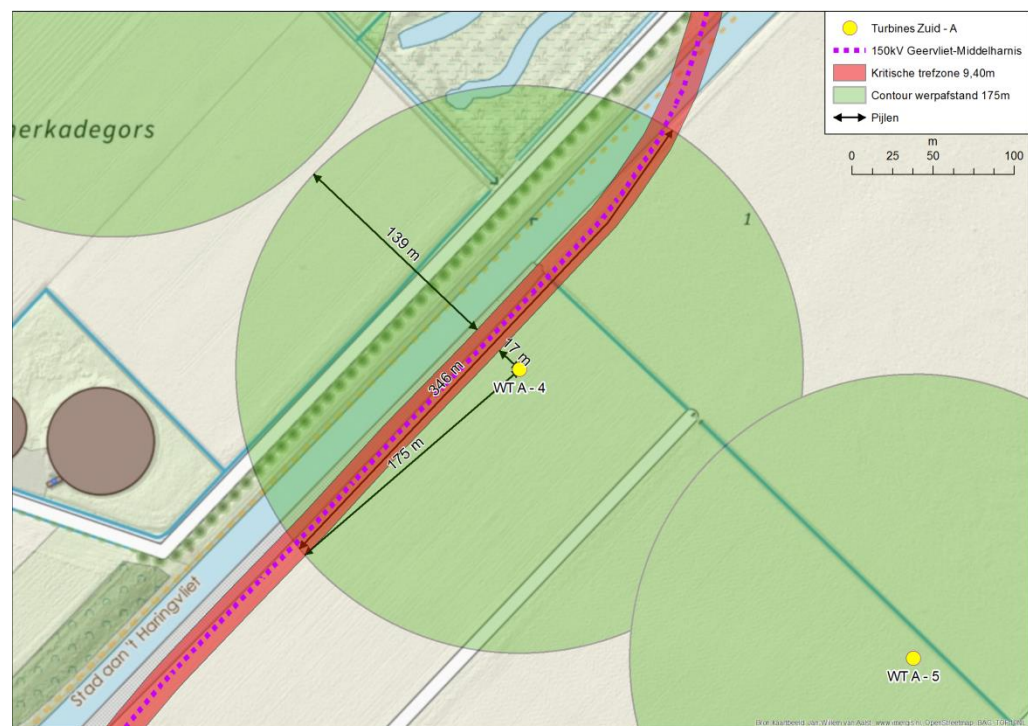
voorbeeldwindturbine uitgerekend. Deze werpafstand bij nominaal toerental is weergegeven in onderstaand figuur.

Figuur 4.2 Trefkans per m2 bij bladworp bij nominaal toerental voor een Gamesa G123, HH: 120m



Het effectgebied heeft hiermee een maximale afstand van 175 meter vanaf de windturbine. Dit betekent dat de strook 150kV kabel die geraakt kan worden 346 meter lang is. Deze strook wordt opgedeeld in stukken van 10 meter die geraakt kunnen worden. Deze stukken krijgen een gelijk aan de kritische afstand x 2 + de breedte van de kabellegging van 2,80 meter. Vervolgens wordt de raakkans van deze kritische zone uitgerekend per 10 strekkende meter kabel. Door alle 10 meter delen op te tellen kan de totale trefkans bepaald worden. De situatie is weergegeven in onderstaand figuur. De kritische afstand bij bladworp van een 5 MW windturbine is volgens Tabel 4 uit Bijlage C-62 van het handboek 8 meter. Samen met de breedte van de kabellegging (2 x 1,40 meter) beslaat de kritische zone een gebied van 9,40 meter vanaf het hart van de kabelleiding in beide richtingen. Dit betekent dat het windturbine blad voor de meest dichtbijgelegen 10 strekkende meter niet mag landen in het gebied vanaf 17 meter van de windturbinemast tot aan 36 meter. De kans dat het windturbine land binnen deze afstand gegeven de worprichting is berekend met behulp van de gegevens in Figuur 4.2 en bedraagt 10%. De kans dat het blad in deze werprichting wordt gegooid bedraagt 6,4%. De totale trefkans van dit 10 meter lange kabeldeel wordt dan $6,4\% \times 10\% \times 8,4 \times 10^{-4} = 5,4 \times 10^{-6}$ per jaar. Deze berekening wordt uitgevoerd voor elke 10 meter strekkende kabel binnen de lengte van 346 meter. De totale trefkans bij bladworp bij nominaal toerental bedraagt $5,1 \times 10^{-5}$ per jaar.

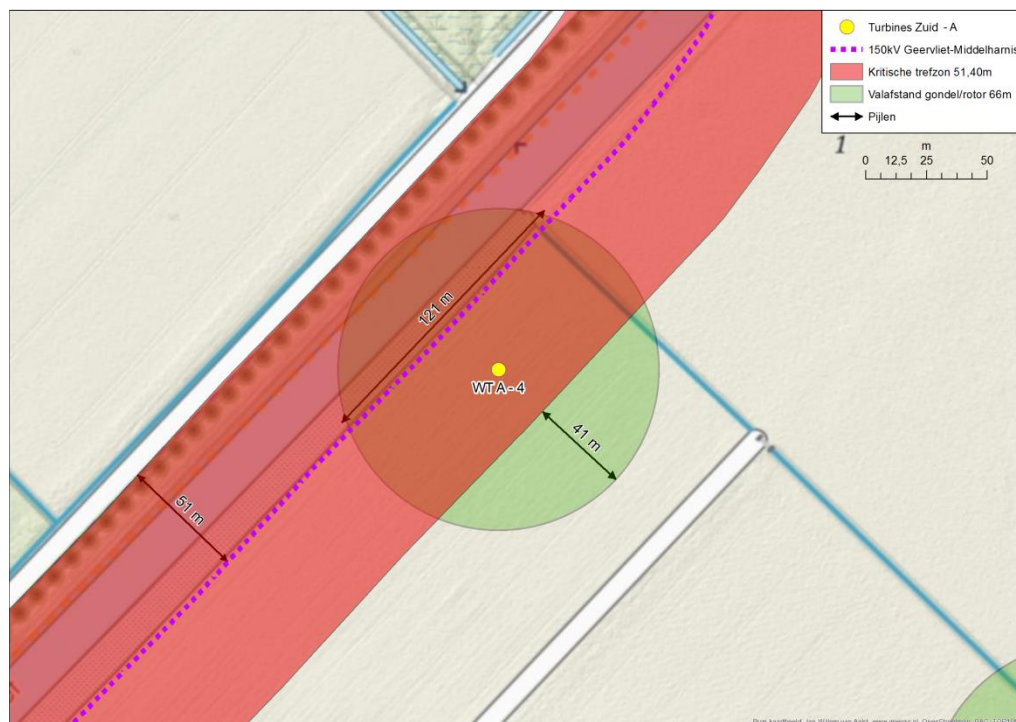
Figuur 4.3 Weergave trefzone 150kV kabel bij windturbine van de Zuidelijke lijn A – 04 bij bladworp



4.4 Scenario Gondel / rotor vallen

Het scenario gondel met rotor vallen beperkt zich tot een effectafstand van een halve rotordiameter afstand vanaf de mast van de windturbine. Bij gondelfalen van een 5 MW windturbine is de kritische afstand tot de ondergrondse hoogspanningsleiding 50 meter. Een strook van 121 meter kan worden gezien als de kritische strook van de kabel. Een gebied op een afstand van 41 meter aan de zuidoostkant van de windturbine kan worden gezien als de veilige zone. De kans dat bij gondel / rotor vallen het zwaartepunt in dit gebied valt is gelijk aan de oppervlakte van dit gebied gedeeld door de totale oppervlakte. De oppervlakte van dit gebied is 3621 m². De oppervlakte van de gehele cirkel is $\pi \times 66^2 = 13685$ m². De onveilige trefzone beslaat 74% van het oppervlakte. De trefkans bij gondelfalen is $74\% \times 4 \times 10^{-5} = 2,9 \times 10^{-5}$ per jaar.

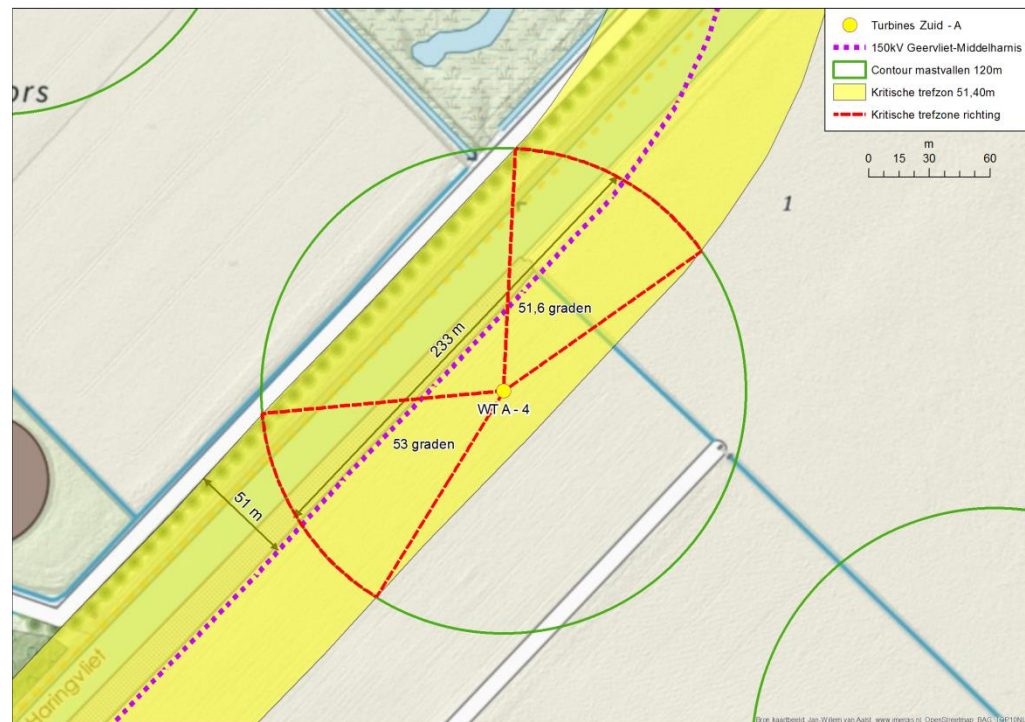
Figuur 4.4 Weergave trefzone 150kV kabel bij windturbine van de Zuidelijke lijn – A – 04 bij gondel falen



4.5 Scenario Mastvallen

De effectafstand van het scenario mastvallen blijft beperkt tot de cirkel op een afstand van masthoogte. De valrichting bepaald hierbij het kans op treffen. De kritische afstand is gelijk aan het scenario gondelfalen aangezien de gondel meevalt met de mast en de klap opvangt. De kritische breedte is 50 meter vanaf de rand van de kabels. De foute val richting in Noordelijk richting bedraagt een hoek van 51,6 graden en de foute valrichting in zuidwestelijke richting bedraagt een hoek van 53 graden. Het verschil komt door de buiging van het tracé. De kans op vallen in deze twee richtingen bedraagt 29%. De trefkans van het scenario mastvallen wordt $29\% \times 1,3 \times 10^{-4} = 3,8 \times 10^{-5}$ per jaar.

Figuur 4.5 Weergave trefzone 150kV kabel bij windturbine van de Zuidelijke lijn – A – 04 bij mast falen



4.6 Cumulatief risico drie scenario's

De totale trefkans van de drie scenario's samen bedraagt $(3,8 + 2,9 + 5,1) \times 10^{-5} = 1,2 \times 10^{-4}$ per jaar voor windturbine van de zuidelijke lijn A – 04.

Movares geeft in de rapportage genaamd "*Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland*" uit 2013 aan dat het aantal hoogspanningsstoringen 0,0067 per kilometer bedraagt. Deze kans op storing zou ook kunnen gelden voor een ondergrondse hoogspanningskabel op 1,20 meter diep. De beïnvloedde kabelstrook is hier 367 meter lang. Het beïnvloedde tracédeel heeft hiermee een storingskans van $2,46 \times 10^{-3}$. Het additionele risico van windturbine A-04 op dit gehele deel bedraagt $1,2 \times 10^{-4}$ per jaar. Dit is een toevoeging van de storingsaantallen van 4,9 %.

Het handboek zegt dat als eerste richtlijn een windturbine de kans op falen met maximaal 10% van het huidige risico mag verhogen. Uitgaand van deze eerste richtlijn zou de huidige situatie als acceptabel kunnen worden gezien. De gegevens en uitkomsten dienen te worden overlegd en gecommuniceerd te worden met de beheerder van de hoogspanningskabel.

4.7 Risico overige windturbines

De volgende windturbineposities van belang en de bijbehorende afstanden staan weergegeven in onderstaand tabel. Windturbines niet genoemd in deze tabel zijn gelegen op te grote afstand (> 175 meter) om een significante invloed uit te oefenen op de 150kV hoogspanningskabel.

Tabel 4.1 Afstanden tot 150kV kabel overige windturbines

Windturbine	h.o.h. Afstand	Type
Noordelijke lijn A - 02	48 m	Ondergronds gestuurde boring
Noordelijke lijn B – 08	96 m	Ondergronds gestuurde boring
Zuidelijke lijn – A – 04 *	26 m	open ontgraving (reeds berekend)

Hiervan zijn de effecten op de ondergronds gestuurde boring naar verwachting van veel kleinere aard doordat de diepteligging van deze boringen aanzienlijk dieper is dan bij een open ontgraving. Deze effecten zijn veel kleiner en naar verwachting dus automatisch ook acceptabel als de maatgevende situatie acceptabel wordt geacht. Deze effecten zijn op dit moment nog niet doorgerekend.

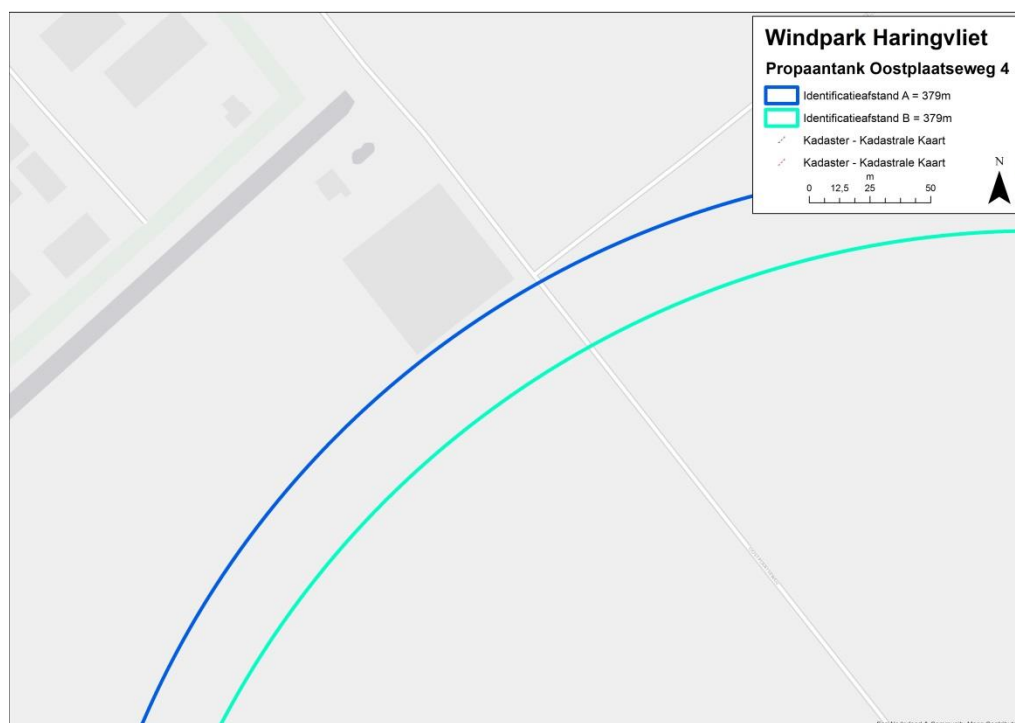
4.8 Reactie TenneT / Joulz

Joulz heeft in opdracht van TenneT aangegeven dat zij zich kunnen vinden in bovenstaande analyse en dat ze de plaatsing van de windturbines acceptabel achten met betrekking tot de effecten op hun 150 kV hoogspanningsleidingen.

5 RISICOVOLLE INRICHTINGEN

Binnen de identificatieafstand vanaf de windturbines bevindt zich het terrein van L. en J. de Winter aan de Oostplaatseweg 4 met een bovengrondse propaantank van 3 m³. De locatie van de propaantank is niet direct bekend volgens de risicokaart. De rand van het terrein is gelegen op 366 meter afstand van windturbinepaal van de zuidelijke lijn A-01. De propaantank bevindt zich volgens satellietbeelden¹ direct naast het gebouw. De contour van de identificatieafstand ligt hiermee niet over de propaantank. De propaantank ondervindt geen additioneel risico. Indien de contour wel zou zijn gelegen over de propaantank dan zijn bij de gehanteerde afstanden de risico's die ontstaan door het treffen van de propaantank is, mede gezien de kleine inhoud van 3 m³ en de lage trefkans van de windturbine van niet significante grote.

Figuur 5.1 Locatie Oostplaatseweg 4



¹ Imagery © Google, Map data 2015, ontsloten via:
<https://www.google.nl/maps/place/Haringvliet/@51.7603546,4.1952057,184m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x47c4457c5853d005:0x847a670efc0815f1?hl=en>

6 WATERKERINGEN

Binnen het plangebied zijn primaire en secundaire waterkeringen aanwezig. Beide zijn onder beheer van het Waterschap Hollandse Delta (WSHD)

6.1 Primaire waterkering

De windturbines van de noordelijke lijn zijn gelegen nabij de primaire waterkering. De windturbines zijn gelegen binnen de beschermingszones van de primaire waterkering. De windturbines liggen in de zone omschreven als 'Waterstaat – Waterkering' wat aanduidt dat deze locaties mede bestemd zijn voor dijken en kaden met een waterkerende functie. De windturbine van de Noordlijn B-03 en Noordlijn A-07 zijn gelegen in een gebied aangeduid als 'Vrijwaringszone – Dijk'. Dit zijn gronden die zijn aangeduid voor de bescherming, onderhoud en instandhouding van de primaire waterkering.

6.1.1 Huidige situatie

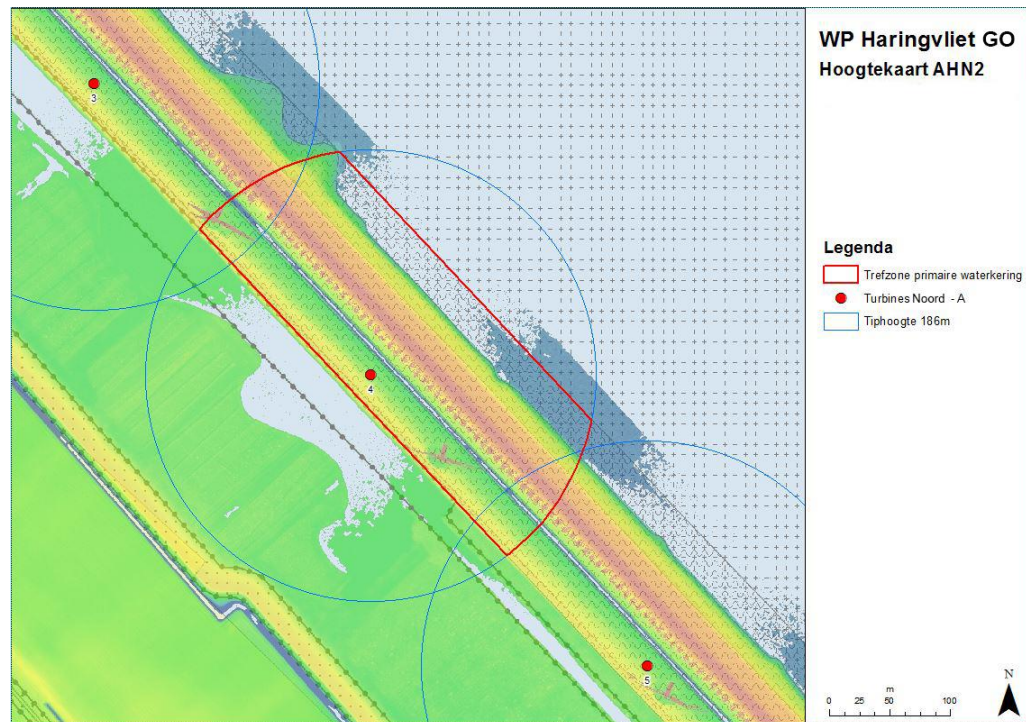
Op het moment van schrijven van dit MER zijn er reeds 2 windparken aanwezig nabij de primaire waterkering. In de huidige situatie is er dus al een risico op treffen van de waterkering door vallende windturbine onderdelen. De huidige windparken bestaan uit:

- Zeven Vestas V80 windturbines op 60 meter ashoogte van Windpark van Pallandt
- Vier Nordex N90 windturbines op 80 meter ashoogte van Windpark Martina Corneliapolder

6.1.2 Berekenmethodiek risico's

Om de risico's te bepalen wordt gekeken naar de maximale trefkans van de windturbine die het dichtbij de kruin van de waterkering is gelegen. Alle windturbines van alternatief A, A1V1 en B zijn gelegen tussen de 35 en 45 meter van de kruin van de waterkering. De trefkans van de gehele beschermingszone wordt berekend. De risico's per windturbine zijn van vrijwel gelijk niveau. De maatgevende windturbine is windturbine Noord A-04 op 35 meter. Om effecten niet te onderschatten wordt er gerekend met de grootst mogelijke windturbine van het type Gamesa G132 op 120 meter ashoogte.

Figuur 6.1 WP Haringvliet GO - Trefzone en hoogtekaart regionale waterkering bij windturbine Noord A-04



Scenario Mastfalen

Bij het scenario mastfalen wordt verondersteld dat de windturbine vanaf de mast af omvalt. Dit is een worstcase bepaling aangezien een mast ook op een andere hoogte kan afbreken / omvallen. De bijbehorende trefkans kan berekend worden met formule 5.2.3 uit Bijlage C-33 van het Handboek.

$$P_{r,mast} = P_{mb} \times \frac{1}{2\pi} \left[2 \times \cos^{-1} \left(\frac{d}{H + D/2} \right) + 2 \times \sin^{-1} \left(\frac{D/2}{H} \right) \right]$$

Met:

$$P_{mb} = \text{Kans op mastbreuk } (1,3 \times 10^{-4})$$

$$d = \text{Afstand tussen turbine en trefzone (0 meter)}$$

$$H = \text{Ashoogte (120 meter)}$$

$$D = \text{Diameter (132 meter)}$$

$$P_{r,mast} = \text{Kans op trefpen door Mastfalen}$$

De kans dat de mast op de trefzone valt is $1,3 \times 10^{-4}$ per jaar.

Scenario Gondelfalen

Voor gondelfalen kan dezelfde berekening als voor mastfalen worden gehanteert maar de ashoogte wordt op 0 gesteld. De berekening wordt dan:

$$P_{r,gondel} = P_{gf} \times \frac{1}{2\pi} \left[2 \times \cos^{-1} \left(\frac{d}{D/2} \right) + 2 \times \sin^{-1} \left(\frac{D/2}{0} \right) \right]$$

Met:

$$P_{gf} = \text{Kans op gondelfalen } (4,0 \times 10^{-5})$$

$$P_{r,gondel} = \text{Kans op treffen door gondelfalen}$$

De kans dat de gondel op de trefzone valt is $4,0 \times 10^{-5}$ per jaar.

Scenario bladworp bij nominaal toerental

Bij het scenario bladworp bij nominaal toerental wordt het blad afgeworpen in een bepaalde richting en land het met het zwaartepunt op een bepaalde afstand vanaf de windturbine. Dit betekent dat het blad ook over de waterkering heen kan vliegen en land achter de waterkering zonder deze te beschadigen. De kans dat de waterkering wordt geraakt wordt berekend door de kans op het treffen van een bepaalde afstandszone (minimale en maximale afstand tot de waterkering) voor elke 10 meter waterkering binnen de effectafstand van bladworp bij nominaal toerental te berekenen.

In formulevorm:

$$P_w = \int_s P_{ZWPT,b}(s) ds$$

Met:

$$P_w = \text{Trefkans bij bladworp}$$

$$s = \text{contour langs de weg}$$

$$ds = \text{stappen van 10 meter}$$

$$P_{ZWPT,b} = \text{Trefkans van de breedte van 10 strekkende dijk (b)}$$

De kans dat het blad op de trefzone valt is $5,33 \times 10^{-4}$ per jaar.

Totale trefkans en gewichten

In onderstaande tabel zijn de trefkansen per jaar en de gewichten van de verschillende onderdelen van windturbine uitgaande van een Gamesa G132 windturbine op 120 meter ashoogte. De risico's van een andere windturbine zijn van gelijke orde van grote. Het totale risico voor de regionale waterkering kan met de hoeveelheid windturbines worden vermenigvuldigd. De totale cumulatieve trefkans bedraagt:

Tabel 6.1 Trefkansen en gewichten per onderdeel voor een Gamesa G132 op 120 meter ashoogte

	Trefkans	Gewicht onderdeel
Mastfalen	$1,3 \times 10^{-4}$	890 ton (beton) 78 ton (staal) Gewicht verdeeld over gehele paal
Gondelfalen	$4,0 \times 10^{-5}$	174 ton (Na celle) 93,3 ton (rotor)
Bladworp bij nominaal toerental	$5,3 \times 10^{-4}$	16 ton (blad)
Maximaal cumulatief risico 1 windturbine	$7,0 \times 10^{-4}$	

De cumulatieve effecten van meerdere windturbines staan vermeld in onderstaande tabel.

Tabel 6.2 Cumulatieve trefkans van primaire waterkering

Opstellings alternatief	Aantal windturbines bij primaire waterkering	Cumulatieve trefkans	Trefkans in vergelijking met huidige situatie
Opstelling A1	10	7×10^{-3}	- 9 %
Opstelling A2	10	7×10^{-3}	- 9 %
Opstelling A1V1	11	$7,7 \times 10^{-3}$	0
Opstelling B1	8	$5,6 \times 10^{-3}$	- 27 %
Huidige situatie	11	$7,7 \times 10^{-3}$	0

De trefkans van een windturbineonderdeel op de waterkering bedraagt maximaal $7,7 \times 10^{-3}$ in variant A1V1 en de huidige situatie. Het treffen van de waterkering hoeft echter niet direct te leiden tot een overstroming. Er zijn een aantal eigenschappen van de situatie die de uiteindelijke risicotoevoeging beïnvloeden.

1. Het treffen van de waterkering door een windturbineonderdeel hoeft niet direct te leiden tot een verminderd functioneren van de waterkering. Zo kan het zijn dat het gewicht van het windturbineonderdeel niet genoeg is om schade aan de dijk te kunnen veroorzaken. Om een inschatting van dit effect te kunnen doen zijn o.a. de geografische eigenschappen van de waterkering benodigd.
2. Als er schade aan de waterkering is ontstaan hoeft dit niet direct te leiden tot een overstroming. Zo kan de schade weliswaar ervoor zorgen dat de waterkering de maatgevende hoogwaterstand tijdelijk niet meer kan keren maar er zal pas een overstroming plaatsvinden als de hoogwaterstand plaatsvindt voordat de reparatie van de dijk afgerond is. Bij schade kan er dus nog sprake zijn van een aanwezig restprofiel wat overstroming tegenhoudt. De kans dat de 'niet meer te keren waterstand' (afhankelijk van de grootte van de schade) optreedt tijdens de periode dat de dijk wordt gerepareerd kan meegenomen worden in de berekeningen van het risico. Om dit te kunnen berekenen zijn de gegevens benodigd van de reparatietijd per schadegeval, de schade per tref-scenario en de kans op optreden van de waterstanden die niet meer te keren zijn.

6.2 Secundaire (regionale) waterkering

De dijkbeheerders in Nederland moeten ervoor zorgen dat hun waterkeringen voldoen aan de veiligheidseisen die de Wet op de waterkeringen stelt. De toetsing dient te worden uitgevoerd aan de hand van de Leidraad toetsen op veiligheid, uitgebracht door de Technisch adviescommissie voor de Waterkeringen. Echter, er is geen specifieke op windturbines toegespitst beoordelingsschema opgenomen in de leidraad. In het algemeen kan gesteld worden dat de risico's als gevolg van het plaatsen van windturbines niet mogen leiden tot een verhoogde bezwijkkans van de dijklichamen. Generieke bezwijkkansen van dijklichamen zijn niet voorhanden.

Maatgevende hoogwaterstand

Elke dijkkring in Nederland is ontworpen en getoetst aan een Maatgevende Hoogwaterstand (MHW). De kans dat deze waterstand niet gekeerd kan worden, is afhankelijk van de economische functies in het achterland. De resultaten van een risicoanalyse van een windturbine kunnen getoetst worden aan de ontwerpwaarden die zijn gebruikt voor de kans van

voorkomen van een MHW. Hierbij kan in een vervolgstap ook gekeken worden naar de vervolgschade aan het dijklichaam en in hoeverre het dijklichaam nog de MHW kan keren na treffen. Na overleg met het waterschap is bepaald dat in eerste instantie gekeken kan worden naar een worst-case bepaling van de risico's. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten afgestemd:

- Een maximale reparatietijd van schade aan de regionale waterkering van 5 dagen;
- Een maximale kans op mogelijk te keren water gelijk aan de maximale overstromingskans van het zwakste deel van dijkkring 25 (1 / 340).
 - Dit kan als uitgangspunt dienen omdat de regionale waterkering hier een kering is tussen land en land. Er is dus geen sprake van een te keren waterstand tijdens normaal gebruik van de waterkeringen. Er is enkel sprake van een te keren waterstand indien de primaire waterkeringen aan beide zijden van de regionale waterkering zijn gefaald / overstroomd.
- Treffen van welk onderdeel dan ook leidt tot volledig falen van de waterkering in waterkerend vermogen. Treffen = 100% schade.

In deze eerste analyse wordt gekeken naar de trefkansen van de verschillende scenario's. De kans van optreden van een bepaalde gevolgschade is niet geanalyseerd.

De volgende windturbines bevinden zich binnen de identificatieafstand van de beschermingszone van de regionale waterkering. :

- Zuidlijn A-04
- Zuidlijn A-05
- Zuidlijn A-06
- Zuidlijn B-01
- Zuidlijn B-02
- Noordlijn A-09
- Noordlijn A-10
- Noordlijn B-01
- Noordlijn B-02

Van deze windturbines zijn de afstanden en de betrokken faalscenario's waarbij een risico voor de waterkering kan ontstaan weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 6.3 Afstanden en betrokken faalscenario's regionale waterkeringen

Alternatief A1 – Klein	Afstand	Betrokken scenario's	Kans op voorkomen scenario
Zuidlijn A-04	317,5	Bladworp bij overtoeren	$5,0 \times 10^{-6}$
Zuidlijn A-05	242,5 meter	Bladworp bij overtoeren	$5,0 \times 10^{-6}$
Zuidlijn A-06	64,5 meter	Bladworp bij overtoeren Bladworp bij nominaal toerental Mastfalen	$5,0 \times 10^{-6}$ $8,4 \times 10^{-4}$ $1,3 \times 10^{-4}$
Noordlijn A-09	266,5 meter	Bladworp bij overtoeren	$5,0 \times 10^{-6}$
Noordlijn A-10	26 meter	Bladworp bij overtoeren Bladworp bij nominaal toerental Mastfalen	$5,0 \times 10^{-6}$ $8,4 \times 10^{-4}$ $1,3 \times 10^{-4}$

		Gondelfalen	$4,0 \times 10^{-5}$
Alternatief A1V1 – Klein	Afstand	Betrokken scenario's	Kans op voorkomen scenario
Zuidlijn A-04	317,5	Bladworp bij overtoeren	$5,0 \times 10^{-6}$
Zuidlijn A-05	242,5 meter	Bladworp bij overtoeren	$5,0 \times 10^{-6}$
Zuidlijn A-06	64,5 meter	Bladworp bij overtoeren Bladworp bij nominaal toerental Mastfalen	$5,0 \times 10^{-6}$ $8,4 \times 10^{-4}$ $1,3 \times 10^{-4}$
Alternatief A2 – Groot	Afstand	Betrokken scenario's	Kans op voorkomen scenario
Zuidlijn A-04	317,5	Bladworp bij overtoeren	$5,0 \times 10^{-6}$
Zuidlijn A-05	242,5 meter	Bladworp bij overtoeren	$5,0 \times 10^{-6}$
Zuidlijn A-06	64,5 meter	Bladworp bij overtoeren Bladworp bij nominaal toerental Mastfalen	$5,0 \times 10^{-6}$ $8,4 \times 10^{-4}$ $1,3 \times 10^{-4}$
Noordlijn A-09	266,5 meter	Bladworp bij overtoeren	$5,0 \times 10^{-6}$
Noordlijn A-10	26 meter	Bladworp bij overtoeren Bladworp bij nominaal toerental Mastfalen Gondelfalen	$5,0 \times 10^{-6}$ $8,4 \times 10^{-4}$ $1,3 \times 10^{-4}$ $4,0 \times 10^{-5}$
Alternatief B2 – Groot	Afstand	Betrokken scenario's	Kans op voorkomen scenario
Zuidlijn B-01**	34 meter	Bladworp bij overtoeren Bladworp bij nominaal toerental Mastfalen Gondelfalen	$5,0 \times 10^{-6}$ $8,4 \times 10^{-4}$ $1,3 \times 10^{-4}$ $4,0 \times 10^{-5}$
Zuidlijn B-02	250 meter	Bladworp bij overtoeren	$5,0 \times 10^{-6}$
Noordlijn B-01*	19 meter	Bladworp bij overtoeren Bladworp bij nominaal toerental Mastfalen Gondelfalen	$5,0 \times 10^{-6}$ $8,4 \times 10^{-4}$ $1,3 \times 10^{-4}$ $4,0 \times 10^{-5}$
Noordlijn B-02	284,5 meter	Bladworp bij overtoeren	$5,0 \times 10^{-6}$

* Deze windturbine is niet maatgevend voor het risico omdat de regionale waterkering zich slechts gedeeltelijk binnen de effectafstand bevindt.

** Deze windturbine is maatgevend voor het maximaal optredende risico per windturbine.

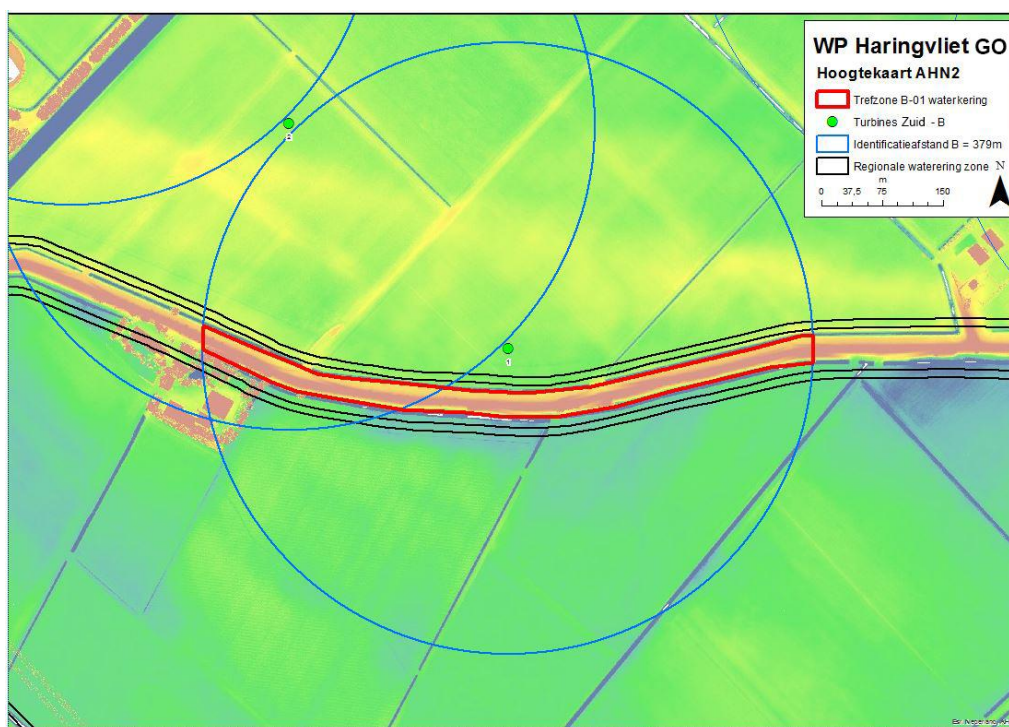
In alle alternatieven is er sprake van effecten op de regionale waterkering in de orde van grote van kans op voorkomen van 1×10^{-4} . De kans op voorkomen van het scenario bladworp bij overtoeren is minder dan 1% van de kansen van de andere scenario's. De additionele risico's van het scenario bladworp bij overtoeren zijn niet maatgevend en dragen een verwaarloosbare hoeveelheid risico toe aan de reeds aanwezige risico's van de andere scenario's. Het scenario Bladworp bij overtoeren wordt daarom niet nader beschouwd. De berekeningen blijven beperkt tot de bepaling van de trefkans van de andere scenario's.

Windturbine Zuidlijn B-01 veroorzaakt de grootste trefkans op de regionale waterkering. Deze windturbine bevindt zich op een afstand van 34 meter vanaf de beschermingszone van de regionale waterkering.

De trefzone van de dijk

De trefzone van de dijk wordt bepaald op het deel van de waterkering wat een maatgevende hoogwaterstand kan keren. Dit betekent dat alle delen van de dijk die hoger zijn gelegen dan het maaiveld onderdeel van de trefzone zijn die niet geraakt mag worden. Dit is op kaart weergegeven in onderstaand figuur voor windturbine Zuidlijn B-01. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat de waterkering enkel kan falen als het zwaartepunt van het afvallende object op de trefzone valt. Uitgangspunt hierbij is dat bij indirect treffen er geen schade wordt verwacht aan de werking van de waterkering die leidt tot het niet langer kunnen keren van een maatgevende hoogwaterstand. In een korte gevoeligheidsanalyse is het risico bepaald als wordt afgeweken van dit uitgangspunt.

Figuur 6.2 WP Haringvliet GO - Trefzone en hoogtekaart regionale waterkering bij windturbine Zuid B-01



Scenario Mastfalen

Bij het scenario mastfalen wordt verondersteld dat de windturbine vanaf de mast af omvalt. Dit is een worstcase bepaling aangezien een mast ook op een andere hoogte kan afbreken / omvallen. De bijbehorende trefkans kan berekend worden met formule 5.2.3 uit Bijlage C-33 van het Handboek.

$$P_{r,mast} = P_{mb} \times \frac{1}{2\pi} \left[2 \times \cos^{-1} \left(\frac{d}{H + D/2} \right) + 2 \times \sin^{-1} \left(\frac{D/2}{H} \right) \right]$$

Met:

$$\begin{aligned}
 P_{mb} &= \text{Kans op mastbreuk } (1,3 \times 10^{-4}) \\
 d &= \text{Afstand tussen turbine en trefzone (45 meter)} \\
 H &= \text{Ashoogte (120 meter)} \\
 D &= \text{Diameter (132 meter)} \\
 P_{r,mast} &= \text{Kans op treffen door Mastfalen}
 \end{aligned}$$

De kans dat de mast op de trefzone valt is $7,9 \times 10^{-5}$ per jaar.

Scenario Gondelfalen

Voor gondelfalen kan dezelfde berekening als voor mastfalen worden gehanteert maar de ashoogte wordt op 0 gesteld. De berekening wordt dan:

$$P_{r,gondel} = P_{gf} \times \frac{1}{2\pi} \left[2 \times \cos^{-1} \left(\frac{d}{D/2} \right) + 2 \times \sin^{-1} \left(\frac{D/2}{0} \right) \right]$$

Met:

$$\begin{aligned}
 P_{gf} &= \text{Kans op gondelfalen } (4,0 \times 10^{-5}) \\
 P_{r,gondel} &= \text{Kans op treffen door gondelfalen}
 \end{aligned}$$

De kans dat de gondel op de trefzone valt is $1,0 \times 10^{-5}$ per jaar.

Scenario bladworp bij nominaal toerental

Bij het scenario bladworp bij nominaal toerental wordt het blad afgeworpen in een bepaalde richting en land het met het zwaartepunt op een bepaalde afstand vanaf de windturbine. Dit betekent dat het blad ook over de waterkering heen kan vliegen en land achter de waterkering zonder deze te beschadigen. De kans dat de waterkering wordt geraakt wordt berekend door de kans op het treffen van een bepaalde afstandszone (minimale en maximale afstand tot de waterkering) voor elke 10 meter waterkering binnen de effectafstand van bladworp bij nominaal toerental te berekenen.

In formulevorm:

$$P_w = \int_s P_{ZWPT,b}(s) ds$$

Met:

$$\begin{aligned}
 P_w &= \text{Trefkans bij bladworp} \\
 s &= \text{contour langs de weg} \\
 ds &= \text{stappen van 10 meter} \\
 P_{ZWPT,b} &= \text{Trefkans van de breedte van 10 strekkende dijk (b)}
 \end{aligned}$$

De kans dat het blad op de trefzone valt is $6,3 \times 10^{-5}$ per jaar.

Totale trefkans en gewichten

In onderstaande tabel zijn de trefkansen per jaar en de gewichten van de verschillende onderdelen van windturbine Zuidlijn B-01 op de regionale waterkering weergegeven. De risico's van Noordlijn B-01 zijn maximaal van gelijke orde van grote. Het totale risico voor de regionale waterkering kan met twee worden vermenigvuldigd. De totale cumulatieve trefkans bedraagt:

Tabel 6.4 Trefkansen en gewichten per onderdeel voor de windturbine van de Zuidlijn B-01

	Trefkans	Gewicht onderdeel
Mastfalen	$7,9 \times 10^{-5}$	890 ton (beton) 78 ton (staal) Gewicht verdeeld over gehele paal
Gondelfalen	$1,0 \times 10^{-5}$	174 ton (Nacelle) 93,3 ton (rotor)
Bladworp bij nominaal toerental	$6,3 \times 10^{-5}$	16 ton (blad)
Maximaal cumulatief risico 2 windturbines	$3,0 \times 10^{-4}$	

Om het risico op overstroming te berekenen kan de volgende formule worden gebruikt.

$$FF_{\text{additioneel}} = P_{\text{trefkans, WTS}} \times P_{\text{kans op hoogwater tijdens herstel}}$$

$FF_{\text{additioneel}}$ = Additionele faalfrequentie (overstromingskans) van de regionale waterkering

$P_{\text{trefkans, WTS}}$ = Trefkans van de windturbine ($3,0 \times 10^{-4}$ (cumulatief voor beide) = volledige faalkans regionale waterkering

$P_{\text{kans op hoogwater tijdens herstel}}$ = Kans op hoogwater tijdens herstel (1/340 per jaar)

In de berekening wordt het zeer sterke worst-case scenario gekozen dat bij overstroming van de primaire waterkering er gedurende een heel jaar hoogwater aanwezig is bij de regionale waterkering. Hierbij wordt niet gekeken of de regionale waterkering hoog genoeg is om alle hoogwaterstanden gedurende dat jaar te keren omdat de huidige functionele werking van de regionale waterkering niet ter discussie staat. Het additionele risico op overstroming van de regionale waterkering bedraagt dus $3,0 \times 10^{-4} \times (1/340) = 8,8 \times 10^{-7}$. Dit is een risicoverhoging van maximaal 0,1% ten opzichte van een veiligheidsnorm van 1:1000 behorende bij een IPO-veiligheidsklasse van 5 voor regionale waterkeringen.

Gevoeligheidsanalyse

Aan de start van de berekeningen is het uitgangspunt gesteld dat de waterkering niet zal vallen indien het zwaartepunt van een vallend onderdeel van de windturbine valt naast het 'verhoogde' waterkerende deel van de waterkering. In deze gevoeligheidsanalyse wordt gekeken of de uitkomst veranderd als uitgegaan wordt dat de dijk ook faalt indien het zwaartepunt van het vallende object naast het waterkerende deel valt. De gehele beschermingszone van de dijk wordt dus nu beschouwd. Dit zorgt ervoor dat de afstand van de windturbine tot de beschermingszone het optredende risico vergroot. Tevens is de breedte van de niet te raken zone groter.

Scenario Mastfalen

$$P_{r, \text{mast}} = P_{mb} \times \frac{1}{2\pi} \left[2 \times \cos^{-1} \left(\frac{d}{H + D/2} \right) + 2 \times \sin^{-1} \left(\frac{D/2}{H} \right) \right]$$

Met:

$$P_{mb} = \text{Kans op mastbreuk } (1,3 \times 10^{-4})$$

$d =$ Afstand tussen turbine en trefzone (25 meter)

$H =$ Ashoogte (120 meter)

$D =$ Diameter (132 meter)

$P_{r,mast}$ = Kans op treffen door Mastfalen

De kans dat de mast op de trefzone valt is $8,4 \times 10^{-5}$ per jaar.

Scenario Gondelfaal

$$P_{r,gondel} = P_{gf} \times \frac{1}{2\pi} \left[2 \times \cos^{-1} \left(\frac{d}{D/2} \right) + 2 \times \sin^{-1} \left(\frac{D/2}{0} \right) \right]$$

Met:

$P_{gf} =$ Kans op gondelfalen ($4,0 \times 10^{-5}$)

$P_{r,gondel} =$ Kans op treffen door gondelfalen

De kans dat de gondel op de trefzone valt is $1,5 \times 10^{-5}$ per jaar.

Scenario Bladworp

$$P_w = \int_s P_{ZWPT,b}(s) ds$$

Met:

$P_w =$ Trefkans bij bladworp

$s =$ contour langs de weg

$ds =$ stappen van 10 meter

$P_{ZWPT,b} =$ Trefkans van de breedte van 10 strekkende dijk (b)

De kans dat het blad op de trefzone valt is $1,4 \times 10^{-4}$ per jaar.

Totale trefkans totale beschermingszone

De cumulatieve trefkans van de drie scenario's voor bedraagt $2,4 \times 10^{-4}$ per jaar. De cumulatieve trefkans voor twee windturbines bedraagt $4,8 \times 10^{-4}$ per jaar. Rekening houdend met de kans van de aanwezigheid van een te keren waterstand bedraagt de risicotoevoeging aan de regionale waterkering is 0,1%.

7 VOORKEURSALTERNATIEF

Het voorkeursalternatief van Windpark Haringvliet GO bestaat uit windturbines van alternatief A1 minus de opstellingslijn langs de primaire waterkering. Dit betekent dat de zes windturbines van de zuidelijke opstellingslijn als voorkeursalternatief blijven. Per onderwerp wordt kort beschouwd hoe de effecten van het voorkeursalternatief afwijken van de voorgaande hoofdstukken.

7.1 Bebouwing en woningen

Bij uitvoering van het voorkeursalternatief zijn geen woningen of panden gelegen binnen de toetsafstanden van de plaatsgebonden risico contouren. Zie ook Figuur 2.1. Het voorkeursalternatief voldoet aan het activiteitenbesluit.

7.2 Wegen

Nabij het voorkeursalternatief zijn enkele lokale wegen aanwezig binnen de identificatieafstand. Voor niet-rijkswegen zijn geen wetten of normen vastgelegd. Er zijn geen rijkswegen aanwezig in de nabijheid van de windturbines. Gezien de zeer beperkte verkeersintensiteit van deze wegen treden er geen significante veiligheidsrisico's op. De vaarwegen op het Haringvliet bevinden zich buiten de identificatieafstand van de windturbines en er treedt zodoende geen effect op. Het voorkeursalternatief voldoet aan de toetsafstanden uit het handboek risicozonering windturbines 2014 (v3.1). Er zijn geen effecten op wegen of vaarwegen.

7.3 Hoogspanningsnetwerk

Uit de berekeningen in Hoofdstuk 4 volgt dat het additionele risico van windturbine A-04 op het betrokken hoogspanningsdeel $1,2 \times 10^{-4}$ per jaar bedraagt. Dit is een toevoeging van de storingsaantallen van 4,9 %. Het handboek zegt dat als eerste richtlijn een windturbine de kans op falen met maximaal 10% van het huidige risico mag verhogen. Uitgaand van deze eerste richtlijn zou de huidige situatie als acceptabel kunnen worden gezien. Joulz heeft in opdracht van TenneT aangegeven dat zij zich kunnen vinden in bovenstaande analyse en dat ze de plaatsing van de windturbines acceptabel achten met betrekking tot de effecten op hun 150 kV hoogspanningsleidingen.

7.4 Risicovolle inrichtingen

De contour van de identificatieafstand van de windturbines van het voorkeursalternatief ligt niet over de nabijgelegen propaantank. De propaantank ondervindt geen additioneel risico. Er zijn geen andere risicovolle inrichtingen gelegen in de nabijheid van het voorkeursalternatief.

7.5 Waterkeringen

Het voorkeursalternatief is niet gelegen in de nabijheid van de primaire waterkering. Er zijn zodoende geen effecten op de primaire waterkering aanwezig. De cumulatieve trefkans voor de twee windturbines nabij de regionale waterkering bedraagt $4,8 \times 10^{-4}$ per jaar volgens hoofdstuk 6. Rekening houdend met de kans van de aanwezigheid van een te keren waterstand (de

kering is een land - land kering) bedraagt de risicotoevoeging aan de regionale waterkering is 0,1%. Deze risicotoevoeging kan als een verwaarloosbare toevoeging worden gezien.

7.6 Conclusie

Er is geen sprake van significante externe veiligheidsrisico's bij uitvoering van het voorkeursalternatief.