

Bosch & van Rijn

Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht
030 – 677 6466

Auteurs

Hans Kerkvliet MSc.
Drs. Ing. Jeroen Dooper

Opdrachtgever

Windpark Oude Mol BV



Windpark Oude Mol – opschaling Mariapolder

Kwantitatieve risicoanalyse t.b.v. CombiMER



Bosch & van Rijn
experts in renewable energy

Windpark Oude Mol – opschaling Mariapolder

Kwantitatieve Risicoanalyse t.b.v. CombiMER

Datum
29-3-2019

Versie
0.4

Bosch & Van Rijn
Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht

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

© Bosch & Van Rijn 2019

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>	5
1.3	<i>Beoordelingscriteria MER</i>	7
1.4	<i>Leeswijzer</i>	8
HOOFDSTUK 2	RISICO'S WINDTURBINES	9
HOOFDSTUK 3	BEOORDELINGSKADER	11
3.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	12
3.2	<i>Risicovolle installaties</i>	12
3.3	<i>Gasunie leidingen</i>	13
3.4	<i>Waterkering</i>	13
3.5	<i>Rijks- en vaarwegen</i>	14
HOOFDSTUK 4	RISICOANALYSE	15
4.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	16
4.2	<i>Risicovolle installaties</i>	22
4.3	<i>Buisleidingen</i>	27
4.4	<i>Infrastructuur</i>	33
HOOFDSTUK 5	VOORKEURSALETERNATIEF	40
5.1	<i>Beschrijving voorkeursalternatief</i>	41
5.2	<i>Te onderzoeken windturbinetype</i>	42
5.3	<i>Rekenmethode</i>	43
5.4	<i>Risicoanalyse</i>	43
HOOFDSTUK 6	CONCLUSIE	56
6.1	<i>(beperkt) Kwetsbare objecten</i>	57
6.2	<i>Risicovolle installaties</i>	57
6.3	<i>Buisleidingen</i>	57
6.4	<i>Waterkering</i>	58
6.5	<i>Infrastructuur</i>	58
HOOFDSTUK 7	BIJLAGEN	60
BIJLAGE A	OPSTELLING ALTERNATIEVEN	61
BIJLAGE B	RISICOCONTOUREN EN WERPAFSTANDEN	64
BIJLAGE C	BEREKENING WERPAFSTAND	102
BIJLAGE D	WERPAFSTANDEN TURBINETYPE	104
BIJLAGE E	(BEPERKT) KWETSBARE OBJECTEN	106

Hoofdstuk 1 **Inleiding**



1.1 Inleiding

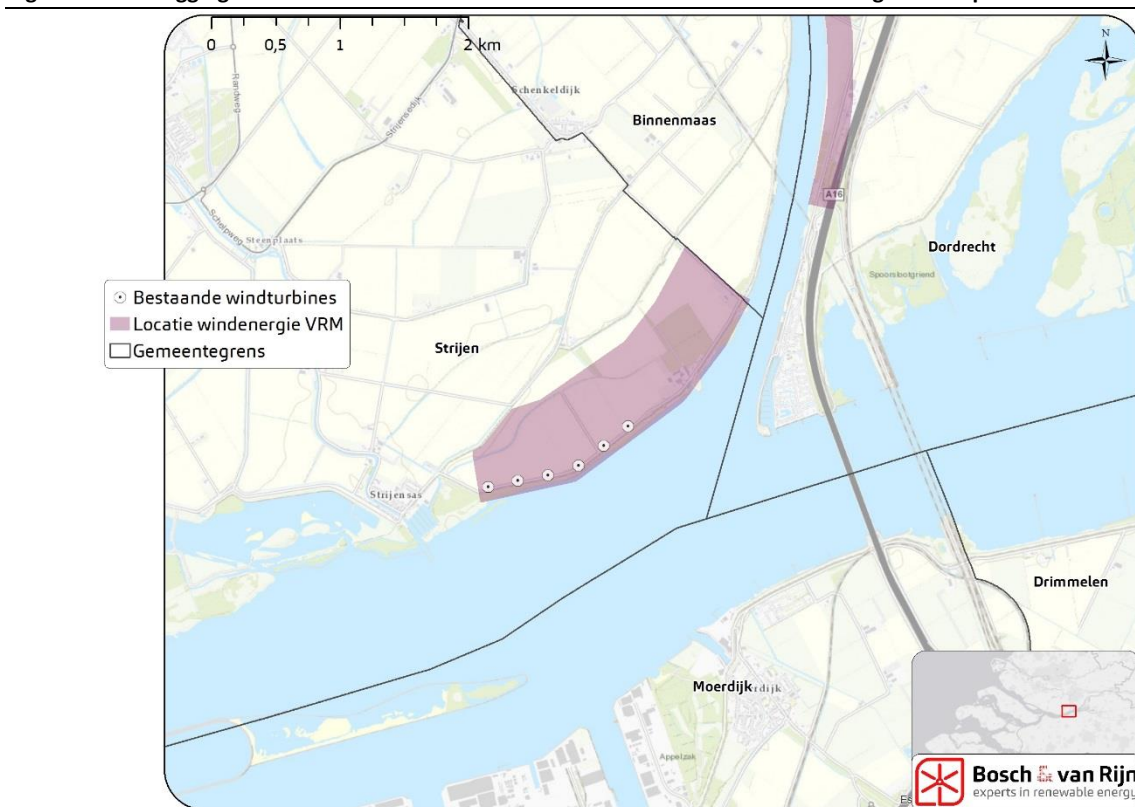
Bosch & Van Rijn heeft een Kwantitatieve Risicoanalyse uitgevoerd naar de externe veiligheidsrisico's in en nabij de Mariapolder in gemeente Strijen als gevolg van diverse windenergieopstellingen ten behoeve van een milieueffectrapportage (MER).

Het voorgenomen windpark betreft de vervanging en opschaling van de windturbines van windpark 'Clothildis' in dezelfde polder.

Deze studie volgt de beoordelingscriteria zoals opgenomen in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau van WP Oude Mol. 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.

Het op te schalen park ligt binnen een zone die in de Visie Ruimte en Mobiliteit (VRM) van de provincie Zuid-Holland is aangemerkt als 'locatie voor windenergie' en bestaat uit 6 windturbines met een totaal vermogen van 4,8 MW.

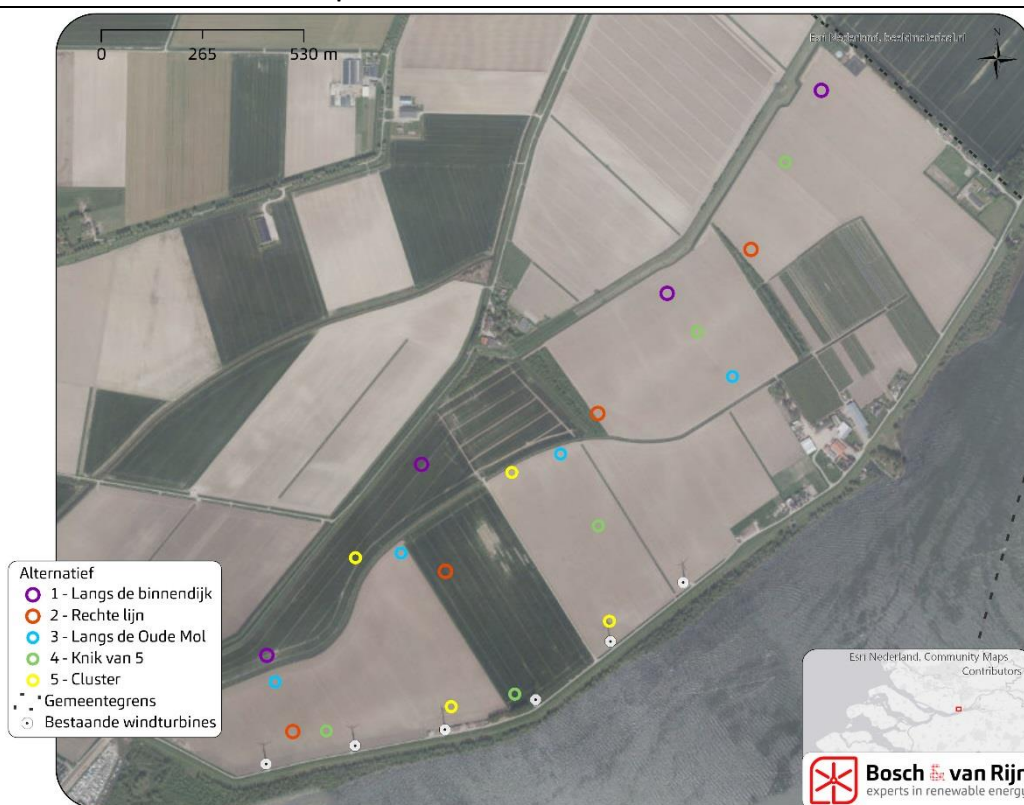
Figuur 1 Ligging van de bestaande windturbines binnen de 'locatie voor windenergie' uit de provinciale VRM.



1.2 MER

Het (combi)MER beschouwt vijf alternatieven, die verschillen door het aantal, de afmetingen en de posities van de windturbines (Zie Figuur 2 en Tabel 1). Daarnaast wordt het bestaande windpark op dezelfde manier onderzocht als de MER-alternatieven, om een vergelijking met de huidige situatie mogelijk te maken (referentiesituatie(ref.)).

Figuur 2 MER-alternatieven van windpark Oude Mol.



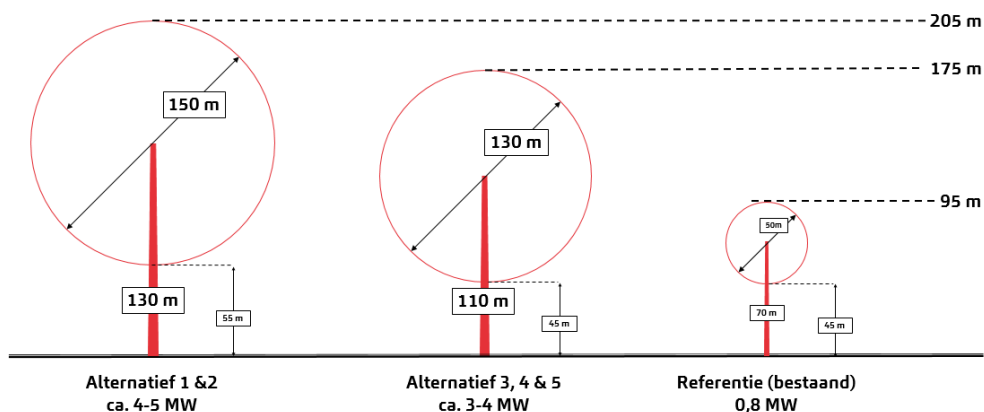
Tabel 1

MER-alternatieven.

	1	2	3	4	5	Ref.
Aantal windturbines	4	4	4	5	4	6
Afmetingen						
Ashoogte (m)	130	130	110	110	110	70
Rotordiameter (m)	150	150	130	130	130	50
Tiphoogte (m)	205	205	175	175	175	95
Onderlinge afstand (m)	675	575	475	500	475	250
Onderlinge afstand (aantal D)	4,5	3,8	3,7	3,8	3,7	5,0

Figuur 3 Schematische weergave van de afmetingen van de MERalternatieven.

**Afmetingen MER-alternatieven
opschaling Mariapolder**



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
Referentie	Nordex N50 800kW	70	50
1 & 2	Vestas V150-4,2	130	150
3, 4 & 5	Nordex N131/3900	110	131

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	Omschrijving	X	Y
1	Langs de Binnendijk	100308	414742
1	Langs de Binnendijk	100713	415242
1	Langs de Binnendijk	101355	415690
1	Langs de Binnendijk	101759	416222
2	Rechte Lijn	100376	414543
2	Rechte Lijn	101174	415376
2	Rechte Lijn	100775	414962
2	Rechte Lijn	101575	415805
3	Langs Oude Mol	100330	414673
3	Langs Oude Mol	100659	415010
3	Langs Oude Mol	101526	415472
3	Langs Oude Mol	101076	415270
4	Maximaal	100957	414641
4	Maximaal	100463	414544
4	Maximaal	101175	415081
4	Maximaal	101434	415589
4	Maximaal	101665	416034
5	Cluster	100949	415221
5	Cluster	101204	414831
5	Cluster	100790	414608
5	Cluster	100540	414998
Ref	Clothildis 01	100306	414458
Ref	Clothildis 02	100539	414506
Ref	Clothildis 03	100774	414548
Ref	Clothildis 04	101011	414626
Ref	Clothildis 05	101207	414779
Ref	Clothildis 06	101397	414933

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;
- Risicovolle installaties
- Gasunieleidingen en hoogspanningslijnen
- Infrastructuur (incl. vaarwegen)
- Waterkeringen

In deze kwantitatieve risicoanalyse worden alle beoordelingscriteria voor het CombiMER onderzocht, met uitzondering van het effect op waterkeringen; dit is voor de MER-alternatieven direct in het hoofddocument opgenomen.

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 vijf onderzochte alternatieven. Hoofdstuk 5 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. en het naar beneden vallen van de gondel en/of rotor.

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

Op basis van 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
Ref. Sit.	Nordex N50	70	25	73	60	139
1	Vestas V150	130	75	178	178	466
2	Vestas V150	130	75	178	178	466
3	Nordex N131	110	65,5	179	179	493
4	Nordex N131	110	65,5	179	179	493
5	Nordex N131	110	65,5	179	179	493

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

- (Beperkt) kwetsbare objecten
- Risicovolle installaties
- (Gasunie) leidingen
- Infrastructuur (incl. vaarwegen)
- Waterkering en dijklichamen

NB. Er bevindt zich geen hoogspanningsinfrastructuur of spoorwegen in de buurt van het plangebied. 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 Gasunie leidingen

Voor gasleidingen hanteert Gasunie N.V. een adviesafstand waarbuiten geen substantiële negatieve invloed van een windturbine is te verwachten. Deze afstand is de hoogste waarde van de maximale werpafstand bij nominaal toerental of masthoogte + $1/3^{\text{de}}$ wieklengte.

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

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

- Er géén 10^{-6} per jaar contour ontstaat die bij Bevb-transportleidingen tot buiten de belemmeringstrook reikt en bij Bevi-inrichten tot buiten het hekwerk reikt als die 10^{-6} per jaar contour vóór plaatsing van de windturbines ook niet buiten de belemmeringstrook resp. het hekwerk reikte. Dat betekent dat voor situaties waar het PR niveau binnen de belemmeringstrook resp. het hekwerk lager is dan 10^{-6} per jaar, het PR wel mag toenemen tot maximaal 10^{-6} per jaar;
- De PR 10^{-6} per jaar contour niet groter wordt als die vóór de plaatsing van de windturbines al wel buiten de belemmeringstrook resp. het hekwerk reikte;
- De frequentie dat een inrichting die onder het Activiteitenbesluit Milieubeheer valt door een onderdeel van de windturbines wordt getroffen lager is dan:
 - o 5×10^{-6} per jaar voor meet- en regelstations en exportstations;
 - o $2,5 \times 10^{-4}$ per jaar voor gasontvangstations.

NB. Bovenstaande adviesafstand wijkt af van de adviesafstand uit het Handboek Risicozonering Windturbines versie 3.1 (2014). Dit komt, omdat bovenstaande beleid van de Gasunie in een later stadium is opgesteld. Hierom toetsen wij aan bovenstaande adviesafstanden.

3.4 Waterkering

De waterkering maakt onderdeel uit van dijkkring 21 – 2: Goeree-Overflakkee². Voor deze dijk geldt een veiligheidsnorm van $1/300$ jaar³. Conform het Handboek Risicozonering Windturbines (Versie 3.1, 2014) worden de resultaten van deze trefkansberekening getoetst aan de ontwerpwaarden van de dijkkring.

² Waterwet, Bijlage I 'Dijkkringen en primaire waterkeringen' als bedoeld in artikel 1.3, eerste lid.

³ Waterwet, Bijlage II

Als toetsingscriterium wordt gehanteerd:

De additionele faalfrequentie van de geplande windturbines dient kleiner te zijn dan 10% van de autonome faalfrequentie van de primaire waterkering.

3.5 Rijks- en vaarwegen

Voor Rijks- en vaarwegen 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 honderdzes- en twintig kilometer per uur. Een generiek IPR van 10^{-6} wordt aangehouden voor alle infrastructuur waarop de wettelijk toelaatbare snelheden de honderdzes- en twintig kilometer per uur niet overschrijden, en een generiek IPR van 10^{-7} op infrastructuur waarop wettelijk toelaatbare snelheden boven de honderdzes- en twintig 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 Referentiesituatie

Figuur 4 Risicocontouren rond de windturbines (Referentiesituatie)



Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied voor de referentiesituatie geen (geprojecteerde) aandachtspunten. Er bevinden zich geen beperkt kwetsbare of kwetsbare objecten binnen respectievelijk de 10^{-5} en 10^{-6} contour.

4.1.2 Alternatief 1

Figuur 5 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.

4.1.3 Alternatief 2

Figuur 6 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.

4.1.4 Alternatief 3

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

Figuur 7 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 3)



4.1.5 Alternatief 4

Figuur 8 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 4)



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

4.1.6 Alternatief 5

Figuur 9 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 5)



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

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 Referentiesituatie

Figuur 10 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties.



Uit bovenstaand figuur blijkt dat er zich geen risicovolle installaties bevinden binnen de invloedssfeer van de windturbines.

4.2.2 Alternatief 1

Uit onderstaande figuur blijkt dat er ook bij Alternatief 1 zich geen risicovolle installaties bevinden binnen de invloedssfeer van de windturbines.

Figuur 11 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



4.2.3 Alternatief 2

Uit onderstaande figuur blijkt dat er ook bij Alternatief 2 zich geen risicovolle installaties bevinden binnen de invloedssfeer van de windturbines.

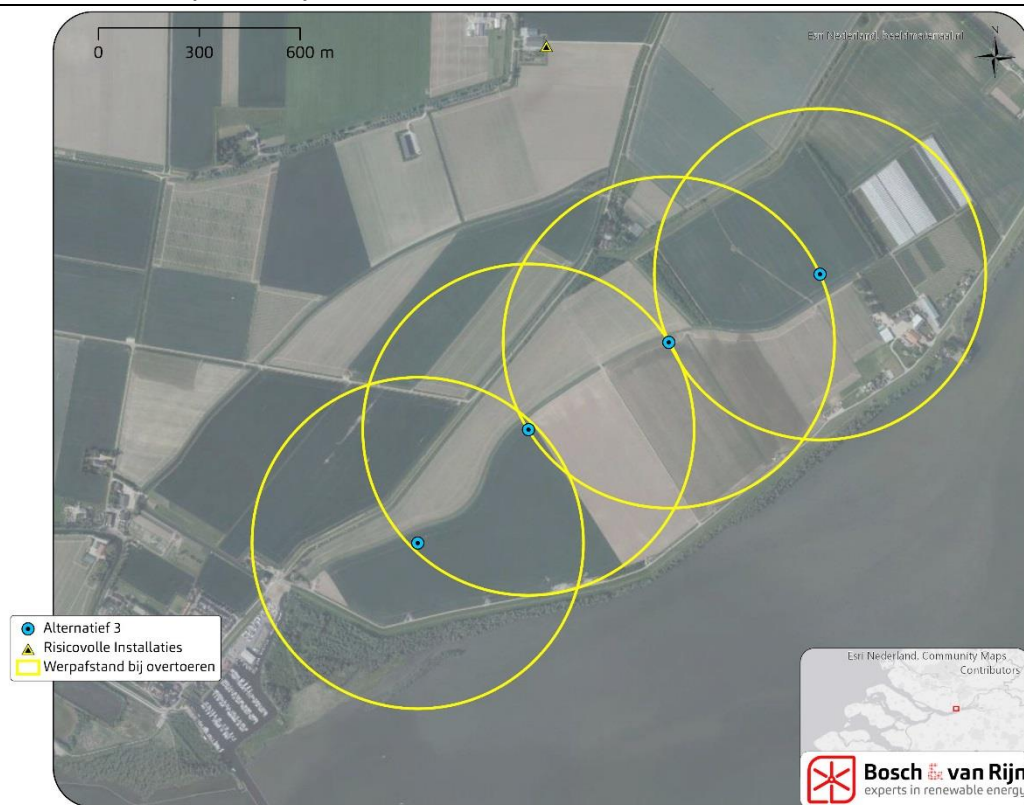
Figuur 12 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



4.2.4 *Alternatief 3*

Uit onderstaande figuur blijkt dat er ook bij Alternatief 3 zich geen risicovolle installaties bevinden binnen de invloedssfeer van de windturbines.

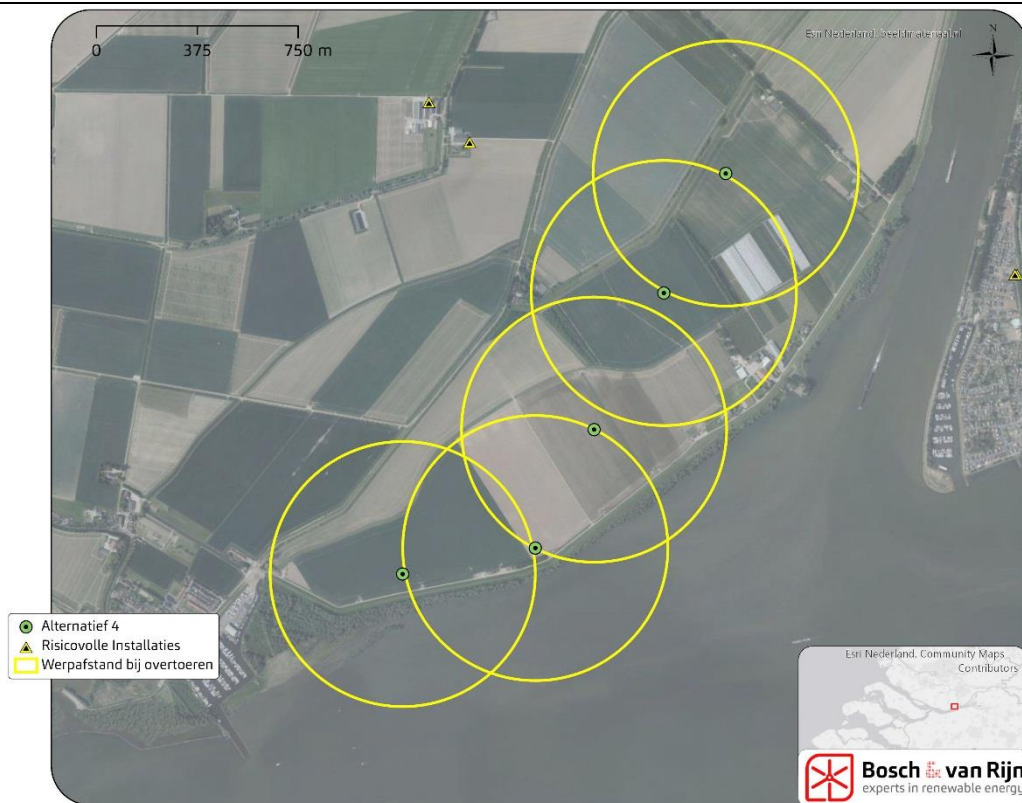
Figuur 13 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



4.2.5 *Alternatief 4*

Uit onderstaande figuur blijkt dat er ook bij Alternatief 4 zich geen risicovolle installaties bevinden binnen de invloedssfeer van de windturbines.

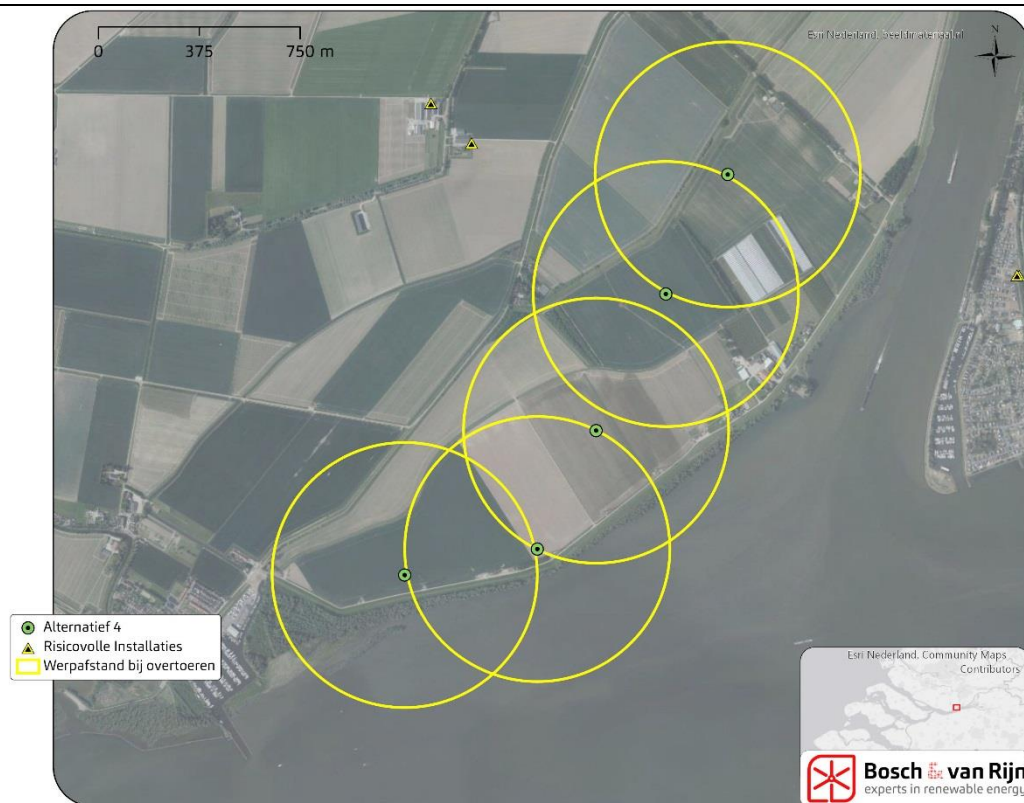
Figuur 14 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



4.2.6 Alternatief 5

Uit onderstaande figuur blijkt dat er ook bij Alternatief 5 zich geen risicovolle installaties bevinden binnen de invloedssfeer van de windturbines.

Figuur 15 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



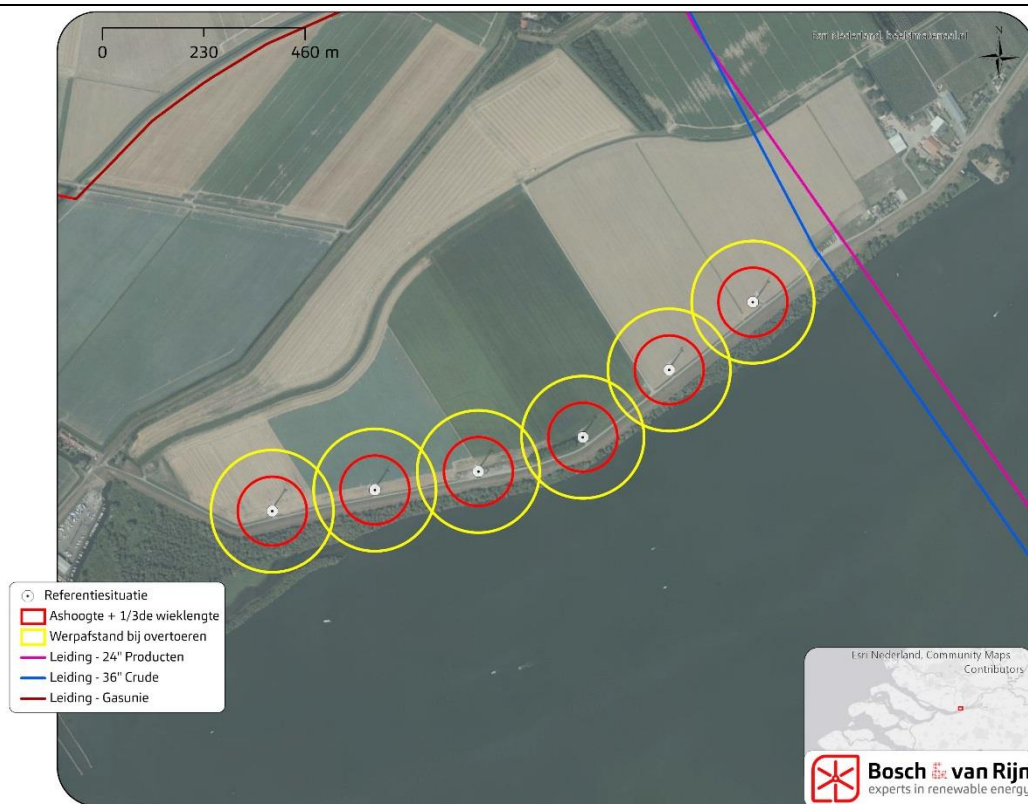
4.3 Buisleidingen

Vanwege de aanwezigheid van buisleidingen, van onder andere de Gasunie, in het plangebied is er geanalyseerd welke faalscenario's van toepassing zijn per alternatie (zie Hoofdstuk 2). Tevens wordt er gekeken of er wordt voldaan aan de adviesafstand van Gasunie. Indien er bij het Voorkeursalternatief (VKA) niet wordt voldaan aan de adviesafstand van de Gasunie worden de risico's gekwantificeerd waarbij de trefkansberekeningen worden uitgevoerd volgens het Handboek Risicozonering Windturbines 2014 (HRW Herziene versie 3.1, september 2014, Bijlage C Hoofdstuk 8).

4.3.1 Referentiesituatie

Voor de referentiesituatie geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de maximale werpafstand bij overtoeren. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

Figuur 16 De verschillende faalscenario's en buisleidingen

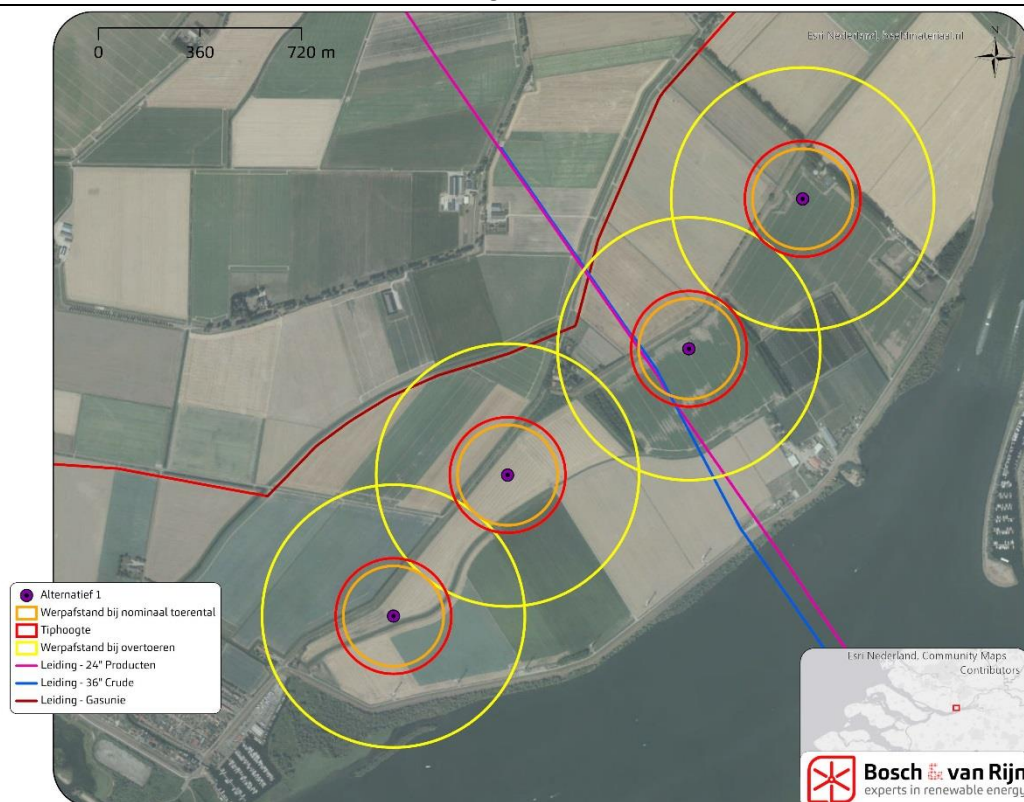


4.3.2 Alternatief 1

Voor Alternatief 1 geldt dat de 24"productenleiding en de 36" crude leiding zich bevinden binnen de werpafstand bij nominaal toerental en tiphoogte van windturbine 3. Voor deze leidingen wordt er niet voldaan aan de adviesafstanden van Gasunie.

De buisleiding van de Gasunie bevindt zich binnen de werpafstand bij overtoeren van windturbine 2 en 3, maar buiten de valafstand en werpafstand bij nominaal toerental. Voor deze buisleiding geldt dat er wel wordt voldaan aan de adviesafstand van Gasunie.

Figuur 17 De verschillende faalscenario's en buisleidingen

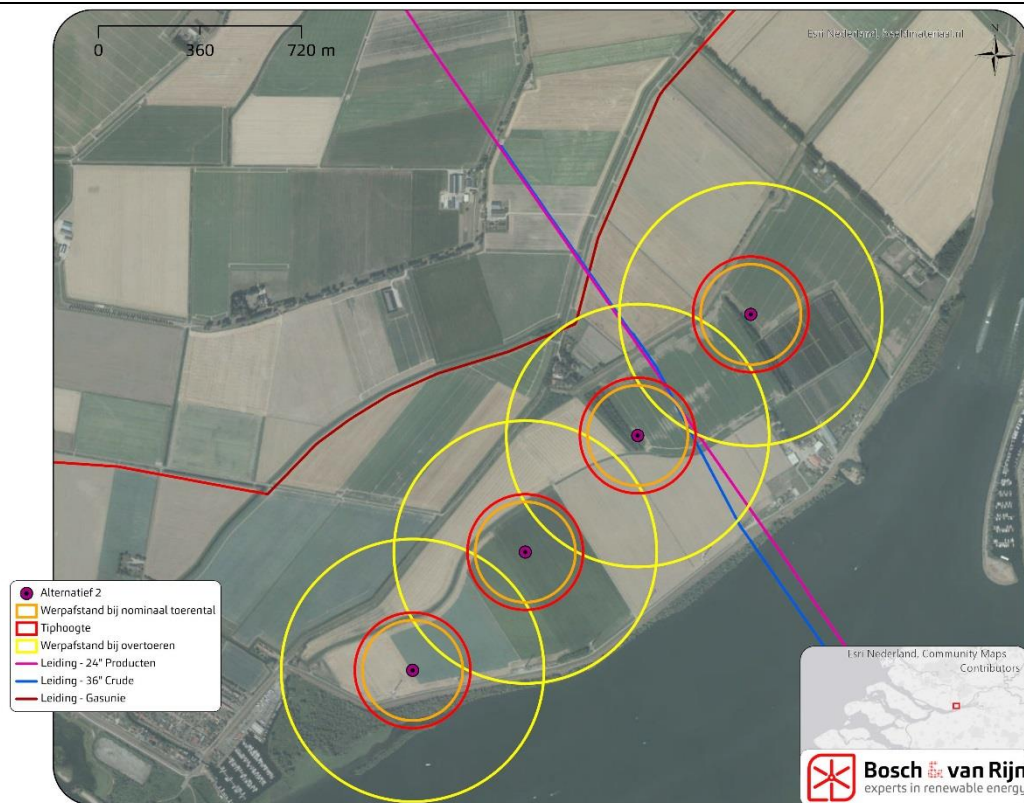


4.3.3 Alternatief 2

Voor Alternatief 2 geldt dat de 24"productenleiding en de 36" crude leiding zich bevinden binnen de werpfstand bij nominaal toerental en tiphoogte van windturbine 3 en binnen de werpfstand bij overtoeren van windturbine 4. Voor deze leidingen wordt niet voldaan aan de adviesafstanden van Gasunie.

De buisleiding van de Gasunie bevindt zich binnen de werpfstand bij overtoeren van windturbine 3, maar buiten de valafstand en werpfstand bij nominaal toerental. Voor deze buisleiding geldt dat er wel wordt voldaan aan de adviesafstand van Gasunie.

Figuur 18 De verschillende faalscenario's en buisleidingen

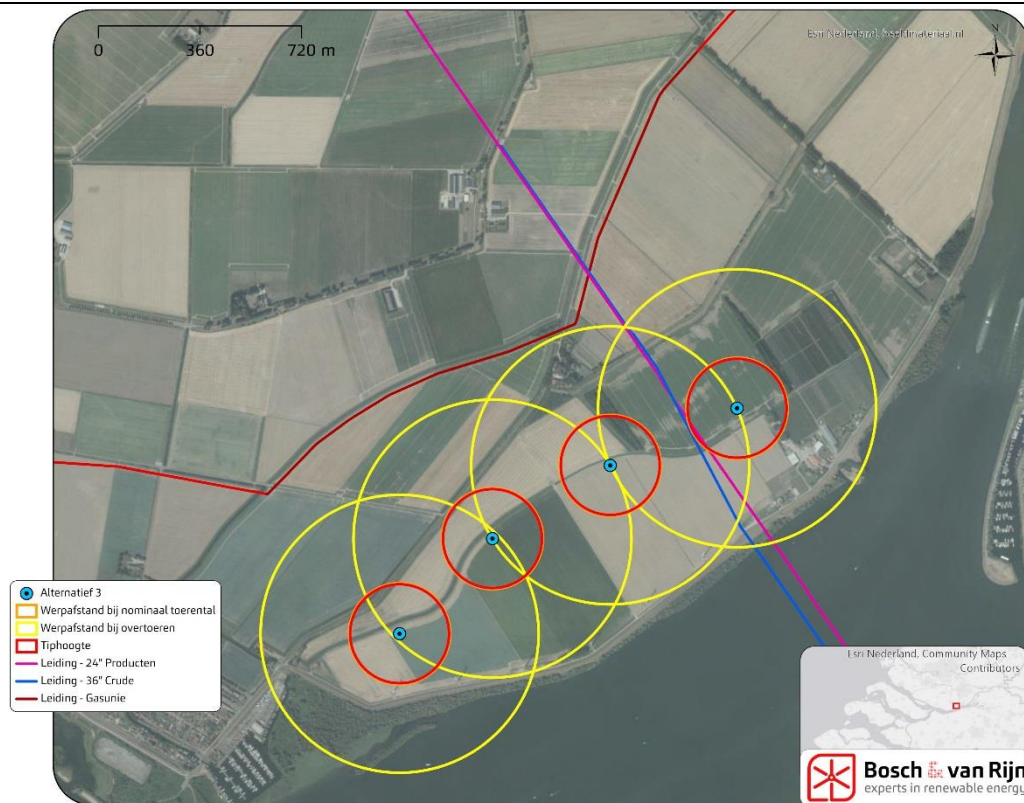


4.3.4 Alternatief 3

Voor Alternatief 3 geldt dat de 24"productenleiding zich bevindt binnen de werpafstand bij nominaal toerental en tiphoogte van windturbine 4 en binnen de werpafstand bij overtoeren van windturbine 3. Voor deze leiding wordt er niet voldaan aan de adviesafstanden van Gasunie.

De buisleiding van de Gasunie bevindt zich buiten de invloedssfeer van de windturbines terwijl de 36" crude leiding zich bevindt binnen de werpafstand bij overtoeren van windturbine 3 en 4. Voor deze beide leidingen wordt er voldaan aan de adviesafstand.

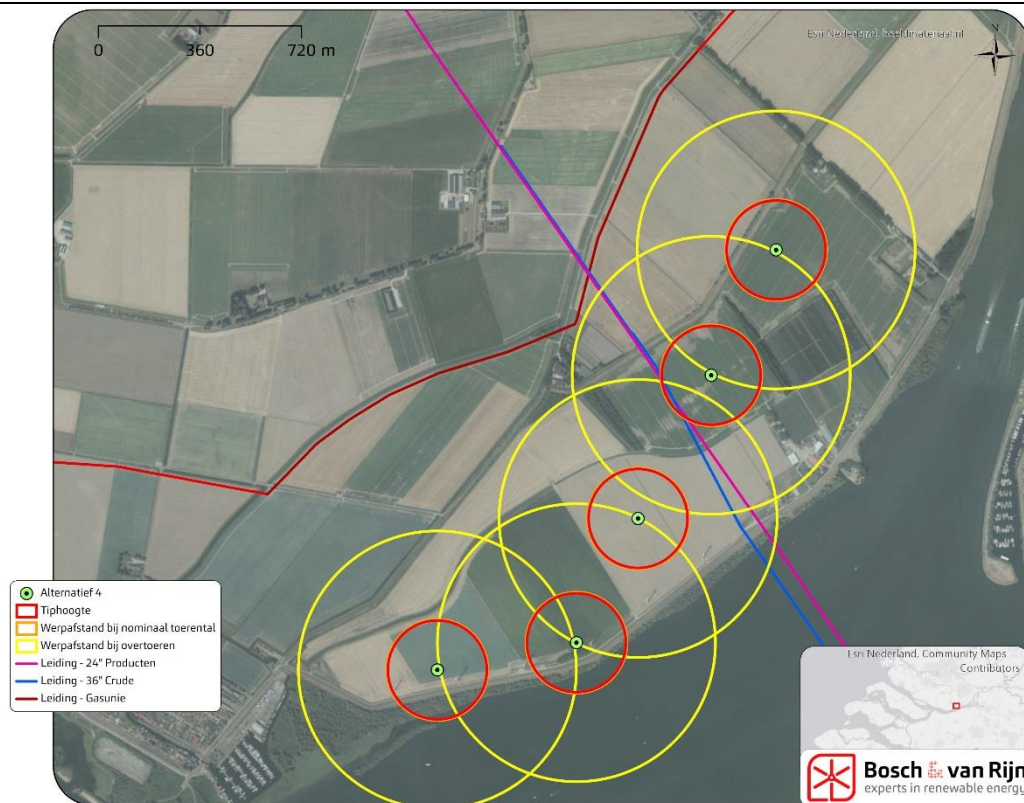
Figuur 19 De verschillende faalscenario's en buisleidingen



4.3.5 *Alternatief 4*

Voor Alternatief 4 geldt dat de 24\"

Figuur 20 De verschillende faalscenario's en buisleidingen



4.3.6 Alternatief 5

Voor Alternatief 5 geldt dat de 24" productenleiding en 36" crude zich bevinden binnen de werpafstand bij overtoeren van windturbines 3 en 4. Voor deze leidingen wordt er wel voldaan aan de adviesafstanden van Gasunie. De buisleiding van de Gasunie bevindt zich buiten de invloedssfeer van de windturbines.

Figuur 21 De verschillende faalscenario's en buisleidingen



4.4 Infrastructuur

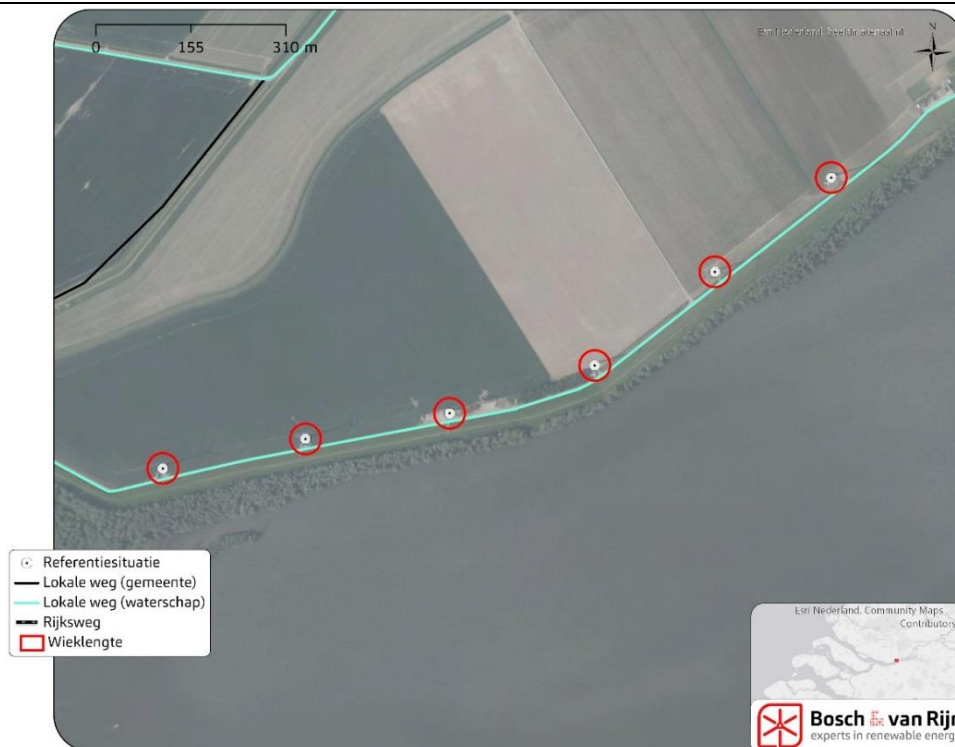
Voor de alternatieven is nagegaan of een windturbine over een openbare weg draait. Indien er geen overdraai plaatsvindt wordt er voldaan aan veiligheidseisen voor Rijkswegen, waarmee geconcludeerd kan worden dat er zich geen onacceptabele risico's voor doen. Wanneer er bij het VKA overdraai plaatsvindt op een lokale weg zal de kans worden berekend dat een persoon wordt geraakt door aan afgebroken wiek, mast en/of gondel.

Tevens is er per alternatief gekeken of het basisnet zich binnen de invloedssfeer van de windturbines.

4.4.1 Referentiesituatie

Uit onderstaand figuur blijkt dat alle zes de windturbines van de referentiesituatie overdraaien over de Mariapolder.

Figuur 22 Wieklength en wegen in het plangebied



Verder blijkt uit onderstaande figuur dat het basisnet zich bevindt binnen de invloedssfeer van de windturbines.

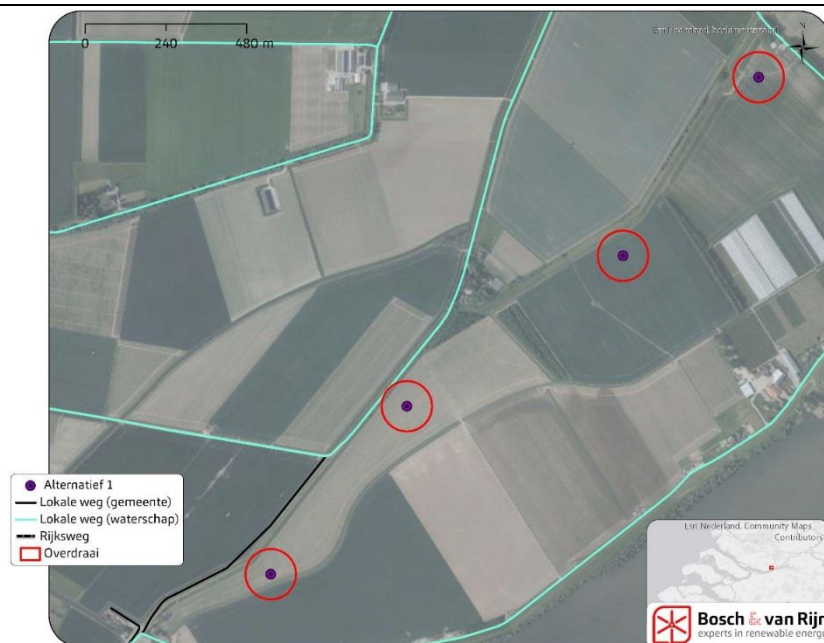
Figuur 23 Werpafstand bij overtoeren en basisnet



4.4.2 Alternatief 1

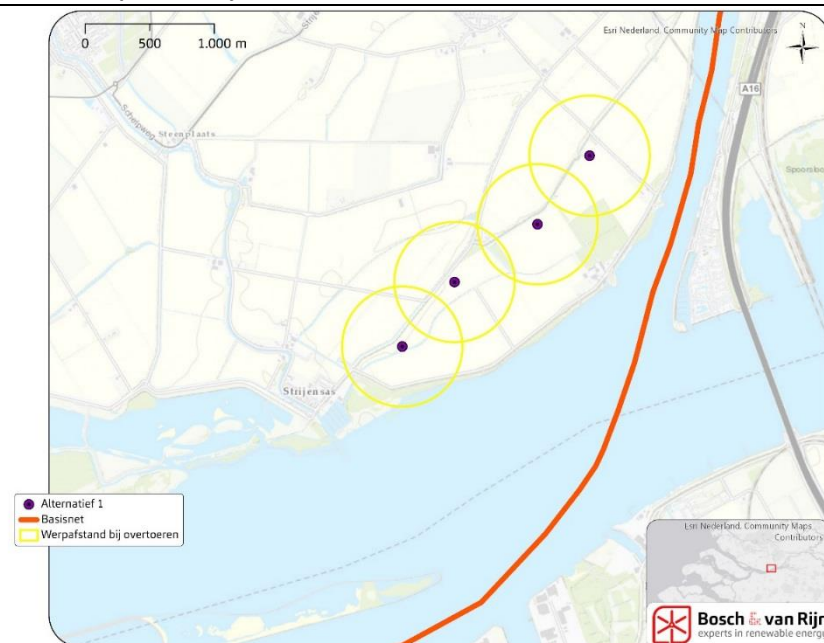
Uit onderstaand figuur blijkt dat windturbine 2 draait over de Sassedijk. Bij de andere windturbines vind geen overdraai plaats.

Figuur 24 Wieklengthe en wegen in het plangebied



Verder blijkt uit onderstaande figuur dat het basisnet zich bevindt binnen de invloedssfeer van de windturbines.

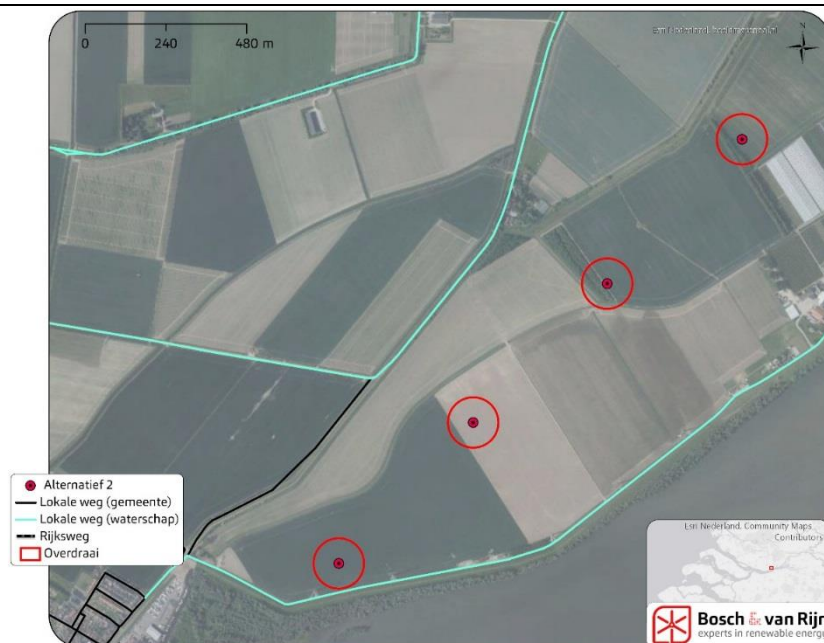
Figuur 25 Werpafstand bij overtoeren en basisnet



4.4.3 Alternatief 2

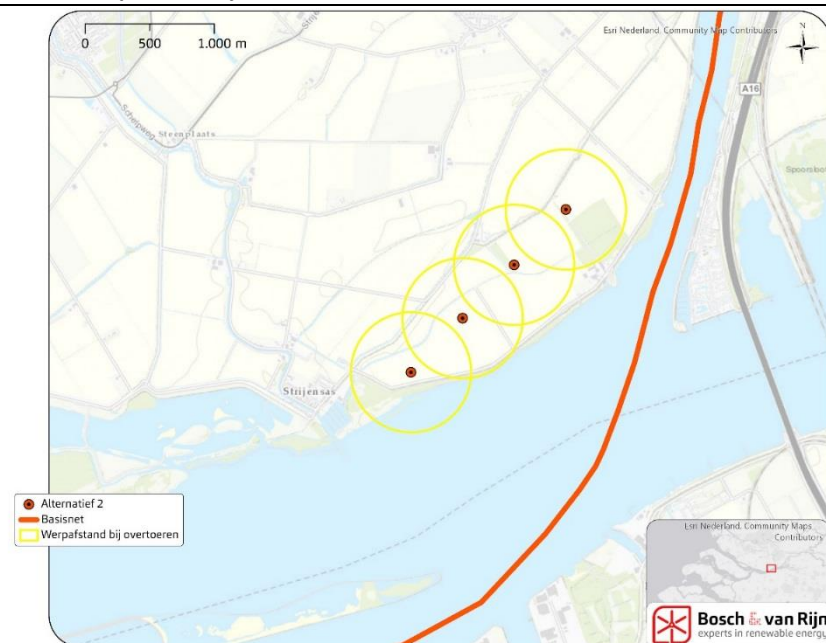
Uit onderstaand figuur blijkt er geen overdraai plaats vindt over openbare wegen.

Figuur 26 Wieklengte en wegen in het plangebied



Verder blijkt uit onderstaande figuur dat het basisnet zich bevindt binnen de invloedssfeer van de windturbines.

Figuur 27 Werpafstand bij overtoeren en basisnet



4.4.4 Alternatief 3

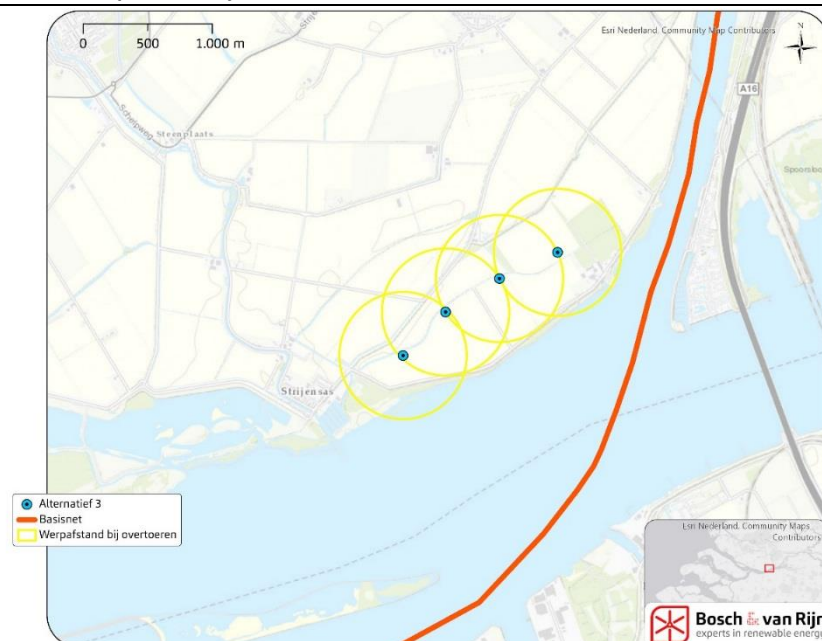
Uit onderstaand figuur blijkt er geen overdraai plaats vindt over openbare wegen.

Figuur 28 Wieklengte en wegen in het plangebied



Verder blijkt uit onderstaande figuur dat het basisnet zich bevindt binnen de invloedssfeer van de windturbines.

Figuur 29 Werpafstand bij overtoeren en basisnet



4.4.5 Alternatief 4

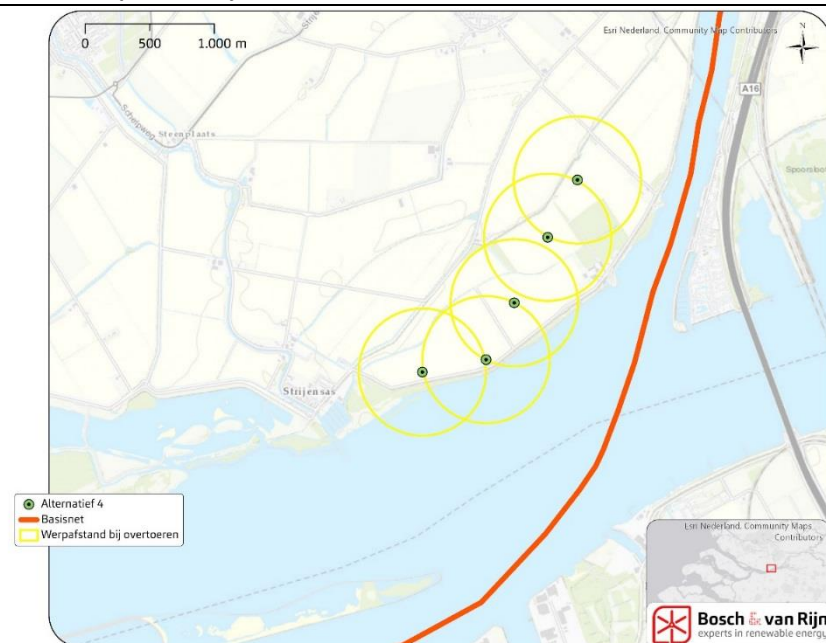
Uit onderstaand figuur blijkt dat windturbines 1 en 2 overdraaien over de Maria-polder.

Figuur 30 Wieklenge en wegen in het plangebied



Verder blijkt uit onderstaande figuur dat het basisnet zich bevindt binnen de invloedssfeer van de windturbines.

Figuur 31 Werpafstand bij overtoeren en basisnet



4.4.6 Alternatief 5

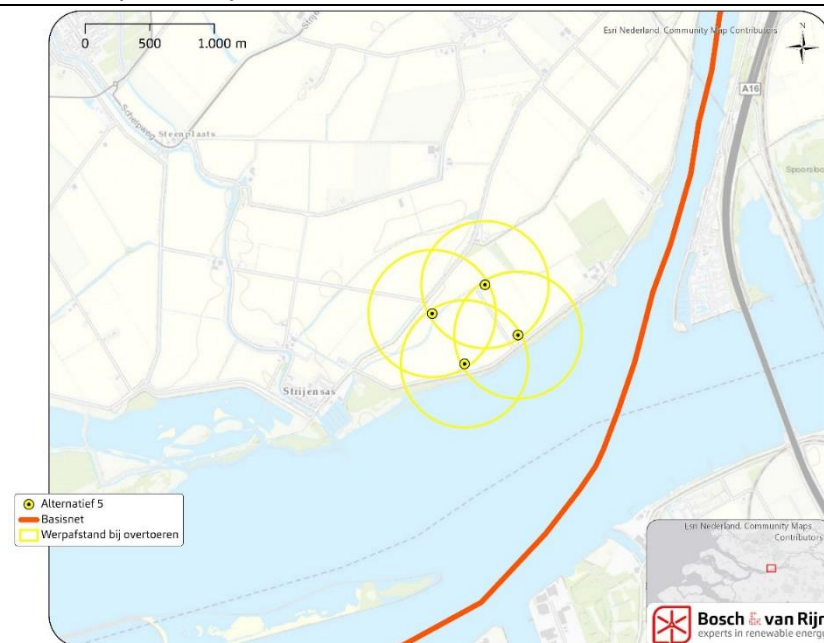
Uit onderstaand figuur blijkt dat windturbines 1 en 2 overdraaien over de Maria-polder.

Figuur 32 Wieklengte en wegen in het plangebied



Verder blijkt uit onderstaande figuur dat het basisnet zich bevindt binnen de invloedssfeer van de windturbines.

Figuur 33 Werpafstand bij overtoeren en basisnet



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 110 meter, maximaal 140 meter;
- Rotordiameter: minimaal 130 meter, maximaal 162 meter;
- Tiphoogte: minimaal 175 meter, maximaal 210 meter;

In dit hoofdstuk is de bovengrens van de bandbreedte doorgerekend, doordat de bovengrens het grootste risicoverhogend effect heeft op nabijgelegen gebouwen, installaties en infrastructuur.

Figuur 34 Windturbinelocaties van het Voorkeursalternatief (VKA) voor windpark Oude Mol



De coördinaten van de windturbines staan in onderstaande tabel.

Windturbine	X	Y
1	100521	414552
2	100642	414988
3	100961	414646
4	101105	415089

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 van de afmetingen. Hiertoe is een referentiewindturbine bepaald met de juiste afmetingen en werpafstanden gebaseerd op een op Vestas V162 op 129 meter ashoogte.

Wtb type	Ashoogte (m)	Risicocontouren (m)		Max. werpafstand (m)	
		10^{-5}	10^{-6}	Bij nominaal toerental	Bij overtoeren
Ref. WTB.	129	81	195	195	528

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 grote 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 of kwetsbare objecten zich bevinden binnen respectievelijk de 10^{-5} en 10^{-6} contour.

Figuur 35 Risicocontouren rond de windturbines



5.4.2 Risicovolle installaties

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

Figuur 36 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties

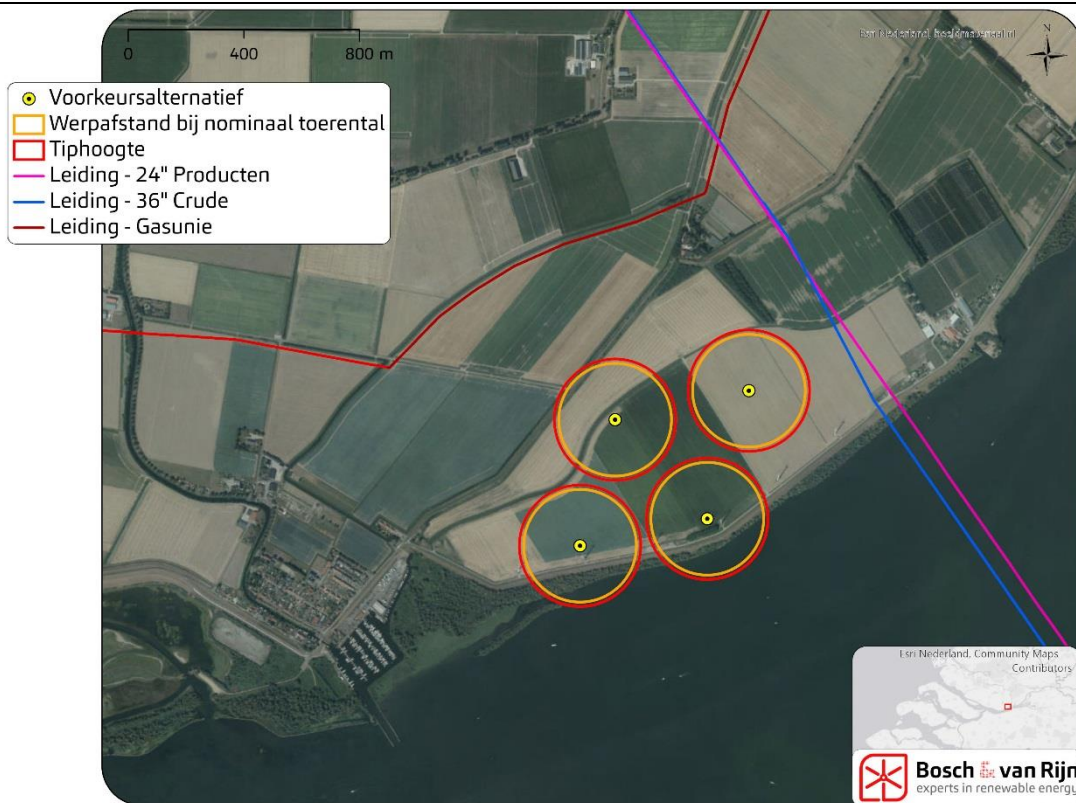


Uit bovenstaande figuur blijkt dat er zich geen risicovolle installaties bevinden binnen de invloedssfeer van de windturbines.

5.4.3 Buisleidingen

Vanwege de aanwezigheid van buisleidingen, van onder andere de Gasunie, in het plangebied is voor het voorkeursalternatief geanalyseerd of er wordt voldaan aan de adviesafstand van Gasunie.

Figuur 37 Adviesafstand van Gasunie en buisleidingen



Uit bovenstaande figuur blijkt dat er wordt voldaan aan de adviesafstanden van Gasunie.

5.4.4 Waterkering⁴

5.4.4.1 Situatie waterkering

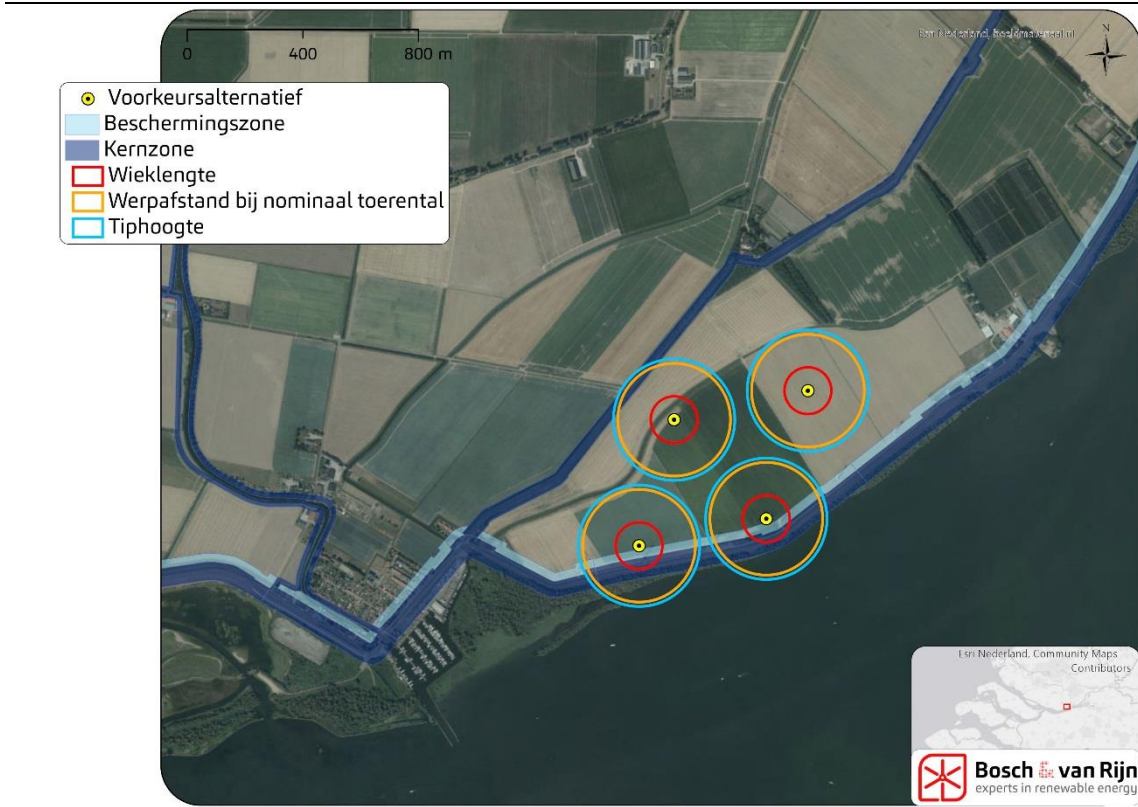
Onderstaande figuur toont de ligging van de windturbines ten opzichte van de waterkering. Hieruit blijkt dat er 3 windturbines een invloed⁵ hebben op twee dijklichamen. Voor de primaire waterkering (de zuidelijke dijklichaam) wordt de trefkans berekend voor de dichtstbijzijnde windturbine.

NB. Deze trefkans wordt als representatief beschouwd voor de andere windturbines. Hierdoor ontstaat er een conservatieve benadering.

⁴ De methode is gebaseerd op een onderzoek uitgevoerd door Ventolines.

⁵ Hierbij wordt niet gekeken naar de werpafstand bij overtoeren, gezien de risico verhogend effect van overtoeren te verwaarlozen is ten opzichte van de andere faalscenario's.

Figuur 38 De kern- en beschermingszone van de waterkering en verschillende faalscenario's van het VKA



5.4.4.2 Trefkans waterkering

Kritische strook

Als kritische strook is een 70 meter brede strook ten opzichte van de kruin van de waterkering aangenomen (35 meter aan beide zijde t.o.v. de kruin-as). De ratio achter de 20 meter is dat hiermee ten minste het functionele deel van de kruin wordt opgevangen.

Restprofiel

Indien er sprake is van een restprofiel, betekent het dat het aanwezige restprofiel nog een bepaalde waterstand kan keren. Er is in dat geval sprake van een zogenaamde responstijd tot herstel, zolang er voor of tijdens dit herstel geen waterstand optreedt tot boven het niveau van het restprofiel. Er is dus sprake van een gebeurtenis (deeltkans) welke gelijktijdig met het falen van een windturbine of windturbineonderdeel dient op te treden. Dit betreft de kans dat op het moment van falen van een windturbine of windturbineonderdeel er ook, voor of tijdens het herstellen, een waterstand optreedt welke hoger is dan het aanwezige restprofiel kan keren. Het is aannemelijk dat indien één van de faalscenario's optreedt er sprake is van een restprofiel, welke nog een bepaalde waterstand kan keren.

Als aanname is genomen dat het aanwezige restprofiel niet meer een waterstand kan keren, welke optreedt in het geval van een "lichte storm". De kans op optreden

van een “lichte storm” is aangenomen op 5 keer per jaar. Voor de stormduur wordt uitgegaan van 35 uur. Hedendaagse windturbines worden door middel van een SCADA systeem 24 uur per dag gemonitord. Gangbaar is dat een windturbine zich in ieder geval één keer per 24 uur meldt. Een detectietijd van 24 uur is daarom aannemelijk. De hersteltijd voor de ontstane schade aan de waterkering is geschat op 5 dagen ($5 \times 24 = 120$ uur).

De kans dat er een “lichte storm” optreedt tijdens de hersteltijd is:

P(niet te keren storm tijdens herstel) = 5 lichte stormen per jaar x (35 uur / 8760 uur per jaar) + 5 lichte stormen per jaar x (24 uur / 8760 uur per jaar) + 5 lichte stormen per jaar x (120 uur / 8760 uur per jaar) = **0,1** per jaar.

Trefsector

Ten behoeve van de risicoanalyse is per windturbinelocatie en faalscenario de trefsector bepaald. De trefsector betreft het gebied waar een falende windturbine of windturbineonderdeel kan neerkomen en daarbij een schade kan veroorzaken, welke een mogelijk risico vormt voor de waterkerende functie van de waterkering. Het afbreken van een windturbineblad vormt een risico binnen de straal van de maximale werpafstand. Het omvallen van een windturbine vormt een risico binnen een straal van de maximale valafstand van de windturbine (tiphoogte). Het naar beneden vallen van de gondel en/of rotor vormt een risico binnen een afstand van de wieklengte. Hiermee resulteren de scenario's wiekbreuk, mastbreuk en gondelafval in een risicoverhoging op de waterkering.

Wiekbreuk

De schade die een neerkomend rotorblad veroorzaakt is onder meer sterk afhankelijk van de wijze van neerkomen. Afhankelijk van de impacthoek kan een blad versplinteren en/of afketsen. De meest significante schade wordt veroorzaakt als de flens (verbinding tussen het rotorblad en de rotor) van een rotorblad onder een bepaalde hoek inslaat (uitgaande van de worst case afworp bij een overtoeren situatie). De overige situaties zorgen voor een lagere impactschade. De worst case hoek van inslag met het verticaal is kleiner dan **45 graden**. De ratio achter deze 45 graden is dat bij een zanddijk met een kleibekleding, theoretisch bij een hoek van inwendige wrijving van 30 graden voor het zand en een hoek van inval met de verticaal van 30 graden er geen indringing zou zijn en er horizontale afschuiving plaatsvindt. Er zou dus uit kunnen worden gegaan van 30 graden. Echter zou deze aanname voor de deklaag een niet-conservatieve aanname zijn. Daarom wordt als aanname aangehouden, dat bij een hoek van inslag met het verticaal groter dan 45 graden er een geringe indringing optreedt. Het rotorblad zal met een grotere impactoppervlakte inslaan en zal dan afketsen en/of vervormen en/of deels verbrijzelen, waardoor er een grotere energie opname zal optreden en de impactschade kleiner is.

Voorgaande geeft een: **P(flens naar beneden)** = $2 \times 45^\circ / 360^\circ = 0,25$

Het scenario wiekbreuk resulteert in een trefkans binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental.

Om de trefkans van de kernzone te berekenen wordt uitgegaan van een geprojecteerd grondoppervlak. De kans dat het zwaartepunt van de wiek in het geprojecteerde oppervlak terecht komt is:

$$p_w = F_a \int_S P_{zwpt}^{(s)} ds$$

Waarin:

P_{zwpt} = trefkans per jaar van het zwaartepunt van het blad
 F_a = $b+2/3L_b$ (effectieve breedte kernzone)
 S = contour langs de kernzone
 L_b = Bladlengte

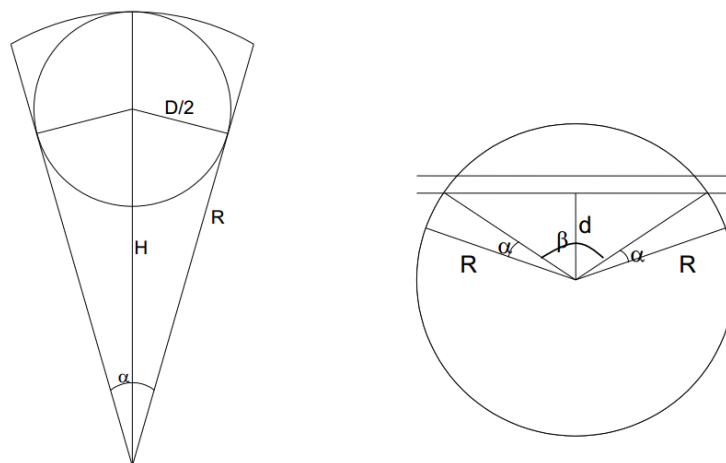
Alternatief	Pzwpt	Lb	Fa	Trefkans
Bovengrens	$1.66 \cdot 10^{-08}$	78,86	175	$9,68 \cdot 10^{-04}$

Rekening houdend met de invalshoek van de wiek (0,25) en het restprofiel (0,1) komt de kans op falen van de dijk als gevolg van wiekbreuk op:

Alternatief	Trefkans	Faalkans dijk
Bovengrens	$9,68 \cdot 10^{-04}$	$2,42 \cdot 10^{-05}$

Mastbreuk

De reikwijdte van mastbreuk wordt bepaald door de masthoogte en de stand van de turbinebladen op het moment dat de grond wordt geraakt. De kans dat de kritische strook wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt tegelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van onderstaand cirkel-segment (Figuur 39) in aanraking komt met de kritische strook, hetgeen is geïllustreerd in onderstaande figuur (Handboek Risicozonering Windturbines, 2014).



Figuur 39 Windturbine gemodelleerd als cirkelsegment en Turbine in aanraking met kritische strook.

De kans dat de kritische strook wordt geraakt wanneer het scenario mastbreuk zich voordoet is:

Alternatief	Valhoek	Mastbreuk frequentie	Trefkans
Bovengrens	201,6	$1,3 \cdot 10^{-04}$	$7,28 \cdot 10^{-05}$

Rekening houdend met het restprofiel (0,1) komt de kans op falen van de dijk als gevolg van mastbreuk op:

Alternatief	Trefkans	Faalkans dijk
Bovengrens	$7,28 \cdot 10^{-05}$	$7,28 \cdot 10^{-06}$

Gondelafworp

Voor het bereken van de faalkans 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 dijk gelijk aan de kans dat het scenario zich voordoet: $4,0 \cdot 10^{-5}$. Indien er rekening wordt gehouden met het restprofiel (0,1) komt de kans op falen van de dijk als gevolg van gondelafworp op $4,0 \cdot 10^{-6}$.

5.4.4.3 Conclusie Trefkans dijk

De faalkans voor de dijk is een sommatie van alle faalkansen vermenigvuldigd met het aantal windturbines. Dit leidt tot de volgende trefkansen:

Alternatief	Aantal WTB	Faalkans per WTB	Totale faalkans
Bovengrens	2	$3,55 \cdot 10^{-05}$	$7,10 \cdot 10^{-5}$

NB. Sinds 1 augustus 2018 heeft het Waterschap Hollandse Delta een beleidsregel⁶ betreffende windturbines op of nabij waterkeringen. In het kader van de watervergunningaanvraag zal voor het Voorkeursalternatief nader onderzoek uitgevoerd worden om te toetsen of er wordt voldaan aan de beleidsregel.

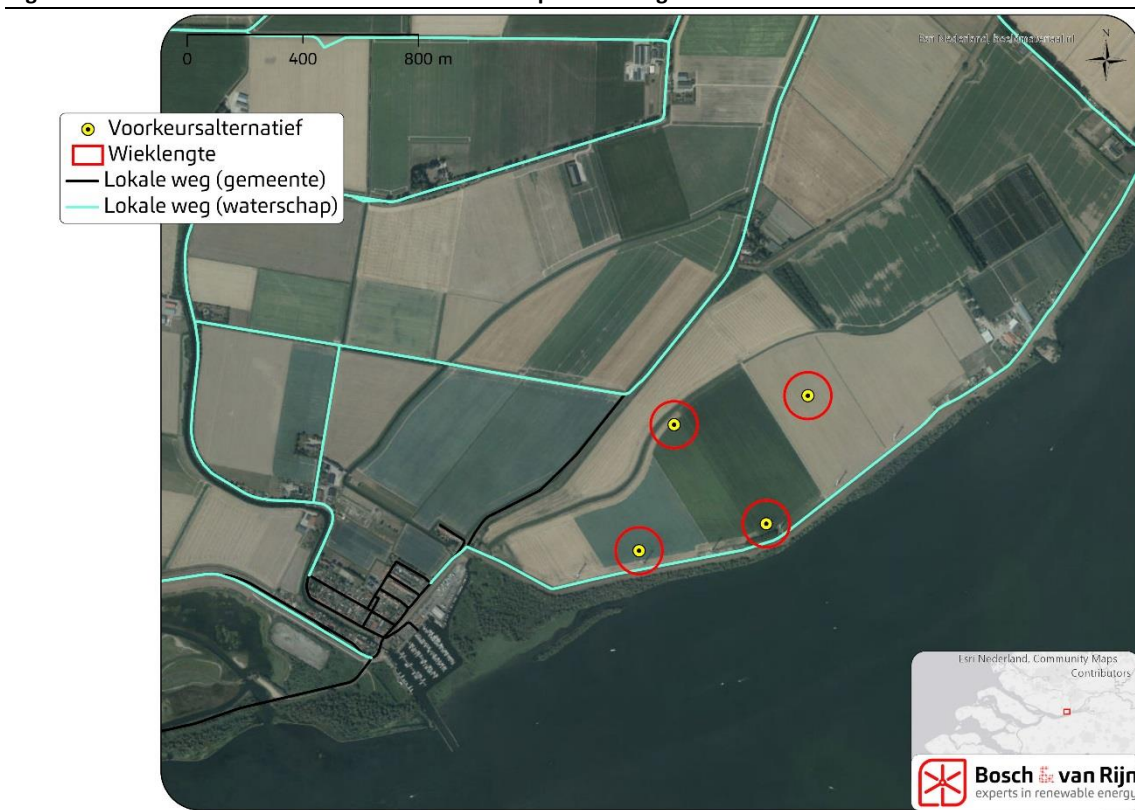
5.4.5 Infrastructuur

5.4.5.1 Wegen

Uit onderstaande figuur blijkt dat twee windturbines draaien over de Mariapolder. Doordat er overdraai plaatsvindt wordt de kans berekend dat een persoon wordt geraakt door een afgebroken wijk, mast en/of gondel.

⁶ Beleidsregel Windturbines op of nabij primaire waterkeringen – waterschap Hollandse Delta. Versu

Figuur 40 Overdraai van de windturbines over openbare wegen

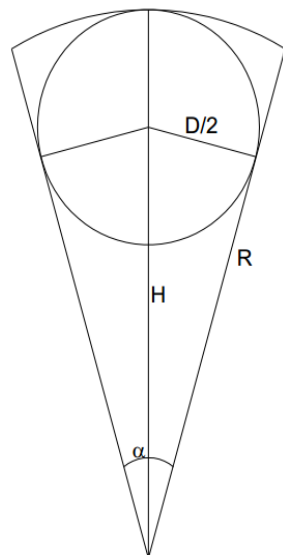


Trefkansberekening

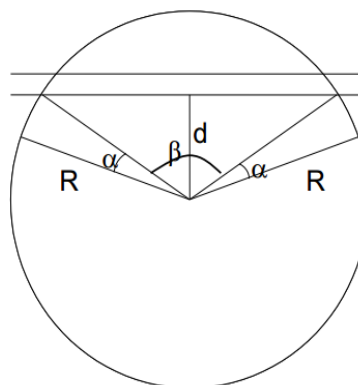
Mastbreuk

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

Figuur 41: Windturbine als cirkelsegment.



Turbine in aanraking met weg.



De trefkans⁷ is als volgt:

Weg	Afstand tot weg (m)	Hoek (β) Graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
Mariapolder	57	216	$1,3 \cdot 10^{-04}$	$7,80 \cdot 10^{-05}$

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

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

v_o = snelheid van de passant (m/s)

Ten behoeve van deze berekening gaan we uit van de worst case scenario, wat inhoudt dat de passant met de laagste snelheid de langste verblijftijd heeft. Een voetganger gaat gemiddeld 5 km/uur (1,4 meter per seconde)

Afstand tot weg (m)	Hoek (β) Graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg	Verblijfstijd passant	Trefkans per passage
57	216	$1,3 \cdot 10^{-04}$	$7,80 \cdot 10^{-05}$	$6,79 \cdot 10^{-09}$	$5,30 \cdot 10^{-13}$

Trefkans passant is:

Mariapolder: $5,30 \cdot 10^{-13}$ per passage

⁷ De trefkans wordt berekend voor de dichtstbijzijnde windturbine. Deze trefkans wordt als representatief beschouwd voor de andere windturbine. Hierdoor ontstaat er een conservatieve aanpak.

Wiekbreuk

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

$$P = 1,5 \cdot A_c \cdot p_{zwpt}$$

$$\begin{aligned} A_c &= \text{kritiek oppervlakte wiek} &= & 318,43 \text{ m}^2 \\ p_{zwpt-mariapolder} &= \text{trefkans zwaartepunt wiek} &= & 1,02 \cdot 10^{-8} \end{aligned}$$

$$P - \text{mariapolder} = 4,87 \cdot 10^{-6}$$

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

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

Trefkans passant op mariapolder is: $1,11 \cdot 10^{-13}$ per passage

Gondelafwerp

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:

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

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

Conclusie passantenrisico

De totale raakkans per passage voor de dichtstbijzijnde windturbine is:

Mastbreuk:	$5,30 \cdot 10^{-13}$ per passage
Wiekbreuk:	$1,11 \cdot 10^{-13}$ per passage
Gondelafwerp:	$2,72 \cdot 10^{-13}$ per passage
Totaal:	$9,13 \cdot 10^{-13}$ per passage

Echter is alleen de raakkans van de dichtstbijzijnde turbine berekend, maar als reeds vermeld draaien er twee turbines over. Om conservatief te zijn wordt voor de andere turbine dezelfde trefkans per passage aangehouden.

Dit leidt tot een totale trefkans van: $1,83 \cdot 10^{-12}$ per passage

5.4.5.2 Basisnet

Uit onderstaande figuur blijkt dat het basisnet (bevindt zich tot aan de oever in tegenstelling tot wat in onderstaande figuur is weergegeven) zich binnen de invloedssfeer van de windturbines bevindt. Hierdoor hebben de windturbines een risico verhogend effect en wordt de kans berekend dat een schip wordt geraakt.

Figuur 42 Werpafstand bij overtoeren en basisnet



Rekenmethode Wiekbreek

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

$$Trefkans\ rivier = p_{zwpt} \cdot oppervlakte\ vaarweg$$

Scenario	Pzwpt	OPP weg	Trefkans
Nominaal	$4,97 \cdot 10^{-09}$	22770	$1,13 \cdot 10^{-07}$
overtieren	$3,25 \cdot 10^{-12}$	34540	$1,12 \cdot 10^{-06}$

De kans dat een schip 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 het schip (m/s)

L_o = Lengte van het passerend object (m)

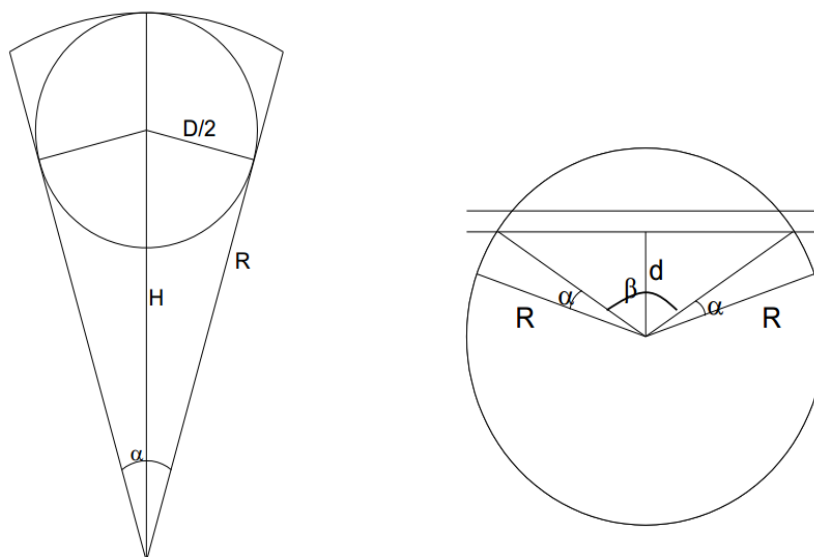
b_o = Breedte van het passerend object (m)

Voor de lengte wordt uitgegaan van 142 meter. Voor de snelheid wordt uitgegaan van 6,94 m/s. Voor de breedte wordt uitgegaan van 22 meter.

Scenario	Trefkans	Faalkans
Nominaal	$1,13 \cdot 10^{-07}$	$4,86 \cdot 10^{-09}$
overtoeeren	$1,12 \cdot 10^{-06}$	$4,82 \cdot 10^{-11}$

Rekenmethode mastbreuk

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



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

Alternatief	Afstand tot vaarweg (m)	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans vaarweg
Bovengrens	110	185	$1,3 \cdot 10^{-04}$	$6,68 \cdot 10^{-5}$

De kans dat een schip 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 het schip (m/s)

L_o = Lengte van het passerend object (m)⁸

Ten behoeve van deze berekening gaan wij uit dat het schip een snelheid heeft van 6,94 m/s en een lengte van 142 meter.

Alternatief	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg	Verblijfstijd passant	Trefkans per passage
Bovengrens	185	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$6,68 \cdot 10^{-5}$	$6,49 \cdot 10^{-07}$	$4,33 \cdot 10^{-11}$

Conclusie trefkans schip

De totale raakkans per passage door de turbine is:

$4,95 \cdot 10^{-09}$ per passage

Echter is alleen de raakkans van de dichtstbijzijnde turbine berekend, maar totaal hebben er 3 windturbines invloed op de waterweg. Om conservatief te zijn wordt voor de andere turbine dezelfde trefkans per passage aangehouden.

Dit leidt tot een totale trefkans van: $1,49 \cdot 10^{-08}$ 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.

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%.

Doordat alle risicovolle installaties zich buiten de invloedssfeer van de turbines bevinden leidt de plaatsing van de windturbines niet tot een toename van de initiële faalkans van bestaande risicovolle installaties.

6.3 Buisleidingen

In het plangebied bevinden zich twee buisleidingen die gevaarlijke stoffen transporteren. Voor deze leidingen is per alternatief bekeken welke faalscenario's van toepassing zijn.

Voor de 24"-productenleiding geldt dat deze is gelegen buiten de invloedssfeer van de windturbines van de referentiesituatie en het voorkeursalternatief. Voor alternatief 5 geldt dat de buisleiding zich bevindt binnen de werpafstand bij overtoeren, maar wordt er wel voldaan aan de adviesafstand van Gasunie. Voor de overige MER-alternatieven bevindt deze zich binnen de werpafstand bij nominaal toerental en tiphoogte. Hiermee wordt er niet voldaan aan de adviesafstand van Gasunie.

Voor de 36"-productenleiding geldt dat deze is gelegen buiten de invloedssfeer van de windturbines van de referentiesituatie en het voorkeursalternatief. Voor alternatief 3 en 5 geldt dat de buisleiding zich bevindt binnen de werpafstand bij overtoeren, maar wordt er wel voldaan aan de adviesafstand van Gasunie. Voor de overige MER-alternatieven bevindt deze zich binnen de werpafstand bij nominaal toerental en tiphoogte. Hiermee wordt er niet voldaan aan de adviesafstand van Gasunie.

Voor de leiding van Gasunie geldt dat deze zich bevindt buiten invloedssfeer van de referentiesituatie, alternatief 3, 4, 5 en het voorkeursalternatief, maar binnen de werpafstand bij overtoeren van alternatief 1 en 2.

6.4 Waterkering

De kans dat de waterkerende functie van de primaire waterkering faalt als gevolg van de falende windturbine is:

Alternatief	Aantal WTB	Totale faalkans
Bovengrens	2	$7,10 \cdot 10^{-05}$

Dit resulteert in een faalkansverhoging (t.o.v. de huidige toegestane faalkans van $3,33 \cdot 10^{-03}$) door de windturbines van het voorkeursalternatief van:

Alternatief	Totale faalkans	Faalkansverhoging
Bovengrens	$6,66 \cdot 10^{-05}$	2,13%

Uit bovenstaande blijkt dat de faalkansverhoging blijft onder de richtwaarde van 10%. Hierdoor wordt er voldaan aan het toetsingscriterium.

6.5 Infrastructuur

Bij de alternatieven 2 en 3 vindt geen overdraai plaats op openbare wegen. Hiermee wordt er voldaan aan de beleidsregel “*Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken*”. Voor de referentiesituatie, alternatief 1, 4,5 en het voorkeursalternatief geldt dat er overdraai plaatsvindt waardoor er niet wordt voldaan aan de beleidsregel.

Doordat er voor het voorkeursalternatief niet wordt voldaan aan de beleidsregel is de trefkans berekend en deze is:

Bovengrens: $1,84 \cdot 10^{-12}$ per passage

Bij de bovengrens wordt aan het IPR voldaan zolang één passant niet meer dan 547.645 keer per jaar de turbines passeert. Dit komt overeen met 1500 passages per dag, gedurende een heel jaar, door een en dezelfde persoon. Tevens wordt aan het MR ($2 \cdot 10^{-03}$) voldaan zolang niet meer dan 1.095.290.252 passanten per jaar de windturbines passeren.

Gelet op de aard van de weg is het niet realistisch dat het IPR en MR wordt overschreven.

Voor de referentiesituatie, alle alternatieven en het voorkeursalternatief geldt dat het basisnet zich bevindt binnen de invloedssfeer van de windturbines. Doordat het voorkeursalternatief een risicoverhogend effect heeft is de trefkans berekend en deze is:

$1,49 \cdot 10^{-08}$ per passage.

Dit leidt tot een faalkans per km van:

$1,02 \cdot 10^{-08}$ per vervoerskilometer.

Om een oordeel te kunnen vellen over de risico's van de mogelijke windturbines moet de berekende faalkans per vervoerskilometer worden vergeleken met de initiële faalkans. Voor scheepvaart geldt dat de te beschouwen scenario's altijd betrekking hebben op het onbedoeld vrijkomen van gevaarlijke stoffen uit het vaartuig. In theorie kan de stof vrijkomen ten gevolge van het bezwijken van de omhulling tijdens normaal transport (intern falen) of na een schadevaring of andersoortige externe belasting (extern falen). In het eerste geval moet gedacht worden aan materiaalfouten, zwakke plekken door slijtage e.d., oftewel gebeurtenissen die niet aan de vaarweg gerelateerd zijn. In analogie met "gewone" opslagtanks zal de faalfrequentie voor het falen van een lading tank door dit type oorzaken ongeveer $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar bedragen. Om de frequentie van een dergelijk ongeval op een willekeurig kilometervak te bepalen, moet de initiële faalkans worden gecorrigeerd voor de verblijftijd die het schip heeft op een bepaald kilometer op de vaarweg. In het geval een schip 4 knopen zal het één kilometer in circa 8 minuten afleggen. De correctiefactor voor de aanwezigheid van het schip op die kilometer vaarweg bedraagt dan in de orde van 10^{-5} per jaar. Vermenigvuldigen van de initiële faalfrequentie van de ladingtank en het aantal ladingstanks met de correctiefactor voor de aanwezigheid van het schip resulteert in een ongevalskans op de orde van 10^{-11} per jaar, waarmee dit scenario verwaarloosd kan worden ten opzichte van het extern falen dat hieronder nader is uitgewerkt.

In het tweede geval is sprake van oorzaken die buiten het schip liggen. Het falen door deze externe oorzaken is wel direct gerelateerd aan de vaarweg. De frequentie van aanvaringen met andere schepen of aanvaringen met objecten die zich op de vaarweg bevinden en die tot relatief ernstige gevallen leiden, bedraagt ongeveer $1 \cdot 10^{-6}/\text{vtgkm}^9$. Geconcludeerd kan worden dat alleen vaarweggebonden scenario's relevant zijn.

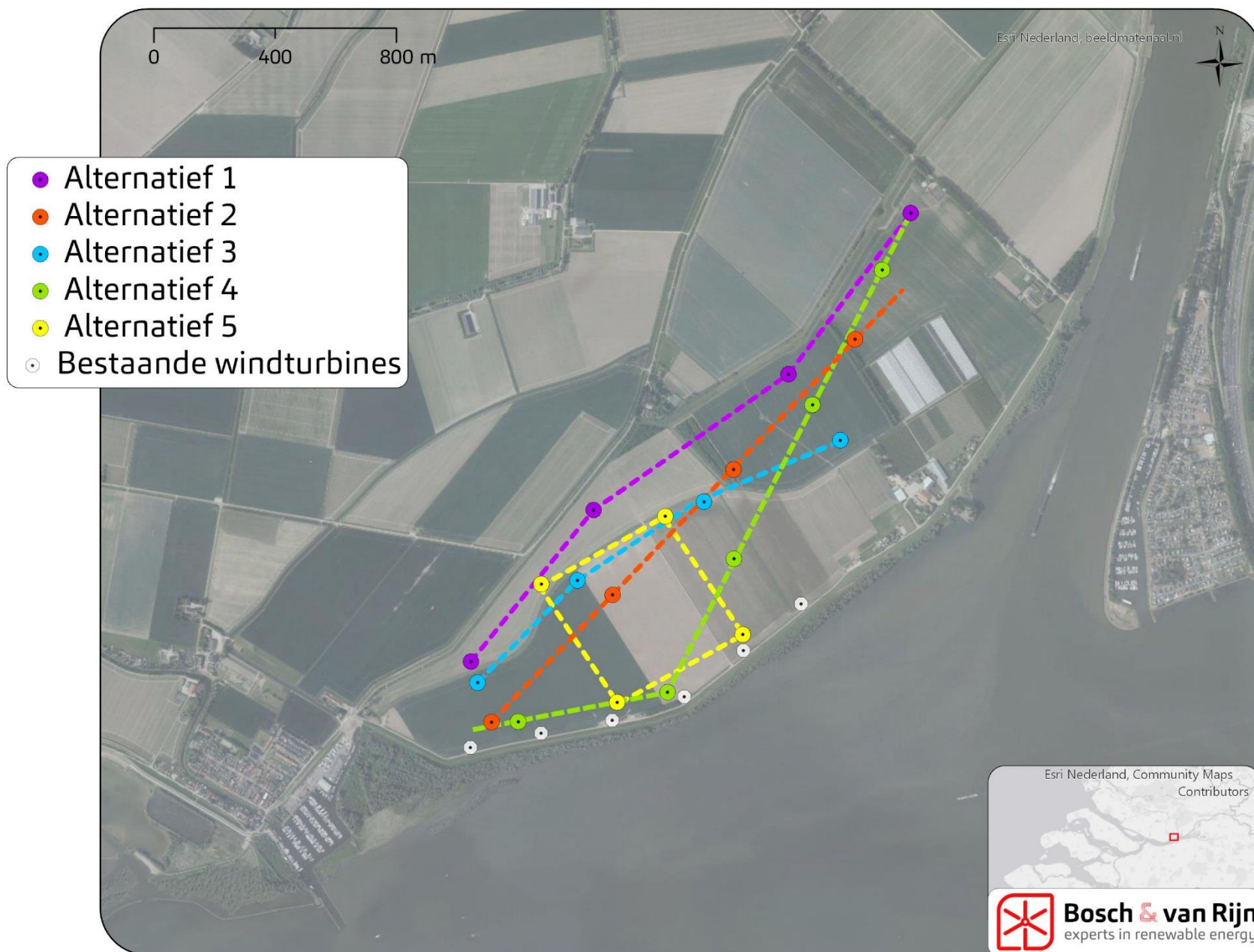
Doordat deze scenario's alleen relevant zijn wordt de berekende faalkans vergeleken met de vaarweggebonden faalkans van $1 \cdot 10^{-6}/\text{vtgkm}$. Dit leidt tot een verhoging van de faalkans door de toekomstige windturbine van 1,02%. Dit is verwaarloosbaar.

⁹ AVIV, Risicoanalyse Westerschelde, Fase II, brongerichte maatregelen, januari 1997
Veiligheid als product, Risico vervoer gevaarlijke stoffen zeevaart, Gemeentelijk Haven
bedrijf Rotterdam, juli 1992

Hoofdstuk 7 **Bijlagen**

Bijlage A Opstelling Alternatieven





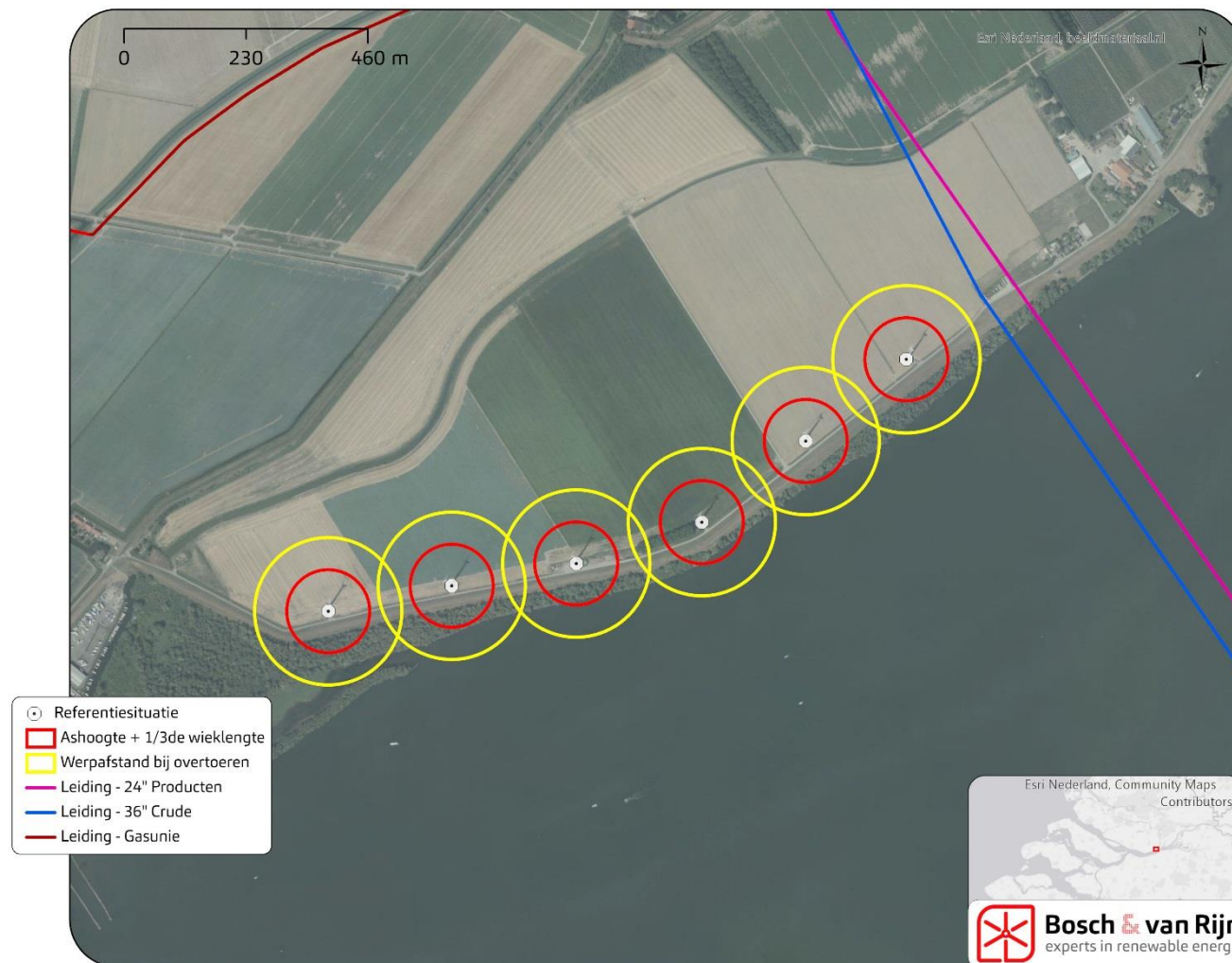


Bijlage B Risicocontouren en werpafstanden



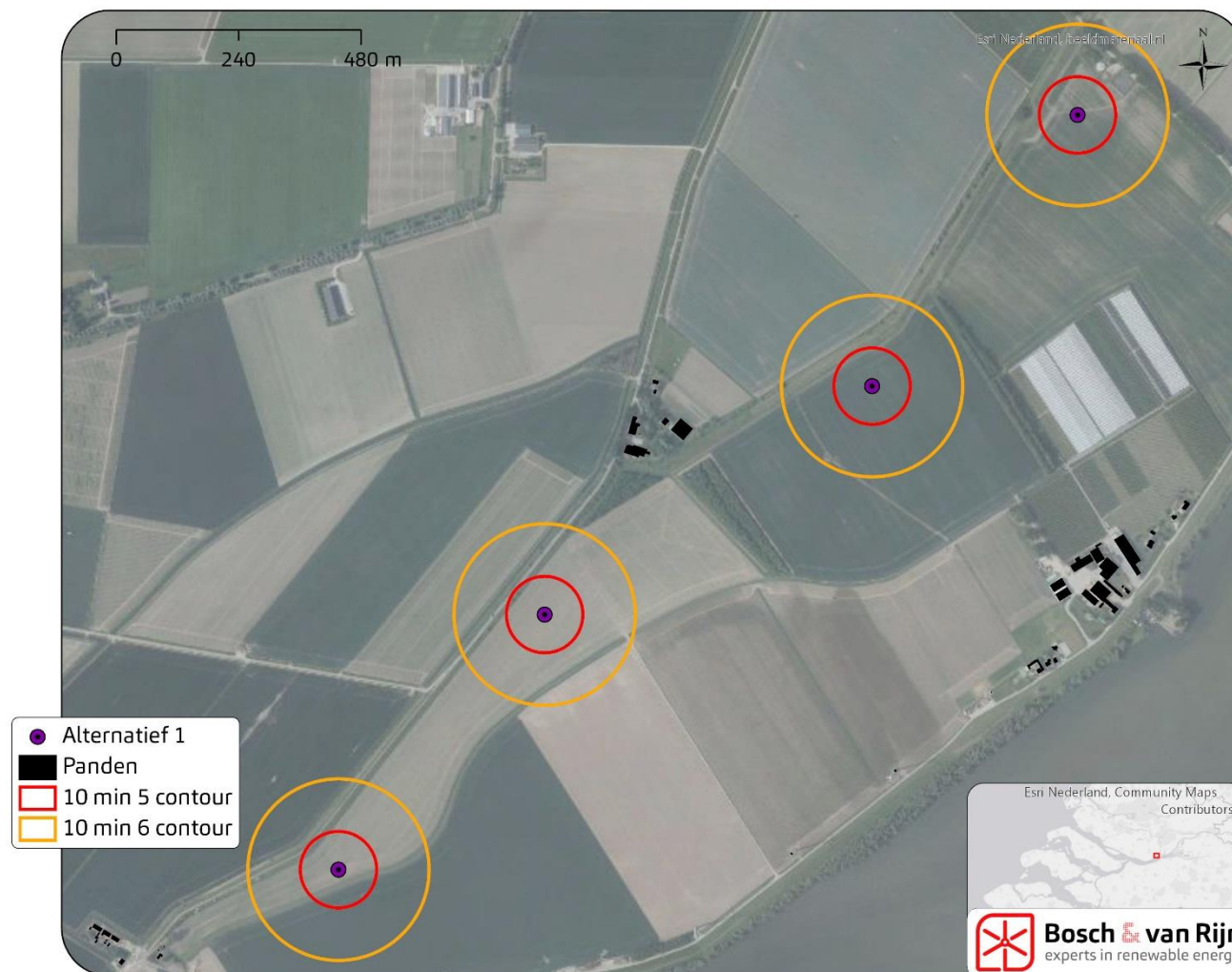




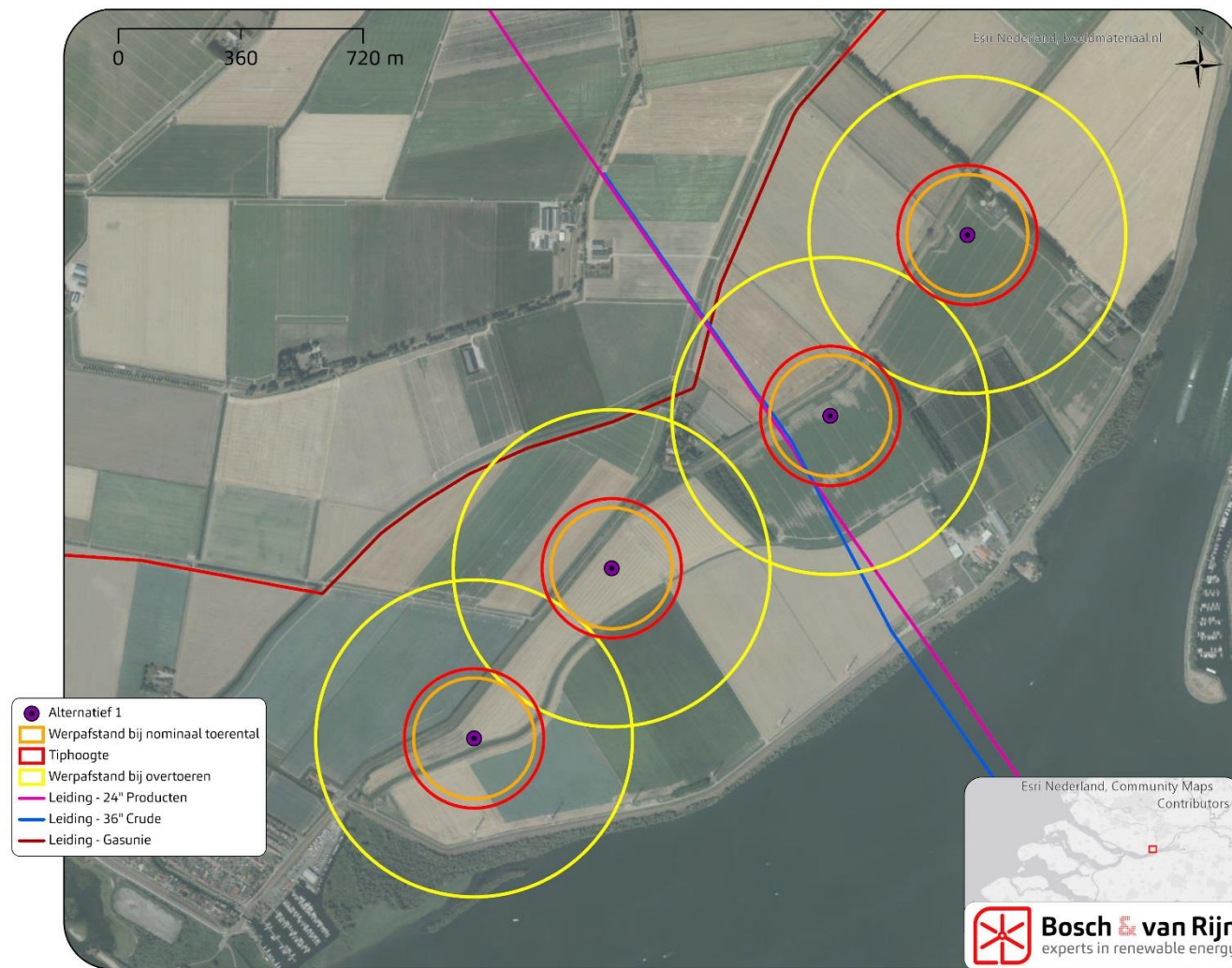




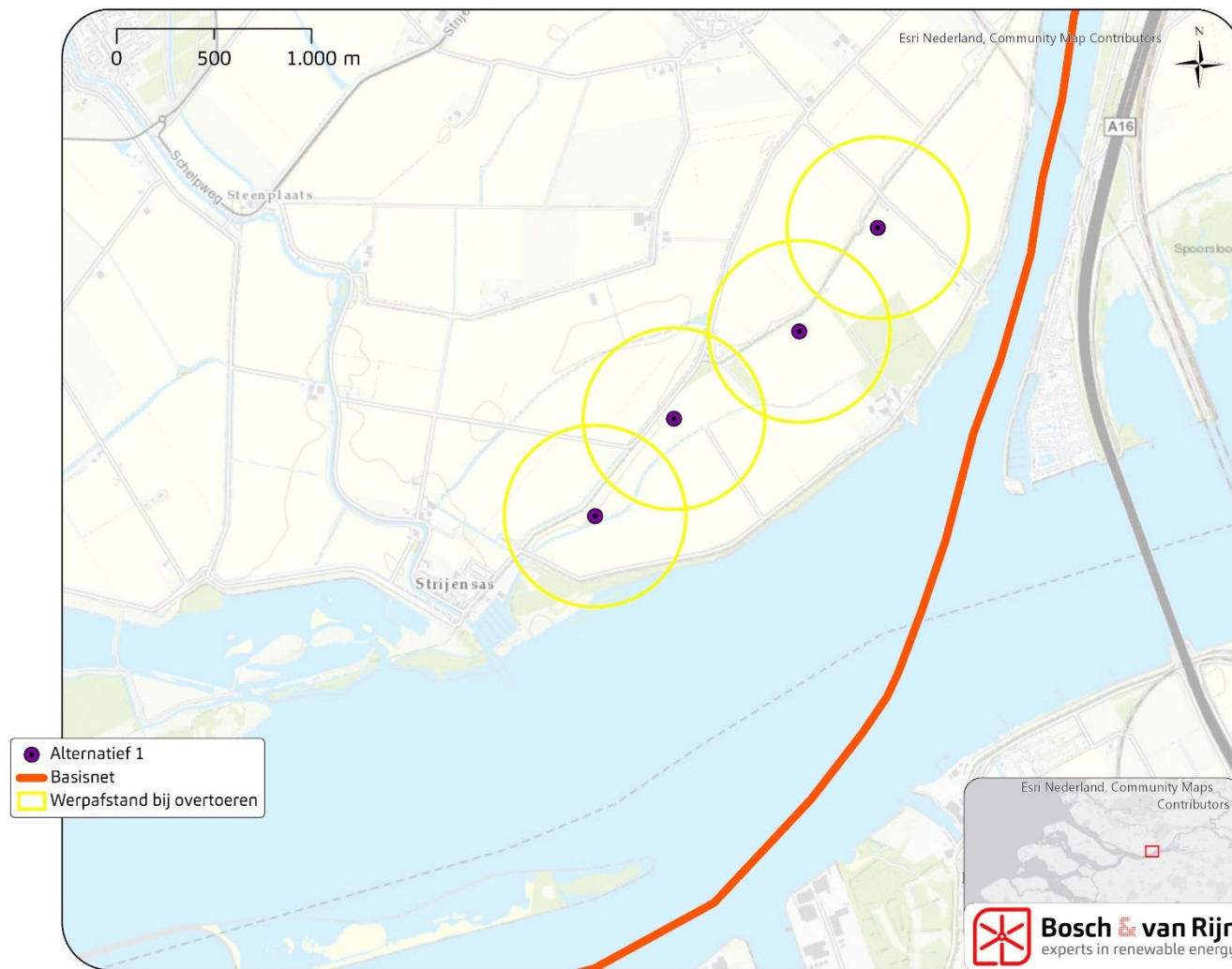






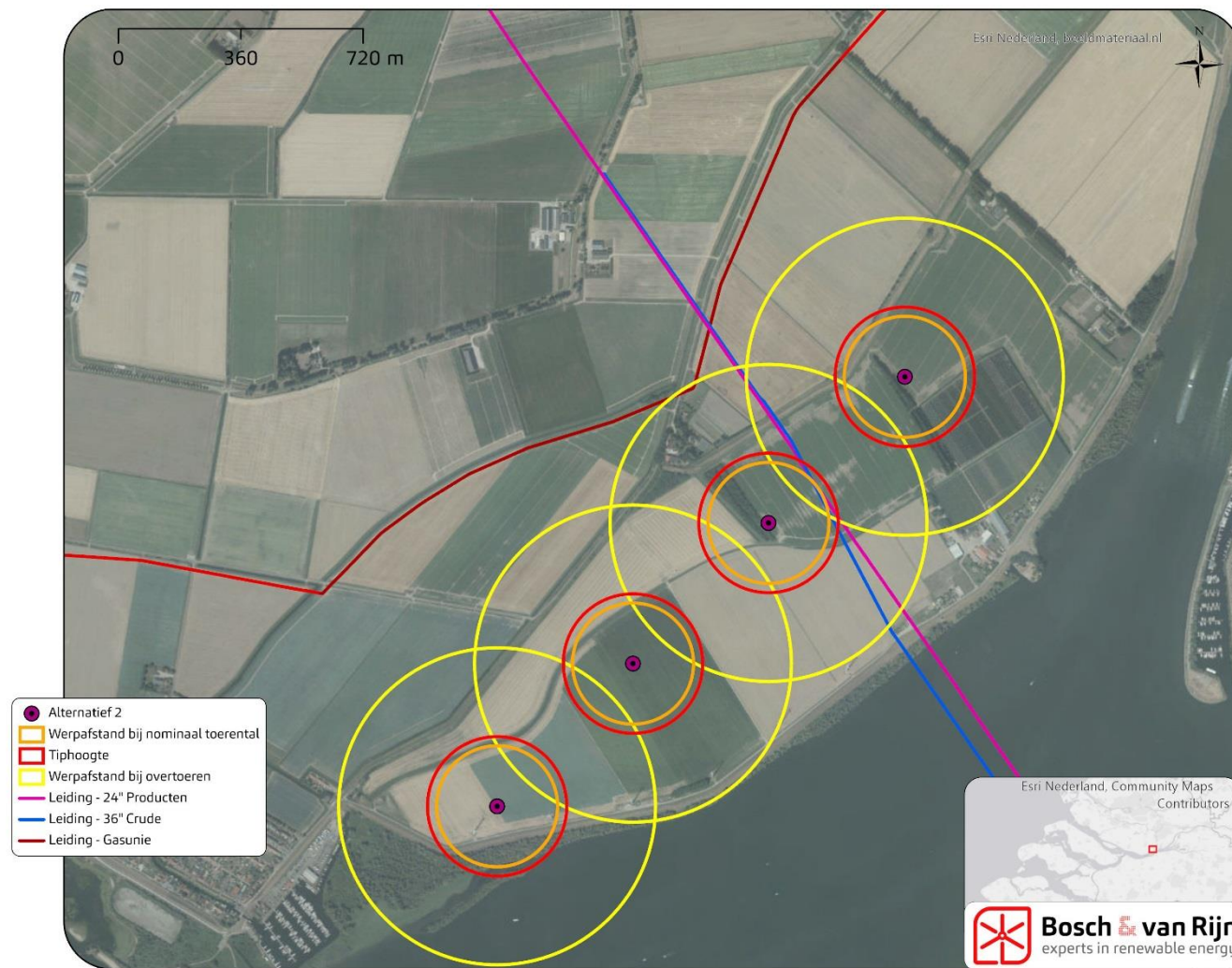


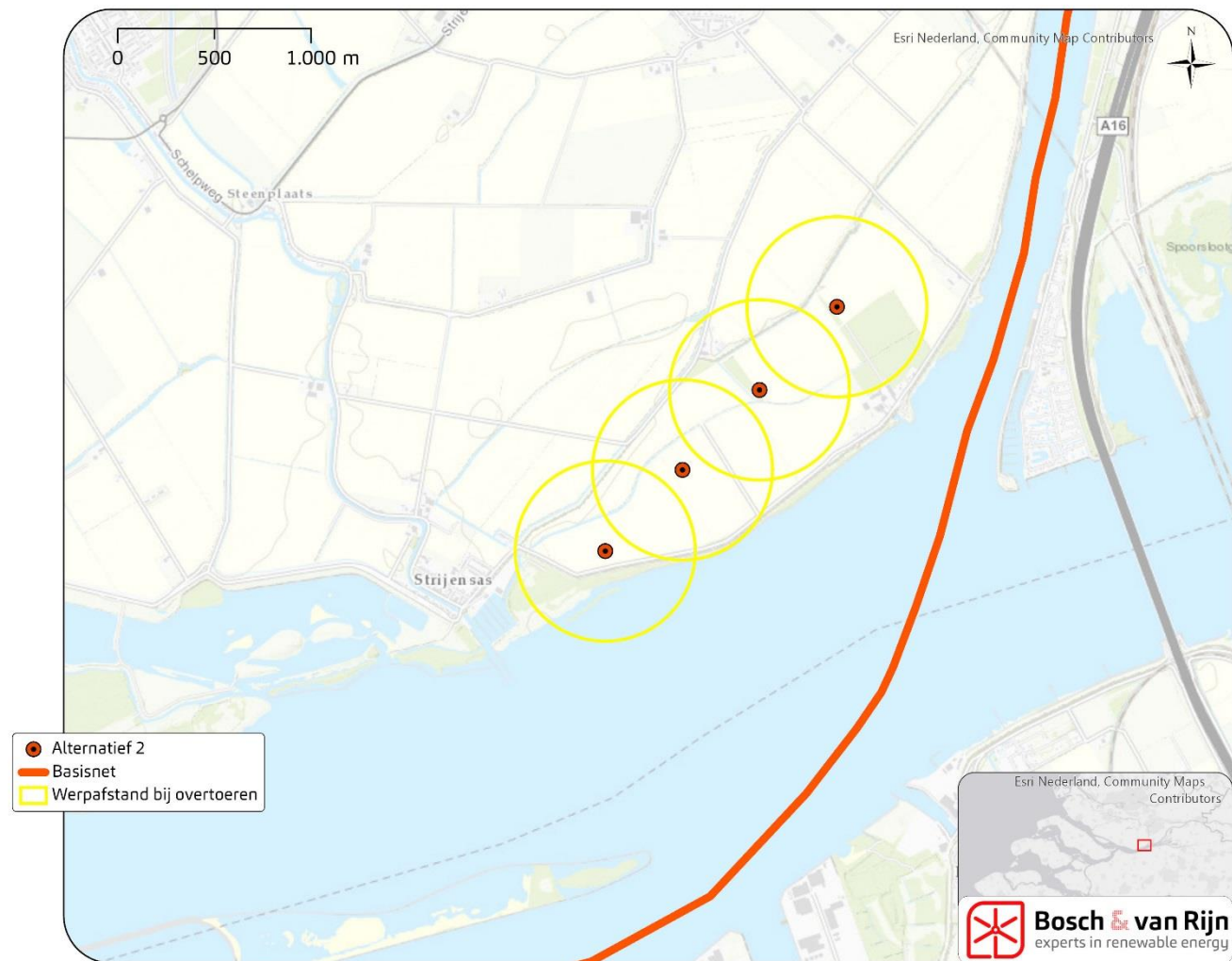






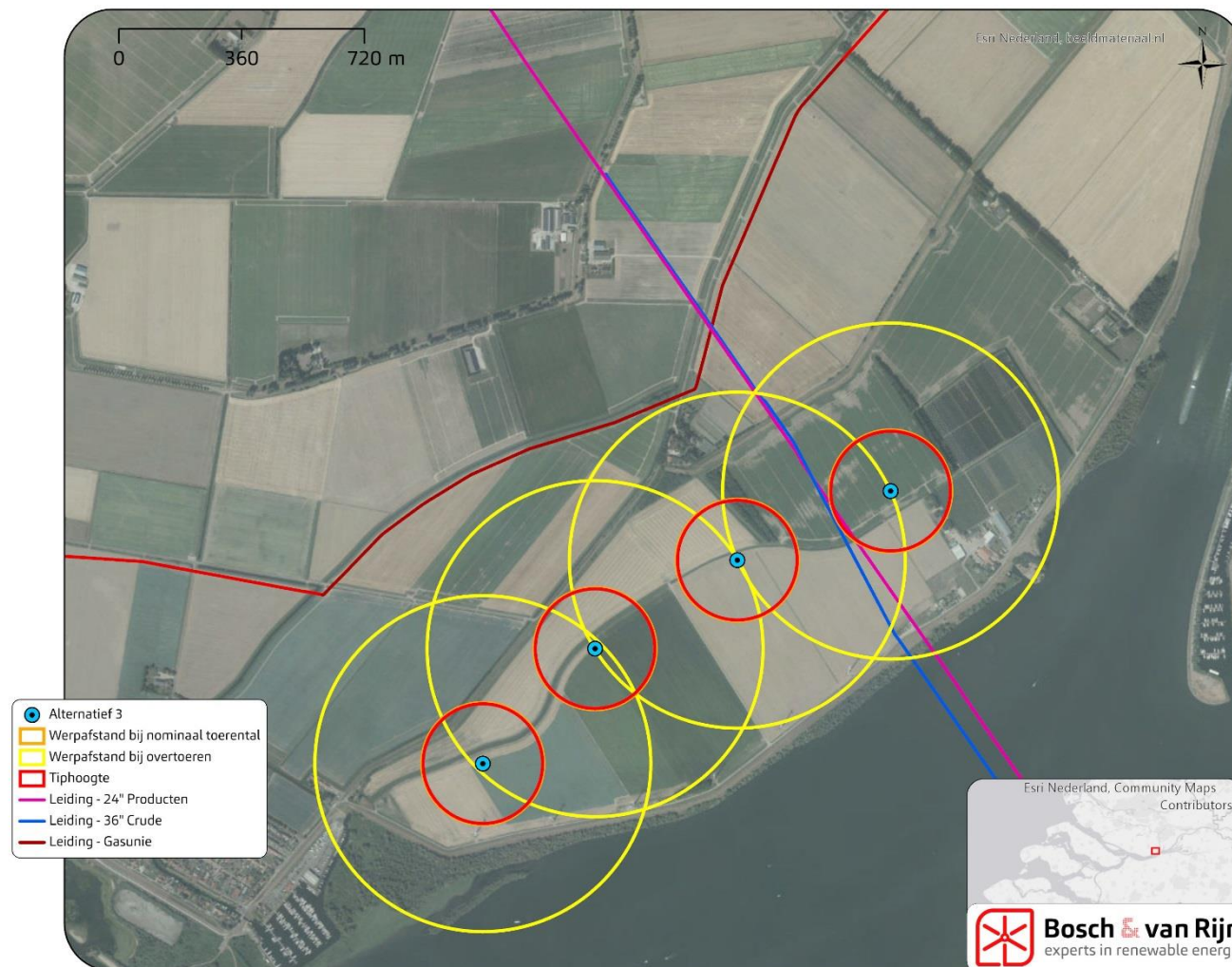




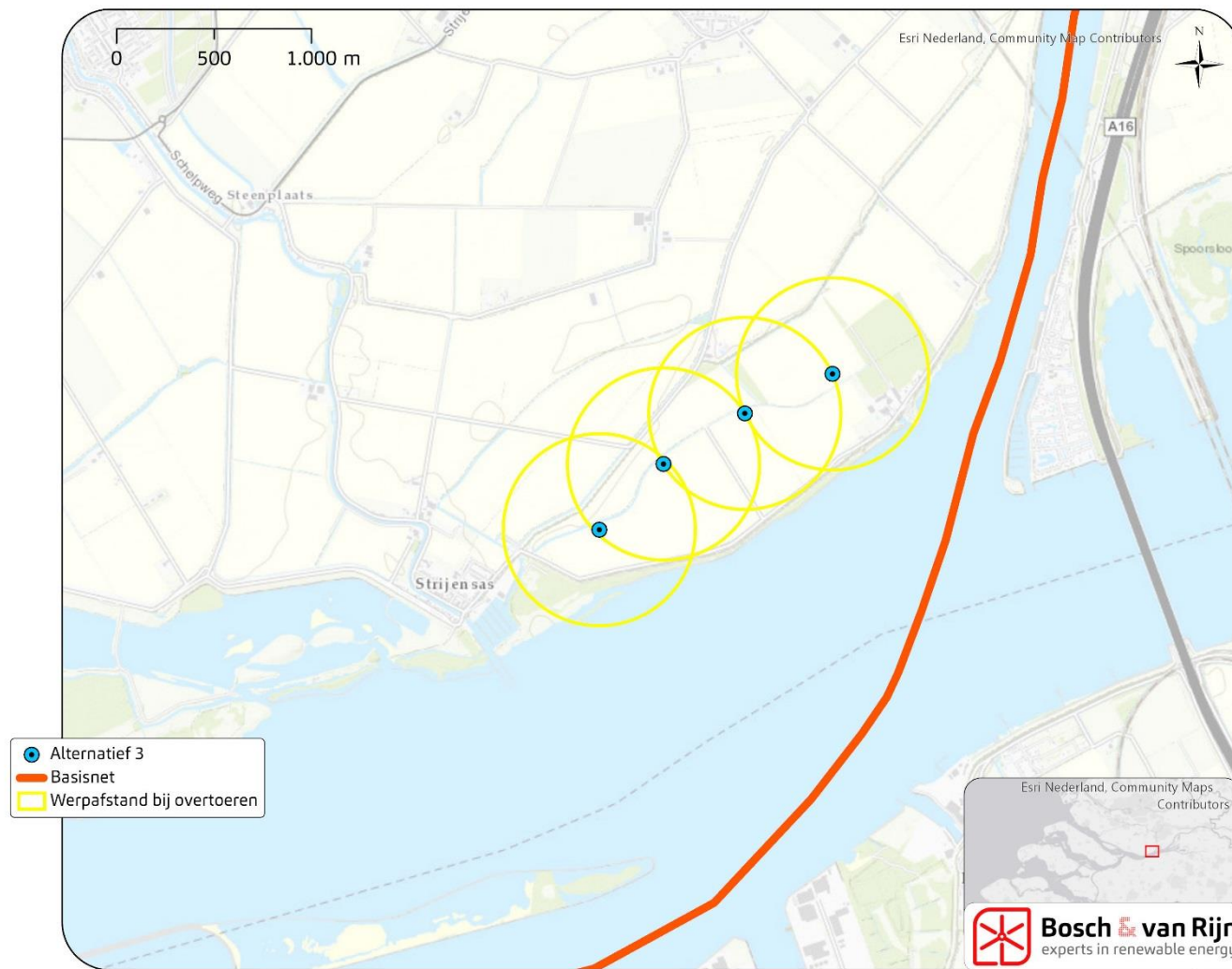




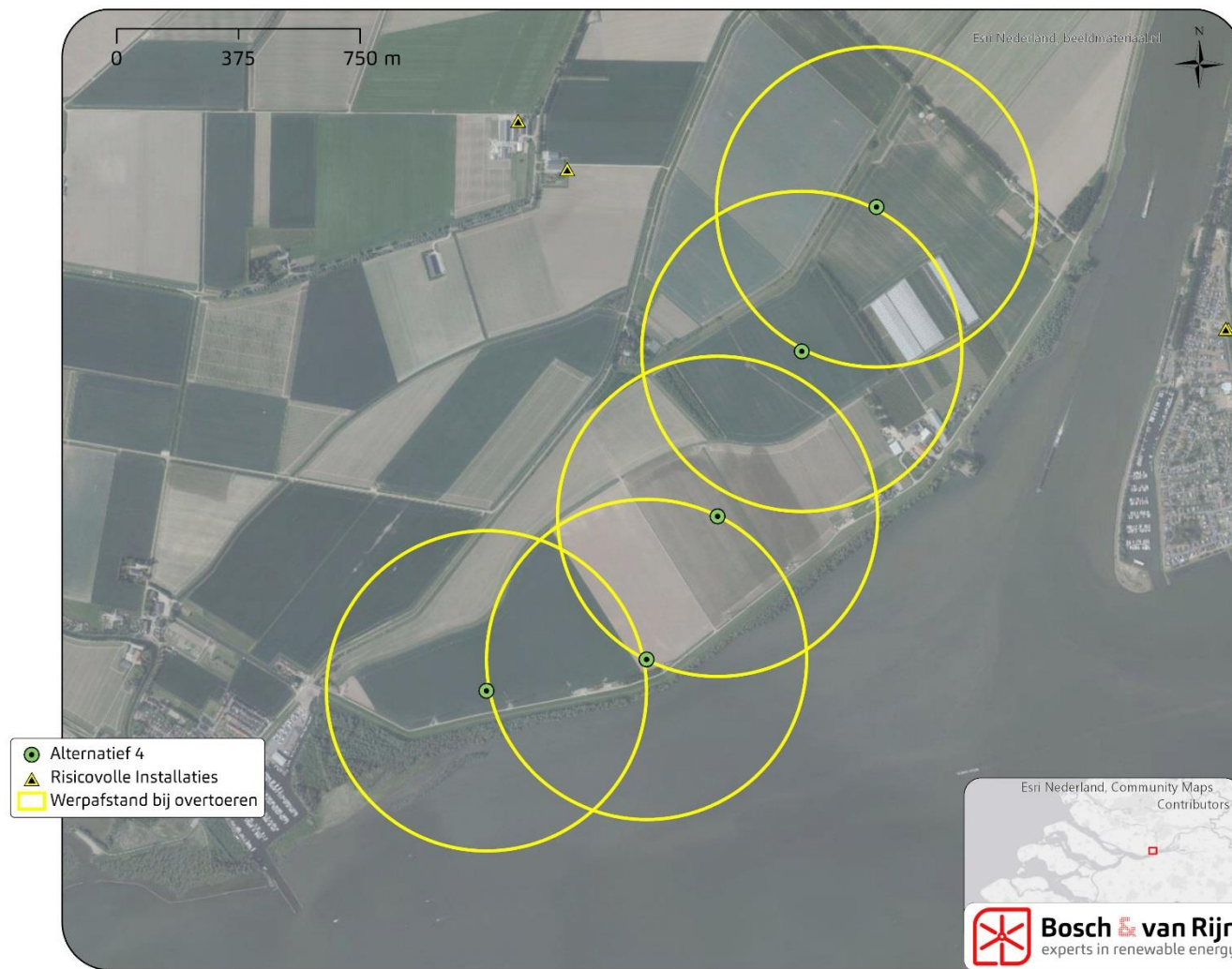


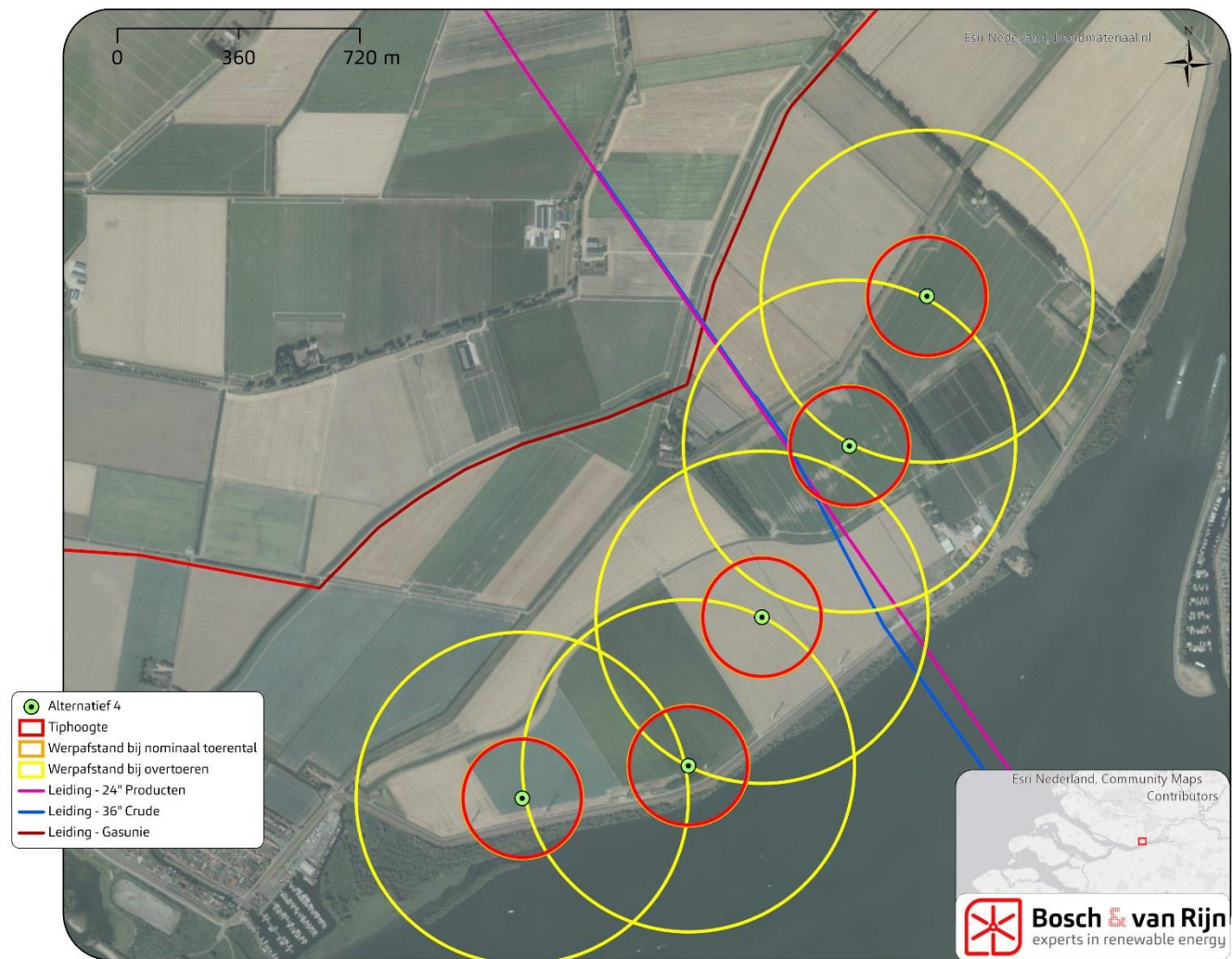




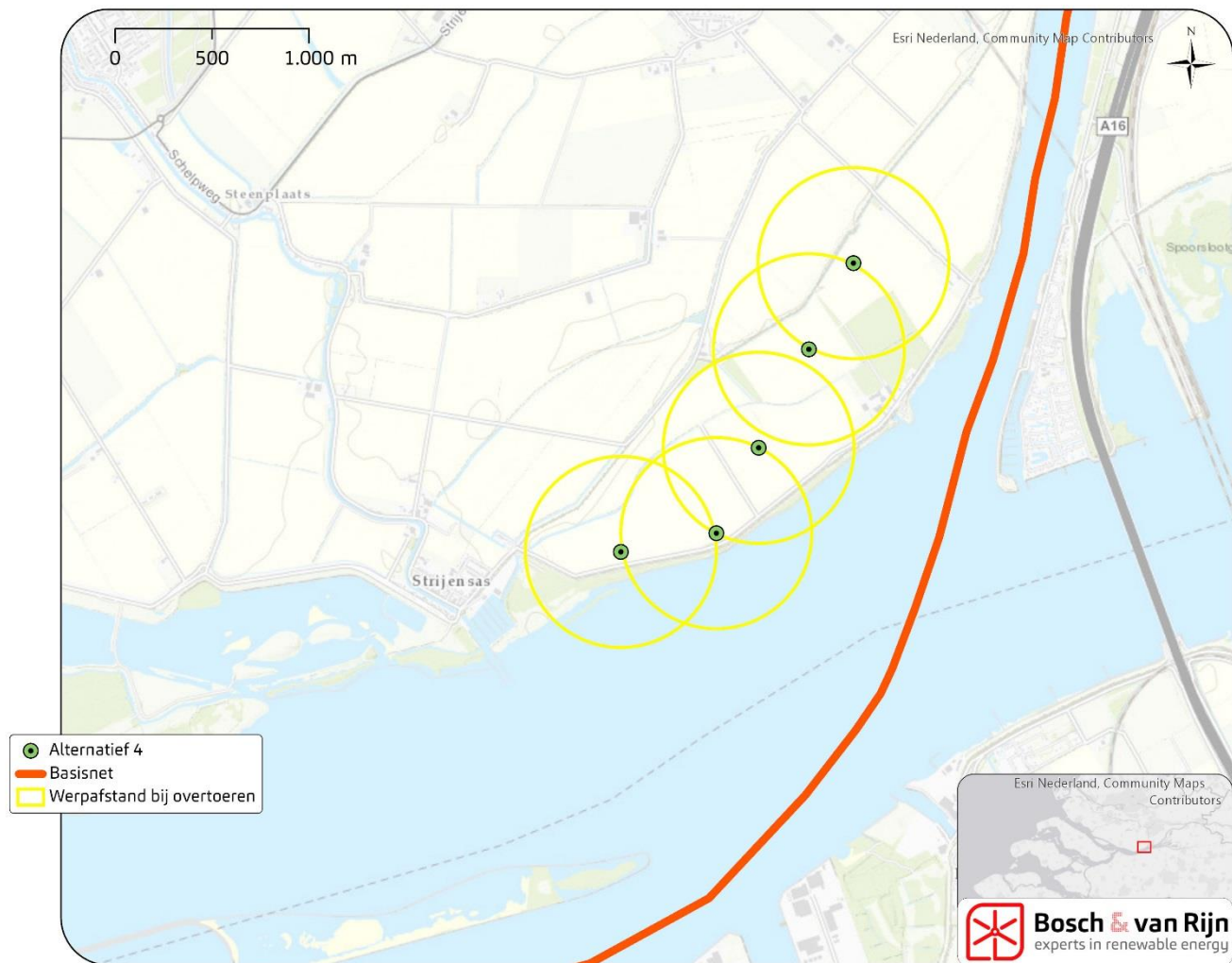








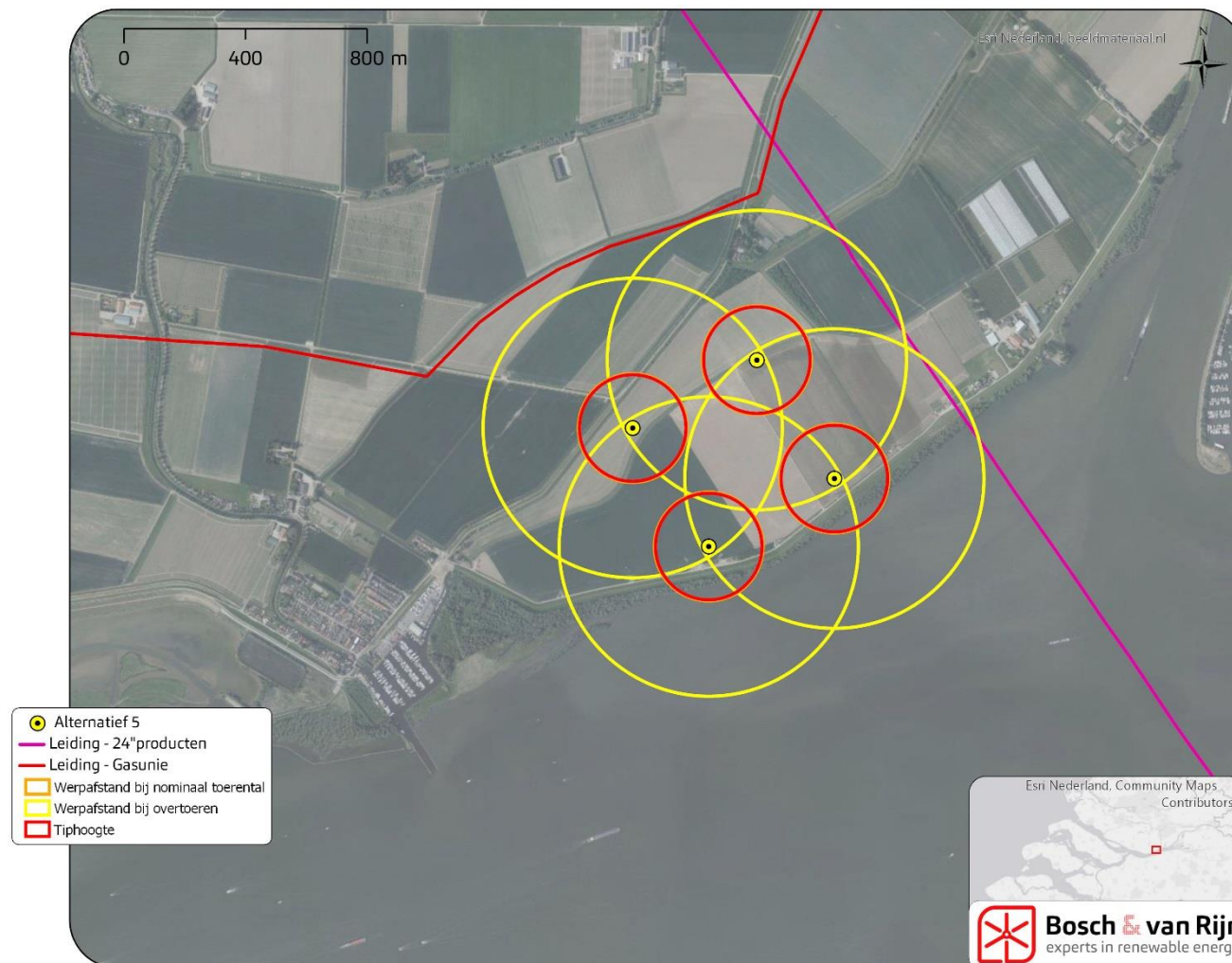




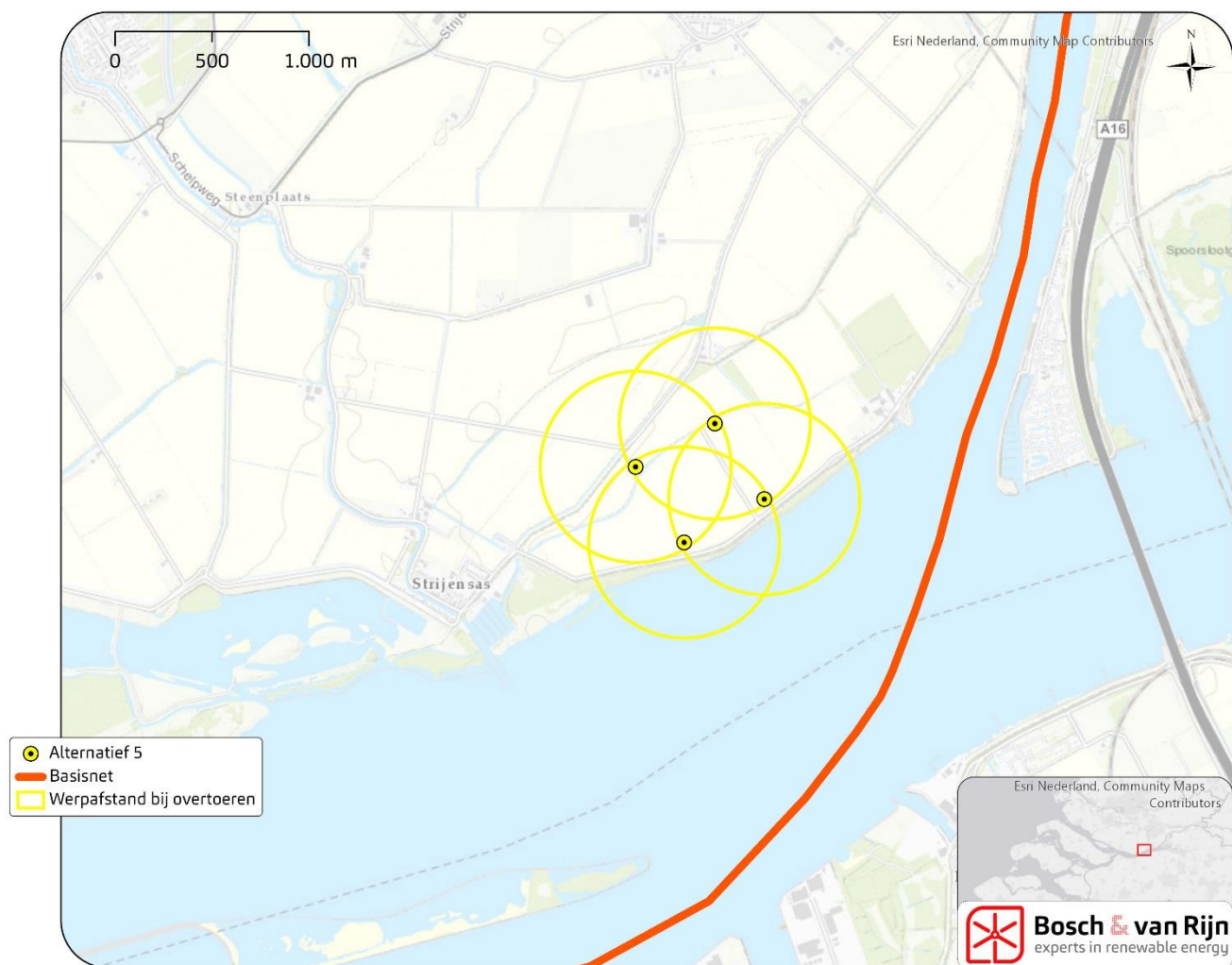






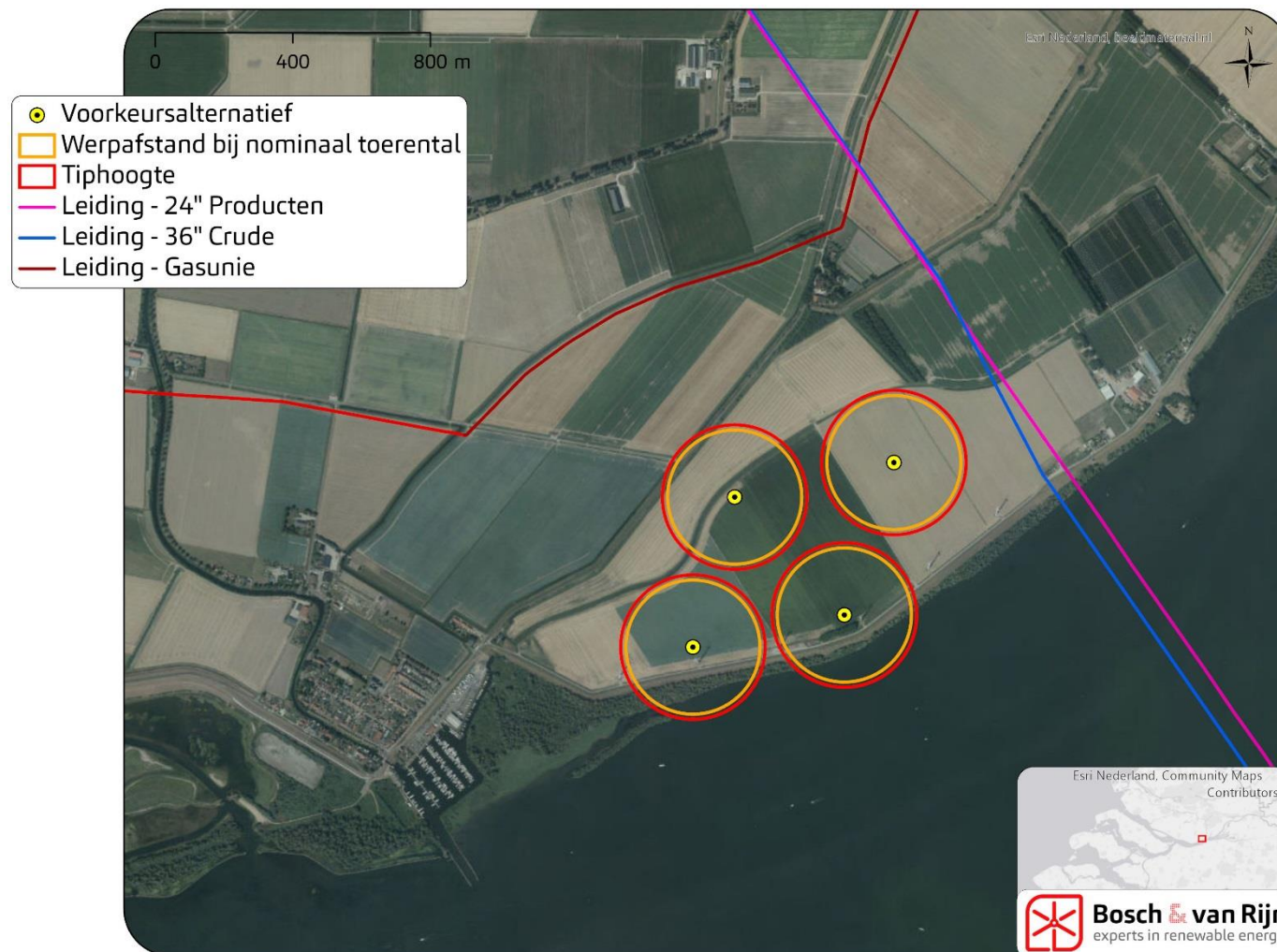


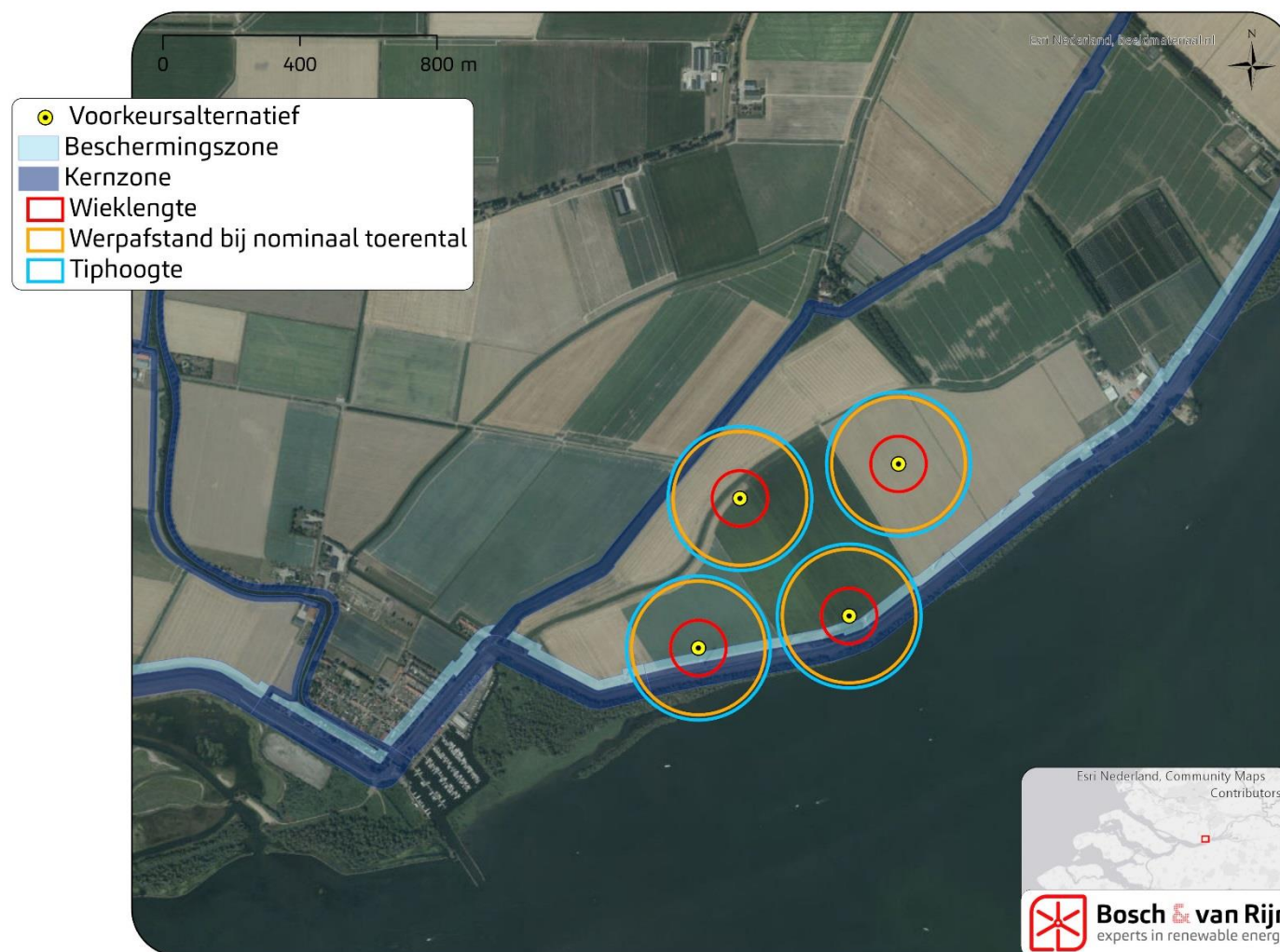




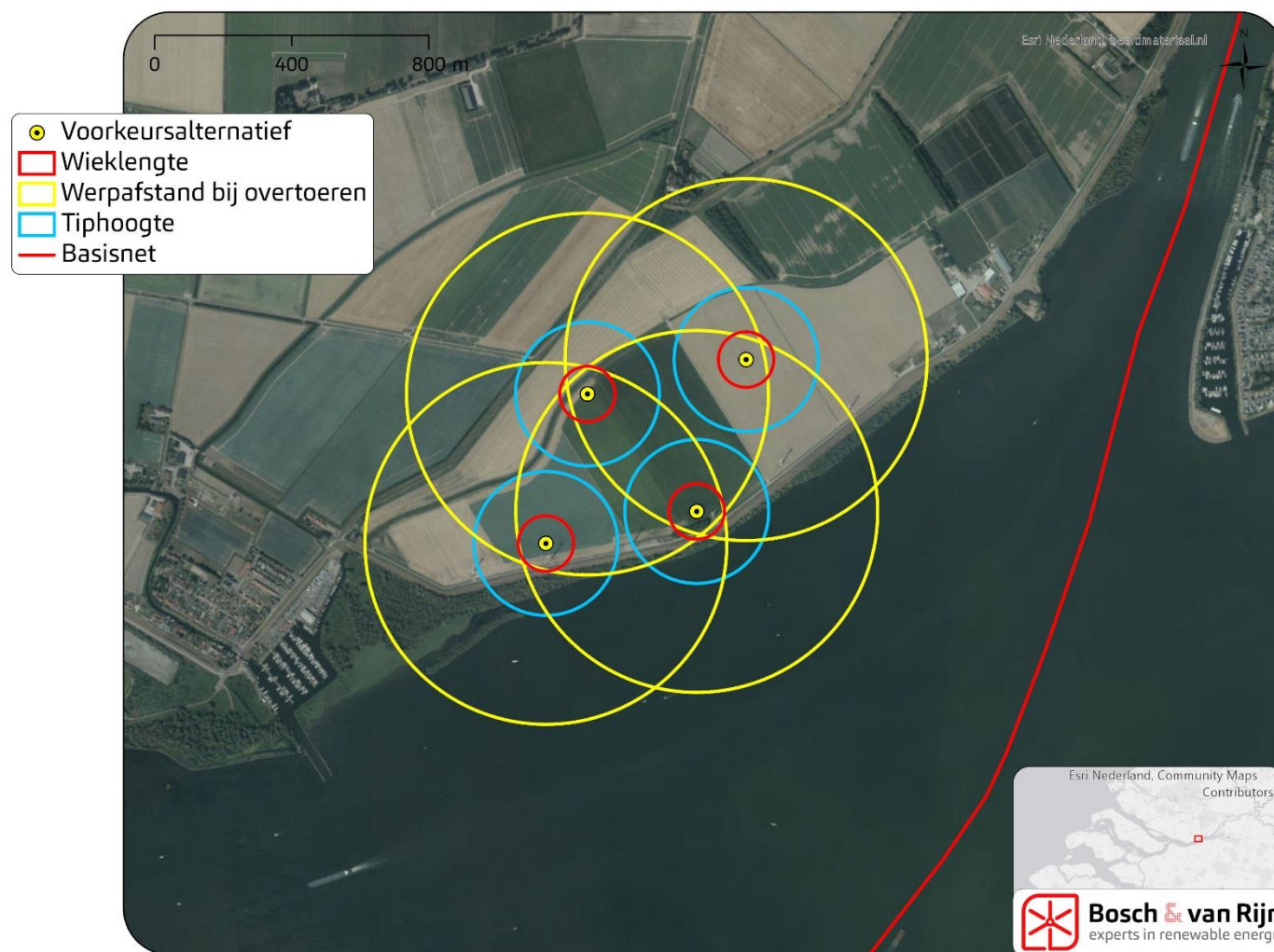












Bijlage C Berekening werpafstand

2.1 Ballistisch model zonder luchtkrachten

2.1.1 Bewegingsvergelijking

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

H : hoogte rotoras [m]

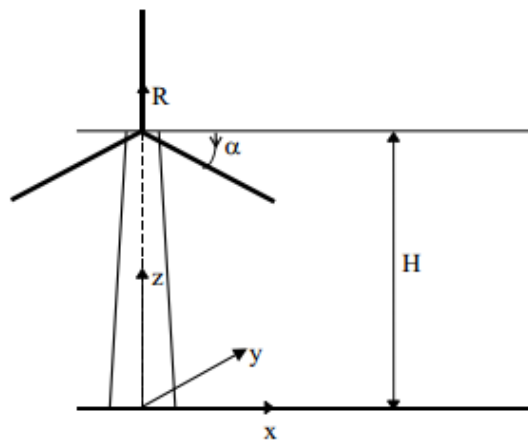
Ω : toerental van de rotor [rad/s]

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

α : azimuthhoek [rad]

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

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



Figuur 1: Overzicht parameters in ballistisch model

De bewegingsvergelijking voor het zwaartepunt is nu

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

Met de beginvoorwaarden

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

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

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

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

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

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

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

2.1.2 Verdelingsfuncties

De kansverdelingsfunctie f_{ZWPT} geeft de kans per m^2 dat het zwaartepunt op een bepaalde plek 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_{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 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

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

geldt nu

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

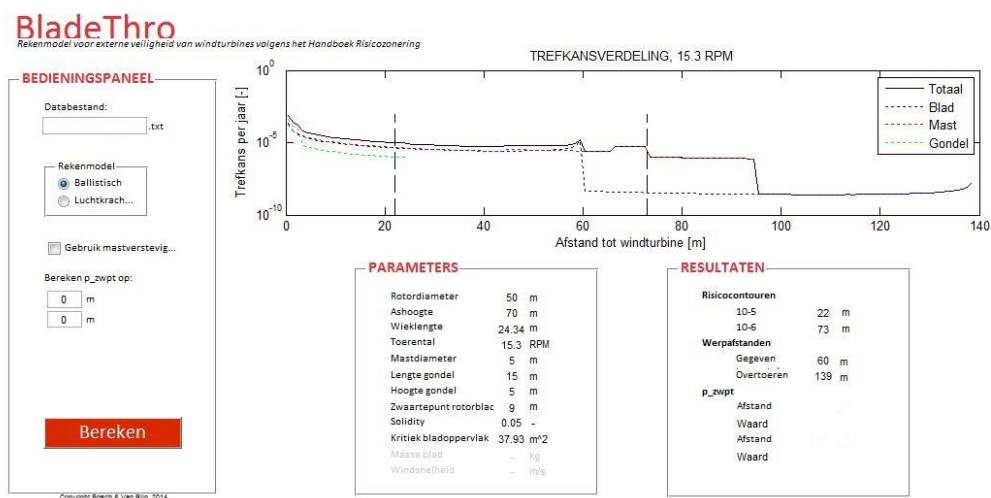
Opm: Om de gevolgde aanpak te demonstreren is bij bovenstaande afleiding verondersteld dat de functie $h(\alpha; \Omega)$ inverteerbaar is. In het geval van bladbreuk zal dit niet zo zijn, want in het algemeen zal het zwaartepunt vanuit twee verschillende azimuthhoeken op een bepaalde plek terecht kunnen 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

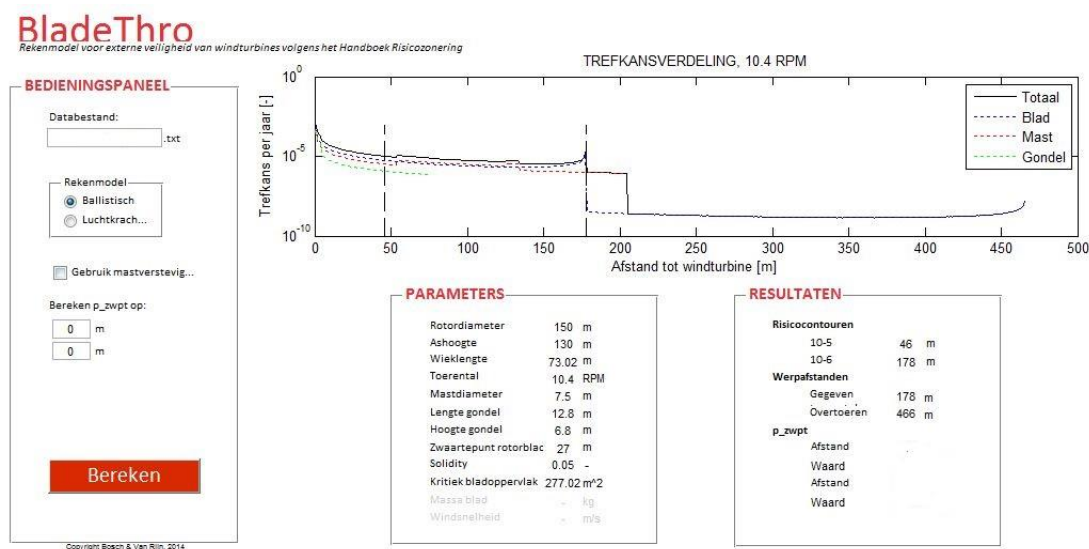
$$f_{ZWPT}(x, y; \Omega) = f_{ZWPT}(r; \Omega) = \frac{1}{2\pi} f_R(r; \Omega) \quad (2.1.9)$$

Bijlage D Werpafstanden turbinetype

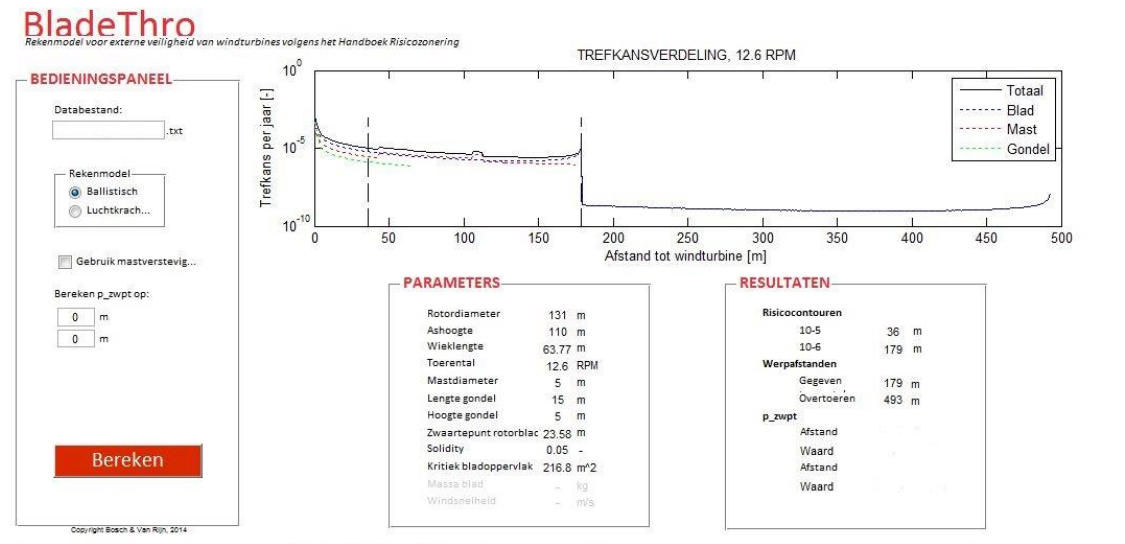
Nordex N50 70 ashoogte en 50 rotordiameter



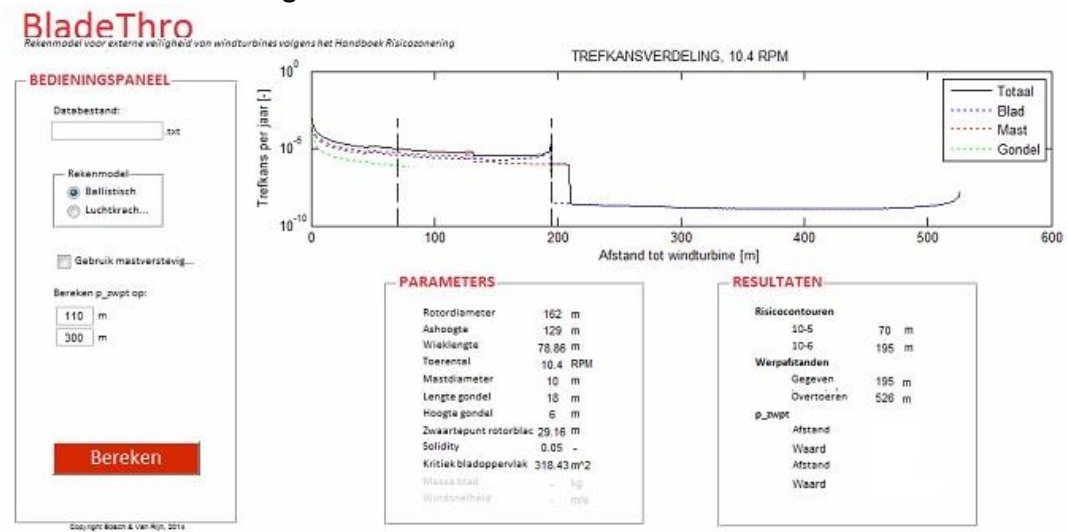
Vestas V150 130 ashoogte en 150 rotordiameter



Nordex N131 110 ashoogte en 131 rotordiameter



Vestas V162 129 ashoogte en 162 rotordiameter



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.