

Bosch & van Rijn

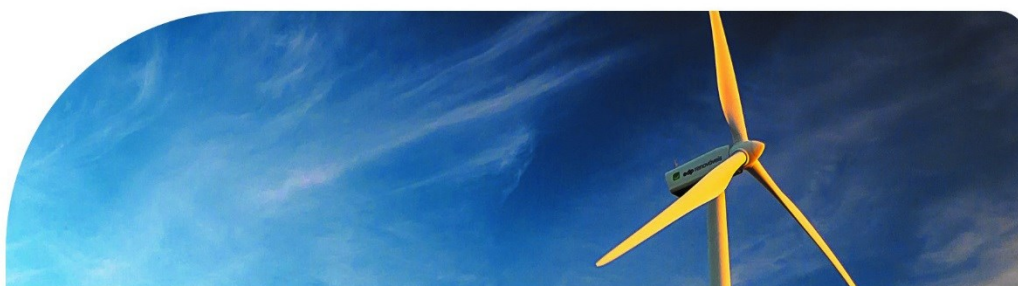
Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht
030 – 677 6466

Auteurs

Hans Kerkvliet MSc.
Drs. Ing. Jeroen Dooper

Opdrachtgever

Renewable Factory



Windpark de Pals

Kwantitatieve risicoanalyse t.b.v. projectMER en aanvraag
omgevingsvergunning



Bosch & van Rijn
experts in renewable energy

Windpark de Pals

Kwantitatieve Risicoanalyse t.b.v. projectMER en aanvraag omgevingsvergunning

Datum
8 november 2018

Versie
0.3

Bosch & Van Rijn
Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht

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

© Bosch & Van Rijn 2018

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>MER</i>	4
1.3	<i>Beoordelingscriteria MER</i>	6
1.4	<i>Leeswijzer</i>	6
HOOFDSTUK 2	RISICO'S WINDTURBINES	7
HOOFDSTUK 3	BEOORDELINGSKADER	9
3.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	10
3.2	<i>Risicovolle installaties</i>	10
3.3	<i>Rijkswegen</i>	11
HOOFDSTUK 4	RISICOANALYSE	12
4.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	13
4.2	<i>Risicovolle installaties</i>	16
4.3	<i>Infrastructuur</i>	21
HOOFDSTUK 5	VOORKEURSALTERNATIEF	33
5.1	<i>Beschrijving voorkeursalternatief</i>	34
5.2	<i>Te onderzoeken windturbinetype</i>	35
5.3	<i>Rekenmethode</i>	35
5.4	<i>Risicoanalyse</i>	35
HOOFDSTUK 6	CONCLUSIE	46
6.1	<i>(beperkt) Kwetsbare objecten</i>	47
6.2	<i>Risicovolle installaties</i>	47
6.3	<i>Infrastructuur</i>	47
HOOFDSTUK 7	BIJLAGEN	49
BIJLAGE A	OPSTELLING ALTERNATIEVEN	50
BIJLAGE B	RISICOCONTOUREN EN WERPAFSTANDEN	53
BIJLAGE C	BEREKENING WERPAFSTAND	66
BIJLAGE D	WERPAFSTANDEN TURBINETYPE	68
BIJLAGE E	(BEPERKT) KWETSBARE OBJECTEN	70

Hoofdstuk 1 Inleiding

1.1 Inleiding

Bosch & Van Rijn heeft een Kwantitatieve Risicoanalyse uitgevoerd naar de externe veiligheidsrisico's voor windpark de Pals in gemeente Bladel als gevolg van drie alternatieven en een voorkeursalternatief, ten behoeve van een milieueffectrapportage (MER)

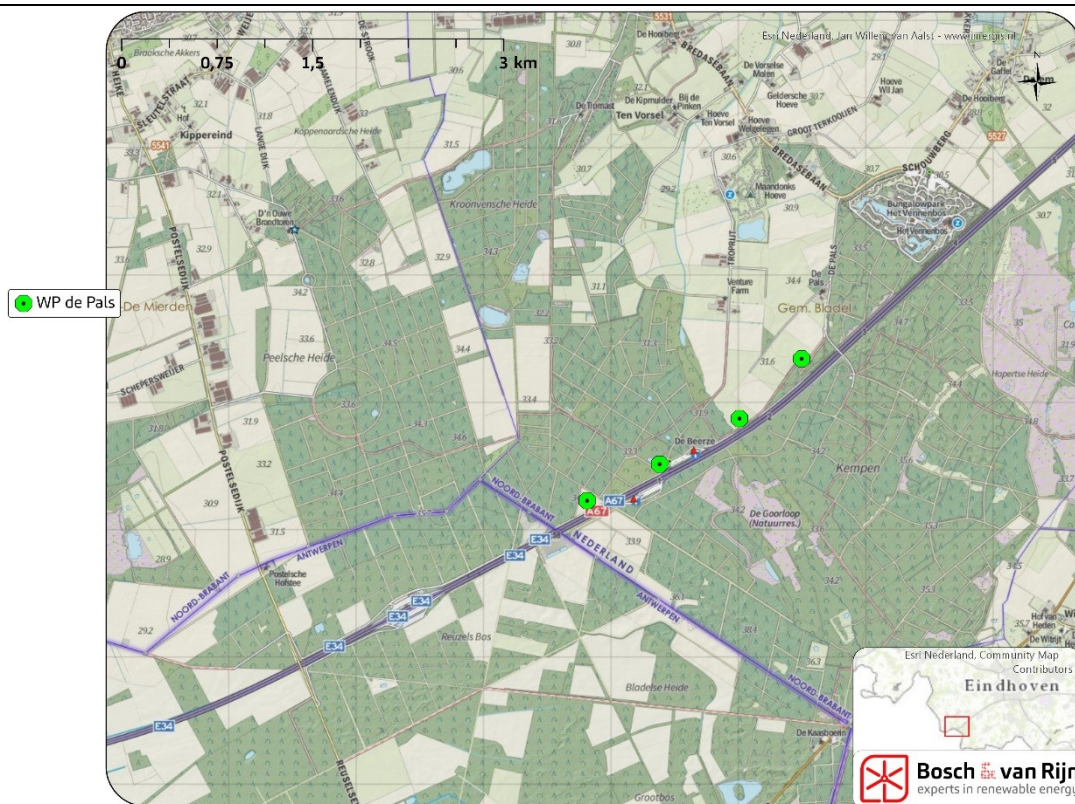
Deze studie volgt de beoordelingscriteria zoals opgenomen in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau van WP de Pals. Daarnaast worden de externe veiligheidsrisico's vanwege de windturbines getoetst aan de normen en adviesafstanden zoals beschreven in Hoofdstuk 3.

Dit document dient ter ondersteuning van zowel het MER als de vergunningaanvraag.

1.2 MER

Het projectMER beschouwt drie alternatieven, die alleen verschillen in de afmetingen. Het aantal en de posities van de windturbines zijn bij de drie alternatieven hetzelfde (Zie Figuur 1 en Tabel 1).

Figuur 1 MER-alternatieven van windpark de Pals.

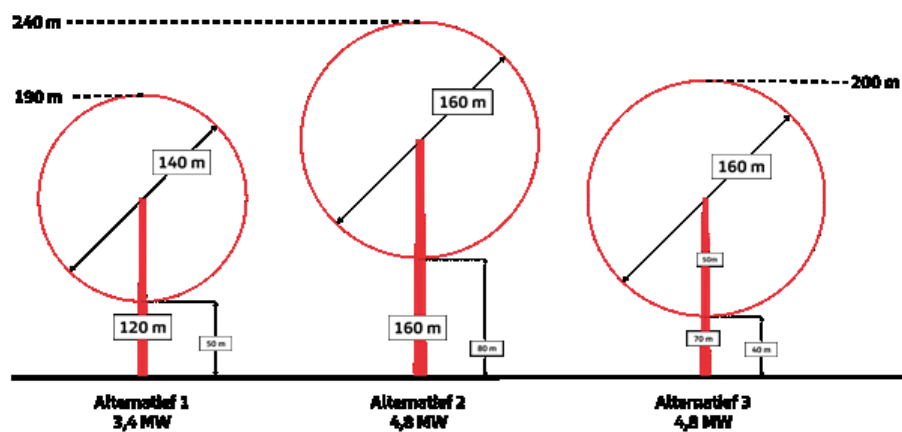


Tabel 1 MER-alternatieven.

	1	2	3
Aantal windturbines	4	4	4
Afmetingen			
Ashoogte (m)	120	160	120
Rotordiameter (m)	140	160	160
Tiphoogte (m)	190	240	200

Figuur 2 Schematische weergave van de afmetingen van de MER-alternatieven.

Afmetingen MER-alternatieven WP de Pals



1.2.1 Windturbinetypes

Per alternatief is een windturbintype geselecteerd dat representatief is voor de betreffende klasse van windturbines, waarbij qua type windturbine is aangesloten bij de windturbinetypes uit het akoestisch onderzoek.

Alternatief	Windturbine gebruikt in de kwantitatieve risicoanalyse	Ashoogte	Rotordiameter
1	Senvion 3.4M140	120	140
2	GE Wind 4.8-158	160	160
3	GE Wind 4.8-158	120	160

De locaties van de windturbines in de MER-alternatieven zijn gegeven in onderstaande tabel.

Tabel 2 **Locaties van de windturbines in de onderzochte MER-alternatieven.**

Alterna- tief	X	Y
1	142813	370226
1	143381	370515
1	144008	370872
1	144498	371343
2	142813	370226
2	143381	370515
2	144008	370872
2	144498	371343
3	142813	370226
3	143381	370515
3	144008	370872
3	144498	371343

1.3 Beoordelingscriteria MER

In het milieueffectrapportage waar dit onderzoek een bijlage van is wordt het milieueffect veiligheid beoordeeld aan de hand van de volgende criteria:

- (Beperkt) kwetsbare objecten;
- Gevaarlijke stoffen (installaties, buisleidingen en vervoer)
- Risico's m.b.t. hoogspanning
- Risico's m.b.t. infrastructuur

In deze kwantitatieve risicoanalyse worden alle beoordelingscriteria voor het projectMER onderzocht.

1.4 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 worden de externe veiligheidsrisico's van windturbines beschreven. Hoofdstuk 3 bevat het toetsingskader voor de beoordeling van de (toename) van externe veiligheidsrisico's. In hoofdstuk 4 zijn de berekeningen opgenomen die zijn uitgevoerd voor de drie onderzochte alternatieven. Hoofdstuk 5 beschrijft de berekeningen die opgenomen zijn voor het voorkeursalternatief. Hoofdstuk 6 bevat de conclusies waarin de berekende waarden worden getoetst aan het in Hoofdstuk 3 beschreven beoordelingskader.

Hoofdstuk 2 Risico's windturbines



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. 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 wielengte.

Op basis van generieke faalfrequenties (Bijlage A, Handboek Risicoberekeningen Windturbines (HRW) 2014), het kogelbaanmodel (zie Bijlage 1. Bron: Bijlage C, HRW 2014) en parameters van de specifieke windturbintypes zijn de werpafstanden en risicocontouren berekend. In bijlage C staan de gehanteerde formules gegeven en bijlage D bevat per windturbintype een printscreen van de resultaten. Hieruit volgen de volgende afstanden:

Tabel 3

Risicocontouren en maximale werpafstanden van onderzochte windturbintypes

Alternatief	Wtb type	Ashoogte (m)	Risicocontouren (m)		Max. werpafstand (m)	
			10^{-5}	10^{-6}	Bij nominaal toerental	Bij overtoeren
1	Senvion 3.4M140	120	70	166	144	364
2	GE Wind 4.8-158	160	79	185	171	419
3	GE Wind 4.8-158	120	79	185	153	391

De windturbines kunnen een risico verhogend effect hebben op nabijgelegen gebouwen, installaties en infrastructuur. Voor het windpark de Pals zijn de volgende onderwerpen relevant:

- (Beperkt) kwetsbare objecten
- Risicovolle installaties
- Rijkswegen

NB. Er bevindt zich geen hoogspanningsinfrastructuur, buisleidingen of spoorwegen binnen de invloedssfeer van de windturbines. Hierdoor worden deze in onderhavige risicoanalyse niet meegenomen.

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 E 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 niet substantieel bijdragen aan een verhoging van de risico's van de inrichting zullen de voor de inrichting geldende risicoafstanden niet significant wijzigen. Dat betekent dat toetsing aan de afstanden tot (beperkt) kwetsbare objecten ook na plaatsing van de windturbines niet tot belemmeringen leidt. Om dit te toetsen 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 Handboek Risicozonering Windturbines¹ 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:

- *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.*

¹ Handboek Risicozonering Windturbines, 2014.

3.3 Rijkswegen

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:

"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 honderdzig kilometer per uur. Een generiek IPR van 10^{-6} wordt aangehouden voor alle infrastructuur waarop de wettelijk toelaatbare snelheden de honderdzig kilometer per uur niet overschrijden, en een generiek IPR van 10^{-7} op infrastructuur waarop wettelijk toelaatbare snelheden boven de honderdzig kilometer per uur bestaan.

Maatschappelijk risico

Er zijn verschillende 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

De berekende 10^{-5} en 10^{-6} contouren zijn weergegeven op kaart. Per windturbine-locatie is nagegaan of (geprojecteerde) kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten aanwezig zijn. Voor de gebouwen binnen de 10^{-6} contour is nagegaan of sprake is van een kwetsbaar object betreft (risicokaart.nl / luchtfoto's). In onderstaand figuur zijn de risicocontouren van de verschillende alternatieven te vinden. Deze zijn tevens weergegeven in Bijlage B.

4.1.1 Alternatief 1

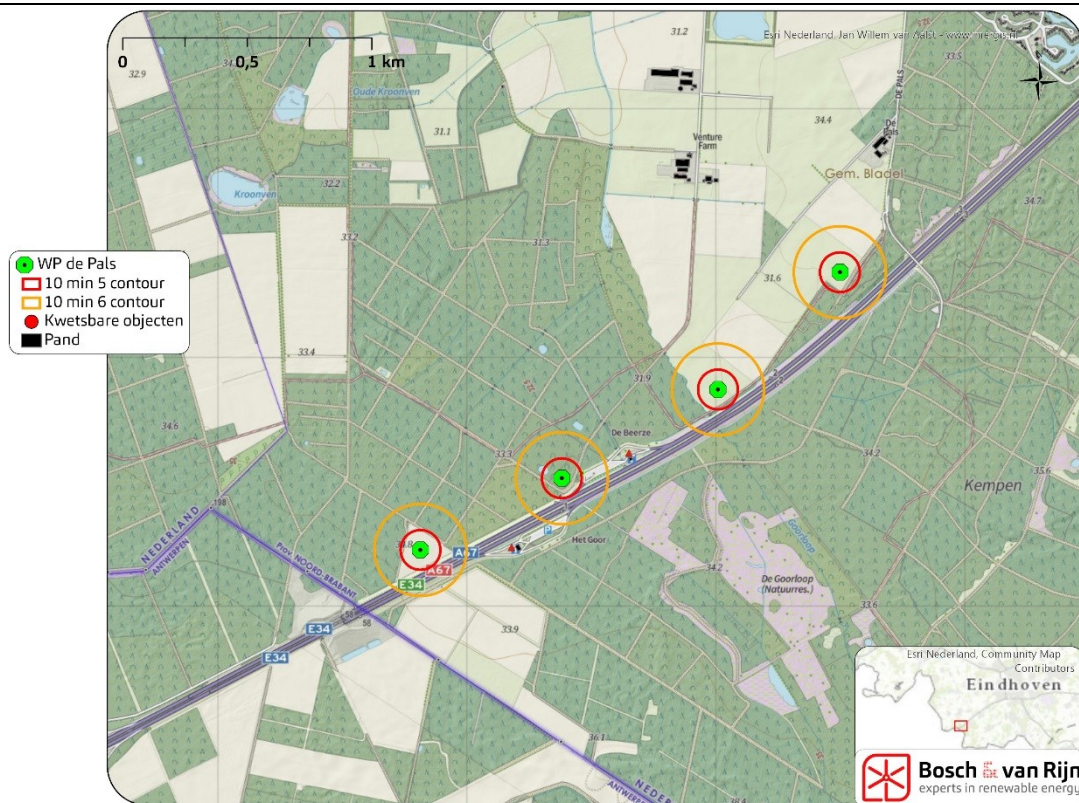
Figuur 3 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 1)



Er bevinden zich geen (geprojecteerde) beperkt kwetsbare objecten of kwetsbare objecten binnen respectievelijk de 10^{-5} en 10^{-6} contour.

4.1.2 Alternatief 2

Figuur 4 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 2)



Er bevinden zich geen (geprojecteerde) beperkt kwetsbare objecten of kwetsbare objecten binnen respectievelijk de 10^{-5} en 10^{-6} contour.

4.1.3 Alternatief 3

Er bevinden zich geen (geprojecteerde) beperkt kwetsbare objecten of kwetsbare objecten binnen respectievelijk de 10^{-5} en 10^{-6} contour.

Figuur 5 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 3)



4.2 Risicovolle installaties

De berekende maximale werpstanden (bij overtoeren) zijn ingetekend op de kaart en voor de locatie is nagegaan of binnen deze maximale werpafstanden risicovolle installaties aanwezig zijn.

4.2.1 Alternatief 1

Figuur 6 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



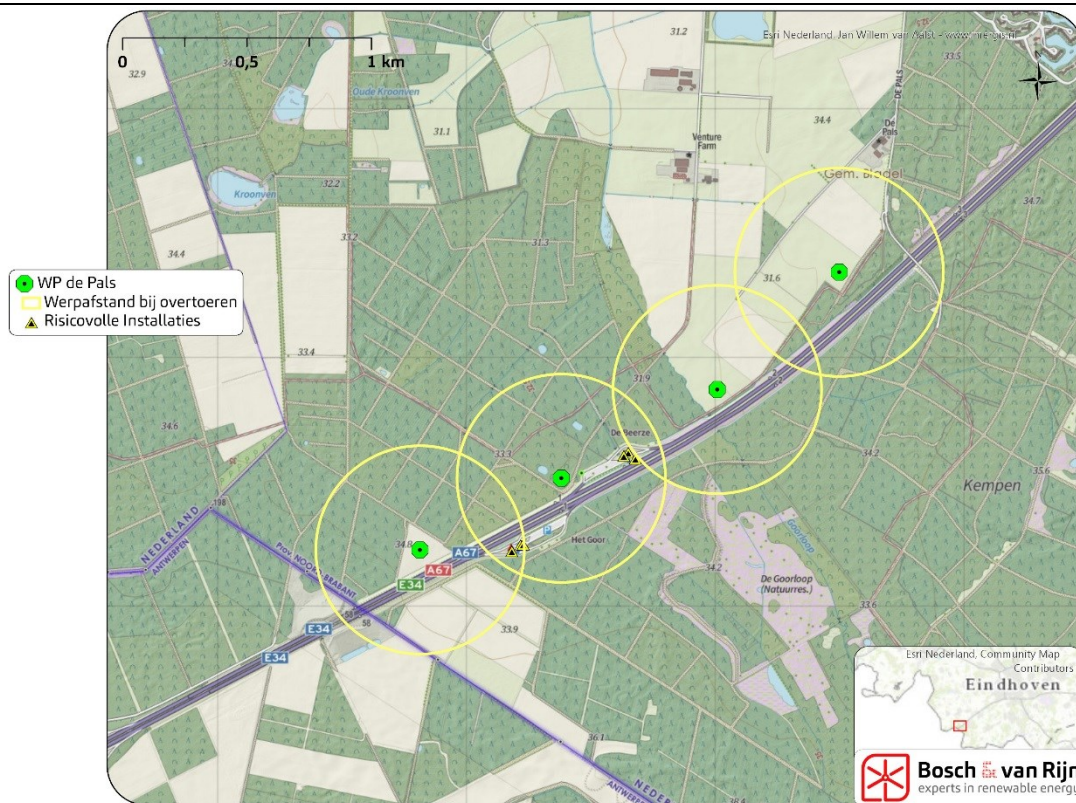
Op basis van de ingetekende werpafstanden en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

Windturbine	Installatie	Afstand tot installatie (m)
Windturbine 2	LPG-afleverinstallatie	353
Windturbine 2	LPG-reservoir	313
Windturbine 2	Vulpunt	304
Windturbine 2	LPG-reservoir	266
Windturbine 2	Vulpunt	287
Windturbine 2	LPG-afleverinstallatie	308

Doordat de afstanden groter zijn dan de tiphoogte heeft alleen het scenario wiekbreuk een risico verhogend effect.

4.2.2 Alternatief 2

Figuur 7 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



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

Windturbine	Installatie	Afstand tot installatie (m)
Windturbine 1	LPG-afleverinstallatie	368
Windturbine 1	LPG-reservoir	405
Windturbine 1	Vulpunt	415
Windturbine 2	LPG-afleverinstallatie	353
Windturbine 2	LPG-reservoir	313
Windturbine 2	Vulpunt	304
Windturbine 2	LPG-reservoir	266
Windturbine 2	Vulpunt	287
Windturbine 2	LPG-afleverinstallatie	308

Doordat de afstanden groter zijn dan de tiphoogte heeft alleen het scenario wiekbreuk een risico verhogend effect.

4.2.3 Alternatief 3

Figuur 8 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



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

Windturbine	Installatie	Afstand tot installatie (m)
Windturbine 1	LPG-afleverinstallatie	368
Windturbine 2	LPG-afleverinstallatie	353
Windturbine 2	LPG-reservoir	313
Windturbine 2	Vulpunt	304
Windturbine 2	LPG-reservoir	266
Windturbine 2	Vulpunt	287
Windturbine 2	LPG-afleverinstallatie	308

Doordat de afstanden groter zijn dan de tiphoogte heeft alleen het scenario wiekbreuk een risico verhogend effect.

4.2.4 Trefkansberekeningen

Rekenmethode wiekbreuk (*Handboek Risicozonering Windturbines*)

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

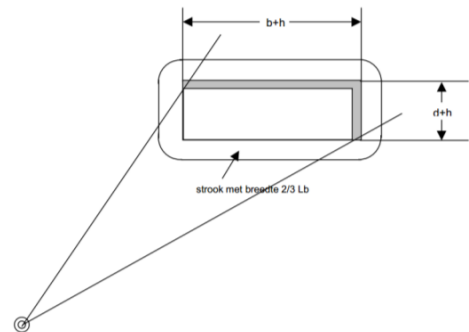
De kans dat het zwaartepunt van de wiek in het geprojecteerde oppervlak terecht komt is:

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

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:

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

4.2.5 Resultaten trefkansen risicovolle installaties

Via de bovenstaande methoden zijn de trefkansen berekend voor de risicovolle installaties van de referentiesituatie en de drie alternatieven waarbij de trefkans van de installatie de som is van de scenario's van falende windturbines. De resultaten worden weergegeven in onderstaande tabellen.

Tabel 4 Trefkansen risicovolle installaties Alternatief 1

Installatie	Totale trefkans
LPG-afleverinstallatie	$5,47 \cdot 10^{-08}$
LPG-Reservoir	$1,46 \cdot 10^{-08}$
Vulpunt	$1,42 \cdot 10^{-08}$
LPG-reservoir	$2,96 \cdot 10^{-08}$
Vulpunt	$1,40 \cdot 10^{-08}$
LPG-afleverinstallatie	$1,46 \cdot 10^{-08}$

Tabel 5 Trefkansen risicovolle installaties Alternatief 2

Installatie	Totale trefkans
LPG-afleverinstallatie	$5,86 \cdot 10^{-08}$
LPG-Reservoir	$3,76 \cdot 10^{-08}$
Vulpunt	$5,58 \cdot 10^{-08}$
LPG-reservoir	$3,01 \cdot 10^{-08}$
Vulpunt	$1,46 \cdot 10^{-08}$
LPG-afleverinstallatie	$1,40 \cdot 10^{-08}$

Tabel 6 Trefkansen risicovolle installaties Alternatief 3

Installatie	Totale trefkans
LPG-afleverinstallatie	$7,71 \cdot 10^{-08}$
LPG-Reservoir	$1,53 \cdot 10^{-08}$
Vulpunt	$1,53 \cdot 10^{-08}$
LPG-reservoir	$3,06 \cdot 10^{-08}$
Vulpunt	$1,52 \cdot 10^{-08}$
LPG-afleverinstallatie	$1,53 \cdot 10^{-08}$

4.2.6 Faalkansverhoging

De berekende trefkans van de alternatieven wordt vergeleken met de intrinsieke faalkans van de risicovolle installatie (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 installaties

Alternatief	Installatie	Intr. Faalkans	Trefkans	Verhoging faalkans
1	LPG-afleverinstallatie	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$5,47 \cdot 10^{-8}$	0,55%
1	LPG-Reservoir	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,46 \cdot 10^{-8}$	0,15%
1	Vulpunt	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,42 \cdot 10^{-8}$	0,14%
1	LPG-reservoir	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$2,96 \cdot 10^{-8}$	0,30%
1	Vulpunt	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,40 \cdot 10^{-8}$	0,14%
1	LPG-afleverinstallatie	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,46 \cdot 10^{-8}$	0,15%
2	LPG-afleverinstallatie	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$5,86 \cdot 10^{-8}$	0,59%
2	LPG-Reservoir	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$3,76 \cdot 10^{-8}$	0,38%
2	Vulpunt	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$5,58 \cdot 10^{-8}$	0,56%
2	LPG-reservoir	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$3,01 \cdot 10^{-8}$	0,30%
2	Vulpunt	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,46 \cdot 10^{-8}$	0,15%
2	LPG-afleverinstallatie	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,40 \cdot 10^{-8}$	0,14%
3	LPG-afleverinstallatie	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$7,71 \cdot 10^{-8}$	0,77%
3	LPG-Reservoir	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,53 \cdot 10^{-8}$	0,15%
3	Vulpunt	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,53 \cdot 10^{-8}$	0,15%
3	LPG-reservoir	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$3,06 \cdot 10^{-8}$	0,31%
3	Vulpunt	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,52 \cdot 10^{-8}$	0,15%
3	LPG-afleverinstallatie	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,53 \cdot 10^{-8}$	0,15%

Uit bovenstaande tabel blijkt dat bij alle installaties wordt voldaan aan de richtwaarde van 10%. Hierdoor is er geen aanvullend onderzoek nodig.

4.3 Infrastructuur

Voor de alternatieven is nagegaan of een windturbine over een openbare weg draait. Indien er geen overdraai plaatsvindt wordt er voldaan aan veiligheidseisen voor Rijkswegen, waarmee geconcludeerd kan worden dat er zich geen onacceptabele risico's voor doen.

Tevens is er per alternatief gekeken of het basisnet zich binnen de invloedssfeer van de windturbines. Aan het einde van de paragraaf wordt ook ingegaan op het aspect 'ijsafworp'.

4.3.1 Adviesafstand Rijkswaterstaat

4.3.1.1 Alternatief 1

Uit onderstaand figuur blijkt dat geen van de windturbines draaien over de openbare weg.

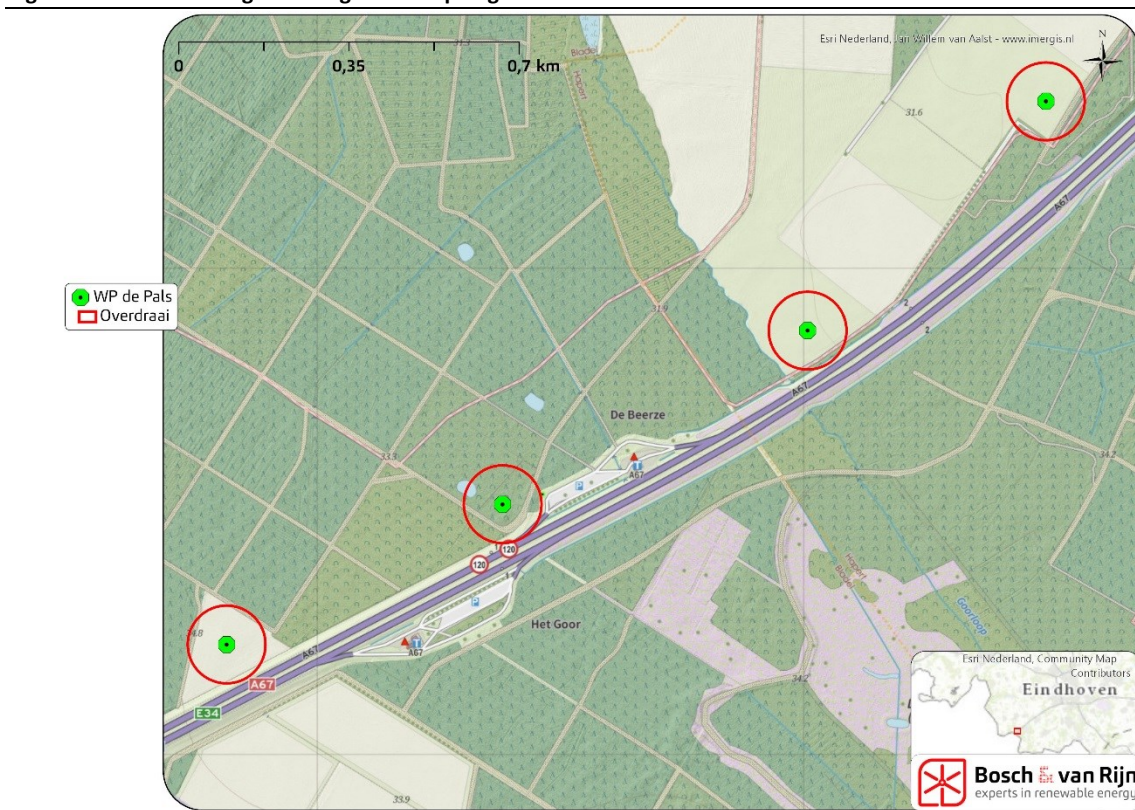
Figuur 9 Wieklenge en wegen in het plangebied



4.3.1.2 Alternatief 2

Uit onderstaand figuur blijkt dat windturbine 2 draait over de oprit van afslag 'De Beerze' nabij de A67. Om de risico's te bepalen moet voor deze windturbine het IPR en MR berekend worden.

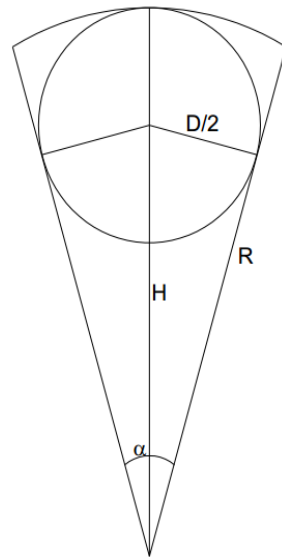
Figuur 10 Wieklenge en wegen in het plangebied



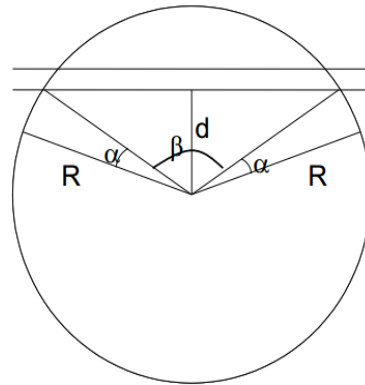
Trefkansberekening mastbreuk

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 11) in aanraking komt met de leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in Figuur 12 (HRW, 2014).

Figuur 11: Windturbine als cirkel segment



Figuur 12: Turbine in aanraking met weg



De trefkans is als volgt:

Turbine	Afstand tot weg (m)	Valhoek graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
2	72	210	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7,58 \cdot 10^{-5}$

De kans dat een vrachtwagen 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 tankwagen (m/s)

L_o = Lengte van het passerend object (m)²

Ten behoeve van deze berekening gaan we uit dat een vrachtwagen een snelheid heeft van 40 km/u, een remsnelheid van 4 m/s en een lengte van 18 meter. Vanwege de lengte en de relatief lage snelheid heeft deze de grootste verblijftijd in het risicogebied van de windturbine.

Afstand tot weg (m)	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg	Verblijfstijd vrachtwagen	Trefkans per passage
72	210	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7,58 \cdot 10^{-5}$	$1,66 \cdot 10^{-08}$	$1,26 \cdot 10^{-12}$

Trefkans vrachtwagen is:

$1,26 \cdot 10^{-12}$ per passage

² De lengte van het passerende object (trein, auto of schip) is de som van de echte lengte van het object vermeerderd met de remweg.

Trefkansberekening Wiekbreuk

De kans dat de vrachtwagen 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
2	311.35	$8,49 \cdot 10^{-9}$	$3,96 \cdot 10^{-6}$

De kans dat een vrachtwagen 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 vrachtwagen (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 2,60 meter.

Trefkans vrachtwagen is: $3,67 \cdot 10^{-12}$ per passage

Trefkansberekening Gondelafworp

Voor het berekenen van personen en objecten ten gevolgen van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als 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.

De kans dat een passant 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 tankwagen (m/s)

L_o = Lengte van het passerend object (m)³

Voor de lengte en snelheid worden dezelfde gegevens gebruikt als bij mastbreuk.

Trefkans passant is: $6,64 \cdot 10^{-13}$ per passage.

³ 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 vrachtwagen

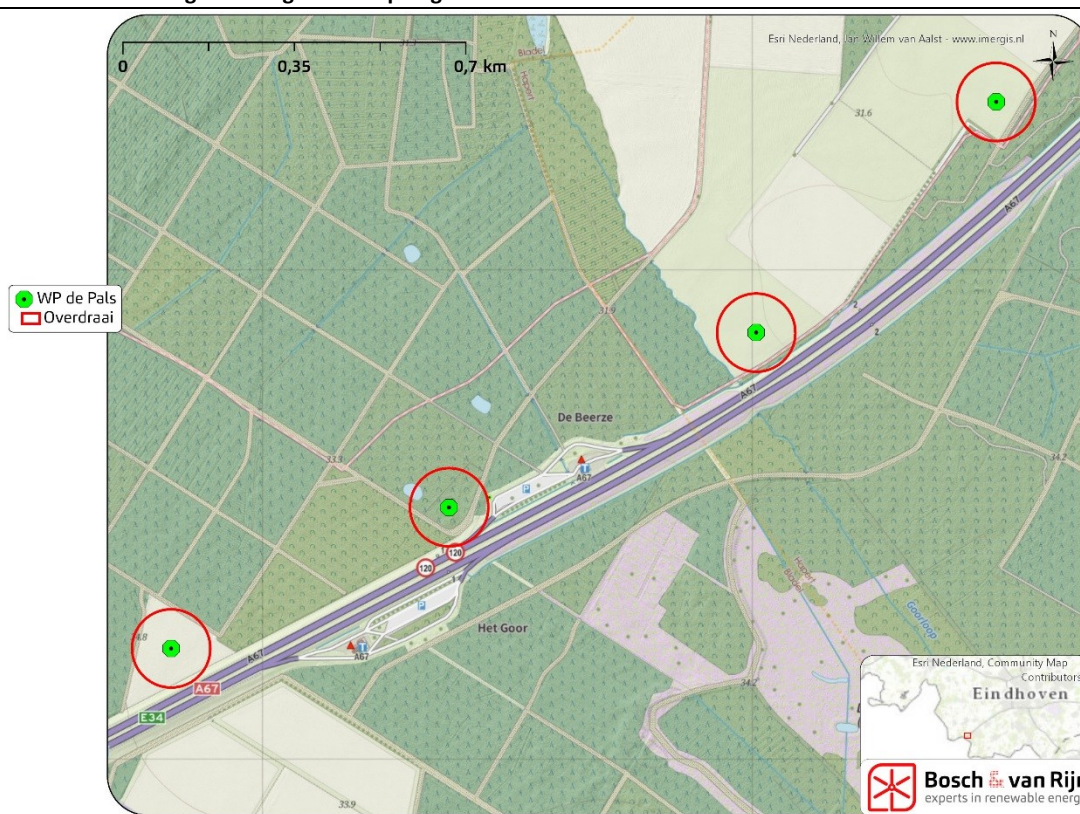
De totale raakkans per passage door de turbine is:

Mastbreuk:	$1,26 \cdot 10^{-12}$ per passage
Wiekbreuk:	$3,67 \cdot 10^{-12}$ per passage
Gondelafwerp:	$6,64 \cdot 10^{-13}$ per passage
Totaal:	$5,59 \cdot 10^{-12}$ per passage.

4.3.1.3 Alternatief 3

Uit onderstaand figuur blijkt dat windturbine 2 draait over de oprit van afslag 'De Beerze' nabij de A67. Om de risico's te bepalen moet voor deze windturbine het IPR en MR berekend worden.

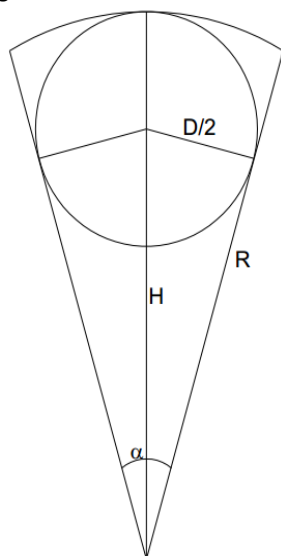
Figuur 13 Wieklengete en wegen in het plangebied



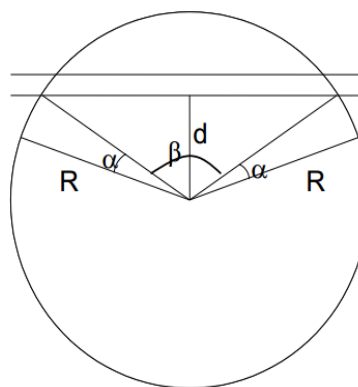
Trefkansberekening mastbreuk

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 114) in aanraking komt met de leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in Figuur 15 (HRW, 2014).

Figuur 14: Windturbine als cirkel segment



Figuur 15: Turbine in aanraking met weg



De trefkans is als volgt:

Turbine	Afstand tot weg (m)	Valhoek graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
2	72	210	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7,58 \cdot 10^{-5}$

De kans dat een vrachtwagen 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 tankwagen (m/s)

L_o = Lengte van het passerend object (m)⁴

Ten behoeve van deze berekening gaan we uit dat een vrachtwagen een snelheid heeft van 40 km/u, een remsnelheid van 4 m/s en een lengte van 18 meter. Vanwege de lengte en de relatief lage snelheid heeft deze de grootste verblijftijd in het risicogebied van de windturbine.

⁴ De lengte van het passerende object (trein, auto of schip) is de som van de echte lengte van het object vermeerderd met de remweg.

Afstand tot weg (m)	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg	Verblijfstijd vrachtwagen	Trefkans per passage
72	210	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$7.58 \cdot 10^{-5}$	$1.66 \cdot 10^{-08}$	$1.26 \cdot 10^{-12}$

Trefkans vrachtwagen is:
 $1.26 \cdot 10^{-12}$ per passage

Trefkansberekening Wiekbreuk

De kans dat de vrachtwagen 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
2	311.35	$9.69 \cdot 10^{-9}$	$4.53 \cdot 10^{-6}$

De kans dat een vrachtwagen 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 vrachtwagen (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 2,60 meter.

Trefkans vrachtwagen is: $4.20 \cdot 10^{-12}$ per passage

Trefkansberekening Gondelafworp

Voor het berekenen van personen en objecten ten gevolgen van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als 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 berekend worden op de onderstaande manier.

De kans dat een passant 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 tankwagen (m/s)
 L_o = Lengte van het passerend object (m)⁵

Voor de lengte en snelheid worden dezelfde gegevens gebruikt als bij mastbreuk.

Trefkans passant is: $6,64 \cdot 10^{-13}$ per passage.

Trefkans vrachtwagen

De totale raakkans per passage door de turbine is:

Mastbreuk:	$1,26 \cdot 10^{-12}$ per passage
Wiekbreuk:	$4,20 \cdot 10^{-12}$ per passage
Gondelafworp:	$6,64 \cdot 10^{-13}$ per passage

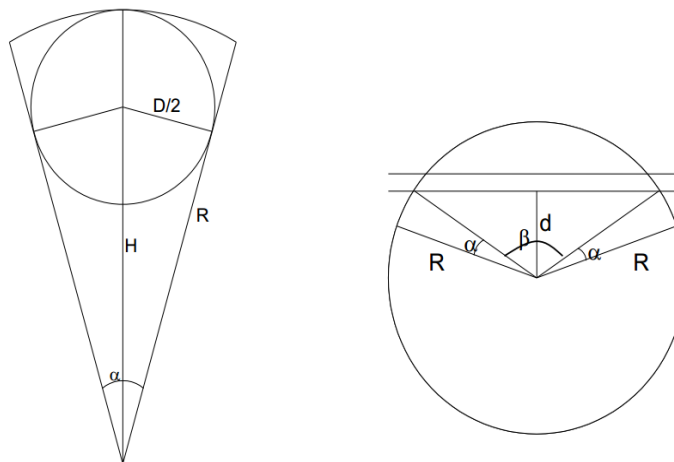
Totaal:	$6,12 \cdot 10^{-12}$ per passage.

4.3.2 Basisnet

De A67 is onderdeel van het basisnet. Doordat er transport van gevaarlijke stoffen mogelijk is wordt de kans berekend dat een tankwagen wordt geraakt.

Rekenmethode mastbreuk

De kans dat de weg (A67) wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van onderstaand cirkelsegment (Figuur 16) in aanraking komt met leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in onderstaande figuur (HRW, 2014).



Figuur 16 - Windturbine als cirkelsegment en in aanraking met weg

⁵ De lengte van het passerende object (trein, auto of schip) is de som van de echte lengte van het object vermeerderd met de remweg.

De trefkans is berekend voor de windturbine die het dichtstbij de A67 staat. Deze windturbine wordt als maatgevend beschouwd voor de andere windturbines.

Alternatief	Afstand tot weg (m)	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
1	83	174	$1,3 \cdot 10^{-04}$	$6,28 \cdot 10^{-5}$
2	83	180	$1,3 \cdot 10^{-04}$	$6,50 \cdot 10^{-5}$
3	83	180	$1,3 \cdot 10^{-04}$	$6,50 \cdot 10^{-5}$

De kans dat een tankwagen 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 tankwagen (m/s)

L_o = Lengte van het passerend object (m)⁶

Ten behoeve van deze berekening gaan wij uit dat de tankwagen een snelheid heeft van 80 km/u, een remsnelheid van 4 m/s en een lengte van 18 meter.

Alternatief	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg	Verblijfstijd passant	Trefkans per passage
1	187	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$6,28 \cdot 10^{-5}$	$3,36 \cdot 10^{-08}$	$2,11 \cdot 10^{-12}$
2	180	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$6,50 \cdot 10^{-5}$	$3,36 \cdot 10^{-08}$	$2,18 \cdot 10^{-12}$
3	180	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$6,50 \cdot 10^{-5}$	$3,36 \cdot 10^{-08}$	$2,18 \cdot 10^{-12}$

Rekenmethode wiekbreuk

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

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

De kans dat een tankwagen 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 tankwagen (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 2,60 meter.

⁶ 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 tankwagen voor A1 is: $1,80 \cdot 10^{-10}$ per passage

Trefkans tankwagen voor A2 is: $1,69 \cdot 10^{-10}$ per passage

Trefkans tankwagen voor A3 is: $1,90 \cdot 10^{-10}$ per passage

Conclusie trefkans tankwagen

De totale raakkans per passage door de turbines is:

Alternatief 1: $1,82 \cdot 10^{-10}$ per passage

Alternatief 2: $1,71 \cdot 10^{-10}$ per passage

Alternatief 3: $1,92 \cdot 10^{-10}$ per passage

4.3.3 Ijsafworp

Doordat de windturbines zich dichtbij de A67 bevinden zal hieronder worden ingegaan op de risico's van ijsafworp. Het Handboek risicozonering Windturbines zegt het volgende over ijsafworp:

“Uit ervaring is bekend dat in Nederland ijsafzetting op de bladen meestal ontstaat tijdens stilstand van de windturbine. Observaties van dit fenomeen hebben laten zien dat bij een kleine beweging of doorbuiging van het blad, hetgeen al optreedt bij zeer geringe windsnelheid, het ijs in grote brokken naar beneden valt en dat langwerpige platen ijs in een strook onder het rotorvlak terecht komen. De brokken hebben een oppervlak kleiner dan het blad zelf en een dikte van enkele millimeters tot een centimeter. Door het “dwarrelen” van de brokken ijs kunnen deze, afhankelijk van de hoogte van de windturbine in een strook van enkel tientallen meters breed terecht komen. Bij een turbine met een masthoogte van circa 65 meter is waargenomen dat stukken ijs op 10-15 meter van het rotorvlak terecht kwamen. Indien het gebied onder de rotor vrij toegankelijk is zal het aspect van de afvallend ijs in de risicobehoordeling meegenomen moeten worden. De impact op een object is vergelijkbaar met die van brokken ijs die b.v. van een vrachtwagen afwaaien en een achteropkomende auto treffen; meestal is de achteropkomende auto niet beschadigd. Onbeschermde personen kunnen mogelijk gewond raken. Het aantal keren per jaar dat ijs aangroeit aan een blad is sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden. Indien nodig of gewenst kan dit risico worden vermeden door bij ijsafzetting de turbine zodanig te kruien dat de strook onder het rotorvlak niet meer toegankelijk is voor onbeschermde personen. Het aantal keren per jaar dat ijs aangroeit aan een blad is sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden. Volgens schattingen van de opstellers van het handboek komt de situatie in Nederland maximaal twee keer per jaar voor.

Volgens het Besluit Voorzieningen en Installaties Milieubeheer mogen de windturbines niet in bedrijf zijn of worden genomen indien er ijs op de bladen zit. Mocht dit toch gebeuren dan zijn de risico's voor de omgeving minimaal, omdat het om kleine brokstukken gaat die relatief ver weg geslingerd kunnen worden. Het PR hiervan is verwaarloosbaar klein.”

Ijsdetectie

Windturbines kunnen uitgerust worden met ijsdetectie. Wanneer ijsafzetting plaatsvindt stopt de windturbine en draait deze indien gewenst naar een vooraf ingestelde stand (bijv. parallel aan de weg zodat de afstand tot de weg zo groot mogelijk is). De windturbines worden vervolgens pas weer in bedrijf genomen wanneer visueel is vastgesteld dat er geen ijs meer op de bladen is.

Op basis van deze tekst kan worden opgemaakt dat, vanwege de afstand, ijsafworp voor de snelwegen niet relevant is zolang de windturbines worden voorzien van ijsdetectie die de windturbines stilzet bij ijsdetectie en wanneer de afstand tussen de stilstaande positie groter is dan de afstand dat ijs kan neerkomen.

De strook waarin ijs kan vallen is berekend op basis van een voorbeeld in het Handboek Risicozonering (versie 2014) waarbij bij een masthoogte van 65 meter is waargenomen dat stukken ijs op 10-15 meter van het rotorvlak terecht kwamen.

Dit extrapoleren naar een masthoogte van 120 meter en 160 meter zou betekenen dat ijs kan vallen binnen een oppervlakte van ca. 27,7 meter en 36,92 meter rondom de rotorbladen.

Op basis van de posities van de windturbine is gekeken of de windturbines van de alternatieven dusdanig gekruid kunnen worden dat de snelweg zich niet bevindt binnen een oppervlakte van 36,92 meter van de bladen.

Uit de analyse blijkt dat voor alle alternatieven geldt dat de wieken dusdanig gepositioneerd kunnen worden dat de snelweg zich niet bevindt binnen 36,92 meter van de windturbine.

Hoofdstuk 5 Voorkeursalternatief

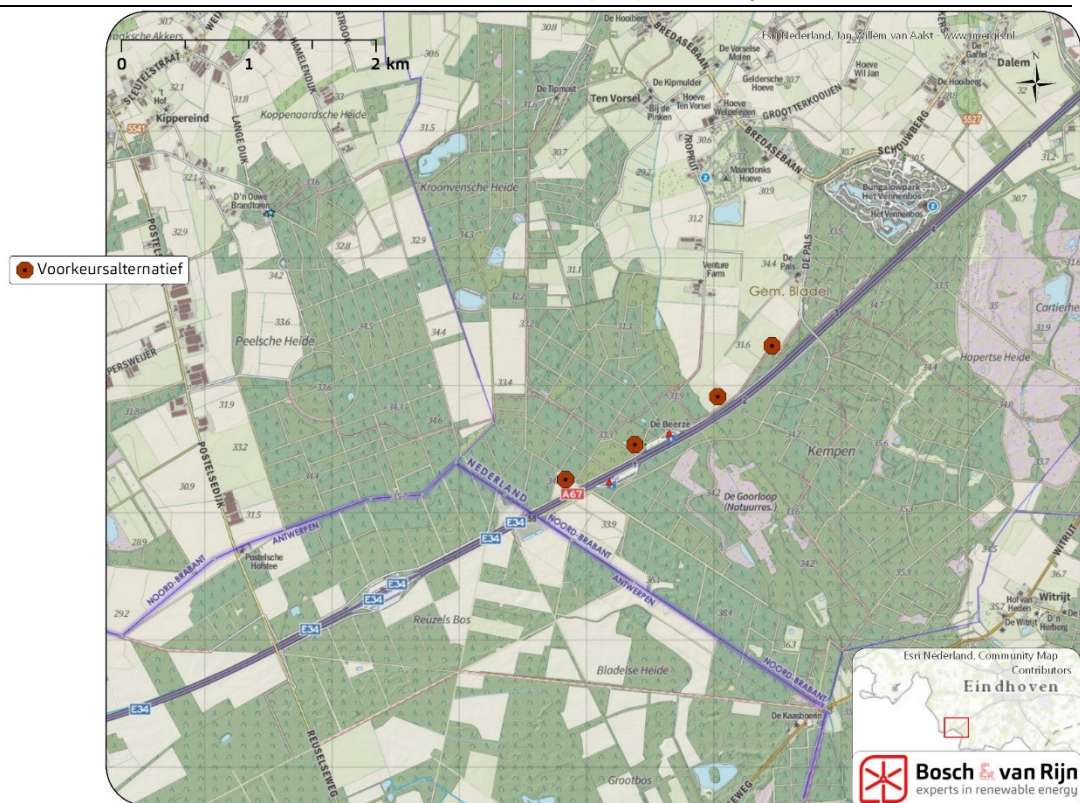
5.1 Beschrijving voorkeursalternatief

Mede op basis van de resultaten van het MER is een voorkeursalternatief (VKA) gedefinieerd. Van het VKA liggen de windturbinelocaties vast, maar is er een bandbreedte in ashoogte en rotordiameter. Voor wat betreft de afmetingen is deze bandbreedte als volgt opgespannen:

- Ashoogte: Minimaal 145 meter, maximaal 165 meter;
- Rotordiameter: Minimaal 145 meter, maximaal 165 meter;
- Tiphoogte: minimaal 217,5 meter, maximaal 240 meter;

In dit hoofdstuk is de bovengrens van de bandbreedte doorerekend, doordat de bovengrens het hoogste risico verhogend effect heeft op nabijgelegen gebouwen, installaties en infrastructuur.

Figuur 17 Windturbinelocaties van het Voorkeursalternatief (VKA) voor windpark de Pals



De coördinaten van de windturbines staan in onderstaande tabel.

Windturbine	X	Y
1	144.457	371.313
2	144.032	370.911
3	143.379	370.536
4	142.835	370.259

5.2 Te onderzoeken windturbinetype

Om de externe veiligheidsrisico's van de bandbreedte goed in beeld te brengen worden de effecten doorgerekend voor de grootst mogelijke windturbine afmetingen. Dit, aangezien de meeste externe risico's een direct gevolg zijn van de afmetingen. Hiertoe is een referentiewindturbine bepaald met de juiste afmetingen en zijn de werpafstanden gebaseerd⁷ op een GE-158 op 161 meter ashoogte:

Wtb type	Ashoogte (m)	Risicocontouren (m)		Max. werpafstand (m)	
		10^{-5}	10^{-6}	Bij nominaal toerental	Bij overtoeren
Ref. WTB.	161	82,5	185	171	420

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

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.

5.3 Rekenmethode

Voor de berekeningen is aangesloten bij de rekenmethode voor de MER-alternatieven.

5.4 Risicoanalyse

5.4.1 (beperkt) Kwetsbare objecten.

Op basis van onderstaande figuur is te concluderen dat er zich geen (geprojecteerde) beperkt kwetsbare objecten of kwetsbare objecten zich bevinden binnen respectievelijk de 10^{-5} en 10^{-6} contour.

⁷ De GE-158 is de windturbine die qua afmetingen het dichtstbij de bovenkant van de bandbreedte komt van de commercieel beschikbare windturbines.

Figuur 18 Risicocontouren rond de windturbines (Bovengrens VKA)



5.4.2 Risicovolle Installaties

De berekende maximale werpstanden (bij overtoeren) zijn ingetekend op de kaart en voor de locatie is nagegaan of binnen deze maximale werpafstanden risicovolle installaties aanwezig zijn.

Figuur 19 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



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

Tabel 9 Risicovolle Installaties binnen invloedssfeer van de windturbines

Windturbine	Installatie	Afstand tot installatie (m)
Windturbine 3	LPG-afleverinstallatie	305
Windturbine 3	LPG-reservoir	262
Windturbine 3	Vulpunt	283
Windturbine 3	LPG-reservoir	329
Windturbine 3	Vulpunt	321
Windturbine 3	LPG-afleverinstallatie	367
Windturbine 4	LPG-afleverinstallatie	348
Windturbine 4	LPG-reservoir	383
Windturbine 4	Vulpunt	392

Doordat de afstanden groter zijn dan de tiphoogte heeft alleen het scenario wiekbreuk een risico verhogend effect.

5.4.2.1 Trefkansberekeningen

Rekenmethode wiekbreuk (*Handboek Risicozonering Windturbines*)

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

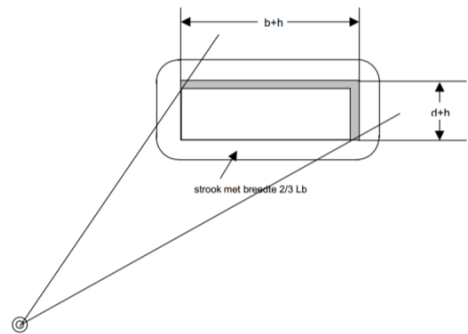
De kans dat het zwaartepunt van de wiek in het geprojecteerde oppervlak terecht komt is:

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

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:

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

5.4.2.2 Resultaten trefkansen risicovolle installaties

Via de bovenstaande methoden zijn de trefkansen berekend voor de risicovolle installaties van de referentiesituatie en de drie alternatieven waarbij de trefkans van de installatie de som is van de scenario's van falende windturbines. De resultaten worden weergegeven in onderstaande tabellen.

Tabel 10 Trefkansen risicovolle installaties Bovengrens

Installatie	Totale trefkans
LPG-afleverinstallatie	$1,42 \cdot 10^{-08}$
LPG-Reservoir	$1,62 \cdot 10^{-08}$
Vulpunt	$1,48 \cdot 10^{-08}$
LPG-reservoir	$3,07 \cdot 10^{-08}$
Vulpunt	$3,21 \cdot 10^{-08}$
LPG-afleverinstallatie	$2,94 \cdot 10^{-08}$

5.4.2.3 Faalkansverhoging

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

Tabel 11 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 12 Verhoging faalkans van risicovolle installaties

Alternatief	Installatie	Intr. Faalkans	Trefkans	Verhoging faalkans
Bovengrens	LPG-afleverinstallatie	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,42 \cdot 10^{-8}$	0,14%
Bovengrens	LPG-Reservoir	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,62 \cdot 10^{-8}$	0,16%
Bovengrens	Vulpunt	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,48 \cdot 10^{-8}$	0,15%
Bovengrens	LPG-reservoir	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$3,07 \cdot 10^{-8}$	0,29%
Bovengrens	Vulpunt	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$3,21 \cdot 10^{-8}$	0,31%
Bovengrens	LPG-afleverinstallatie	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$2,94 \cdot 10^{-8}$	0,32%

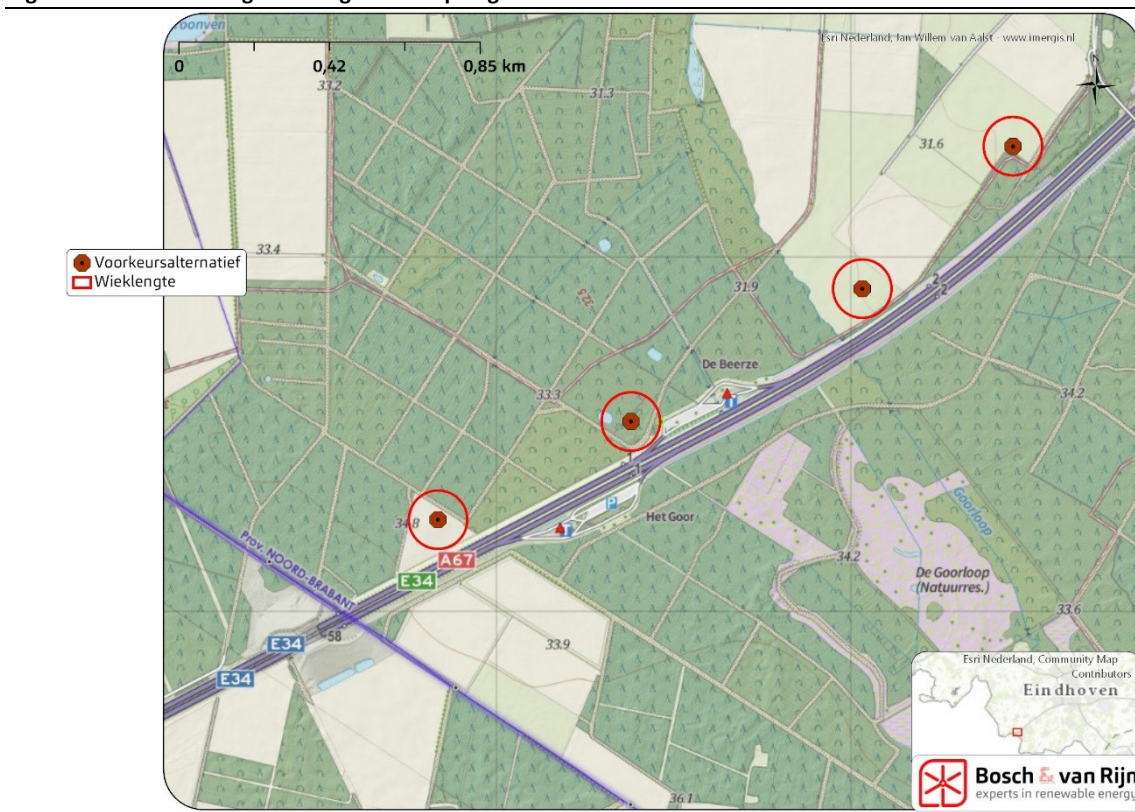
Uit bovenstaande tabel blijkt dat bij alle installaties wordt voldaan aan de richtwaarde van 10%. Hierdoor is er geen aanvullend onderzoek nodig.

5.4.3 Infrastructuur

5.4.3.1 Adviesafstand Rijkswaterstaat

Uit onderstaand figuur blijkt dat er geen overdraai plaats vindt over de snelweg. Ook bij windturbine 3 vindt er geen overdraai plaats over de oprit van afslag 'De Beerze' nabij de A67. Echter, doordat het windpark zich dusdanig dicht bij de snelweg bevindt, worden de risico's bepaald en het IPR en MR berekend.

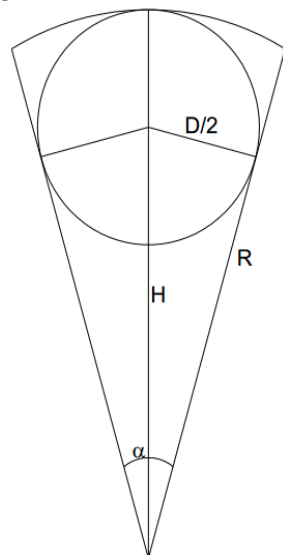
Figuur 20 Wieklenge en wegen in het plangebied



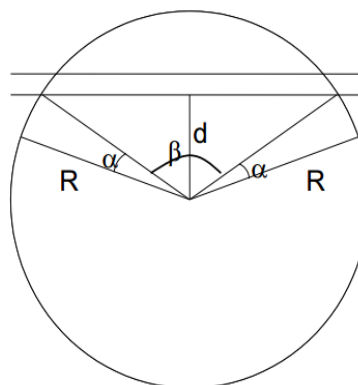
Trefkansberekening mastbreuk

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 21) in aanraking komt met de leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in Figuur 22 (HRW, 2014).

Figuur 21: Windturbine als cirkel segment



Figuur 22: Turbine in aanraking met weg



De trefkans is als volgt:

Turbine	Afstand tot weg (m)	Valhoek graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
3	87	185	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$6,68 \cdot 10^{-5}$

De kans dat een vrachtwagen 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 tankwagen (m/s)

L_o = Lengte van het passerend object (m)⁸

Ten behoeve van deze berekening gaan we uit dat een vrachtwagen een snelheid heeft van 40 km/u, een remsnelheid van 4 m/s en een lengte van 18 meter. Vanwege de lengte en de relatief lage snelheid heeft deze de grootste verblijftijd in het risicogebied van de windturbine.

Afstand tot weg (m)	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg	Verblijfstijd vrachtwagen	Trefkans per passage
87	185	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$6,68 \cdot 10^{-5}$	$1,66 \cdot 10^{-8}$	$1,11 \cdot 10^{-12}$

Trefkans vrachtwagen is:

$1,11 \cdot 10^{-12}$ per passage

⁸ De lengte van het passerende object (trein, auto of schip) is de som van de echte lengte van het object vermeerderd met de remweg.

Trefkansberekening Wiekbreuk

De kans dat de vrachtwagen 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
3	311.35	$7,11 \cdot 10^{-9}$	$2,21 \cdot 10^{-6}$

De kans dat een vrachtwagen 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 vrachtwagen (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 2,60 meter.

Trefkans vrachtwagen is: $2,05 \cdot 10^{-12}$ per passage

Trefkans vrachtwagen

De totale raakkans per passage door de turbine is:

Mastbreuk:	$1,11 \cdot 10^{-12}$ per passage
Wiekbreuk:	$2,05 \cdot 10^{-12}$ per passage

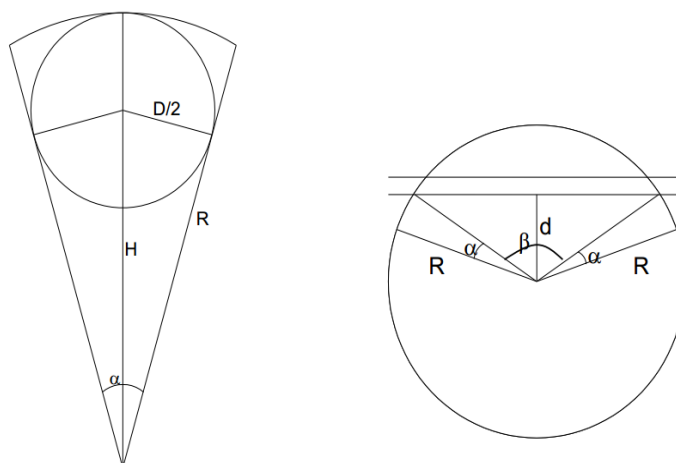
Totaal:	$3,16 \cdot 10^{-12}$ per passage.

5.4.3.2 Basisnet

De A67 is onderdeel van het basisnet. Doordat er transport van gevaarlijke stoffen mogelijk is wordt de kans berekend dat een tankwagen wordt geraakt.

Rekenmethode mastbreuk

De kans dat de weg (A67) wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van onderstaand cirkelsegment (Figuur 16) in aanraking komt met leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in onderstaande figuur (HRW, 2014).



Figuur 23 - Windturbine als cirkelsegment en in aanraking met weg

De trefkans is berekend voor de windturbine die het dichtstbij de A67 staat. Deze windturbine wordt als maatgevend beschouwd voor de andere windturbines.

Alternatief	Afstand tot weg (m)	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
Bovengrens	97	167	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$6,03 \cdot 10^{-5}$

De kans dat een tankwagen 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 tankwagen (m/s)

L_o = Lengte van het passerend object (m)⁹

Ten behoeve van deze berekening gaan wij uit dat de tankwagen een snelheid heeft van 80 km/u, een remsnelheid van 4 m/s en een lengte van 18 meter.

Alternatief	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg	Verblijfstijd passant	Trefkans per passage
Bovengrens	167	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$6,03 \cdot 10^{-5}$	$3,36 \cdot 10^{-8}$	$2,03 \cdot 10^{-12}$

⁹ De lengte van het passerende object (trein, auto of schip) is de som van de echte lengte van het object vermeerderd met de remweg.

Rekenmethode wiekbreuk

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

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

De kans dat een tankwagen 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 tankwagen (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 2,60 meter.

Trefkans tankwagen voor Bovengrens is: $7,29 \cdot 10^{-11}$ per passage

Conclusie trefkans tankwagen

De totale raakkans per passage door de turbines is:

Bovengrens: $7,50 \cdot 10^{-11}$ per passage

5.4.3.3 Ijsafworp

Doordat de windturbines zich dichtbij de A67 bevinden zal hieronder worden ingegaan op de risico's van ijsafworp. Het Handboek risicozonering Windturbines zegt het volgende over ijsafworp:

“Uit ervaring is bekend dat in Nederland ijsafzetting op de bladen meestal ontstaat tijdens stilstand van de windturbine. Observaties van dit fenomeen hebben laten zien dat bij een kleine beweging of doorbuiging van het blad, hetgeen al optreedt bij zeer geringe windsnelheid, het ijs in grote brokken naar beneden valt en dat langwerpige platen ijs in een strook onder het rotorvlak terecht komen. De brokken hebben een oppervlak kleiner dan het blad zelf en een dikte van enkele millimeters tot een centimeter. Door het “dwarrelen” van de brokken ijs kunnen deze, afhankelijk van de hoogte van de windturbine in een strook van enkel tientallen meters breed terecht komen. Bij een turbine met een masthoogte van circa 65 meter is waargenomen dat stukken ijs op 10-15 meter van het rotorvlak terecht kwamen. Indien het gebied onder de rotor vrij toegankelijk is zal het aspect van de afvallend ijs in de risicobeoordeling meegenomen moeten worden. De impact op een object is vergelijkbaar met die van brokken ijs die b.v. van een vrachtwagen afwaaien en een achteropkomende auto treffen; meestal is de achteropkomende auto niet beschadigd. Onbeschermde personen kunnen mogelijk gewond raken. Het aantal keren per jaar dat ijs aangroeit aan een blad is ster afhankelijk van de lokale omstandigheden. Indien nodig of gewenst kan dit risico worden vermeden door bij ijsafzetting de turbine zodanig te kruien dat de strook onder het rotorvlak niet meer toegankelijk is voor onbeschermde personen. Het aantal keren per jaar dat

ijs aangroeit aan een blad is sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden. Volgens schattingen van de opstellers van het handboek komt de situatie in Nederland maximaal twee keer per jaar voor.

Volgens het Besluit Voorzieningen en Installaties Milieubeheer mogen de windturbines niet in bedrijf zijn of worden genomen indien er ijs op de bladen zit. Mocht dit toch gebeuren dan zijn de risico's voor de omgeving minimaal, omdat het om kleine brokstukken gaat die relatief ver weg geslingerd kunnen worden. Het PR hiervan is verwaarloosbaar klein."

Ijsdetectie

Windturbines kunnen uitgerust worden met ijsdetectie. Wanneer ijsafzetting plaatsvindt stopt de windturbine en draait deze indien gewenst naar een vooraf ingestelde stand (bijv. parallel aan de weg zodat de afstand tot de weg zo groot mogelijk is). De windturbines worden vervolgens pas weer in bedrijf genomen wanneer visueel is vastgesteld dat er geen ijs meer op de bladen is.

Op basis van deze tekst kan worden opgemaakt dat, vanwege de afstand, ijsafworp voor de snelwegen niet relevant is zolang de windturbines worden voorzien van ijsdetectie die de windturbines stilzet bij ijsdetectie en wanneer de afstand tussen de stilstaande positie groter is dan de afstand dat ijs kan neerkomen.

De strook waarin ijs kan vallen is berekend op basis van een voorbeeld in het Handboek Risicozonering (versie 2014) waarbij bij een masthoogte van 65 meter is waargenomen dat stukken ijs op 10-15 meter van het rotorvlak terecht kwamen.

Dit extrapoleren naar een masthoogte 165 meter zou betekenen dat ijs kan vallen binnen een oppervlakte van ca 38,07 meter rondom de rotorbladen.

Op basis van de posities van de windturbine is gekeken of de windturbines van de alternatieven dusdanig gekruidd kunnen worden dat de snelweg zich niet bevindt binnen een oppervlakte van 38,07 meter van de bladen.

Uit de analyse blijkt dat geldt dat de wieken dusdanig gepositioneerd kunnen worden dat de snelweg zich niet bevindt binnen 38,07 meter van de windturbine.

Hoofdstuk 6 Conclusie

6.1 (beperkt) Kwetsbare objecten

Er bevinden zich geen (beperkt) kwetsbare objecten binnen de 10^{-5} en 10^{-6} contouren. Hiermee wordt er voldaan aan de veiligheidseisen uit het activiteitenbesluit.

6.2 Risicovolle installaties

Indien de windturbines niet substantieel bijdragen aan een verhoging van de risico's van de inrichting hebben de windturbines geen 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 de risicobeoordeling, toelaatbaar. Op grond van het Handboek Risicozonering Windturbines wordt een richtwaarde of toetsingswaarde gehanteerd van 10%.

Paragrafen 4.2.6 en 5.4.2 bevatten de vergelijking van de trefkans van de windturbines met de intrinsieke faalkans van de installaties. Uit deze vergelijkingen volgt dat de maximale faalkansverhoging 0,77% is. Dit is ver onder de toetsingswaarde van 10%. Dit betekent dat de risico's van de windturbines, gelet op de afstand tot risicovolle inrichtingen, niet leiden tot een toename van de initiële faalkans van deze installaties van meer dan 10%.

6.3 Infrastructuur

Voor Alternatief 1 en het VKA geldt dat er geen overdraai plaats vindt op een openbare weg. Hiermee wordt er voldaan aan de beleidsregel *“Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over rijkswaterstaatwerken”*. Voor alternatief 2 en 3 geldt dat er wel overdraai plaatsvindt waardoor er niet wordt voldaan aan de beleidsregel. Voor deze twee alternatieven en het VKA is de trefkans berekend en deze is:

Alternatief 2:	$2,24 \cdot 10^{-11}$ per passage
Alternatief 3:	$2,45 \cdot 10^{-11}$ per passage
Bovengrens:	$1,26 \cdot 10^{-11}$ per passage

Bij Alternatief 2 wordt aan het IPR voldaan zolang één passant niet meer dan 44.722 keer per jaar de turbines passeert. Dit komt overeen met 122 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 89.445.438 passanten per jaar de windturbines passeren.

Bij Alternatief 3 wordt aan het IPR voldaan zolang één passant niet meer dan 40.849 keer per jaar de turbines passeert. Dit komt overeen met 111 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 81.699.346 passanten per jaar de windturbines passeren.

Bij de bovengrens wordt voldaan aan het IPR zolang één passant niet meer dan 79.365 keer per de turbines passeert. Dit komt overeen met 217 passages per dag, gedurende een heel jaar, door een en dezelfde persoon. Tevens wordt aan het MR ($2 \cdot 10^{-3}$) voldaan zolang niet meer dan 158.730.158 passanten per jaar de windturbines passeren.

Voor het basisnet geldt dat de hoogste trefkans (Alternatief 3) voor een tankwagen $1,92 \cdot 10^{-10}$ per passage is. Echter zijn er 4 windturbines waardoor de trefkans per passage als volgt is: $7,68 \cdot 10^{-10}$ per passage. Dit leidt tot een faalkans per km van:

$2,84 \cdot 10^{-10}$ per vervoerskilometer.

Vergelijkend met de faalkans van een tankwagen ($8,3 \cdot 10^{-8}$ per vtgkm¹⁰) hebben de toekomstige windturbines een faalkansverhoging van 0,33% tot gevolg. Dit is verwaarloosbaar. Doordat de trefkans voor de alternatieven 1,2 en het voorkeursalternatief lager is, geldt deze conclusie ook voor Alternatief 1, Alternatief 2 en het voorkeursalternatief.

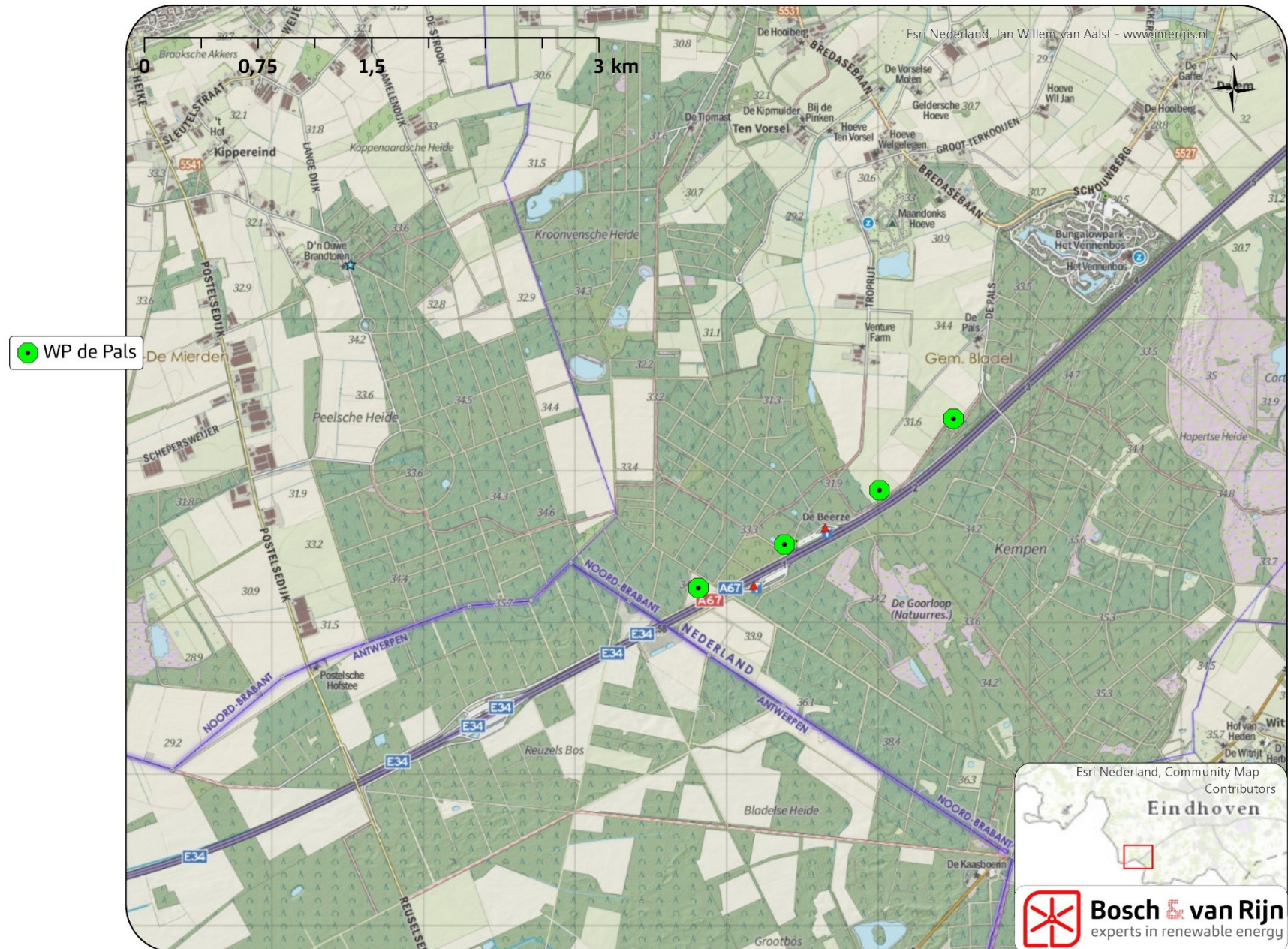
¹⁰ Tabel 10-6 van handleiding risicoanalyse transport

Hoofdstuk 7 Bijlagen

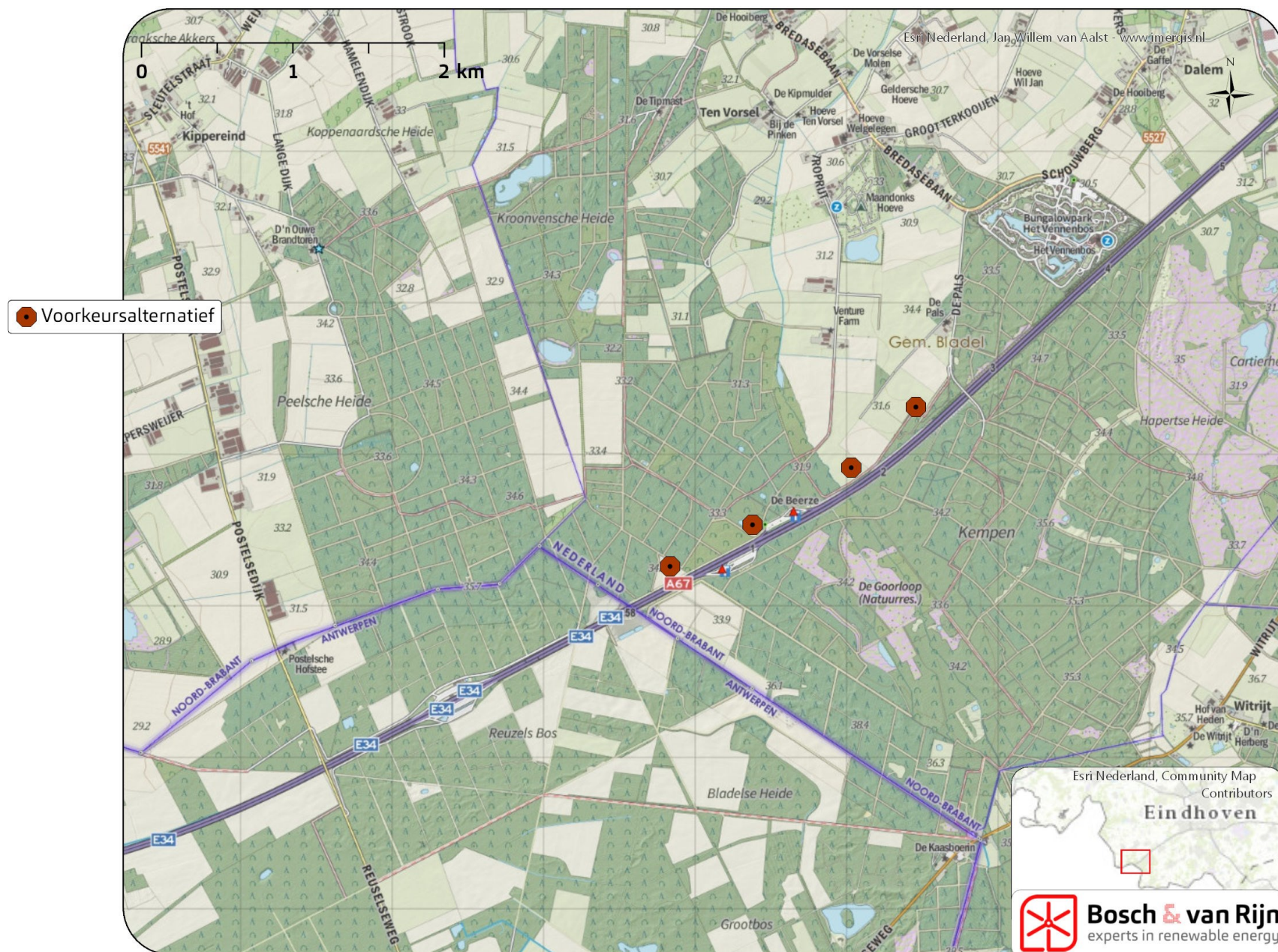
Bijlage A Opstelling Alternatieven



Figuur 24 Opstelling MER-alternatieven



Figuur 25 Opstelling Voorkeursalternatief



Bijlage B Risicocontouren en werpafstanden



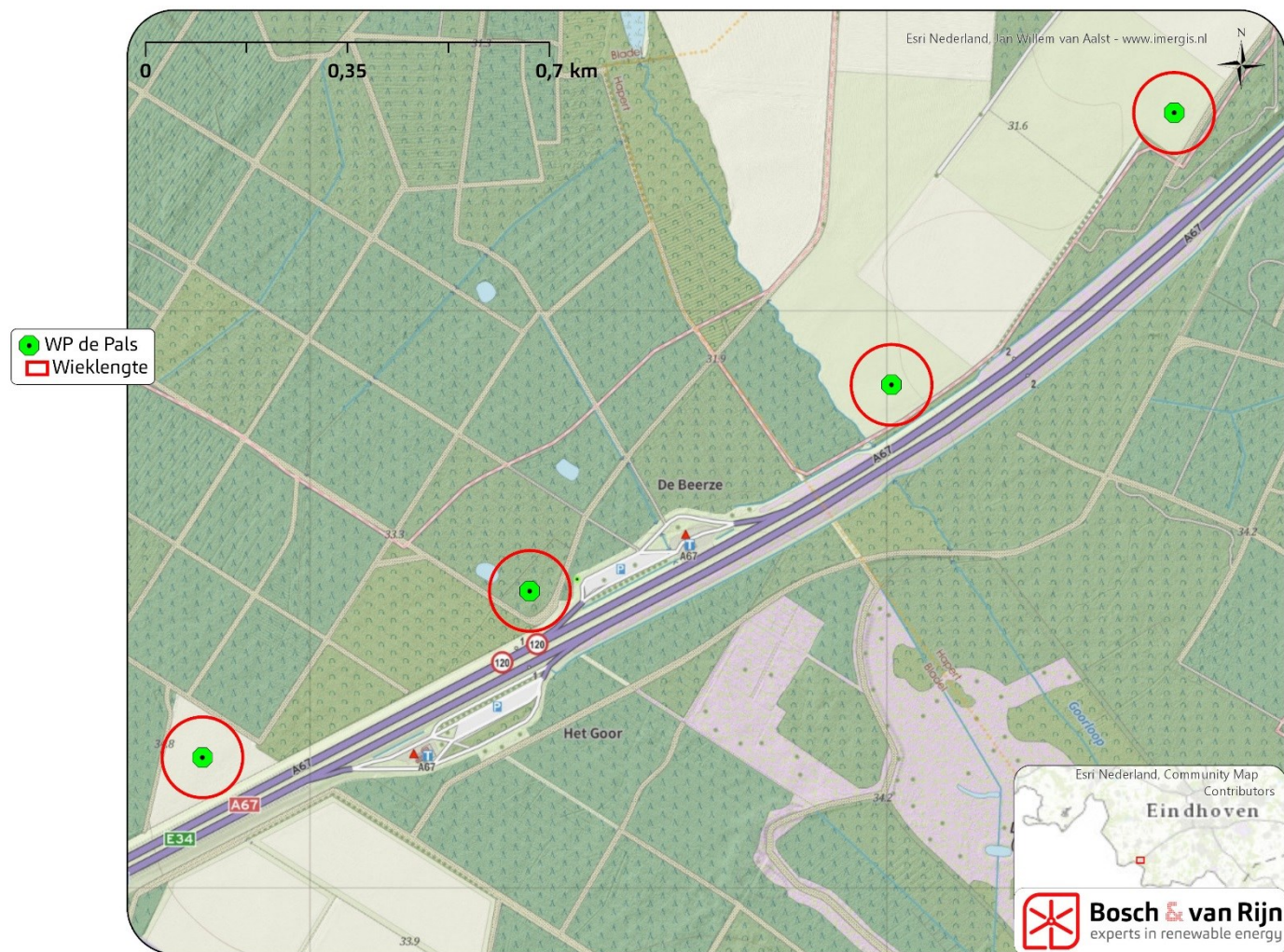
Figuur 26 Risicocontouren Alternatief 1



Figuur 27 Werpafstand bij overtoeren en risicovolle installaties Alternatief 1



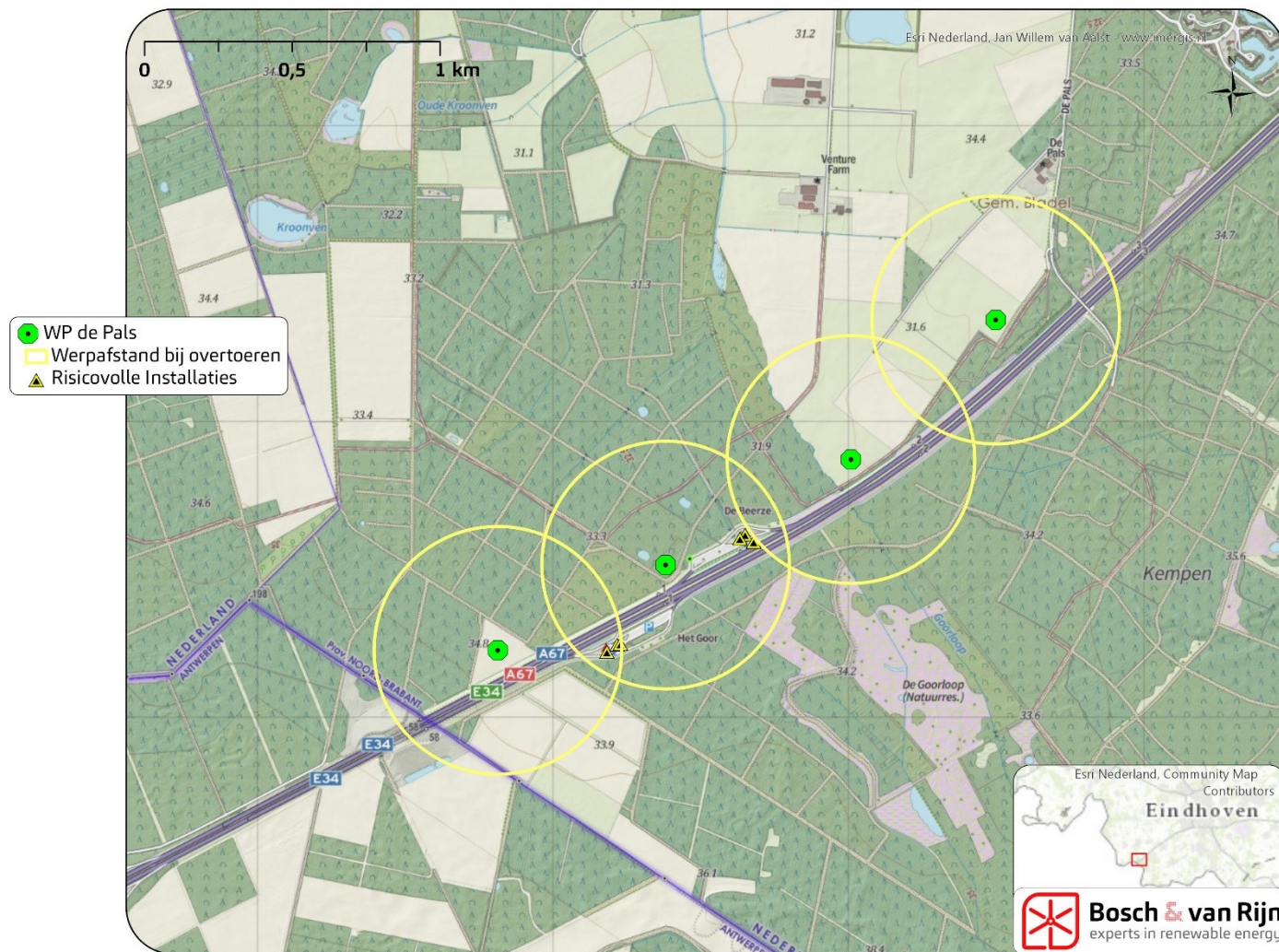
Figuur 28 Wieklenge en Snelweg Alternatief 1



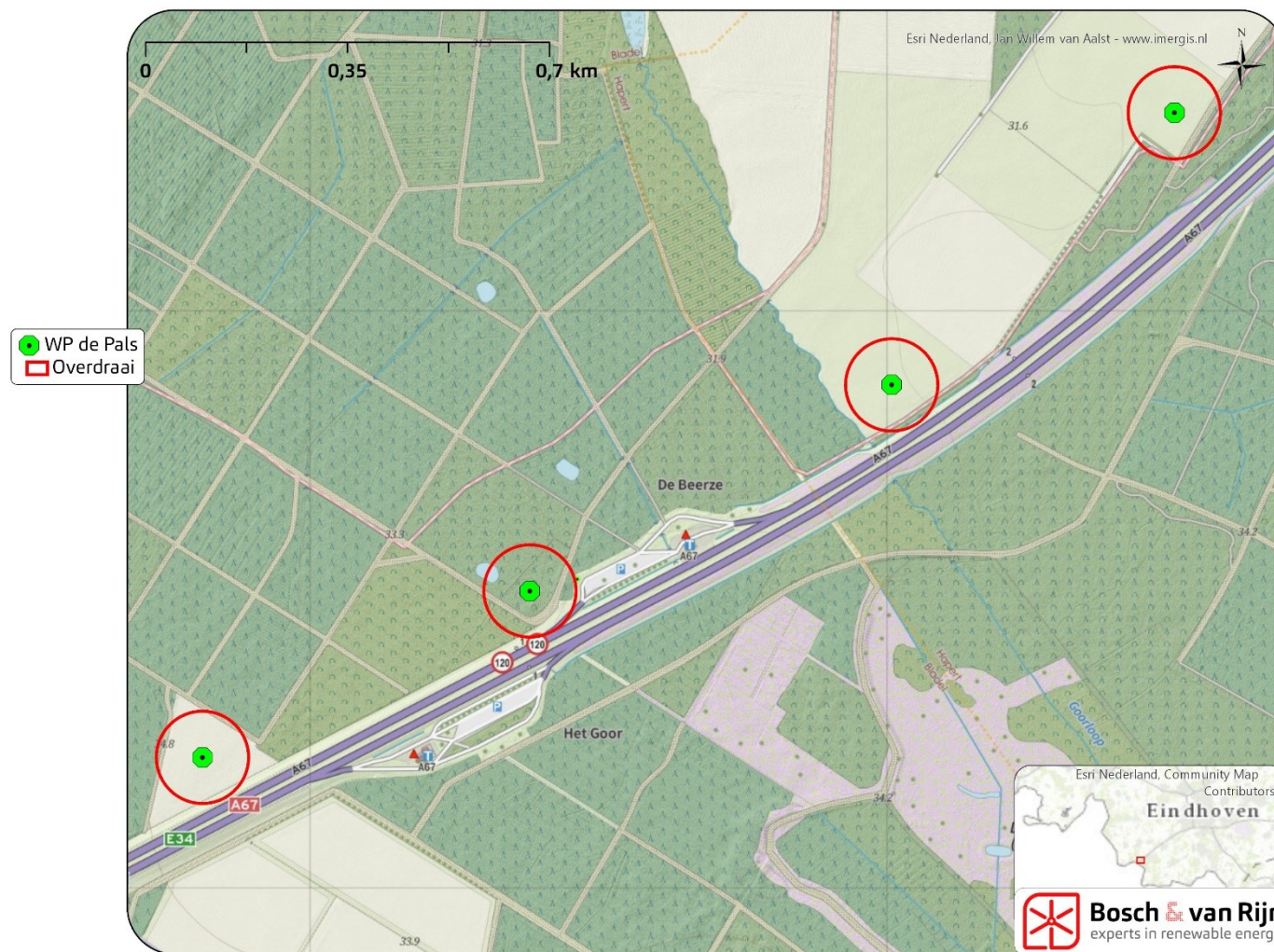
Figuur 29 Risicocontouren Alternatief 2



Figuur 30 Werpafstand bij overtoeren en risicovolle installaties Alternatief 2



Figuur 31 **Wieklengthe en de snelweg Alternatief 2**



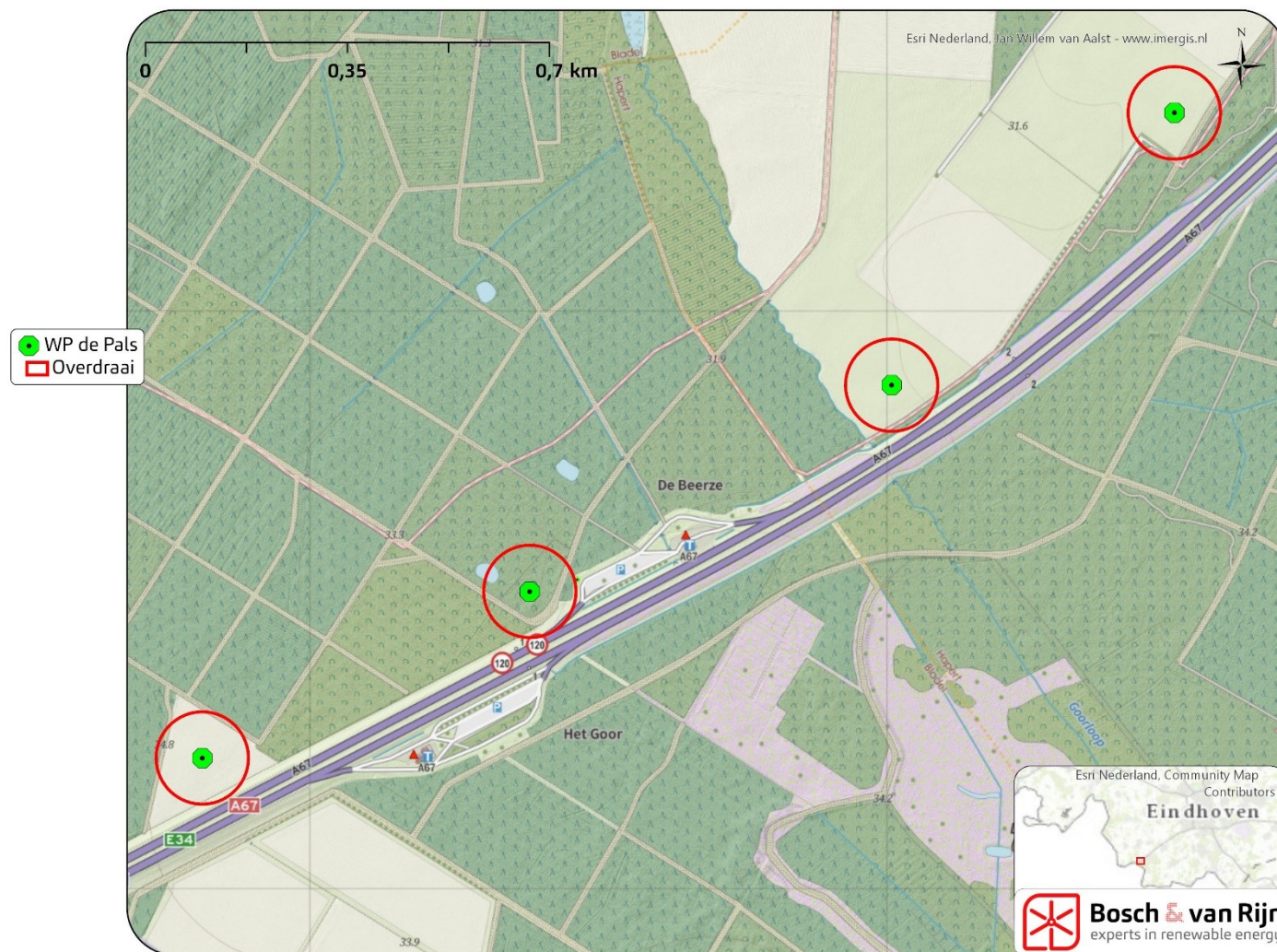
Figuur 32 Risicocontouren Alternatief 3



Figuur 33 **Werpafstand bij overtoeren en risicovolle installaties Alternatief 3**



Figuur 34 **Wieklenge en snelweg Alternatief 3**



Figuur 35 **Risicocontouren Voorkeursalternatief Bovengrens**



Figuur 36 Werpafstand bij overtoeren Voorkeursalternatief Bovengrens en risicovolle installaties



Figuur 37 Wieklengthe en snelweg van het voorkeursalternatief (Bovengrens)



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]

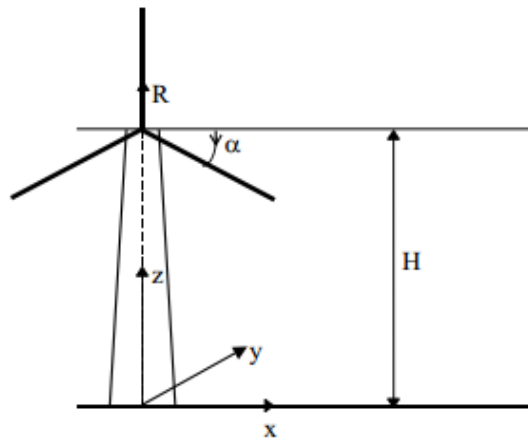
Ω : toerental van de rotor [rad/s]

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 gevolgde 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

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

Bijlage D Werpafstanden turbinetype

Senvion M140 120 ashoogte en 140 rotordiameter

BladeThro

Rekenmodel voor externe veiligheid van windturbines volgens het Handboek Risicozonering

BEDIENINGSPANEEL

Databestand:
[] .txt

Rekenmodel:
☒ Ballistisch
☐ Luchtkrach...

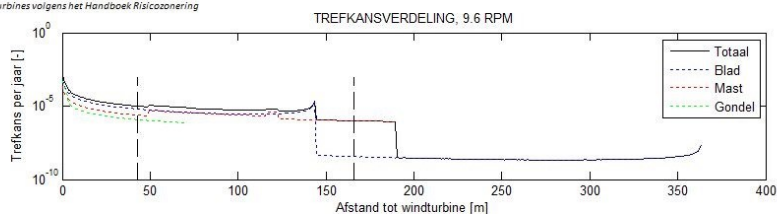
☐ Gebruik mastverstevig...

Bereken p_{zwpt} op:

0 m
0 m

Bereken

Copyright Bloch & Van Rijn, 2014



PARAMETERS

Rotordiameter 140 m
Ashoogte 120 m
Wielengte 68.5 m
Toerental 9.6 RPM
Mastdiameter 5 m
Lengte gondel 15 m
Hoogte gondel 5 m
Zwaartepunt rotorblad 25.2 m
Solidity 0.05 -
Kritiek bladoppervlak 244.5 m²
Masse blad - kg
Windsnelheid - m/s

RESULTATEN

Risicocontouren
10-5 43 m
10-6 166 m
Werpafstanden
Gegeven 144 m
Overtoeren 364 m
p_{zwpt}
Afstand
Waard
Afstand
Waard

GEWIND G158 160 ashoogte en 158 rotordiameter

BladeThro

Rekenmodel voor externe veiligheid van windturbines volgens het Handboek Risicozonering

BEDIENINGSPANEEL

Databestand:
[] .txt

Rekenmodel:
☒ Ballistisch
☐ Luchtkrach...

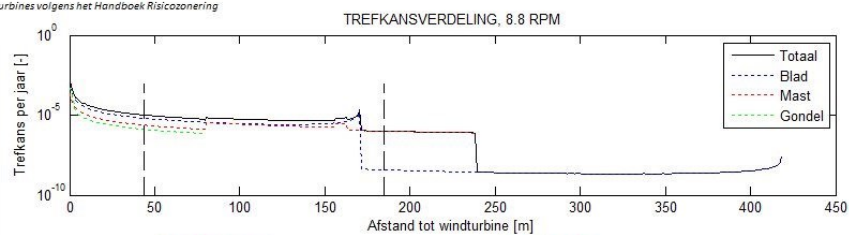
☐ Gebruik mastverstevig...

Bereken p_{zwpt} op:

0 m
0 m

Bereken

Copyright Bloch & Van Rijn, 2014



PARAMETERS

Rotordiameter 158 m
Ashoogte 160 m
Wielengte 77.89 m
Toerental 8.8 RPM
Mastdiameter 5 m
Lengte gondel 15 m
Hoogte gondel 5 m
Zwaartepunt rotorblad 28.8 m
Solidity 0.05 -
Kritiek bladoppervlak 311.35 m²
Masse blad - kg
Windsnelheid - m/s

RESULTATEN

Risicocontouren
10-5 44 m
10-6 185 m
Werpafstanden
Gegeven 171 m
Overtoeren 419 m
p_{zwpt}
Afstand
Waard
Afstand
Waard

GEWIND G158 120 ashoogte en 158 rotordiameter

BladeThro

Rekenmodel voor externe veiligheid van windturbines volgens het Handboek Risicozonering

BEDIENINGSPANEEL

Databestand:
.txt

Rekenmodel
☒ Ballistisch
☐ Luchtkrach...

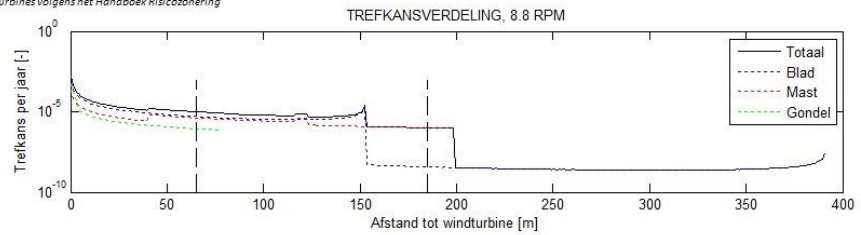
☐ Gebruik mastverstevig...

Bereken p_{zwpt} op:

m
 m

Bereken

Copyright Bosch & Van Rijn, 2014



PARAMETERS

Rotordiameter 158 m
 Ashoogte 120 m
 Wieklengte 77.89 m
 Toerental 8.8 RPM
 Mastdiameter 5 m
 Lengte gondel 15 m
 Hoogte gondel 5 m
 Zwaartepunt rotorblad 28.8 m
 Solidity 0.05 -
 Kritiek bladoppervlak 311.35 m²
 Massa blad - kg
 Windsnelheid - m/s

RESULTATEN

Risicocontouren
 10-5 65 m
 10-6 185 m
 Werpafstanden
 Gegeven 153 m
 Overtoeren 391 m
 p_{zwpt}
 Afstand
 Waard
 Afstand
 Waard

GEWIND G158 161 ashoogte en 158 rotordiameter

BladeThro

Rekenmodel voor externe veiligheid van windturbines volgens het Handboek Risicozonering

BEDIENINGSPANEEL

Databestand:
.txt

Rekenmodel
☒ Ballistisch
☐ Luchtkrach...

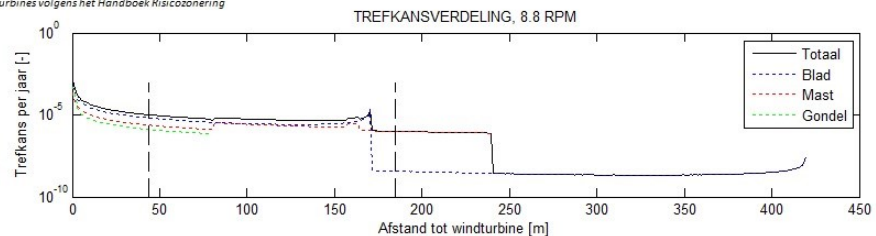
☐ Gebruik mastverstevig...

Bereken p_{zwpt} op:

m
 m

Bereken

Copyright Bosch & Van Rijn, 2014



PARAMETERS

Rotordiameter 158 m
 Ashoogte 161 m
 Wieklengte 77.89 m
 Toerental 8.8 RPM
 Mastdiameter 5 m
 Lengte gondel 15 m
 Hoogte gondel 5 m
 Zwaartepunt rotorblad 28.8 m
 Solidity 0.05 -
 Kritiek bladoppervlak 311.35 m²
 Massa blad - kg
 Windsnelheid - m/s

RESULTATEN

Risicocontouren
 10-5 44 m
 10-6 185 m
 Werpafstanden
 Gegeven 171 m
 Overtoeren 420 m
 p_{zwpt}
 Afstand
 Waard
 Afstand
 Waard

Bijlage E (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) kampeertreinen 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;



Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht
www.boschenvanrijn.nl

© Bosch & Van Rijn 2016

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.