

Bosch & van Rijn

Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht
030 – 677 6466

Auteurs

Stephan Woninck MSc
Martijn Maan MSc
Drs. W.L. Verweij

Opdrachtgevers

Rijkswaterstaat Corporate Dienst
Postbus 8185
3503 RD Utrecht



Windturbines Avelingen

Fout! Ongeldige bladwijzerverwijzing.



Windturbines Avelingen

Onderzoek Externe Veiligheid

Datum	23 september2022
Versie	1.0
Auteur	Stephan Woninck
Tweede lezer	Martijn Maan Wouter Verweij

Bosch & Van Rijn
Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht

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

© Bosch & Van Rijn 2022

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	Inleiding	4
1.2	Onderzoekopstellingen	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
1.3	Leeswijzer	7
HOOFDSTUK 2	RISICO-INVENTARISATIE	8
2.1	Inleiding	9
2.2	Faalscenario's	9
2.3	Werpafstanden en risicocontouren	10
2.4	Risico-inventarisatie	11
HOOFDSTUK 3	BEOORDELINGSKADER	13
3.1	(Beperkt) kwetsbare objecten	14
3.2	Risicovolle installaties	14
3.3	Hoogspanningsinfrastructuur	15
3.4	Wegen	16
3.5	Vaarwegen	17
HOOFDSTUK 4	RISICOANALYSE	18
4.1	(Beperkt) kwetsbare objecten	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
4.2	Risicovolle installaties	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
4.3	Hoogspanningsinfrastructuur	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
4.4	Wegen	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
4.5	Vaarwegen	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
HOOFDSTUK 5	CONCLUSIE	36
5.1	Algehele conclusie	37
5.2	(Beperkt) kwetsbare objecten	37
5.3	Risicovolle installaties	37
5.4	Hoogspanningsinfrastructuur	38
5.5	Wegen	38
5.6	Vaarwegen	38
5.7	Aanbeveling	40
HOOFDSTUK 6	BIJLAGEN	FOUT! BLADWIJZER NIET GEDEFINIEERD.
BIJLAGE A	WINDTURBINEGEGEVENS	41
BIJLAGE B	(BEPERKT) KWETSBARE OBJECTEN	43
BIJLAGE C	TREFKANS BEREKENING VAARWEG	45

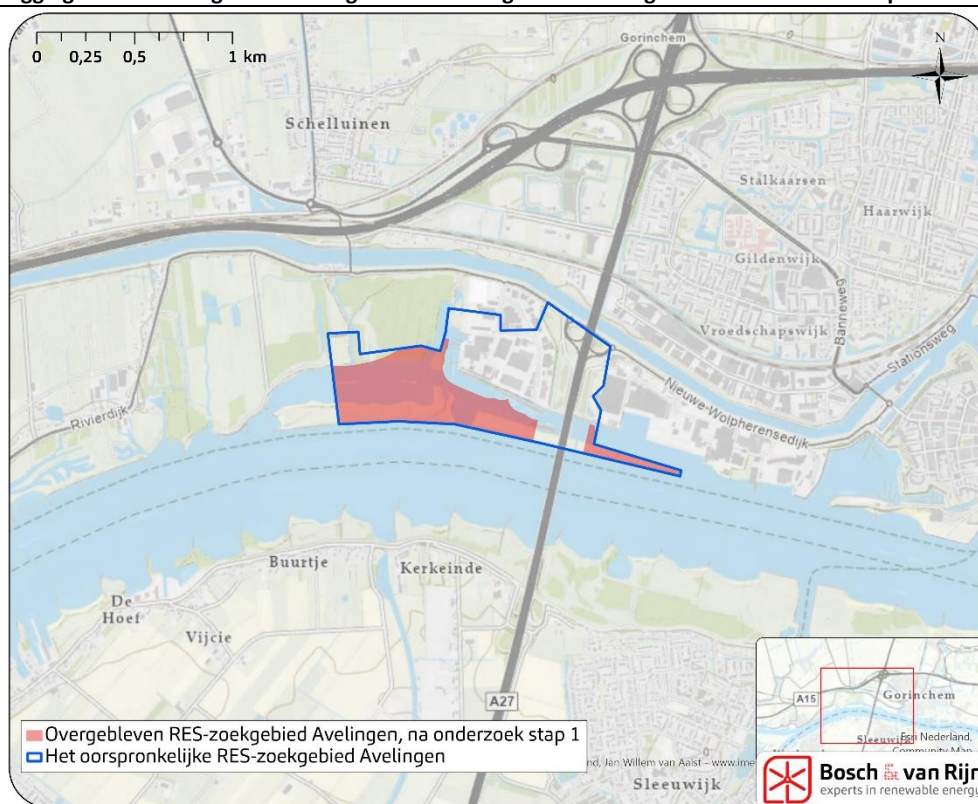
Hoofdstuk 1 Inleiding

1.1 Inleiding

In opdracht van het team 'Windenergie Avelingen' voert Bosch & van Rijn een verkennende studie uit naar de technisch-ruimtelijk en financiële haalbaarheid van windenergie in het RES-zoekgebied Avelingen, zoals dat is begrensd in de RES 1.0 Alblasserwaard. Het team heeft de opdracht de haalbaarheid van windenergie in kaart te brengen en ter besluitvorming voor te leggen aan een stuurgroep van de betrokken overheden. De stuurgroep besluit op basis van de aan te leveren informatie of, en zo ja hoe, een volgende stap in het onderzoek naar de ontwikkeling van windenergie kan worden gezet. In een eventuele volgende stap moet een marktpartij (initiatiefnemer) worden geselecteerd en moet een ruimtelijke plan of besluit worden voorbereid waarbij invulling moet worden gegeven aan de m.e.r.- (beoordelings)plicht.

In stap 1 van de ruimtelijke verkenning zijn de belemmeringen in en nabij het oorspronkelijk begrensde zoekgebied in kaart gebracht. **Figuur 1** ~~Fout!~~ **Verwijzingsbron niet gevonden.** laat zowel het oorspronkelijke zoekgebied zien zoals dat in de RES was begrensd als de begrenzing na stap 1.

Figuur 1 Ligging van RES-zoekgebied Avelingen en het overgebleven zoekgebied na onderzoek stap 1.



Binnen het RES-zoekgebied dat is overgebleven na onderzoeksstap 1 zijn drie mogelijke onderzoeksvarianten gemodelleerd. Aan de hand van de drie onderzoeksvarianten heeft Bosch & van Rijn als onderdeel van de ruimtelijke verkenning een ver-

kennend onderzoek uitgevoerd naar de effecten op het gebied van externe veiligheid. In dit onderzoek zijn de externe veiligheidsrisico's beoordeeld van de drie mogelijke onderzoeksvarianten. De resultaten uit het onderzoek bieden inzicht in de haalbaarheid van de ontwikkeling van windenergie vanuit het oogpunt van externe veiligheid.

Tijdens de verkenning heeft een dialoog met de omgeving (omwonenden, bedrijven, buurgemeenten) plaatsgevonden. In het onderzoeksrapport naar externe veiligheid is aandacht besteed aan vragen die tijdens dat participatieproces naar voren zijn gebracht.

1.2 Onderzoeksvarianten

Onderzoek naar meerdere windturbineklassen is van belang voor het bepalen van de (grenzen van) de ruimtelijk-technische haalbaarheid van windenergie en voor het onderzoeken van de financiële haalbaarheid. Deze studie brengt de situatie voor externe veiligheid in beeld voor drie onderzoeksvarianten van windturbines. De onderzoeksvarianten zijn tot stand gekomen aan de hand van drie windturbineklassen, namelijk een klasse met een rotordiameter tot 130 meter, 130 – 160 meter en groter dan 160 meter. Voor elke windturbineklasse is een onderzoeksvariant gemodelleerd met een maximum aantal windturbines dat binnen het zoekgebied (na onderzoeksstap 1) mogelijk is, gelet op de minimale onderlinge afstand. De varianten verschillen in aantal, afmeting en posities van de windturbines. Voor elke afmetingsklasse is een representatief type windturbine gekozen.

De varianten vormen nadrukkelijk geen alternatieven in de zin van een milieueffectrapportage, ze zijn zodanig gekozen dat milieueffecten van mogelijke varianten zo goed mogelijk in beeld worden gebracht teneinde de haalbaarheid voor enkele windturbineklassen inzichtelijk te maken. Het gaat hierbij niet om een worst case benadering voor het gehele project, echter is er wel sprake van een worst case benadering als het gaat om het berekenen van de effecten, omdat hierbij wordt uitgegaan van de bovengrens aan effectfactoren behorende bij de gekozen varianten en type windturbines.

De afmetingen van de onderzoeksvarianten zijn weergegeven in Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.. Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. laat de posities van de onderzoeksvarianten zien. In

Tabel 2 staan de coördinaten van de windturbineposities.

Tabel 1

Onderzoekvarianten RES-zoekgebied Avelingen.

	Klein	Middel	Groot
Aantal windturbines	6	6	4
Ashoogte (m)	120	136	150
Rotordiameter (m)	117	136	162
Tiphoogte (m)	178,5	204	231

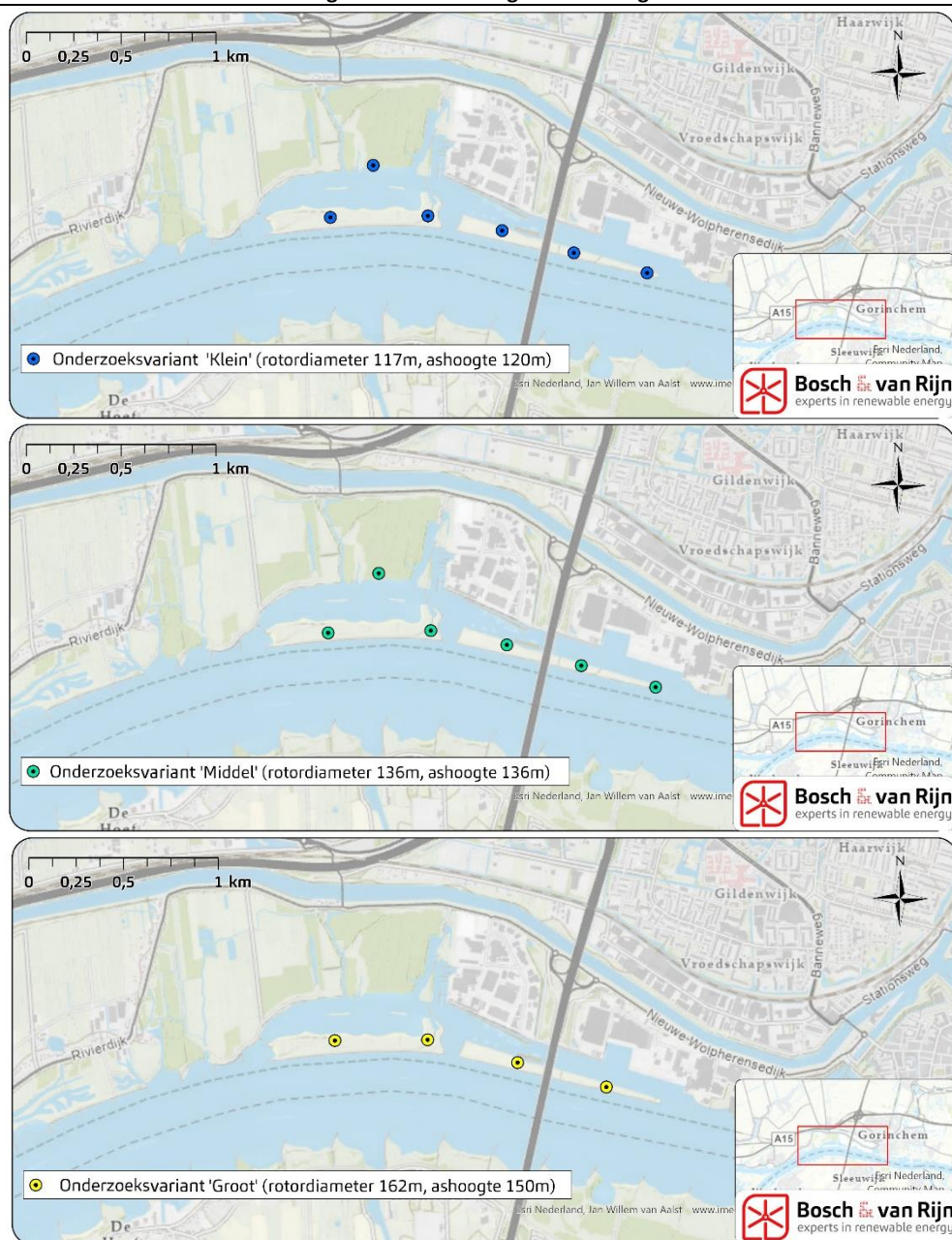
Tabel 2

Locaties van de windturbines van de verschillende onderzoeksvarianten.

WTB	Klein		Middel		Groot	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	123258	427007	123246	426991	123269	427022
2	123484	427282	123513	427305	123759	427026
3	123772	427015	123788	427003	124234	426906
4	124164	426938	124189	426928	124702	426777
5	124542	426820	124582	426819		
6	124929	426715	124974	426705		

Figuur 2

Onderzoeksvarianten in het overgebleven RES-zoekgebied Avelingen.



1.3 Doel onderzoek naar externe veiligheid

Het doel van het onderzoek naar externe veiligheid is het in kaart brengen van (de mate van) mogelijke veiligheidsrisico's die de onderzoeksvarianten met zich mee zouden brengen. Hiermee wordt op verkennend niveau inzicht gegeven in de haalbaarheid van windenergie in het RES-zoekgebied Avelingen met betrekking tot externe veiligheid.

1.4 Leeswijzer

In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** worden de externe veiligheidsrisico's van de windturbines beschreven. Verder zal in dit hoofdstuk worden ingegaan op de risico's in de omgeving en de relevante objecten in het risicogebied. **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** bevat het toetsingskader voor de beoordeling van de (toename) van de externe veiligheidsrisico's. Hierbij wordt alleen ingegaan op de relevante toetsingskaders in het plangebied. In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** worden de risico's van de windturbines op de relevante objecten geanalyseerd. **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** geeft de conclusies die uit de risicoanalyse volgen.

Hoofdstuk 2 Risico-inventarisatie

2.1 Inleiding

De aanwezigheid van windturbines kan een verhoogd risico opleveren voor de omgeving. Mogelijke risico's rond een windturbine zijn mastbreuk, het afbreken van de gondel en de afworp van een wiek. Deze zijn in de volgende paragrafen verder uitgewerkt. Windturbines zijn NEN-EN 61400 gecertificeerd en worden tijdens zowel bouw als exploitatie gemonitord op eventuele gebreken. Ondanks deze voorzorgsmaatregelen bestaat er een kans dat een deel van windturbine faalt en daarmee een risico voor de omgeving vormt.

De hoogte van het risico hangt af van veel factoren (afstand tot de windturbine, faalkans van de windturbine, aantal mensen aanwezig, etc. etc.). Het beïnvloedingsgebied van de windturbines wordt gedefinieerd als de maximale werpafstand bij overtoeren: dit is de maximaal denkbare afstand waarbinnen een deel van de windturbine terecht zou kunnen komen.

2.2 Faalscenario's

Bij het berekenen van de risico's van een windturbine voor de omgeving wordt uitgegaan van drie soorten faalscenario's¹:

1. *het afbreken van (een gedeelte van) een windturbineblad;*

Het risico voor de omgeving van een afgebroken blad voor de omgeving is afhankelijk van:

- De kans dat een blad afbreekt en de omstandigheden waaronder dit gebeurt;
- De baan die het afgebroken blad aflegt, de plek waar het afgebroken blad zal inslaan en de snelheid bij inslag;
- De aanwezigheid van personen of objecten op de plaats waar het afgebroken blad terecht komt;
- De gevolgen voor personen en of objecten als ze door een afgebroken blad worden getroffen

De risico's van het afbreken van een windturbineblad vormen een risico binnen de straal van de maximale werpafstand. Hierbij worden twee scenario's onderscheiden:

- Werpafstand bij nominaal toerental;
- Werpafstand bij overtoeren;

2. *het omvallen van een windturbine door mastbreuk;*

¹ <https://www.infomil.nl/onderwerpen/veiligheid/windturbines/>

Als gevolg van mastbreuk kan een persoon of object getroffen worden door de mast of door de gondel met rotor die op de grond terecht komt. Het omvallen van een windturbine vormt een risico binnen de maximale valafstand (ashoogte + halve rotordiameter) van de windturbine.

3. *het naar beneden vallen van de gondel en/of rotor.*

Als gevolg van gondelafworp kan een persoon of object getroffen worden door de gondel die op de grond terecht komt. Het risicogebied van het omvallen van de gondel en/of rotor is beperkt tot maximaal de halve rotordiameter.

2.3 Werpafstanden en risicocontouren

Om de externe veiligheidsrisico's behorende bij de in paragraaf 2.2 besproken faal-scenario's te berekenen is een selectie gemaakt van gangbare windturbintypes die kunnen worden ingedeeld in de gehanteerde windturbineklassen klein, middel en groot. Voor deze gangbare windturbintypes zijn op basis van generieke faalfrequenties (Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Module IV – Windturbines, versie oktober 2020), het kogelbaanmodel (Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Module IV – Windturbines, versie oktober 2020) en parameters van de specifieke windturbintypes de werpafstanden en risicocontouren berekend.

Vervolgens is een fictief 'referentietype' windturbine gemodelleerd waarvan de parameters (zwaartepuntsafstand wiek, toerental, e.d.) zo gekozen zijn dat de werpafstanden en risicocontouren van dit referentietype overeenkomen met de bovengrens van de selectie van gangbare windturbintypes. Doordat in voorliggend Externe Veiligheids (EV) onderzoek met dit referentietype windturbine is gerekend, wordt van externe veiligheidsrisico's uitgegaan die groter dan of gelijk zijn aan de externe veiligheidsrisico's van de meeste commercieel verkrijgbare windturbines. Daarmee zijn externe veiligheidsrisico's conservatief in beeld gebracht. De risicocontouren en maximale werpafstanden behorende bij de referentietype windturbines zijn in Tabel 3 weergegeven. Indien de samenwerkende overheden besluiten ruimte te bieden aan de ontwikkeling van een windpark op de Avelingen zal dit onderzoek opnieuw worden uitgevoerd voor een specifieke selectie van turbines en hun specifieke karakteristiek (niet meer worst case).

Tabel 3 Risicocontouren en maximale werpafstanden van onderzochte windturbintype

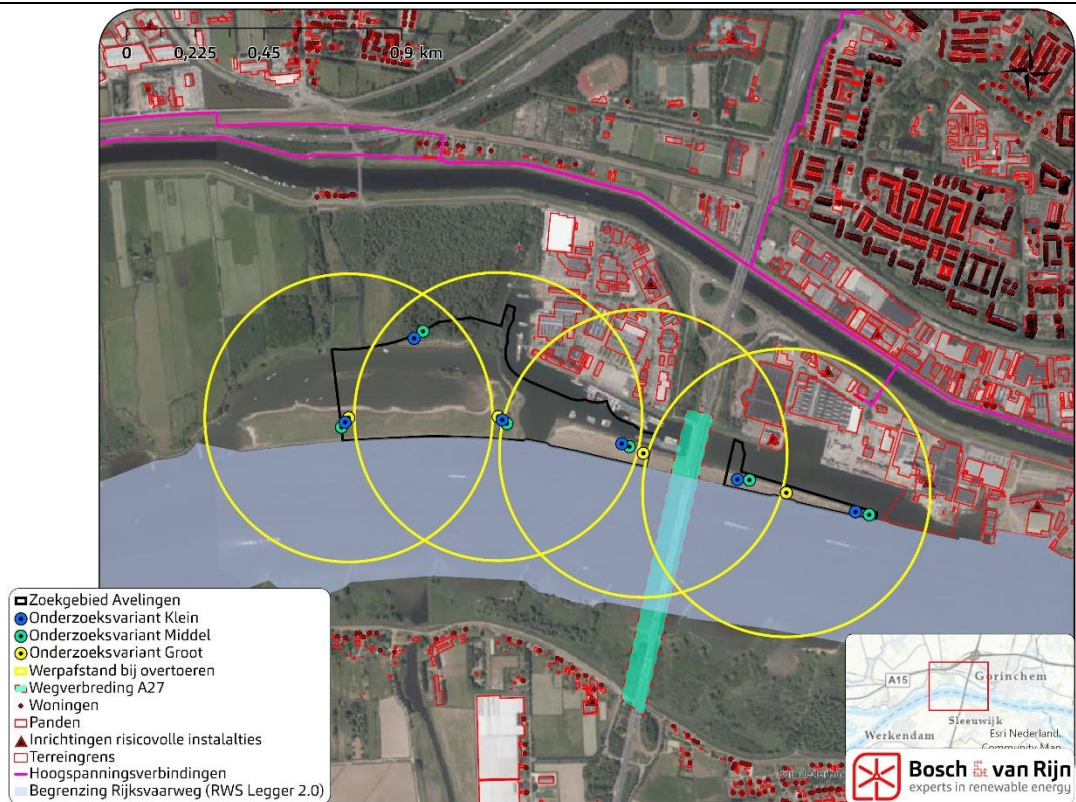
Onderzoeksvariant	Ashoogte (m)	Tiphoogte (m)	Risicocontouren (m)		Max. werpafstand (m)	
			10 ⁻⁵ *	10 ⁻⁶	Bij nominaal toerental	Bij overtoeren
Klein	120	178,5	58,5	151	151	387
Middel	136	204	68	162	143	350
Groot	150	231	75	189	185	471

* als worst-case benadering is bij het referentietype windturbine als 10⁻⁵ contour een afstand gelijk aan de halve rotordiameter aangehouden

2.4 Risico-inventarisatie

De windturbines kunnen een risico verhogend effect hebben op nabijgelegen gebouwen, installaties en infrastructuur. In Figuur 3 is zichtbaar welke objecten gelegen zijn binnen de nabije omgeving van de mogelijke windturbine locaties.

Figuur 3 Aanwezigheid van voor externe veiligheid relevante onderwerpen



Uit bovenstaande figuur blijkt dat de volgende objecten en activiteiten zich bevinden binnen de maximale invloedssfeer (de maximale werpafstand bij overtoeren) van de windturbines²:

- ❖ **(Beperkt) kwetsbare objecten**
- ❖ **Risicovolle installaties**
- ❖ **Infrastructuur: wegen over land en vaarwegen**
- ❖ **Hoogspanningsinfrastructuur**

² Alle te toetsen functies en objecten in het kader van externe veiligheid zijn gelegen binnen de werpafstand bij overtoeren van onderzoeksvariant groot. De figuur laat daarom ter illustratie enkel de werpafstand bij overtoeren zien van onderzoeksvariant Groot. Er liggen geen aanvullende te toetsen functies en objecten binnen de maximale werpafstand bij overtoeren van onderzoeksvarianten Middel en Klein.

Overige objecten, zoals hoge druk aardgasleidingen, blijken niet binnen de maximale invloedssfeer van de onderzochte windturbines te liggen en zijn derhalve niet in voorliggende externe veiligheidsbeoordeling opgenomen.

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

Hoofdstuk 3 Beoordelingskader

3.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

In het besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) zijn definities voor kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten opgenomen (zie ook Bijlage B). Dit zijn objecten die bij een externe veiligheidsbeoordeling bijzondere bescherming verdienen, omdat zij zijn bestemd voor het (langdurig) verblijf van kwetsbare of grote aantallen personen.

Welk externe veiligheidsrisico bij (beperkt) kwetsbare objecten als aanvaardbaar wordt beschouwd wordt in normen omschreven met het plaatsgebonden risico (PR). Hiermee wordt de kans omschreven dat een persoon die zich onafgebroken op een bepaalde locatie bevindt komt te overlijden als direct gevolg van een ongeval als gevolg van de te beoordelen activiteiten. Een persoon die zich onafgebroken op een afstand gelijk aan de PR 10^{-6} contour rondom een inrichting bevindt heeft een kans op overlijden van 10^{-6} per jaar (één op de miljoen per jaar) als direct gevolg van een ongeval bij de te beoordelen inrichting. Op een afstand die gelijk is aan de PR 10^{-5} contour, is de kans op overlijden één op de honderdduizend per jaar. De PR 10^{-6} contour is van toepassing op kwetsbare objecten en de PR 10^{-5} contour op beperkt kwetsbare objecten.

In het Activiteitenbesluit milieubeheer waren normen voor het plaatsgebonden risico bij (beperkt) kwetsbare objecten opgenomen, veroorzaakt door een windturbine of combinatie van windturbines. Door een uitspraak van de Raad van State in het kader van windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding zijn deze normen in 2020 buiten werking verklaard. De bescherming van (beperkt) kwetsbare objecten was echter niet alleen in het Activiteitenbesluit milieubeheer geregeld, maar ook in diverse andere externe veiligheidsbesluiten zoals het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi), Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) en Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt). Hierin wordt telkens een *grenswaarde* voor het PR gesteld van 10^{-6} per jaar, terwijl voor (geprojecteerd) beperkt kwetsbare objecten een *richtwaarde* voor het PR wordt gesteld van 10^{-6} per jaar. Nu de normen voor windturbines uit het Activiteitenbesluit buiten werking zijn verklaard, is in dit externe veiligheidsrapport gekozen bij deze normen (Bevi, Bevb en Bevt) aan te sluiten om bescherming van (beperkt) kwetsbare objecten te kunnen toetsen.

Van een grenswaarde mag niet worden afgeweken, terwijl van de richtwaarde wel gemotiveerd mag worden afgeweken. Ten opzichte van beperkt kwetsbare objecten is daarom niet alleen beoordeeld of hier aan de richtwaarde PR 10^{-6} wordt voldaan, maar ook of hier aan een tien maal zo strenge waarde van 10^{-5} kan worden voldaan.

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 is plaatsing van de windturbine uit oogpunt van risicobeoordeling toegestaan. Als uitgangspunt voor deze richtwaarde wordt volgens de Handreiking Risicozonering Windturbines³ 10% gehanteerd.

Indien de toename deze richtwaarde overschrijdt, is plaatsing niet direct uitgesloten, maar dient met een uitgebreidere analyse te worden bepaald of na plaatsing nog steeds voldaan wordt aan de normen uit het BEVI en Bevb:

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

Artikel 4 Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen

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

2. Het bevoegd gezag houdt bij de beslissing op een aanvraag als bedoeld in het eerste lid rekening met de richtwaarde, genoemd in artikel 6, tweede lid.

Artikel 6 Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen

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

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

3.3 Hoogspanningsinfrastructuur

Er bestaat geen wettelijke kader voor de invloed van windturbines op hoogspanningsleidingen. TenneT heeft in het Handreiking Risicozonering Windturbines (HRW2020) een adviesafstand opgenomen voor het transportnetwerk van 110kV tot en met 380kV. Deze adviesafstand is gelijk aan de maximale werpafstand bij nominaal toerental of indien deze groter is, de ashoogte + 1/2 rotordiameter.

Dit betreft echter geen wettelijke grenswaarde. Wanneer er niet wordt voldaan aan de afstandseis, vraagt TenneT om met hen in overleg te treden. TenneT zal op basis van het concrete geval bepalen welk risico voor de betreffende asset op dat moment aanvaard kan worden. Als eerste richtlijn kan gebruikt worden dat windturbine(s) de kans op falen van de verbinding met 10% mag verhogen. Deze additionele faalkans wordt gerelateerd aan de al aanwezige faalkans van de verbinding

³ Handreiking Risicozonering Windturbines, 2020.

tussen de aangrenzende verdeel- of transformatorstations. Aangezien er geen standaard faalfrequentie van een hoogspanningsverbinding bestaat, dient in alle gevallen overleg en afstemming met TenneT plaats te vinden.

3.4 Wegen

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 (zie kaders):

"Individuele passantenrisico (IPR)

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

De initiatiefnemer die een of meerdere windturbines wil plaatsen dient aan te tonen dat het maximale toelaatbare Individueel Passanten Risico IPR niet wordt overschreden op de infrastructuur in de nabijheid van de turbine. De grens is vastgesteld van 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 (MR)

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

3.5 Vaarwegen

Net als voor rijkswegen zijn in het document *“Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken”* voor vaarwegen in beheer van Rijkswaterstaat afstanden bepaald waarbuiten geen ontoelaatbare risico’s voor passanten plaatsvinden:

“Langs kanalen, rivieren en havens wordt plaatsing van windturbines toegestaan bij een afstand van ten minste 50m uit de rand van de vaarweg.”

En:

“Binnen 50m uit de rand van de vaarweg wordt plaatsing slechts toegestaan indien uit aanvullend onderzoek blijkt dat er geen hinder voor wal- en scheepsradar optreedt. De minimale afstand tot de rand van de vaarweg is altijd ten minste de helft van de rotordiameter.”

Daarnaast is er een nieuwe beleidsregel in voorbereiding⁴ waarin staat dat de afstand van windturbines tot de vaarweg minimaal gelijk moet zijn aan de halve rotordiameter + 30 meter.

Voor vaarwegen in beheer van de provincie, het waterschap of de gemeente gelden geen algemene adviesafstanden. Hier kan allereerst worden getoetst of plaatsing van de windturbines voldoet aan de beleidsregel tot vaarwegen in beheer van Rijkswaterstaat. Indien dit het geval is kunnen de veiligheidsrisico’s voor de betreffende vaarweg in beheer van de provincie, het waterschap of de gemeente ook toelaatbaar worden geacht.

Ter beoordeling van de ruimtelijke ordening kan daarnaast, net als bij wegen, worden getoetst of plaatsing van de windturbines leidt tot overschrijding van het Individueel passantenrisico (IPR) of Maatschappelijk risico (MR) op de vaarweg.

Vaarwegen kunnen onderdeel uitmaken van het ‘Basisnet vervoer gevaarlijke stoffen’, waarop het Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt) van toepassing is. Vanuit het Bevt bestaat geen verplichting om het toegevoegd risico ten gevolge van een windturbine te beschouwen (zie ook de Handreiking Risicozonering Windturbines, 20-05-2020). Ter beoordeling van de ruimtelijke ordening kan door het bevoegd gezag wel verzocht worden de invloed van de windturbines op de plaatsgebonden risicocontour van de vaarweg te beschouwen.

⁴ Voor een toelichting, zie: *ruimte voor de scheepvaart – nu en in de toekomst*, C. Groenewegen, 23-12-2016 https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_150880_31/

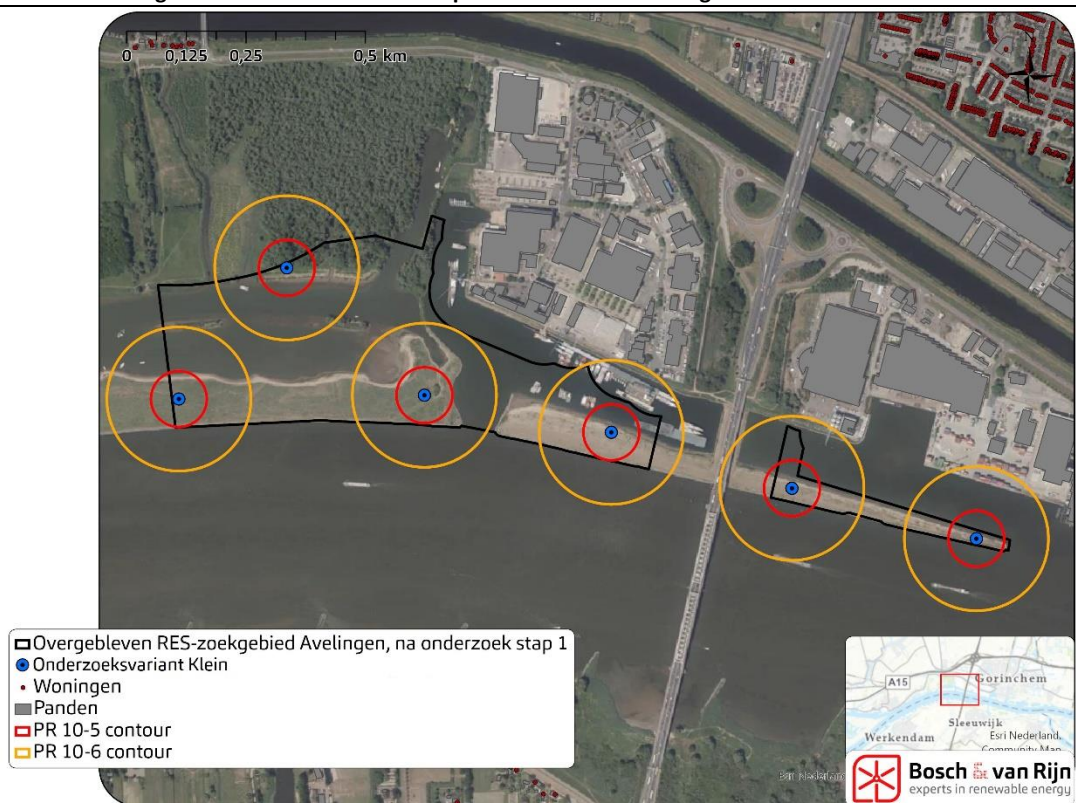
Hoofdstuk 4 Risicoanalyse

4.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

De berekende 10^{-5} en 10^{-6} contouren zijn weergegeven op onderstaande kaarten. Per windturbinelocatie is nagegaan of (geprojecteerde) kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten binnen de risicocontouren aanwezig zijn. Voor de gebouwen binnen de 10^{-6} contour is nagegaan of er sprake is van een kwetsbaar object (BAG, risicokaart.nl / luchtfoto). In onderstaande figuren zijn de risicocontouren van de verschillende alternatieven te vinden.

4.1.1 Onderzoeksvariant 'Klein'

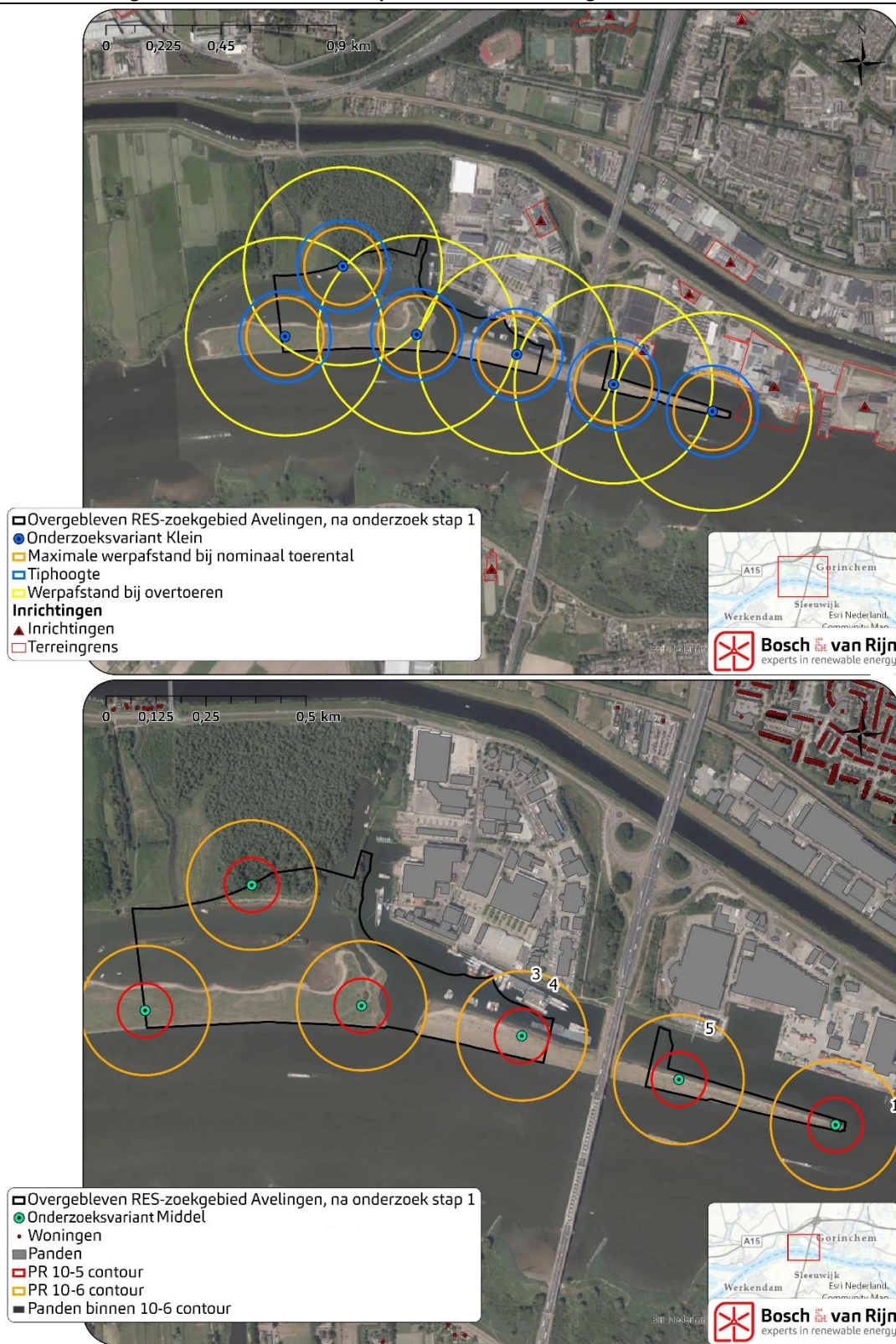
Figuur 4 Plaatsgebonden risicocontouren en panden rondom de beoogde windturbines



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

4.1.2 Onderzoeksvariant 'Middel'

Figuur 5 Plaatsgebonden risicocontouren en panden rondom de beoogde windturbines



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

Binnen de 10^{-6} contour van de drie meest oostelijke turbineposities zijn wel (beperkt) kwetsbare objecten gelegen. In totaal gaat het hier om vijf panden. Locatie van pand 1 en 2 liggen zodanig dicht tegen elkaar aan dat hier geen onderscheid valt te maken door het plaatsen van een label, object 2 is direct naast object 1 gelegen.

Tabel 4 **Beschrijving en beoordeling van gebouwen binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines**

Pand #	Beschrijving pand	Kwetsbaar?
1	Bedrijfsgebouw Vreugdenhil Dairy Foods	Beperkt kwetsbaar
2	Opslagloods Vreugdenhil Dairy Foods	Niet kwetsbaar
3	BDA Kantoor (2 verdiepingen)	Beperkt kwetsbaar
4	Elektriciteitshuisje	Niet Kwetsbaar
5	Kantoor Merwetank	Beperkt kwetsbaar

Beoordeling object 1: het betreft hier een bedrijfsgebouw waarin proces- en regelinstallaties voor Vreugdenhill aanwezig zijn, waarbij het niet aannemelijk is dat er meer dan 50 personen voor een langere periode aanwezig zullen zijn. Hierdoor moet het pand als beperkt kwetsbaar object worden beschouwd.

Beoordeling object 2 en 4: het betreft hier objecten waarin doorgaans geen personen zullen verblijven. Zodoende worden deze objecten als niet kwetsbaar beschouwd.

Beoordeling object 3 en 5: dit betreffen kleine kantoorpanden met een bruto vloeroppervlak van minder dan 1.500 m^2 waar hooguit kleine aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zullen zijn. Het is niet aannemelijk dat hier meer dan 50 personen voor een langere periode aanwezig zullen zijn. Om die reden worden deze panden als beperkt kwetsbaar object worden beschouwd.

4.1.3 Onderzoeksvariant 'Groot'

Figuur 6 Plaatsgebonden risicocontouren en panden rondom de beoogde windturbines



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

Binnen de 10^{-6} contour van de twee oostelijke turbineposities zijn wel (beperkt) kwetsbare objecten gelegen. In totaal gaat het hier om vijf panden:

Tabel 5 Beschrijving en beoordeling van gebouwen binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines		
Pand #	Beschrijving pand	Kwetsbaar?
1	Brugwachtershuisje	Beperkt kwetsbaar
2	BDA Kantoor (2 verdiepingen)	Beperkt kwetsbaar
3	Bedrijfsgebouw Louwman	Beperkt kwetsbaar
4	Elektriciteitshuisje	Niet Kwetsbaar
5	Bedrijfsgebouw Merwetank	Beperkt kwetsbaar

Beoordeling object 1: In het brugwachtershuisje zullen slechts een beperkt aantal personen aanwezig zijn, waardoor dit object als beperkt kwetsbaar moet worden beschouwd.

Beoordeling object 2 & 5: dit betreffen kleine kantoorpanden met een bruto vloeroppervlak van minder dan 1500 m^2 waar hooguit kleine aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zullen zijn. Het is niet aannemelijk

dat hier meer dan 50 personen voor een langere periode aanwezig zullen zijn. Hierdoor moet het pand als beperkt kwetsbaar object worden beschouwd.

Beoordeling object 3: het betreft hier een loods waarin vrachtwagens en andere voertuigen gestald staan, voor korte en/of lange termijn. Het is niet aannemelijk dat hier meer dan 50 personen voor een langere periode aanwezig zullen zijn. Hierdoor moet het pand als beperkt kwetsbaar object worden beschouwd.

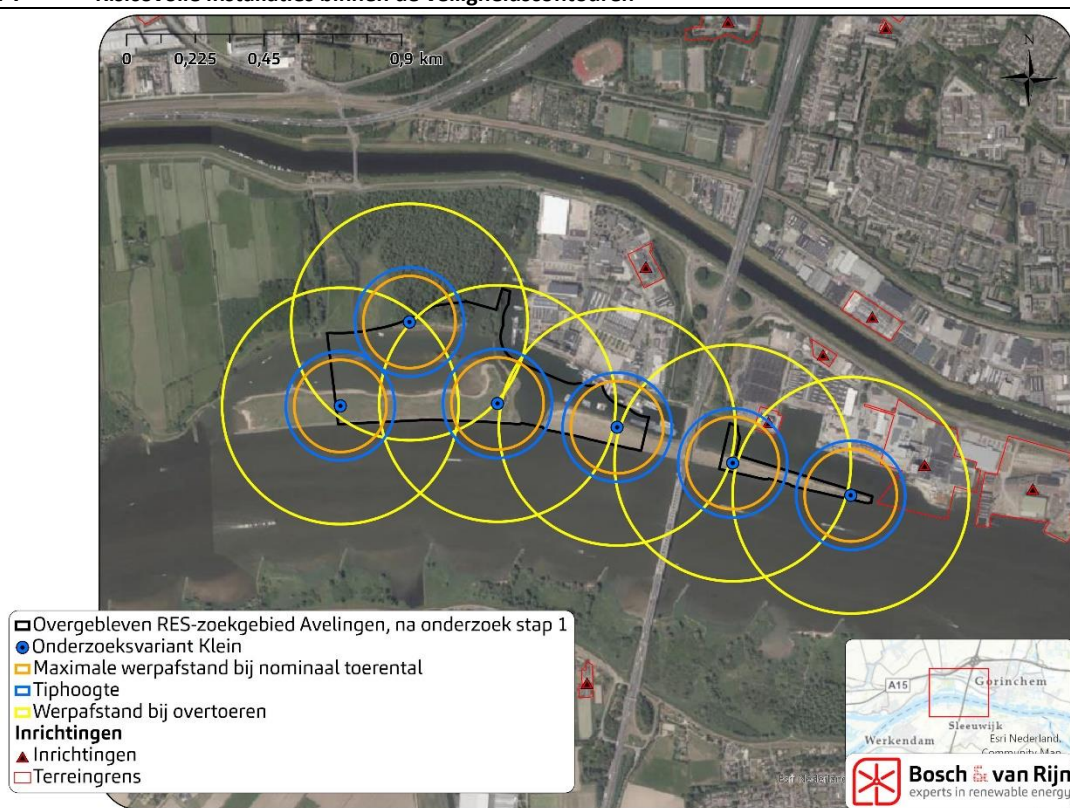
Beoordeling object 4: het betreft hier objecten waarin doorgaans geen personen zullen verblijven. Zodoende worden deze objecten als niet kwetsbaar beschouwd.

4.2 Risicovolle installaties

Op basis van de risicokaart, luchtfoto's en streetview foto's is nagegaan welke risicovolle installaties zich binnen de maximale werpafstanden en valafstand rondom de gemodelleerde winturbines bevinden.

4.2.1 Onderzoeksvariant 'Klein'

Figuur 7 Risicovolle installaties binnen de veiligheidscontouren



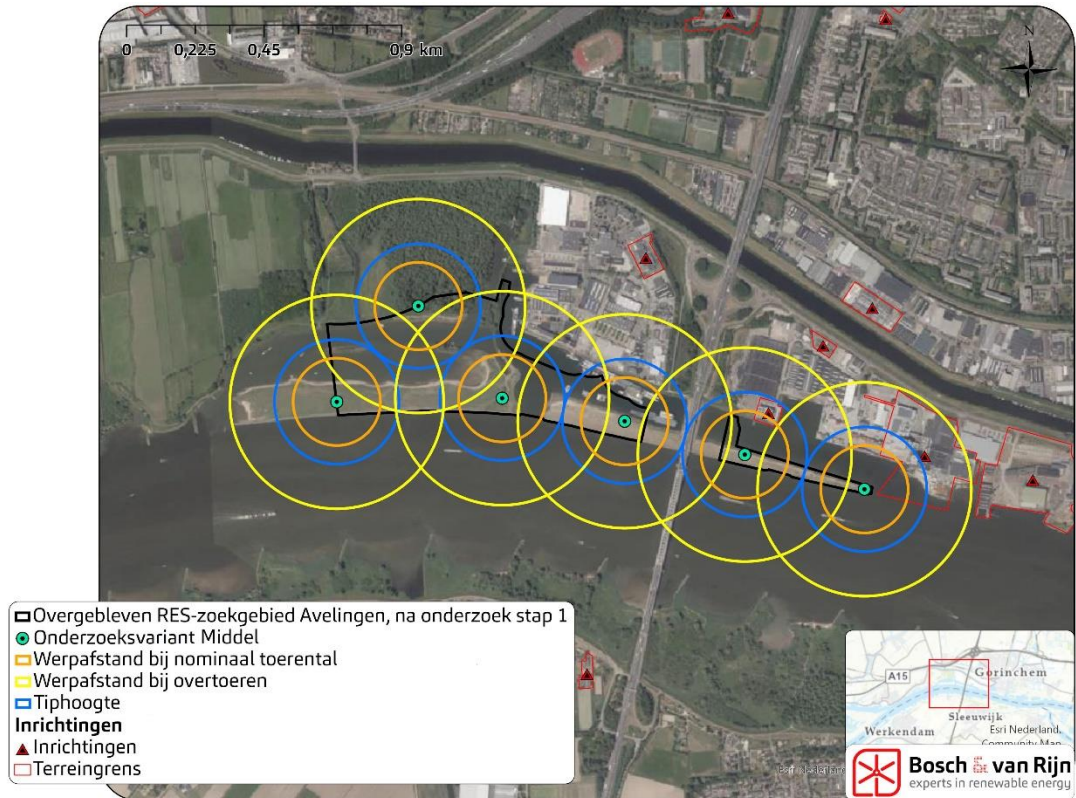
Bij deze onderzoeksvariant zijn twee bedrijfslocatie aanwezig met risicovolle installaties die binnen de werpafstand bij overtoeren zijn gelegen. Het betreft het bedrijf Merwetank, waar opslagtanks voor 40.000 liter mierenzuur aanwezig zijn en het bedrijf Promelca B.V (Vreugdenhil dairy foods), waar ammoniak koelinstallaties met een inhoud tot 1460 kg aanwezig zijn.

Omdat de ammoniak koelinstallaties zich enkel binnen de werpafstand bij overtoeren bevinden, is niet aannemelijk dat plaatsing van de windturbines voor de koelinstallaties een faalkansverhoging van meer dan 10% tot gevolg zal hebben. Derhalve kan het toegevoegd risico bij deze installaties naar verwachting als niet significant worden beschouwd.

De opslagtanks bij het bedrijf Merwetank zijn gelegen binnen de tiphoogte afstand en werpafstand bij nominaal toerental van de windturbines. Hierdoor is aannemelijk dat plaatsing van de windturbines bij de opslagtanks een faalkansverhoging van meer dan 10% tot gevolg zou hebben. Middels een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) kan de exacte faalkansverhoging worden berekend en kan worden onderzocht wat de invloed is op de ligging van de risicocontouren van het bedrijf. Vervolgens kan worden beoordeeld of de faalkansverhoging als gevolg van de windturbines toelaatbaar is. Indien blijkt dat de verhoging niet toelaatbaar is dient te worden nagegaan of maatregelen mogelijk zijn waarmee effecten tot een aanvaardbaar niveau kunnen worden teruggebracht, bijvoorbeeld door een windturbinepositie te verplaatsen. Vanwege het verkennende karakter van dit externe veiligheidsonderzoek is een dergelijke kwantitatieve risicoanalyse in deze fase nog niet uitgevoerd.

4.2.2 Onderzoeksvariant 'Middel'

Figuur 8 Risicovolle installaties binnen de veiligheidscontouren

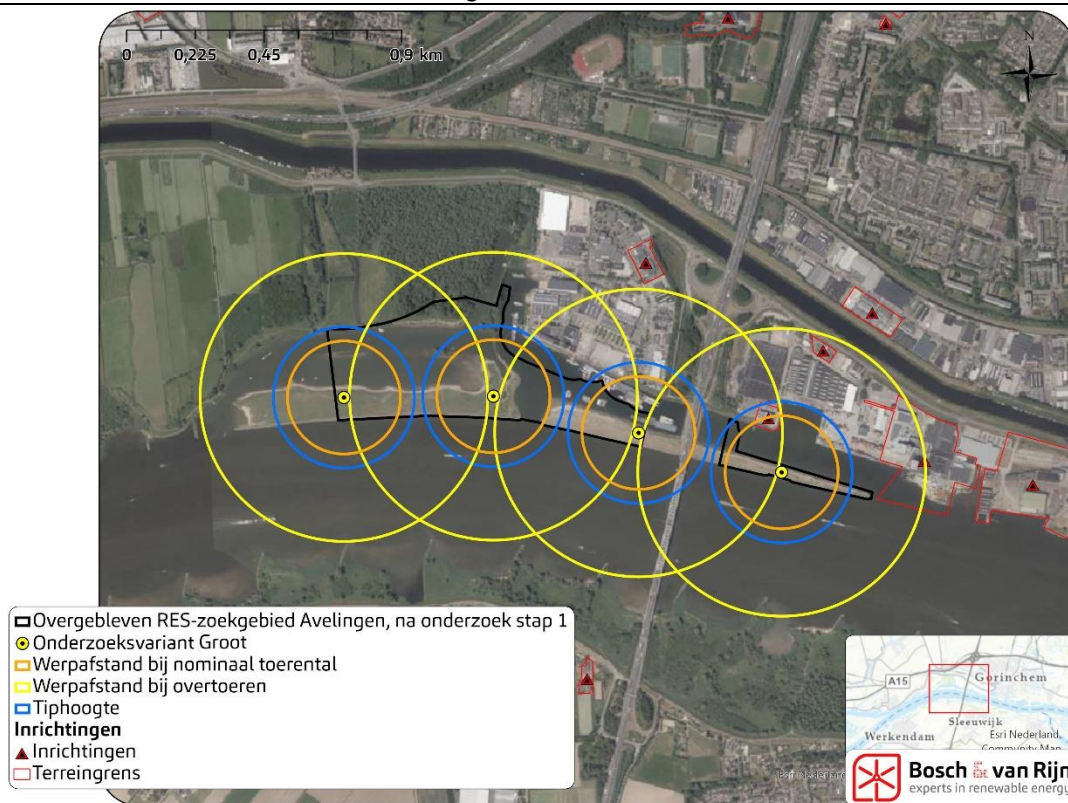


Bij deze onderzoeksvariant zijn er twee bedrijfslocaties met risicovolle installaties die zijn gelegen binnen de werpaafstand bij overtoeren. Het betreft het bedrijf Merwetank, waar opslagtanks voor 40.000 liter mierenzuur aanwezig zijn, en het bedrijf Promelca B.V (Vreugdenhil dairy foods), waar ammoniak koelinstallaties met een inhoud tot 1460 kg aanwezig zijn.

Beide installaties zijn bij deze onderzoeksvariant ook gelegen binnen de tiphoogte afstand. De opslagtanks voor mierenzuur bij Merwetank zijn daarnaast ook gelegen binnen de werpaafstand bij nominaal toerental. Hierdoor is het aannemelijk dat bij beide risicovolle installaties een faalkansverhoging zal optreden van meer dan 10%. Middels een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) kan de exacte faalkansverhoging berekend worden en kan worden onderzocht of deze faalkansverhoging toelaatbaar is. Indien blijkt dat de verhoging niet toelaatbaar is dient met de betreffende ondernemer gesproken te worden over eventuele maatregelen of dient de windturbine verplaatst te worden naar een meer geschikte locatie. Vanwege het verkennende karakter van dit externe veiligheidsonderzoek is een dergelijke kwantitatieve risicoanalyse nu niet uitgevoerd.

4.2.3 Onderzoeksvariant 'Groot'

Figuur 9 Risicovolle installaties binnen de veiligheidscontouren



Bij deze onderzoeksvariant zijn er drie bedrijven met risicovolle installaties gelegen binnen de werpafstand bij overtoeren. Het betreft het bedrijf Merwetank, waar opslagtanks voor 40.000 liter mierenzuur aanwezig zijn, het bedrijf Promelca B.V. (Vreugdenhil dairy foods), waar ammoniak koelinstallaties met een inhoud tot 1460 kg aanwezig zijn en BP service station Avelingen B.V. waar meerdere LPG tanks aanwezig zijn.

De opslagtanks voor mierenzuur bij Merwetank zijn ook gelegen binnen de tiphoogte afstand en werpafstand bij nominaal toerental. Hierdoor is het aannemelijk dat bij beide risicovolle installaties een faalkansverhoging zal optreden van meer dan 10%. Middels een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) kan de exacte faalkansverhoging worden berekend en kan worden nagegaan of deze faalkansverhoging toelaatbaar is. Vanwege het verkennende karakter van dit externe veiligheidsonderzoek is een dergelijke kwantitatieve risicoanalyse nu niet uitgevoerd.

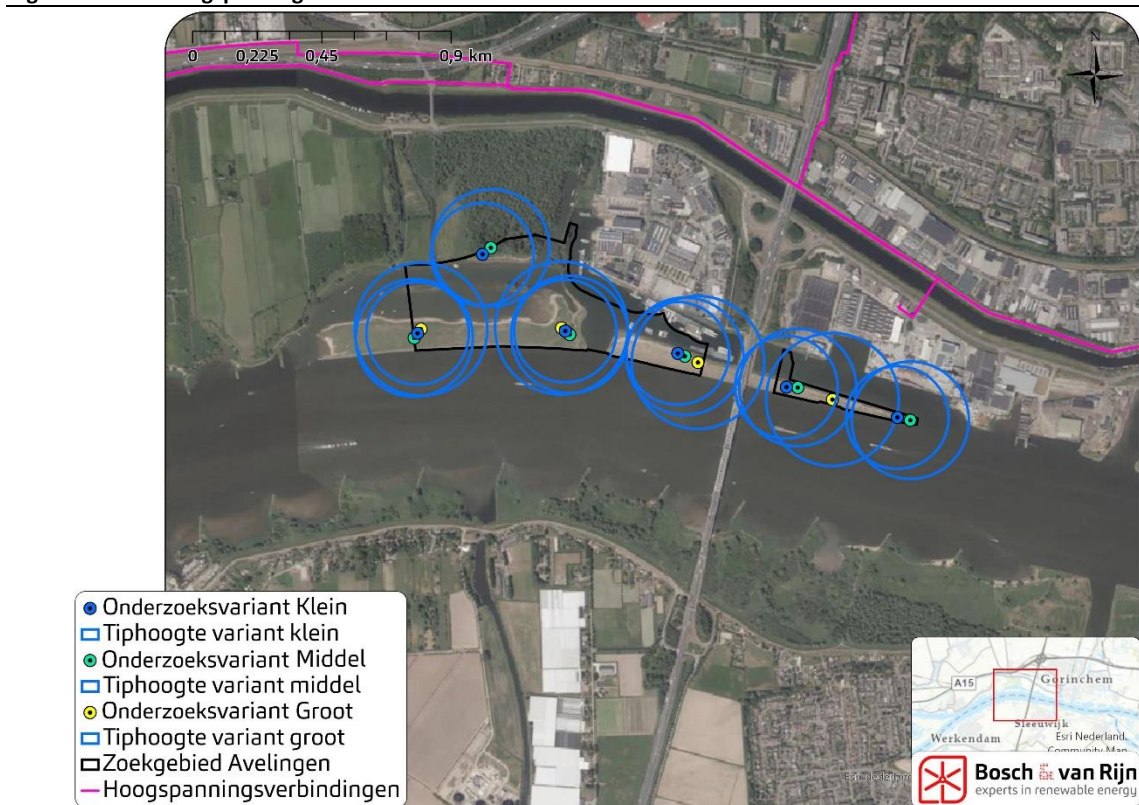
Voor de risicovolle installaties bij Promelca B.V. en BP service station Avelingen B.V. is de verwachting dat er geen sprake zal zijn van een faalkansverhoging van meer dan 10%, omdat deze enkel in geval van bladafworp bij overtoeren getroffen kunnen worden.

4.3 Hoogspanningsinfrastructuur

Voor het plangebied is nagegaan of zich hoogspanningsinfrastructuur in de buurt van de windturbines bevindt. Indien dit het geval is wordt er gekeken of er wordt voldaan aan de afstandseis van TenneT (grootste waarde van de maximale werpafstand bij nominaal toerental of tiphoogte). Bij alle drie de varianten is de tiphoogte afstand de grootste afstand (zie

Tabel 2). Voor alle onderzoeksvarianten geldt dat de turbines buiten de adviesafstand liggen en zodoende geen belemmering vormen.

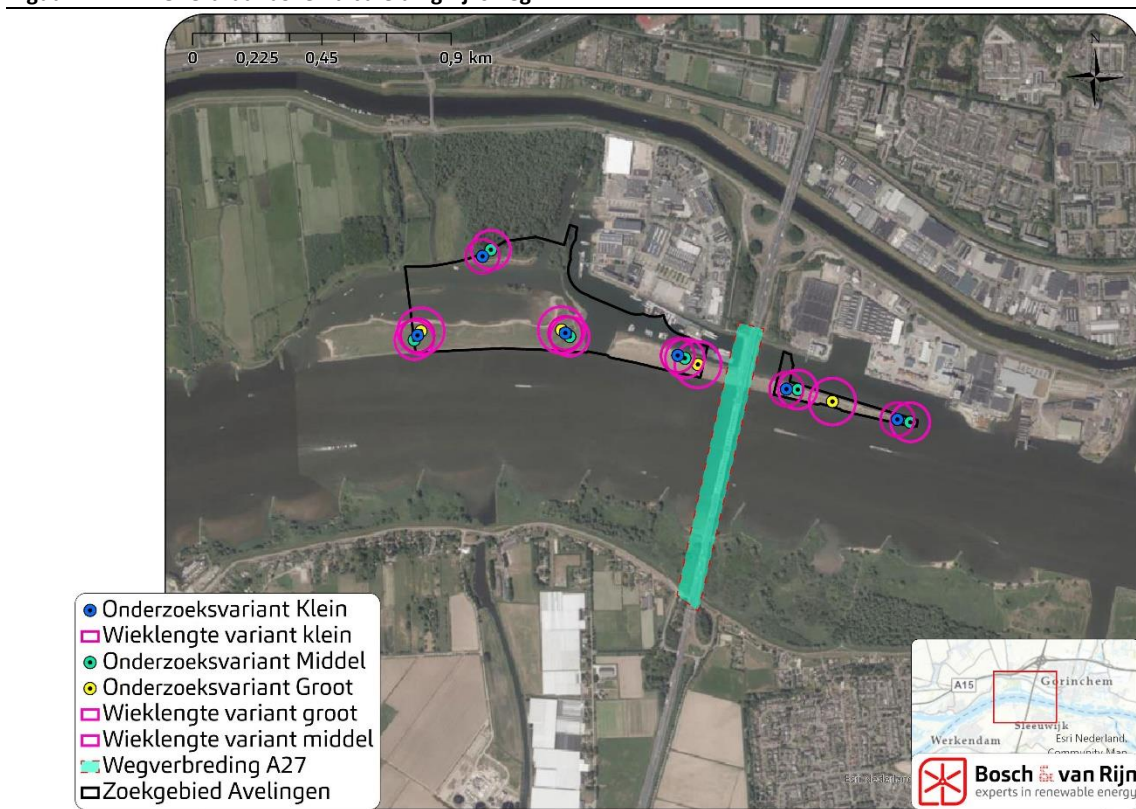
Figuur 10 Hoogspanningsinfrastructuur



4.4 Wegen

Voor de onderzoeksvarianten is nagegaan of een windturbine over een (openbare) weg draait. Er is hierbij uitgegaan van een scenario, een toekomstige situatie waarin de A27 is verbreed. Indien er geen overdraai plaatsvindt over de weg, wordt voldaan aan de in paragraaf 3.5 genoemde beleidsregel van Rijkswaterstaat voor rijkswegen. Indien er in de toekomstige situatie geen overdraai plaatsvindt is dit ook in de huidige situatie niet het geval. Voor alle onderzoeksvarianten geldt er voldaan wordt aan de benoemde beleidsregel en er geen aanvullende trefkans berekening benodigd is.

Figuur 11 Overdraai boven uitbreiding rijksweg



4.5 Vaarwegen

Ten zuiden van de beoogde windturbineposities is de vaarweg 'Boven Merwede' gelegen. Omdat deze vaarweg in beheer is bij Rijkswaterstaat is de "Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatswerken" van toepassing. Om te toetsen of de windturbines aan de adviesafstand uit de beleidsregel voldoen is nagegaan of deze op ten minste één wieklengthe afstand van de rand van de vaarweg zijn gelegen. Rijkswaterstaat doet op dit moment onderzoek naar een aanpassing van de beleidsregel, dat is gericht op het vergroten van de toetsafstanden (wieklengthe +30 meter) in combinatie met verdere duiding van voorwaarden en mogelijkheden voor ontwikkeling binnen de toetsafstanden. Om die reden is getoetst of de windturbines op ten minste één wieklengthe + 30 meter van de rand van de vaarweg zijn gelegen. Hierbij is als 'rand van de vaarweg' de begrenzing van de vaarweg volgens de legger Rijkswaterstaatswerken 2.0⁵ aangehouden.

Indien windturbines niet voldoen aan bovengenoemde afstanden is plaatsing van windturbines mogelijk als wordt aangetoond dat de beoogde windturbines:

- geen hinder voor wal- en scheepsradar veroorzaken, en
- geen visuele hinder voor het scheepvaartverkeer en bedienend personeel van kunstwerken opleveren.

⁵ Zie: <https://maps.rijkswaterstaat.nl/geoweb55/index.html?viewer=LeggerRijkswaterstaatswerken>

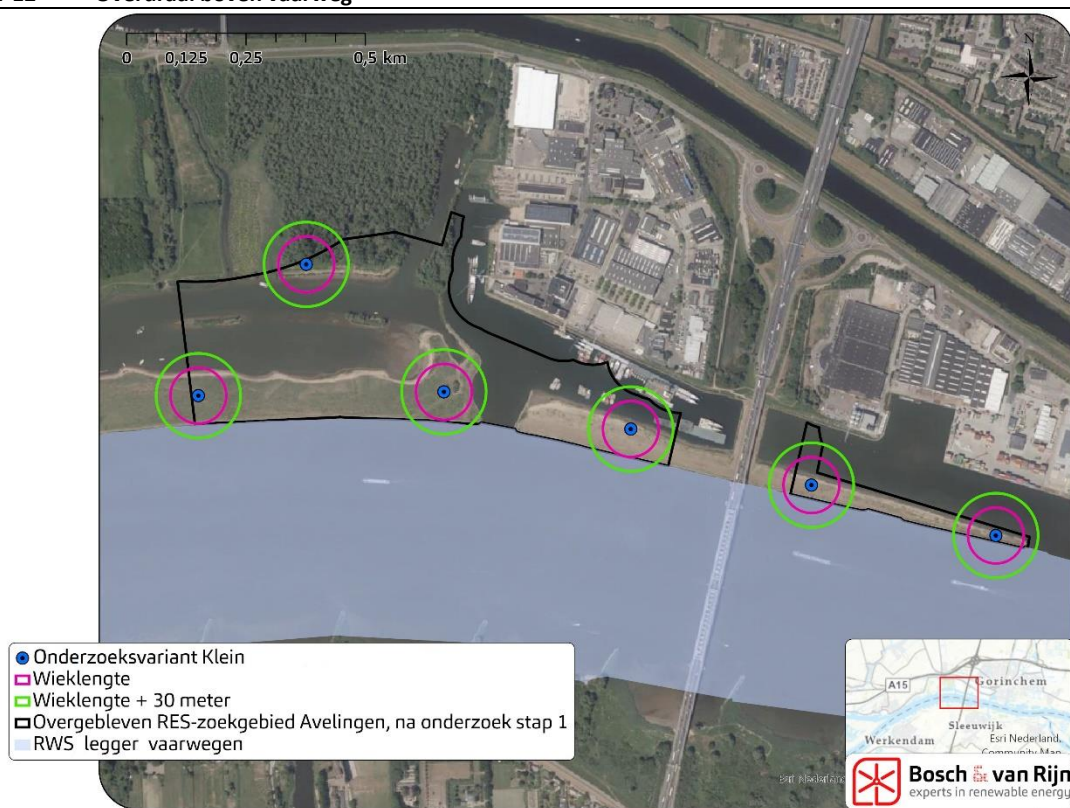
Nader onderzoek zou dit kunnen beoordelen. Het onderzoek van Rijkswaterstaat zal hiervoor handvatten bieden. Dit onderzoek is op dit moment nog gaande en zal in 2023 worden opgeleverd.

Ter beoordeling van de ruimtelijke situatie is per onderzoeksvariant middels een trefkansberekening al wel onderzocht of deze leidt tot overschrijding van het Individueel Passanten Risico (IPR) of het Maatschappelijk Risico (MR) op de vaarweg. De resultaten van deze berekening staan hieronder per onderzoeksvariant weergegeven. De volledige berekening is opgenomen in Bijlage C. In de trefkansberekening is uitgegaan van de windturbine die de meeste overdraai veroorzaakt, zodat de externe veiligheidseffecten worst-case in beeld zijn gebracht. Voor alle onderzochte onderzoeksvarianten is dit de meest oostelijke windturbine.

Omdat de vaarweg onderdeel uitmaakt van het 'Basisnet vervoer gevaarlijke stoffen' is ter beoordeling van de ruimtelijke ordening een korte beschouwing van de invloed van de windturbines op de plaatsgebonden risicocontour van de vaarweg gegeven.

4.5.1 Onderzoeksvariant 'Klein'

Figuur 12 Overdraai boven vaarweg



Tabel 6

Voldoen windturbines aan beleidsregels (van links naar rechts, bovenste rij eerst)

Windturbine	Voldoet aan huidige beleidsregel	Voldoet aan toekomstige beleidsregel
1	Ja	Ja
2	Ja	Nee
3	Ja	Nee
4	Ja	Nee
5	Nee	Nee
6	Nee	Nee

Omdat bij sommige van de windturbines overdraai boven de vaarweg plaatsvindt, voldoen niet alle windturbines aan de adviesafstand uit de *Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken*. Ten behoeve van een goede ruimtelijke ordening is daarom berekend wat de kans is dat een persoon die de windturbines op de vaarweg passeert wordt getroffen door (delen van) een falende windturbine (zie Bijlage C).

Deze trefkans is:

- $5,61 \cdot 10^{-12}$ per passage

Hieruit volgt dat aan het IPR (10^{-6}) wordt voldaan zolang één passant de windturbines niet vaker passeert dan:

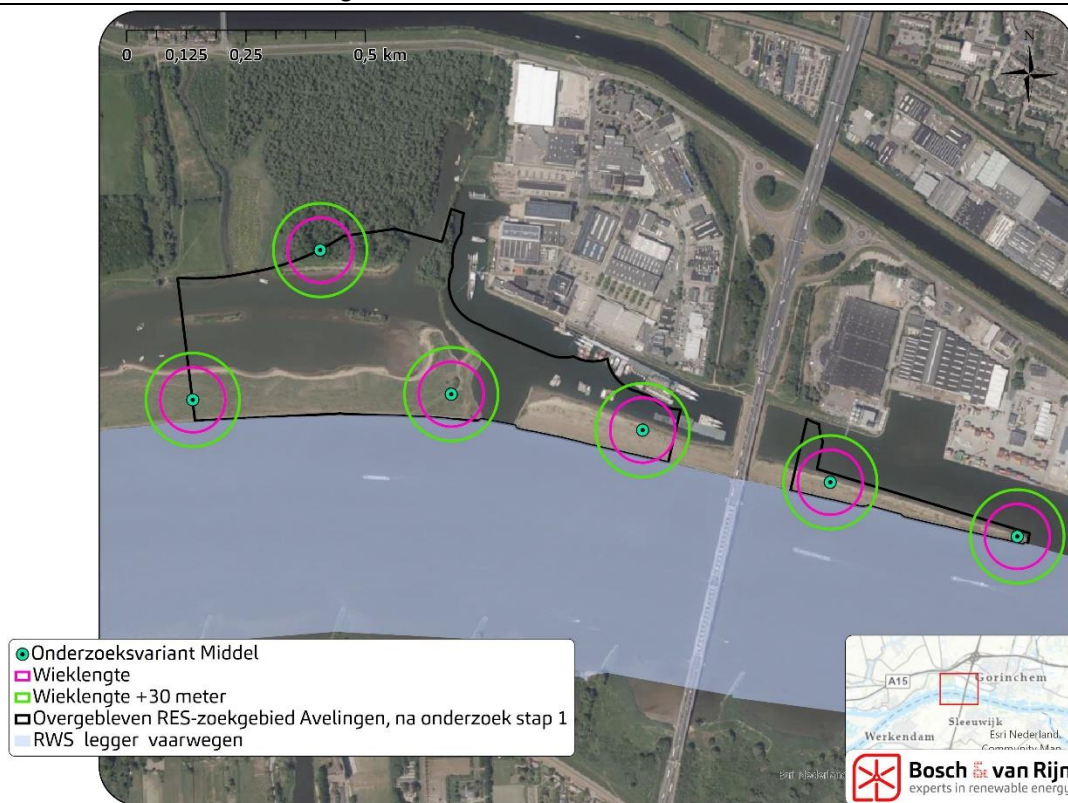
- 178.221 keer per jaar; oftewel 488 passages per dag gedurende een heel jaar door dezelfde persoon

Er wordt aan het MR ($2 \cdot 10^{-3}$) voldaan zolang het aantal passanten dat de windturbines passeert niet meer is dan:

- 356.442.196 per jaar

4.5.2 Onderzoeksvariant 'Middel'

Figuur 13 Overdraai boven vaarweg



Tabel 7

Voldoen windturbines aan beleidsregels (van links naar rechts, bovenste rij eerst)

Windturbine	Voldoet aan huidige beleidsregel	Voldoet aan toekomstige beleidsregel
1	Ja	Ja
2	Nee	Nee
3	Nee	Nee
4	Nee	Nee
5	Nee	Nee
6	Nee	Nee

Omdat bij sommige van de windturbines overdraai boven de vaarweg plaatsvindt, voldoen niet alle windturbines aan de adviesafstand uit de *Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken*. Ten behoeve van een goede ruimtelijke ordening is daarom berekend wat de kans is dat een persoon die de windturbines op de vaarweg passeert wordt getroffen door (delen van) een falende windturbine (zie Bijlage C).

Deze trefkans is:

➤ $5,73 \cdot 10^{-12}$ per passage

Hieruit volgt dat aan het IPR (10^{-6}) wordt voldaan zolang één passant de windturbines niet vaker passeert dan:

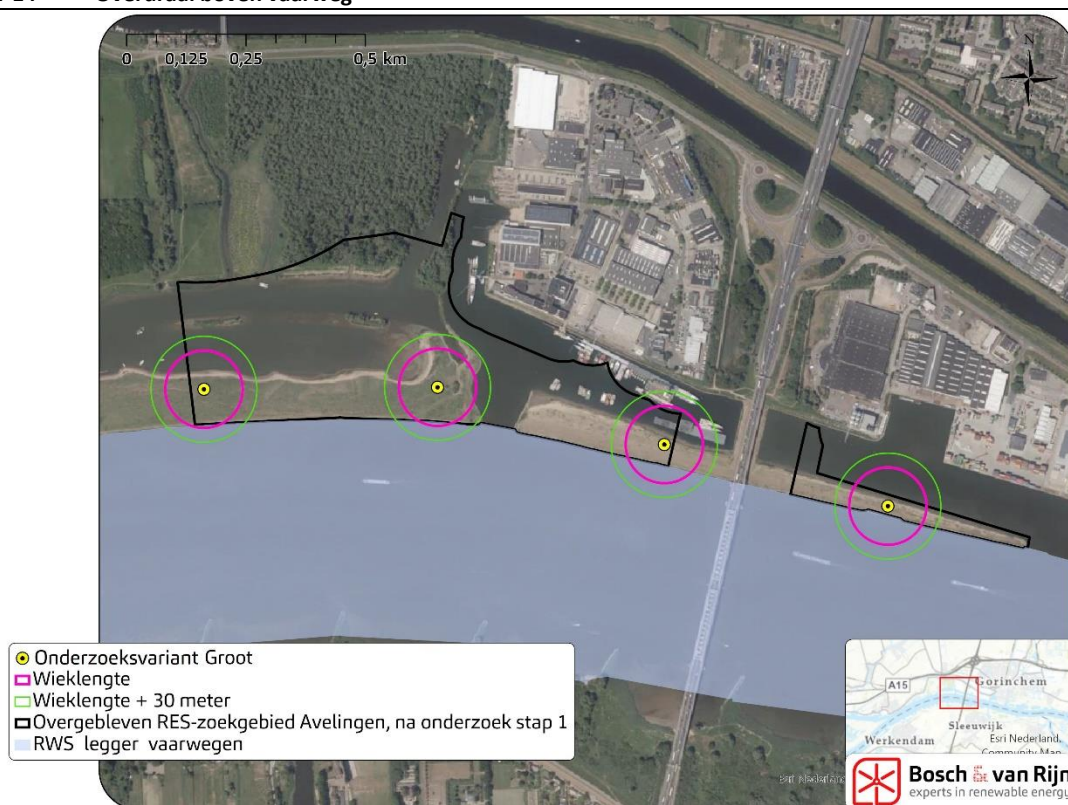
- 174.655 keer per jaar; oftewel 478 passages per dag gedurende een heel jaar door dezelfde persoon

Er wordt aan het MR ($2 \cdot 10^{-3}$) voldaan zolang het aantal passanten dat de windturbines passeert niet meer is dan:

- 349.311.177 per jaar

4.5.3 Onderzoeksvariant 'Groot'

Figuur 14 Overdraai boven vaarweg



Tabel 8

Voldoen windturbines aan beleidsregels (van links naar rechts, bovenste rij eerst)

Windturbine	Voldoet aan huidige beleidsregel	Voldoet aan toekomstige beleidsregel
1	Ja	Nee
2	Ja	Nee
3	Nee	Nee
4	Nee	Nee

Omdat bij sommige van de windturbines overdraai boven de vaarweg plaatsvindt, voldoen niet alle windturbines aan de adviesafstand uit de *Beleidsregel voor het*

plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken. Ten behoeve van een goede ruimtelijke ordening is daarom berekend wat de kans is dat een persoon die de windturbines op de vaarweg passeert wordt getroffen door (delen van) een falende windturbine (zie Bijlage C).

Deze trefkans is:

- $5,54 \cdot 10^{-12}$ per passage

Hieruit volgt dat aan het IPR (10^{-6}) wordt voldaan zolang één passant de windturbines niet vaker passeert dan:

- 180.562 keer per jaar; oftewel 494 passages per dag gedurende een heel jaar door dezelfde persoon

Er wordt aan het MR ($2 \cdot 10^{-3}$) voldaan zolang het aantal passanten dat de windturbines passeert niet meer is dan:

- 361.124.018 per jaar

4.5.4 Effecten onderzoeksvarianten op PR contour vaarweg

De vaarweg bij het windpark behoort tot het basisnet voor het transport van gevaarlijke stoffen, corridor Rotterdam – Duitsland. Omdat onderdelen van een falende windturbine passerende schepen met gevaarlijke stoffen op de basisnetroute zouden kunnen treffen, kan plaatsing van de windturbines een faalkansverhoging bij deze schepen tot gevolg hebben. In het kader van een goede ruimtelijke ordening kan worden onderzocht of deze situatie onaanvaardbare risico's vanuit de passerende schepen tot gevolg heeft. Hiervan zou sprake zijn als het toegevoegd risico door plaatsing van de windturbines er bij passerende schepen toe leidt dat de transportroute niet langer voldoet aan de normen voor het plaatsgebonden risico (PR) en groepsrisico (GR) vanuit het Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt).

Om dit te onderzoeken kan allereerst worden beschouwd of de maximale effectafstand (1%-letaliteitsafstand) van passerende schepen zodanig groot is dat deze tot overschrijding van de normen voor het PR en GR zou *kunnen* leiden. De vervoersaantallen en stofcategorie van passerende schepen op de Boven-Merwede, afkomstig uit de Regeling basisnet, zijn in de eerste twee kolommen van Tabel 9 weergegeven. De maximale effectafstand per stofcategorie, afkomstig uit de Handleiding risicoberekeningen Bevt, is in de laatste kolom van Tabel 9 weergegeven.

Tabel 9

Vervoersaantallen en maximale effectafstand van passerende schepen op de vaarweg

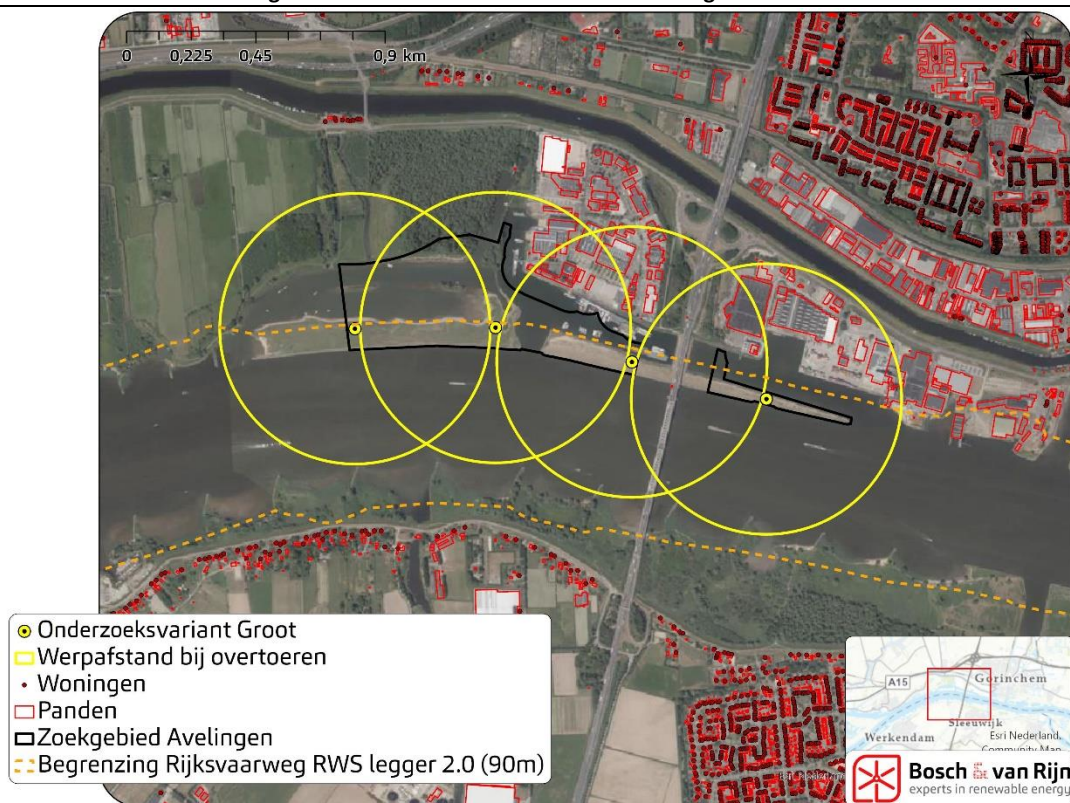
Stofcategorie	Vervoersaantallen (aantal / jaar)	Maximale effectafstand (m)
LF1	9.882	35
LF2	13.958	35
LT1	146	600

GF3	2.135	90
GT3	196	1070

Figuur 15 laat zien dat zich binnen 90 meter tot de rand van de vaarweg geen kwetsbare objecten bevinden (wel bevinden zich enkele bedrijfspanden binnen 90 meter tot de rand van de vaarweg, maar dit betreft beperkt kwetsbare objecten). Een incident bij schepen die de stofcategorieën LF1, LF2 of GF3 vervoeren zal daarom geen significante gevolgen kunnen hebben voor kwetsbare objecten rondom de vaarweg. Om die reden is er tevens geen invloed op het plaatsgebonden risico van de vaarweg.

Binnen de maximale effectafstand van schepen van de categorie LT1 en GT3 bevinden zich wel kwetsbare objecten. Hier kan allereerst getoetst worden of de windturbines het 10%-criterium overschrijden. Is dat geval kan worden getoetst of de risicotename door de windturbines bij deze schepen tot gevolg heeft dat de PR 10^{-6} contour van de vaarweg zodanig toeneemt, dat deze tot op de oever zou reiken. Omdat in de huidige situatie geen PR contour aanwezig is, mag worden aangenomen dat de risicoverhoging niet zodanig is dat de PR 10^{-6} contour tot de oever reikt. In dat geval zouden kwetsbare objecten binnen de PR 10^{-6} contour kunnen komen te liggen en zou vaarweg niet meer zou voldoen aan de normen uit het Bevt. Om dit te bevestigen zou een risicoberekening voor de vaarweg moeten worden uitgevoerd (QRA). Gezien de verkennende fase waarin de windontwikkeling zich momenteel bevindt, is een dergelijke berekening nog niet uitgevoerd.

Figuur 15 Panden en woningen binnen 90m van de rand van de vaarweg



Hoofdstuk 5 Conclusie

5.1 Algehele conclusie

Op basis van voorliggend verkenning is ontwikkeling van windenergie op de voorgenomen locatie mogelijk. Bij alle drie de onderzochte varianten zijn er aandachtspunten die er verder onderzocht dienen te worden voordat een definitief oordeel geveld kan worden over de haalbaarheid van een variant of dat er wijzigingen in de opstelling noodzakelijk zijn.

5.2 (Beperkt) kwetsbare objecten

Omdat zich geen (geprojecteerd) kwetsbare objecten binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines van de onderzoeksvarianten 'klein', 'middel' en 'groot' bevinden, wordt voor deze onderzoeksvarianten voldaan aan de *grenswaarde* voor het PR van 10^{-6} per jaar bij kwetsbare objecten.

Binnen de PR 10^{-6} contour van de onderzoeksvarianten 'middel' en 'groot' bevinden zich wel objecten die (mogelijk) als beperkt kwetsbaar objecten moeten worden beschouwd. Tabel 10 geeft een overzicht.

Hieruit volgt dat voor de onderzoeksvarianten 'middel' en 'groot' niet wordt voldaan aan een *richtwaarde* voor het PR van 10^{-6} bij beperkt kwetsbare objecten. In alle gevallen wordt bij beperkt kwetsbare objecten wel voldaan aan een PR van 10^{-5} .

Tabel 10 Beschrijving en beoordeling van objecten binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines

Onderzoeksvariant	Beschrijving pand	Kwetsbaar?
Middel	Bedrijfsgebouw Vreugdenhil Dairy Foods	Beperkt kwetsbaar
Middel	Opslagloods Vreugdenhil Dairy Foods	Niet kwetsbaar
Middel	BDA Kantoor (2 verdiepingen)	Beperkt kwetsbaar
Middel	Elektriciteitshuisje	Niet Kwetsbaar
Middel	Kantoor Merwetank	Beperkt kwetsbaar
Groot	Brugwachtershuisje	Beperkt kwetsbaar
Groot	BDA Kantoor (2 verdiepingen)	Beperkt kwetsbaar
Groot	Bedrijfsgebouw Louwman	Beperkt kwetsbaar
Groot	Elektriciteitshuisje	Niet Kwetsbaar
Groot	Bedrijfsgebouw Merwetank	Beperkt kwetsbaar

5.3 Risicovolle installaties

Voor alle onderzoeksvarianten geldt dat binnen het invloedsgebied van de windturbines risicovolle installaties aanwezig zijn. In deze onderzoeksfase is nog geen trefkansberekening uitgevoerd naar een mogelijke significante verhoging van de faal-

kans voor de betreffende installaties. Wel is beargumenteerd in hoeverre het aan-
 nemelijk is dat er sprake zal zijn van een faalkansverhoging van meer dan 10%. Tabel
 11 geeft hier een overzicht van.

Tabel 11 Beschrijving risicovolle installaties

Onderzoeksvariant	Risicovolle installatie	Faalkansverhoging >10%
Klein	Merwetank Mierenzuuropslag	Waarschijnlijk
Klein	Vreugdenhill Ammoniak koelinstallatie	Onwaarschijnlijk
Middel	Merwetank Mierenzuuropslag	Waarschijnlijk
Middel	Vreugdenhill Ammoniak koelinstallatie	Waarschijnlijk
Groot	Merwetank Mierenzuuropslag	Waarschijnlijk
Groot	Vreugdenhill Ammoniak koelinstallatie	Onwaarschijnlijk
Groot	BP Servicestation	Onwaarschijnlijk

Door middel van een kwantitatieve risicoanalyse kan de daadwerkelijke faalkans-
 verhoging nader worden onderzocht. Daarmee kan inzicht worden verkregen in het
 effect op de ligging van de PR contouren van de betreffende risicovolle installaties
 en kan de invloed op het Groepsrisico worden berekend.

5.4 Hoogspanningsinfrastructuur

Uit de analyse volgt dat bij alle onderzoeksvarianten geldt dat de hoogspanningsin-
 frastructuur met bijbehorend transformatorstation zich buiten de tiphoogte of
 werpafstand bij nominaal toerental bevinden. Hiermee wordt voldaan aan de ad-
 viesafstanden van TenneT.

5.5 Wegen

In alle onderzoeksvarianten is er geen sprake van overdraai over de huidige of toe-
 komstige (scenario verbreding) begrenzing van de rijksweg. In alle gevallen wordt
 zodoende voldaan aan de “Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in
 of over rijkswaterstaatwerken”.

5.6 Vaarwegen

Binnen de invloedsfeer van de windturbines in alle onderzoeksvarianten bevindt
 zich de vaarweg van de Boven-Merwede. Bij de onderzoeksvarianten ‘middel’ en
 ‘groot’ is er bij alle windturbines sprake van overdraai over de vaarweg. Bij de on-
 derzoeksvariant ‘klein’ geldt dit voor 3 van de 6 gemodelleerde turbines. Hiermee
 wordt niet voldaan aan toetsafstanden uit de “Beleidsregel voor het plaatsen van
 windturbines op, in of over rijkswaterstaatwerken”.

Plaatsing van windturbines op een afstand tot de rand van de vaarweg die kleiner is dan vermeld in de beleidsregel is toegestaan indien:

- uit aanvullend onderzoek blijkt dat er geen hinder voor wal- en scheepsradar optreedt,
- dit geen visuele hinder oplevert voor het scheepvaartverkeer en bedienend personeel van kunstwerken,
- het zicht op vaarwegmarkeringstekens door plaatsing van de windturbines niet wordt afgeschermd.

Vervolgonderzoek en overleg met Rijkswaterstaat zal moeten uitwijzen of aan bovenstaande voorwaarden kan worden voldaan.

Ter beoordeling van de ruimtelijke ordening kunnen daarnaast de effecten van plaatsing van de windturbines op het passantenvervoer en vervoer van gevaarlijke stoffen op de vaarweg worden beoordeeld.

Ter beoordeling van de risico's voor passantenvervoer is berekend wat de kans is dat een persoon die de windturbines op de vaarweg passeert door (delen van) een falende windturbine wordt getroffen. Vergelijking van deze trefkans met het IPR (10^{-5}) en MR (10^{-3}) geeft het aantal passages dat benodigd is om het IPR en MR te overschrijden.

Uit de berekening volgt dat één persoon de windturbines jaarlijks 178.221 maal (onderzoeksvariant klein), 174.655 maal (onderzoeksvariant middel) of 180.562 maal (onderzoeksvariant groot) zou moeten passeren om het IPR te overschrijden. Uit de berekening volgt tevens dat jaarlijks 356.442.196 schepen (onderzoeksvariant klein), 349.311.177 schepen (onderzoeksvariant middel) of 361.124.018 schepen (onderzoeksvariant groot) de windturbines zouden moeten passeren om het GR te overschrijden.

Gezien het aantal vervoersbewegingen op de vaarweg zal plaatsing van de windturbines niet leiden tot overschrijding van het IPR of MR.

Ter beoordeling van de risico's voor het vervoer van gevaarlijke stoffen kan worden beoordeeld of plaatsing van de windturbines ertoe leidt dat de transportroute niet langer voldoet aan de normen voor het plaatsgebonden risico (PR) en groepsrisico (GR) vanuit het Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt). Omdat zich geen kwetsbare objecten bevinden binnen de maximale effectafstand van schepen voor het vervoer van de stofcategorieën LF1, LF2 en GF3 hoeft hiertoe alleen het toegevoegd risico op schepen voor het vervoer van de stofcategorieën LT1 en GT3 worden beoordeeld. Gezien de verkennende fase waarin de windontwikkeling zich momenteel bevindt is een dergelijke beoordeling nog niet uitgevoerd. De lage vervoersaantallen van deze schepen doet echter vermoeden dat de risicotoevoeging bij deze schepen door plaatsing van de windturbines niet tot overschrijding van de normen voor het PR en GR van de transportroute zal leiden.

5.7 Aanbeveling

Uitgevoerde verkenning heeft op een aantal punten duidelijkheid geschept over de haalbaarheid van windturbines in het windzoekgebied Avelingen voor het thema externe veiligheid. Op enkele onderdelen is nader onderzoek nodig. Dat onderzoek vindt bij voorkeur plaats indien meer duidelijkheid bestaat over een voornemen en effecten op externe veiligheid kunnen worden afgewogen met overige effecten. Nader onderzoek kan bijvoorbeeld plaatsvinden in het kader van een m.e.r.-beoordeling of projectMER. De aanbevelingen voor ander onderzoek zijn als volgt:

- Enkele beperkt kwetsbare objecten zijn gelegen binnen de PR 10^{-6} contouren van de onderzoeksofstellingen 'middel' en 'groot'. Voor deze objecten mag gemotiveerd van deze toetswaarde worden afgeweken. Deze motivatie dient in een eventuele vervolgfase nader te worden getoetst en te worden onderbouwd.
- Uit de verkenning blijkt dat bij enkele windturbineposities een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) nodig is om te berekenen of de faalkansverhoging ter plaatse van risicorelevante bedrijfsactiviteiten toelaatbaar is. Indien nodig kunnen effecten worden gemitigeerd door verplaatsen van turbineposities of toepassing van overige maatregelen. Bij de beoordeling van de toelaatbaarheid dient de invloed op de ontwikkelruimte voor bedrijfsactiviteiten op bedrijventerrein Avelingen te worden meegewogen.
- Voor vaarwegen dient te worden onderzocht in hoeverre de overdraai over de vaarweg aanvaardbaar is.

Bijlage A Windturbinegegevens

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]

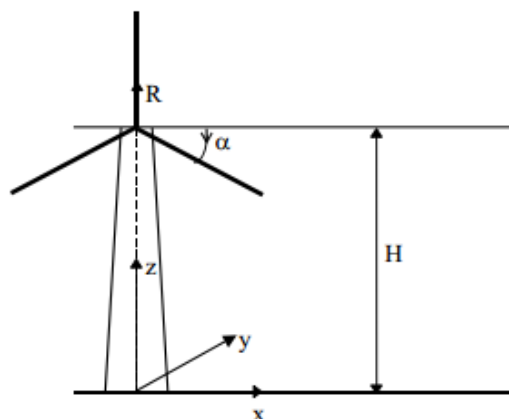
Ω : toerental van de rotor [rad/s]

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_{ZWP} geeft de kans per m^2 dat het zwaartepunt op een bepaalde plek terechtkomt 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_{ZWP} 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 terechtkomt, 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

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

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

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

Bijlage B (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) kampeerterrains 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;

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;

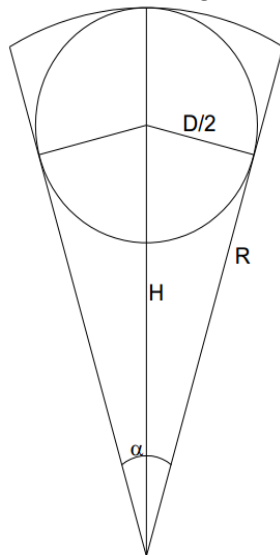
Bijlage C Trefkans berekening vaarweg

Rekenmethode mastbreuk

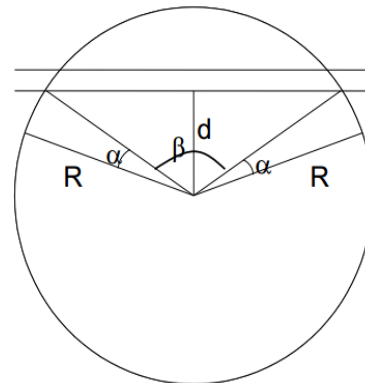
De kans dat de vaarweg wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van een onderstaand cirkelsegment (Figuur 16) in aanraking komt met de vaarwegstrook, hetgeen is geïllustreerd in Figuur 17 (HRW, 2020).

Figuur 16

Windturbine als cirkelsegment



Figuur 17 Turbine in aanraking met vaarweg



De kans dat de windturbine middels het faalscenario mastbreuk de vaarweg zal treffen is dan:

Onderzoeksvariant	Afstand windturbine tot vaarweg	Valhoek (graden)	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans vaarweg
Klein	13,4 m	226	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$8,151 \cdot 10^{-5}$
Middel	13,8 m	227	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$8,190 \cdot 10^{-5}$
Groot	18,3 m	220	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7,943 \cdot 10^{-5}$

Rekenmethode wiekbreuk

Conform het Handboek Risicozonering Windturbines kan de kans dat een persoon die permanent op dezelfde locatie aanwezig is wordt geraakt als gevolg van een afgebroken wiek met de volgende formule worden berekend:

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

Hieruit volgt de kans de windturbine een persoon op de vaarweg zal treffen middels het scenario wiekbreuk:

Onderzoeksvariant	A_c	p_{zwpt}	P
Klein	184,97	$5,845 \cdot 10^{-8}$	$1,621 \cdot 10^{-5}$

Middel	232.00	$5,356 \cdot 10^{-8}$	$1,863 \cdot 10^{-5}$
Groot	329.18	$3,344 \cdot 10^{-8}$	$1,651 \cdot 10^{-5}$

Rekenmethode gondelafworp

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

Totale trefkans per passage

De totale kans dat de vaarweg door (onderdelen van) de windturbine wordt getroffen volgt uit de som van bovenstaande trefkansen:

Onderzoeksva- ri- ant	Mastafbreuk	Wiekafbreuk	Gondelafworp	Totaal
Klein	$8,151 \cdot 10^{-5}$	$1,621 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$1,38 \cdot 10^{-4}$
Middel	$8,190 \cdot 10^{-5}$	$1,863 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$1,41 \cdot 10^{-4}$
Groot	$7,943 \cdot 10^{-5}$	$1,651 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$1,36 \cdot 10^{-4}$

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

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

waar v_o = snelheid van de passant (m/s)

Ten behoeve van het bepalen van de verblijfsfactor gaan we uit van een worstcase-scenario, dat wil zeggen van een passant die een lage snelheid en dus een lange verblijfstijd heeft. Dit is een boot, waarvoor wij een gemiddelde snelheid van 5 km per uur (1,4 meter per seconde) aannemen. De resulterende verblijfsfactor per passage is dan: $6,79 \cdot 10^{-9}$.

Door de trefkans met de verblijfsfactor te vermenigvuldigen kan de trefkans per passage berekend worden.

Onderzoeksva- ri- ant	Trefkans vaarweg	Verblijfsfactor passant	Trefkans per passage
Klein	$1,38 \cdot 10^{-4}$	$6,79 \cdot 10^{-9}$	$9,35 \cdot 10^{-13}$
Middel	$1,41 \cdot 10^{-4}$	$6,79 \cdot 10^{-9}$	$9,54 \cdot 10^{-13}$
Groot	$1,36 \cdot 10^{-4}$	$6,79 \cdot 10^{-9}$	$9,23 \cdot 10^{-13}$

Bovenstaande is de trefkans voor de turbine binnen de onderzoeksvariant met de grootste valhoek en daarmee de grootste trefkans. Om de volledige trefkans voor de onderzoeksvariant te berekenen is de trefkans per passage vermenigvuldigd met het aantal turbines.

Onderzoeksvariant	Trefkans per passage	Aantal turbines	Trefkans onderzoeks-variant
Klein	$9,35 \cdot 10^{-13}$	6	$5,61 \cdot 10^{-12}$
Middeel	$9,54 \cdot 10^{-13}$	6	$5,73 \cdot 10^{-12}$
Groot	$9,23 \cdot 10^{-13}$	4	$5,54 \cdot 10^{-12}$



Bosch & van Rijn
experts in duurzame energie

Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht
www.boschenvanrijn.nl