

**Bosch & van Rijn**

Groenmarktstraat 56  
3521 AV Utrecht  
030 – 677 6466

**Auteurs**

Hans Kerkvliet MSc.

**Opdrachtgever**

Eneco



# Windturbines C.RO Vlissingen-Oost

Onderzoek Externe Veiligheid t.b.v. m.e.r.-beoordeling, wijzigingsplan en  
omgevingsvergunning



**Bosch & van Rijn**  
experts in renewable energy

# Windturbines C.RO Vlissingen-Oost

**Externe veiligheidsonderzoek t.b.v. m.e.r.-beoordeling, wijzigingsplan en  
omgevingsvergunning**

Datum  
20-6-2019

Versie  
0.3

Bosch & Van Rijn  
Groenmarktstraat 56  
3521 AV Utrecht

Tel: 030-677 6466  
Mail: [info@boschenvanrijn.nl](mailto:info@boschenvanrijn.nl)  
Web: [www.boschenvanrijn.nl](http://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

|                    |                                         |           |
|--------------------|-----------------------------------------|-----------|
| <b>HOOFDSTUK 1</b> | <b>INLEIDING</b>                        | <b>3</b>  |
| 1.1                | <i>Inleiding</i>                        | 4         |
| 1.2                | <i>Te onderzoeken windturbinetype</i>   | 5         |
| 1.3                | <i>Leeswijzer</i>                       | 6         |
| <b>HOOFDSTUK 2</b> | <b>RISICO-INVENTARISATIE</b>            | <b>7</b>  |
| <b>HOOFDSTUK 3</b> | <b>BEOORDELINGSKADER</b>                | <b>10</b> |
| 3.1                | <i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>     | 11        |
| 3.2                | <i>Risicovolle installaties</i>         | 11        |
| 3.3                | <i>Buisleiding</i>                      | 12        |
| 3.4                | <i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>      | 13        |
| 3.5                | <i>Spoorwegen</i>                       | 13        |
| 3.6                | <i>Infrastructuur</i>                   | 13        |
| <b>HOOFDSTUK 4</b> | <b>RISICOANALYSE</b>                    | <b>15</b> |
| 4.1                | <i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>     | 16        |
| 4.2                | <i>Risicovolle installaties</i>         | 17        |
| 4.3                | <i>Buisleidingen</i>                    | 19        |
| 4.4                | <i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>      | 20        |
| 4.5                | <i>Spoorwegen</i>                       | 21        |
| 4.6                | <i>Infrastructuur</i>                   | 23        |
| <b>HOOFDSTUK 5</b> | <b>CONCLUSIE</b>                        | <b>24</b> |
| 5.1                | <i>(beperkt) Kwetsbare objecten</i>     | 25        |
| 5.2                | <i>Risicovolle installaties</i>         | 25        |
| 5.3                | <i>Buisleidingen</i>                    | 25        |
| 5.4                | <i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>      | 25        |
| 5.5                | <i>Spoorwegen</i>                       | 26        |
| 5.6                | <i>Infrastructuur</i>                   | 26        |
| <b>HOOFDSTUK 6</b> | <b>BIJLAGEN</b>                         | <b>27</b> |
| <b>BIJLAGE A</b>   | <b>WINDTURBINEOPSTELLING</b>            | <b>28</b> |
| <b>BIJLAGE B</b>   | <b>RISICOCONTOUREN EN WERPAFSTANDEN</b> | <b>30</b> |
| <b>BIJLAGE C</b>   | <b>BEREKENING WERPAFSTAND</b>           | <b>37</b> |
| <b>BIJLAGE D</b>   | <b>WERPAFSTAND WINDTURBINETYPE</b>      | <b>39</b> |
| <b>BIJLAGE E</b>   | <b>(BEPERKT) KWETSBARE OBJECTEN</b>     | <b>40</b> |

# Hoofdstuk 1 Inleiding

## 1.1 Inleiding

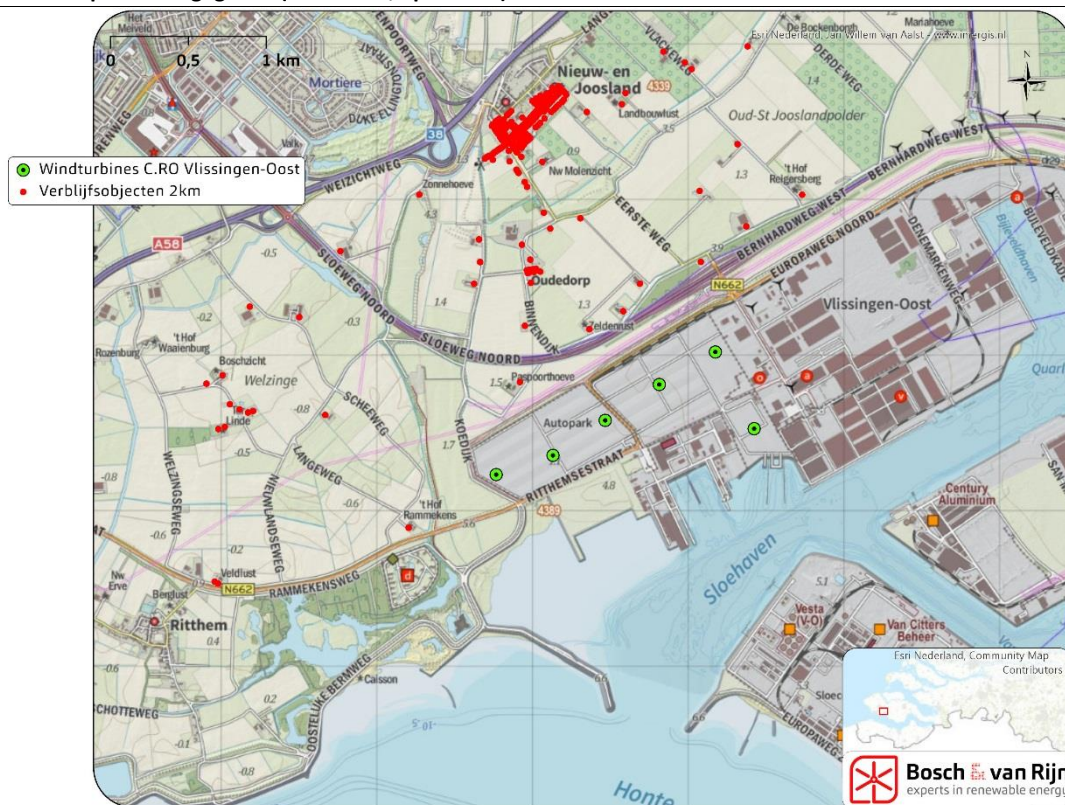
Bosch & Van Rijn heeft een kwantitatieve risicoanalyse uitgevoerd naar de externe veiligheidsrisico's van de voorgenomen windturbines C.RO Vlissingen-Oost in de gemeente Vlissingen ten behoeve van een m.e.r.-beoordeling en wijzigingsplan.

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

- Ashoogte: minimaal 82 meter, maximaal 105 meter;
- Rotordiameter: minimaal 90 meter, maximaal 136 meter;
- Tiphoogte: minimaal 140 meter, maximaal 150 meter;

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

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



De coördinaten van de windturbines staan in onderstaande tabel.

**Tabel 1** De coördinaten van de beoogde windturbines

| Windturbine | X      | Y       |
|-------------|--------|---------|
| 1           | 36.423 | 387.528 |
| 2           | 36.173 | 388.021 |
| 3           | 35.813 | 387.812 |
| 4           | 35.466 | 387.581 |
| 5           | 35.130 | 387.356 |
| 6           | 34.766 | 387.233 |

## 1.2 Te onderzoeken windturbinetype

Om de externe veiligheidsrisico's van de bandbreedte goed in beeld te brengen worden de effecten doorgerekend met de grootst mogelijke windturbine afmetingen. Dit, aangezien de meeste externe risico's een direct gevolg zijn van de afmetingen. Hiertoe is een referentiewindturbine bepaald met de juiste afmetingen. Voor de maximale werpafstand wordt aangesloten bij de windturbine met de grootste werpafstand uit een doorgerekende shortlist.

| Wtb type  | Ashoogte (m) | Rotor (m) | Risicocontouren (m) |                  | Max. werpafstand (m)   |                |
|-----------|--------------|-----------|---------------------|------------------|------------------------|----------------|
|           |              |           | 10 <sup>-5</sup>    | 10 <sup>-6</sup> | Bij nominaal toerental | Bij overtoeren |
| Ref. WTB. | 82           | 136       | 68                  | 156              | 156                    | 442            |

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

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

### 1.3 Leeswijzer

---

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

## Hoofdstuk 2 Risico-inventarisatie

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

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

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

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

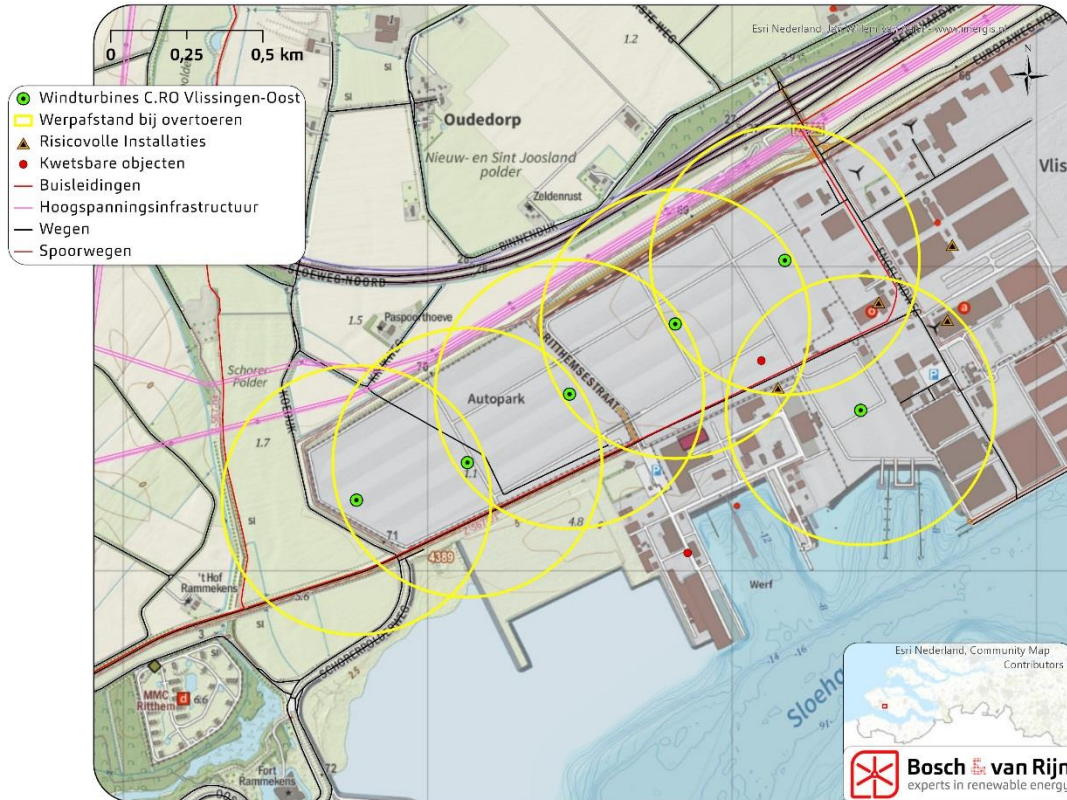
Tabel 2

Risicocontouren en maximale werpafstanden van onderzochte windturbinetype

| Windturbinetype | Ashoogte (m) | RD (m) | Risicocontouren (m) |                  | Max. werpafstand (m) |            |
|-----------------|--------------|--------|---------------------|------------------|----------------------|------------|
|                 |              |        | 10 <sup>-5</sup>    | 10 <sup>-6</sup> | nominaal toerental   | overtoeren |
| Ref. Turbine.   | 82           | 136    | 68                  | 156              | 156                  | 442        |

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

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



Uit bovenstaande figuur blijkt dat de volgende onderwerpen relevant<sup>1</sup> zijn:

- ❖ **(Beperkt) kwetsbare objecten:** Er bevinden zich verschillende (beperkt) kwetsbare objecten binnen de maximale werpafstand bij overtoeren.
- ❖ **Risicovolle installaties:** Er bevinden zich drie risicovolle installaties binnen de maximale werpafstand bij overtoeren.
- ❖ **Buisleidingen:** Er ligt een buisleiding nabij de windturbines.
- ❖ **Hoogspanningsinfrastructuur:** Er bevindt zich hoogspanningsinfrastructuur binnen de maximale werpafstand bij overtoeren.
- ❖ **Spoorwegen:** Er bevindt een spoorweg nabij de windturbines.
- ❖ **Infrastructuur:** Er zijn verscheidene openbare wegen nabij de windturbines.

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

<sup>1</sup> Relevant houdt in dat deze onderwerpen zich bevinden binnen de invloedssfeer van de windturbines.

## Hoofdstuk 3 Beoordelingskader

### 3.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

---

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

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

Zie Bijlage 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 Windturbines<sup>2</sup> 10% gehanteerd.

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

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

---

<sup>2</sup> Handboek Risicozonering Windturbines, 2014.

**Artikel 4 Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen**

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

**Artikel 6 Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen**

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

### 3.3 Buisleiding

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 +  $1/3^{\text{de}}$  rotordiameter. (bron: Het beleid van Gasunie Transport Services inzake het veilig plaatsen van windturbines bij haar gasinfrastructuur – 31-07-2015).

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

Als er aan bovenstaande afstanden niet kan worden voldaan dan is plaatsing van de windturbines voor Gasunie<sup>3</sup> slechts acceptabel als:

- Er géén  $10^{-6}$  per jaar contour ontstaat die bij Besluit externe veiligheid buisleidingen(Bevb)-transportleidingen tot buiten de belemmeringstrook reikt en bij Bevi-inrichten tot buiten het hekwerk reikt als die  $10^{-6}$  per jaar contour vóór plaatsing van de windturbines ook niet buiten de belemmeringstrook resp. het hekwerk reikte. Dat betekent dat voor situaties waar het PR niveau binnen de belemmeringstrook resp. het hekwerk lager is dan  $10^{-6}$  per jaar, het PR wel mag toenemen tot maximaal  $10^{-6}$  per jaar<sup>4</sup>;
- 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;

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

<sup>4</sup> PR: persoonsgebonden risico.

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

### 3.4 Hoogspanningsinfrastructuur

---

Er bestaat geen wettelijk kader voor de invloed van windturbines nabij hoogspanningsleidingen. TenneT heeft in het Handboek Risicozonering Windturbines (versie 3.1, 2014) een adviesafstand opgenomen voor het transportnetwerk van 110kV tot en met 380kV. Deze adviesafstand is gelijk aan de hoogste waarde van de maximale werpafstand bij nominaal toerental of tiphoogte.

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 het betreffende asset op dat moment aanvaard kan worden. Als eerste richtlijn kan gebruikt worden dat de windturbine(s) de kans op falen van de verbinding met 10% mag verhogen. Deze additieve faalkans wordt gerelateerd aan de al aanwezige faalkans van de verbinding 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.

### 3.5 Spoorwegen

---

Voor spoorwegen hanteert ProRail een afstandseis tussen windturbines en spoorwegen. De afstandseis die gehanteerd wordt tussen windturbines en het dichtstbij gelegen spoor is minimaal  $7,85 + \text{halve rotordiameter}$ , gemeten vanuit het hart van het dichtstbijzijnde spoor, met een minimum van 30 meter (Handboek Risicozonering Windturbines Versie 3.1 (2014)).

### 3.6 Infrastructuur

---

#### 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".*

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

**Maatschappelijk risico (MR)**

*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.”*

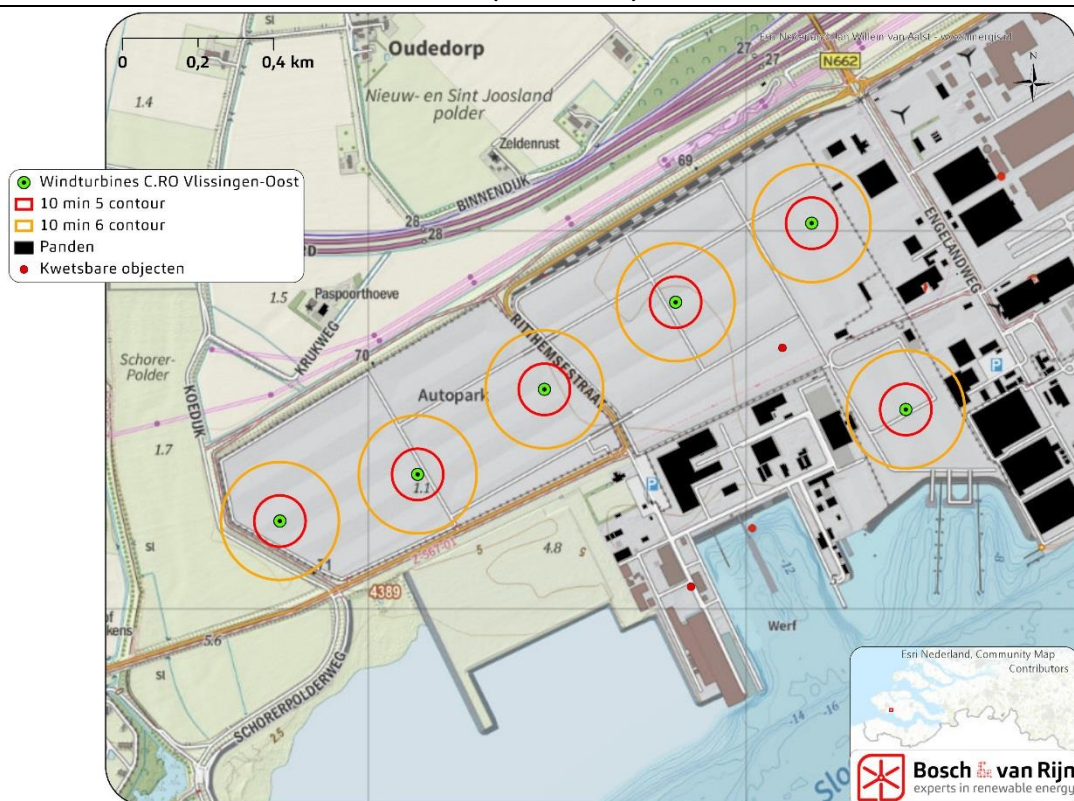
## Hoofdstuk 4 Risicoanalyse

#### 4.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

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

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

**Figuur 3 Risicocontouren rond de windturbines (bovenvariant)**



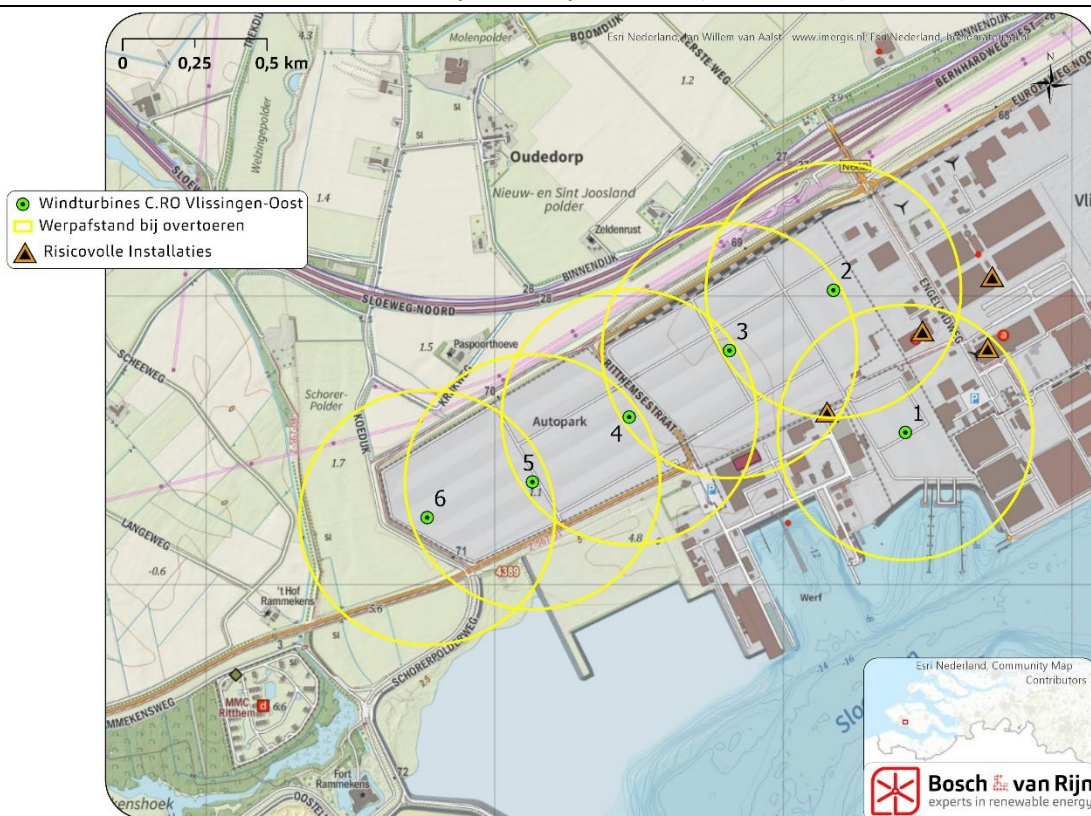
Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het geen (geprojecteerde) aandachtspunten. Er bevinden zich geen beperkt kwetsbare of kwetsbare objecten binnen respectievelijk de  $10^{-5}$  en  $10^{-6}$ -contouren. Hiermee wordt er voldaan aan het Activiteitenbesluit.

## 4.2 Risicovolle installaties

### 4.2.1 Inventarisatie

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

**Figuur 4 Risicovolle installaties binnen werpafstand bij overtoeren (Bovenvariant)**



**Tabel 3 Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van geplande turbines**

| Windturbine | Installatie                  | Afstand tot installatie (m) |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1           | Propaantank 50m <sup>3</sup> | 282                         |
| 1           | Ammoniakoelinstallatie       | 413                         |
| 1           | Opslag gevaarlijke stoffen   | 363                         |
| 2           | Propaantank 50m <sup>3</sup> | 416                         |
| 2           | Opslag gevaarlijke stoffen   | 323                         |
| 3           | Propaantank 50m <sup>3</sup> | 395                         |

Doordat de afstand groter is dan de tiphoogte heeft alleen het scenario wiekbreuk een risico verhogend effect op de installaties. In de volgende subparagrafen wordt de verhoging van de faalkans van deze risicovolle installaties inzichtelijk gemaakt.

#### 4.2.2 Trefkansberekening

##### **Rekenmethode wiekbreuk** (*Handboek Risicozonering Windturbines*)

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

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

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

Waarin:

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

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

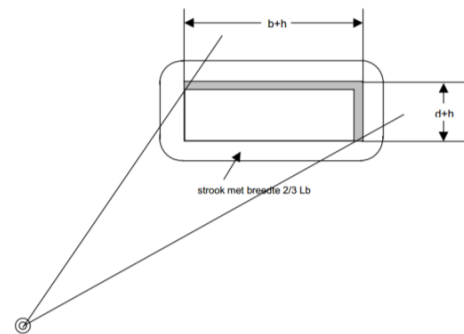
Het object kan direct door het zwaartepunt worden getroffen, maar het is ook mogelijk dat het zwaartepunt van het blad binnen een afstand van  $2/3 L_b$  (lengte afgebroken blad) inslaat. In dit geval kan het object nog door het blad worden geraakt aangezien het zwaartepunt zich op ongeveer  $1/3$  van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

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

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

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

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



#### 4.2.3 Resultaten trefkansen risicovolle installaties

Via de bovenstaande methoden zijn de trefkansen berekend voor de risicovolle installaties van de bovenvariant van de bandbreedte (zie paragraaf 1.2), waarbij de trefkans van de installatie de som is van de scenario's van falende windturbines. De resultaten worden weergegeven in onderstaande tabellen. Bijlage D bevat de gehanteerde parameters van de windturbine en bijlage E bevat de formules van het kogelbaanmodel conform het Handboek Risicozonering Windturbines.

**Tabel 4 Trefkansen risicovolle installatie**

| Installatie                  | Totale trefkansen      |
|------------------------------|------------------------|
| Propaantank 50m <sup>3</sup> | 3,26*10 <sup>-08</sup> |
| Opslag gevaarlijke stoffen   | 4,92*10 <sup>-08</sup> |
| Ammoniakoelinstallatie       | 1,21*10 <sup>-08</sup> |

#### 4.2.4 Faalkansverhoging

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

**Tabel 5 Onderbouwing intrinsieke faalkansen van risicovolle objecten (Bron: Handleiding Risicoberekeningen BEVI)**

| Object                          | Faalkansen scenario's (weergegeven tussen haakjes)                                                                                                                                                             |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Opslagtanks gevaarlijke stoffen | De mogelijke catastrofale scenario's zijn het vrijkomen van de gehele inhoud (5*10 <sup>-7</sup> ) en het vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom (5*10 <sup>-7</sup> ). |

Onderstaande tabel bevat de vergelijking van de trefkansen van de windturbines met de intrinsieke faalkansen van de installatie:

**Tabel 6 Verhoging faalkansen van risicovolle installatie**

| Installatie                  | Intr. Faalkansen      | Trefkansen             | Verhoging faalkansen |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| Propaantank 50m <sup>3</sup> | 1,00*10 <sup>-6</sup> | 3,26*10 <sup>-08</sup> | 3,3%                 |
| Opslag gevaarlijke stoffen   | 1,00*10 <sup>-6</sup> | 4,92*10 <sup>-08</sup> | 4,9%                 |
| Ammoniakoelinstallatie       | 1,00*10 <sup>-6</sup> | 1,21*10 <sup>-08</sup> | 1,2%                 |

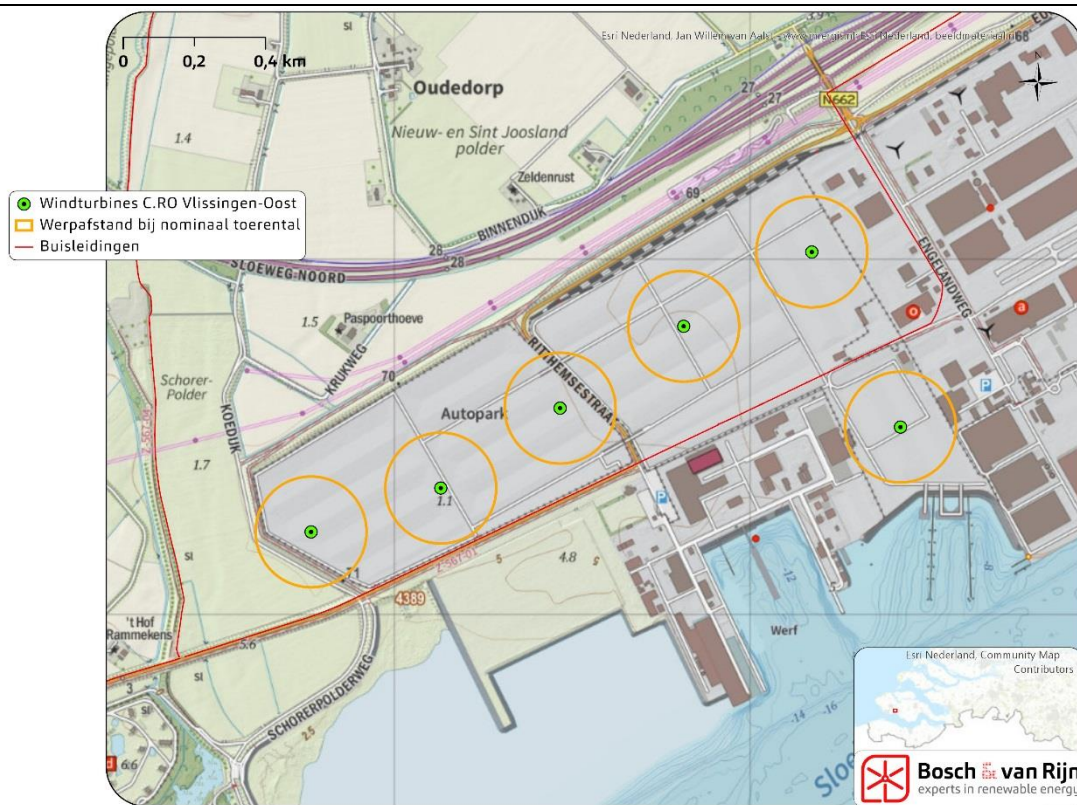
Uit bovenstaande tabel blijkt dat bij de installatie wordt voldaan aan de richtwaarde van 10%. Hierdoor is er geen aanvullend onderzoek nodig.

### 4.3 Buisleidingen

Vanwege de aanwezigheid van buisleidingen in het plangebied is er geanalyseerd of de bovenvariant voldoet aan de adviesafstand van Gasunie. Indien er niet wordt voldaan aan de adviesafstand van 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).

*NB. in onderstaand figuur wordt er getoetst aan de werpafstand bij nominaal toerental, aangezien dit de maatgevende adviesafstand is. De ashoogte + 1/3<sup>de</sup> wiel-lengte is kleiner dan de werpafstand bij nominaal toerental.*

**Figuur 5 Buisleidingen en werpafstand bij nominaal toerental**

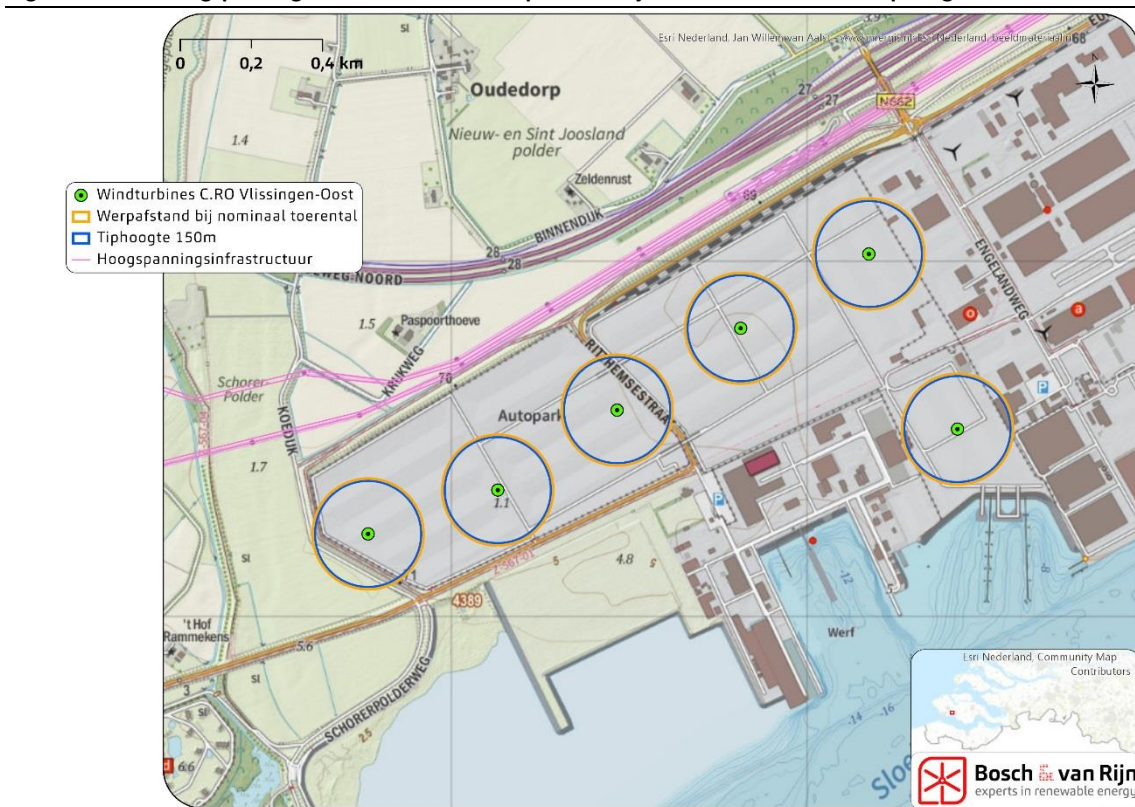


Uit bovenstaande figuur is te concluderen dat geen buisleidingen zich bevinden binnen de werpafstand bij nominaal toerental.

#### 4.4 Hoogspanningsinfrastructuur

Voor de locatie is onderzocht of er zich hoogspanningsinfrastructuur bevindt in de buurt van de windturbines. Indien dit het geval is wordt er gekeken of er wordt voldaan aan de afstandseis van TenneT (maximale waarde van maximale werpafstand bij nominaal toerental en tiphoogte).

**Figuur 6** Hoogspanningsinfrastructuur en werpafstand bij nominaal toerental en tiphoogte

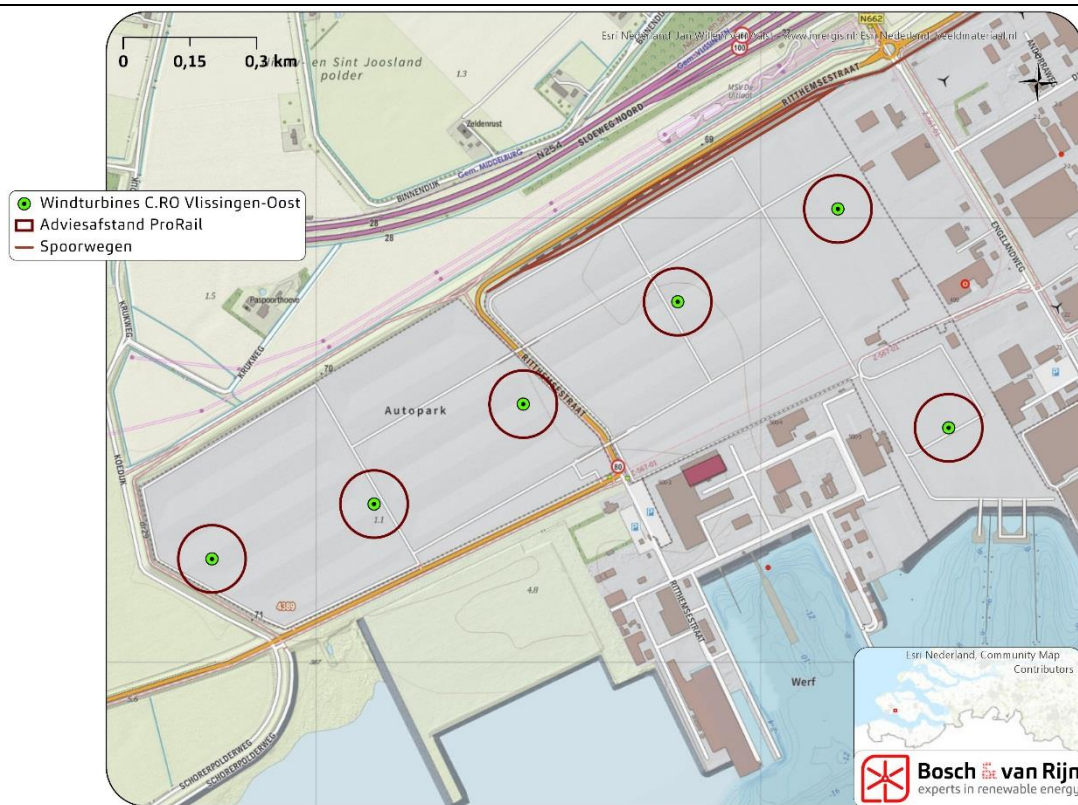


Uit bovenstaande figuur is op te maken dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de werpafstand bij nominaal toerental of tiphoogte. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

#### 4.5 Spoorwegen

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

**Figuur 7** Adviesafstand bij ProRail en spoorwegen

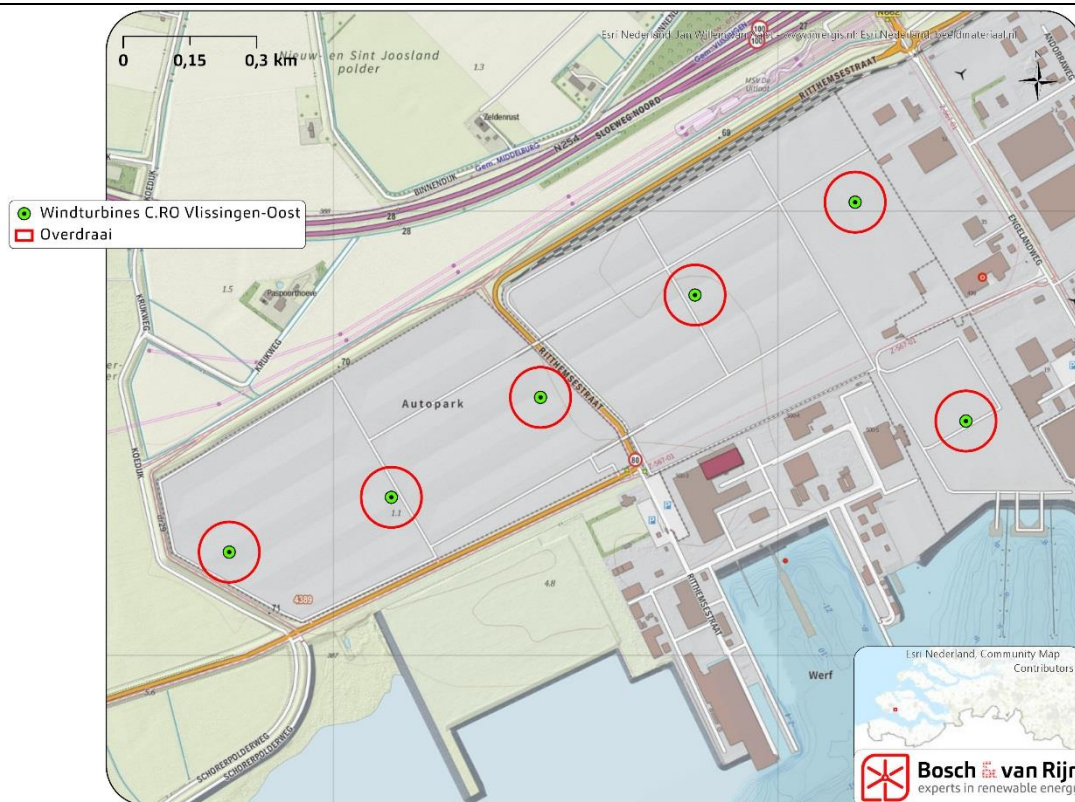


Uit bovenstaande figuur is te concluderen dat er geen spoorwegen zich bevinden binnen de adviesafstand van ProRail. Hiermee wordt er voldaan aan de adviesafstand van ProRail.

## 4.6 Infrastructuur

### 4.6.1 Wegen

**Figuur 8 Overdraai van de windturbines en openbare wegen**



Op basis van bovenstaande figuur lijkt het of de windturbines overdraaien op wegen. Echter, het betreft privé-wegen op eigen terrein van C.RO. Hierdoor vindt er geen overdraai plaats over openbare wegen. Hiermee wordt er voldaan aan de beleidsregel zoals beschreven in *“Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken”* waardoor aanvullend onderzoek niet nodig is.

## Hoofdstuk 5 Conclusie

## 5.1 (beperkt) Kwetsbare objecten

---

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

## 5.2 Risicovolle installaties

---

Indien de windturbines niet substantieel bijdragen aan een hoger risico voor de inrichting zullen de voor de inrichting geldende afstanden tot (beperkt) kwetsbare objecten en de Groepsrisico ook na plaatsing van de windturbines van kracht blijven. Om dit te toetsen kan in eerste instantie naar de toename van de catastrofale faalfrequentie van risicovolle installaties behorende tot de inrichting gekeken worden. 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 Windturbines 10%<sup>5</sup> gehanteerd.

Paragraaf 4.2.4 bevat de vergelijking van de trefkans van de windturbines met de intrinsieke faalkans van de installaties. Uit deze vergelijkingen volgt dat de maximale faalkansverhoging 4,9% is. Dit is onder de toetsingswaarde van 10%. Dit betekent dat de risico's van de windturbines, gelet op de afstand tot risicovolle inrichtingen, niet leiden tot een toename van de initiële faalkans van deze installaties van meer dan 10%. Toevoeging van windturbines zal niet leiden tot belangrijk nadelige effecten.

## 5.3 Buisleidingen

---

De buisleidingen die gevaarlijke stoffen transporteren bevinden zich buiten de werpafstand bij nominaal toerental of ashoogte +  $1/3^{\text{de}}$  wieklengte van de beoogde windturbines. Hiermee wordt er voldaan aan de adviesafstand van Gasunie.

## 5.4 Hoogspanningsinfrastructuur

---

De hoogspanningsinfrastructuur van TenneT bevindt zich buiten de werpafstand bij nominaal toerental van de beoogde windturbines. Hiermee wordt er voldaan aan de afstandseis van TenneT.

---

<sup>5</sup> Handboek Risicozonering Windturbines, 2013

## 5.5      **Spoorwegen**

---

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

## 5.6      **Infrastructuur**

---

Voor de beoogde windturbines geldt dat er geen overdraai plaatsvindt over openbare wegen. Hiermee wordt er voldaan aan de beleidsregel *“Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over rijkswaterstaatwerken”* en daardoor is geen aanvullend onderzoek nodig.

## Hoofdstuk 6 Bijlagen

# Bijlage A   Windturbineopstelling

---

In onderstaande figuur wordt de onderzochte opstelling weergegeven.

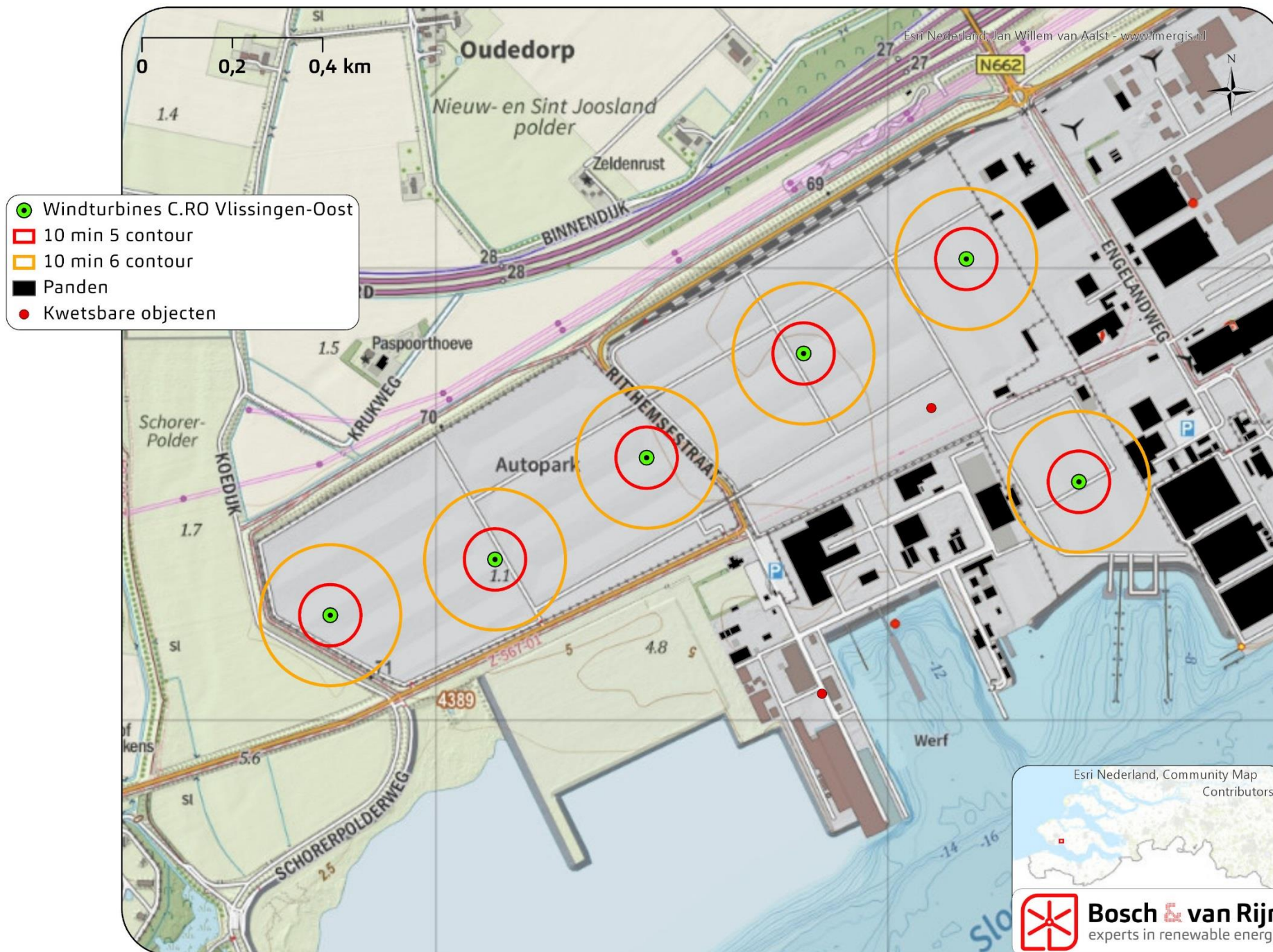


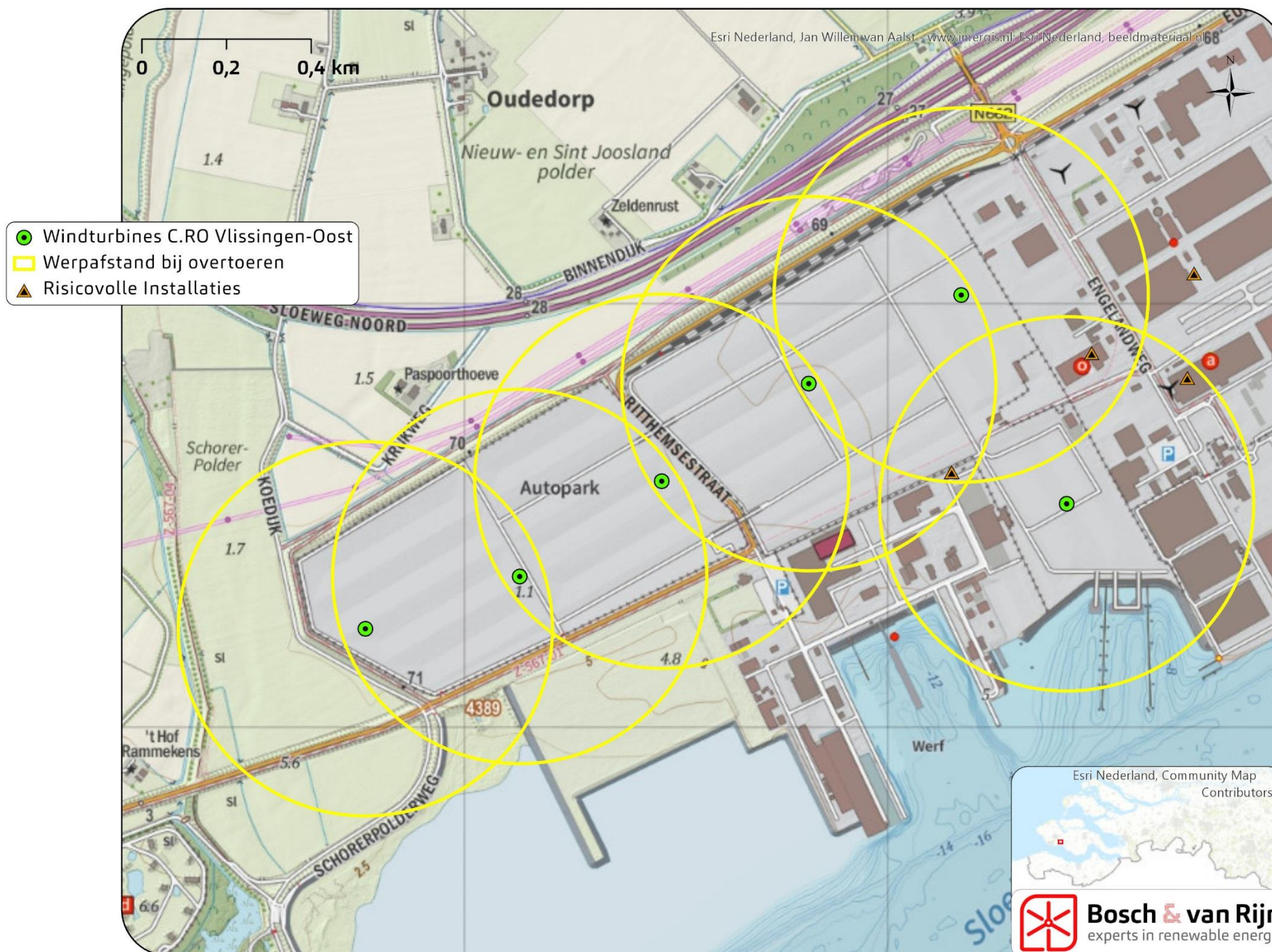


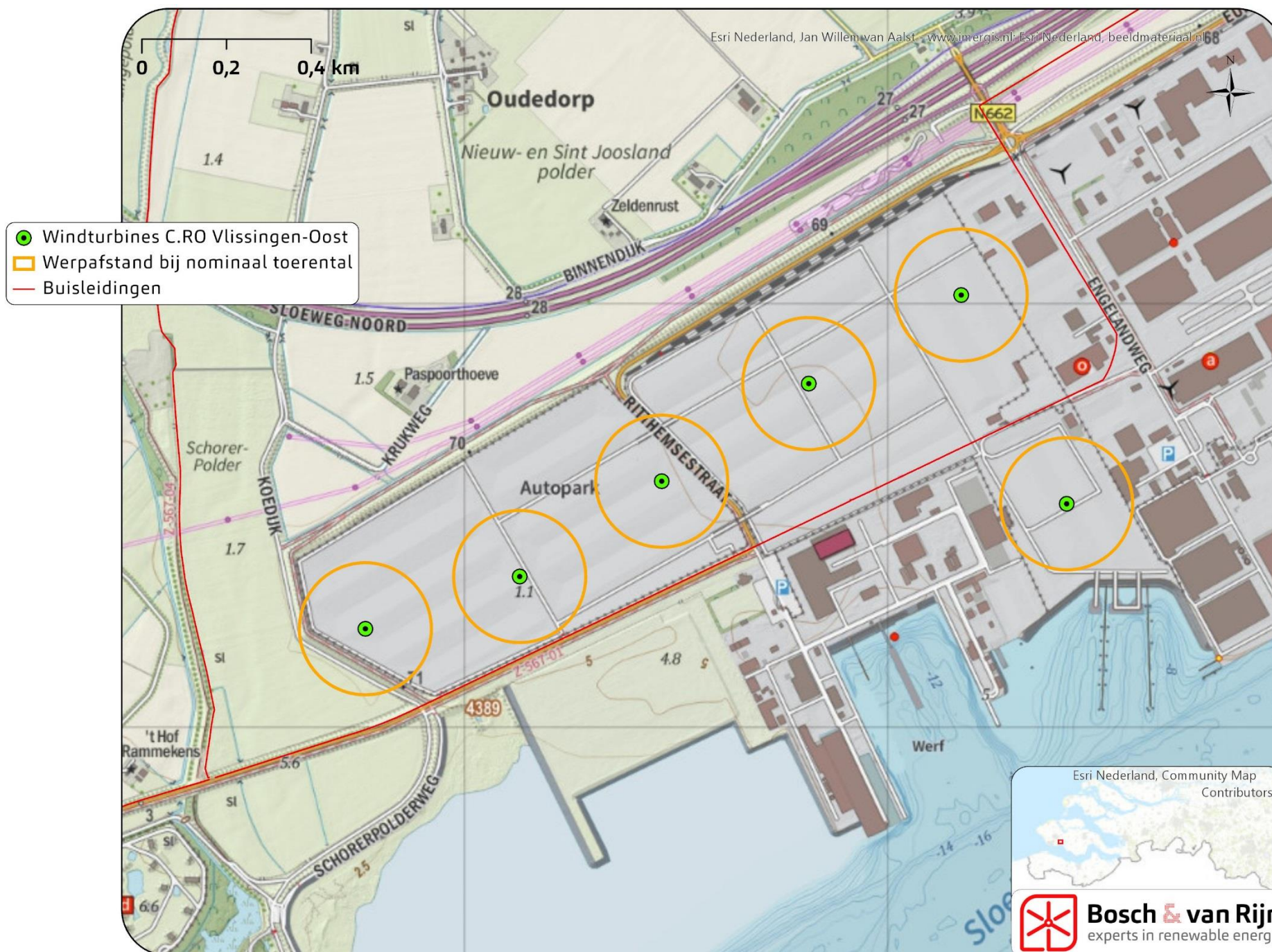
## **Bijlage B    Risicocontouren en werpafstanden**

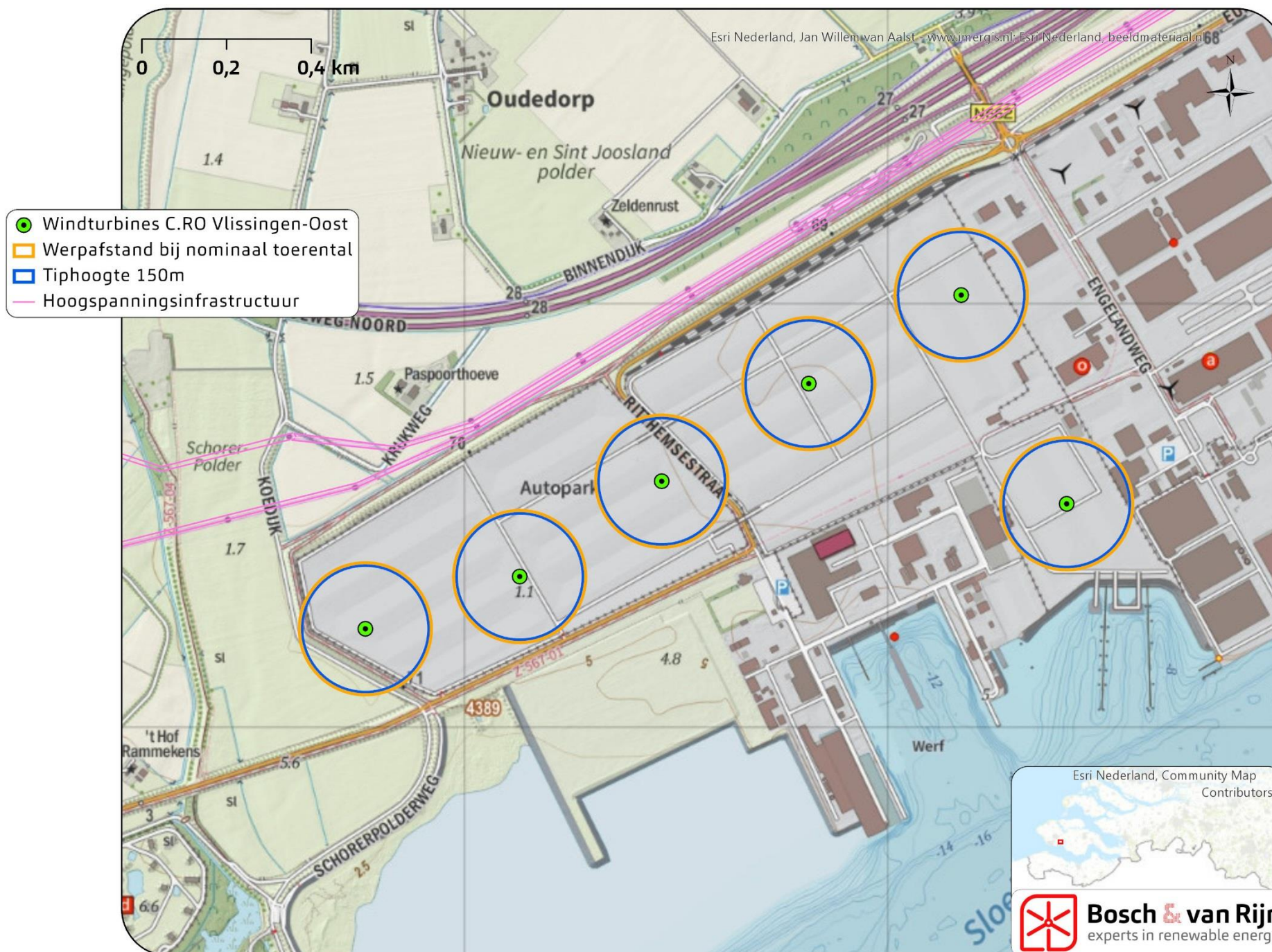
---

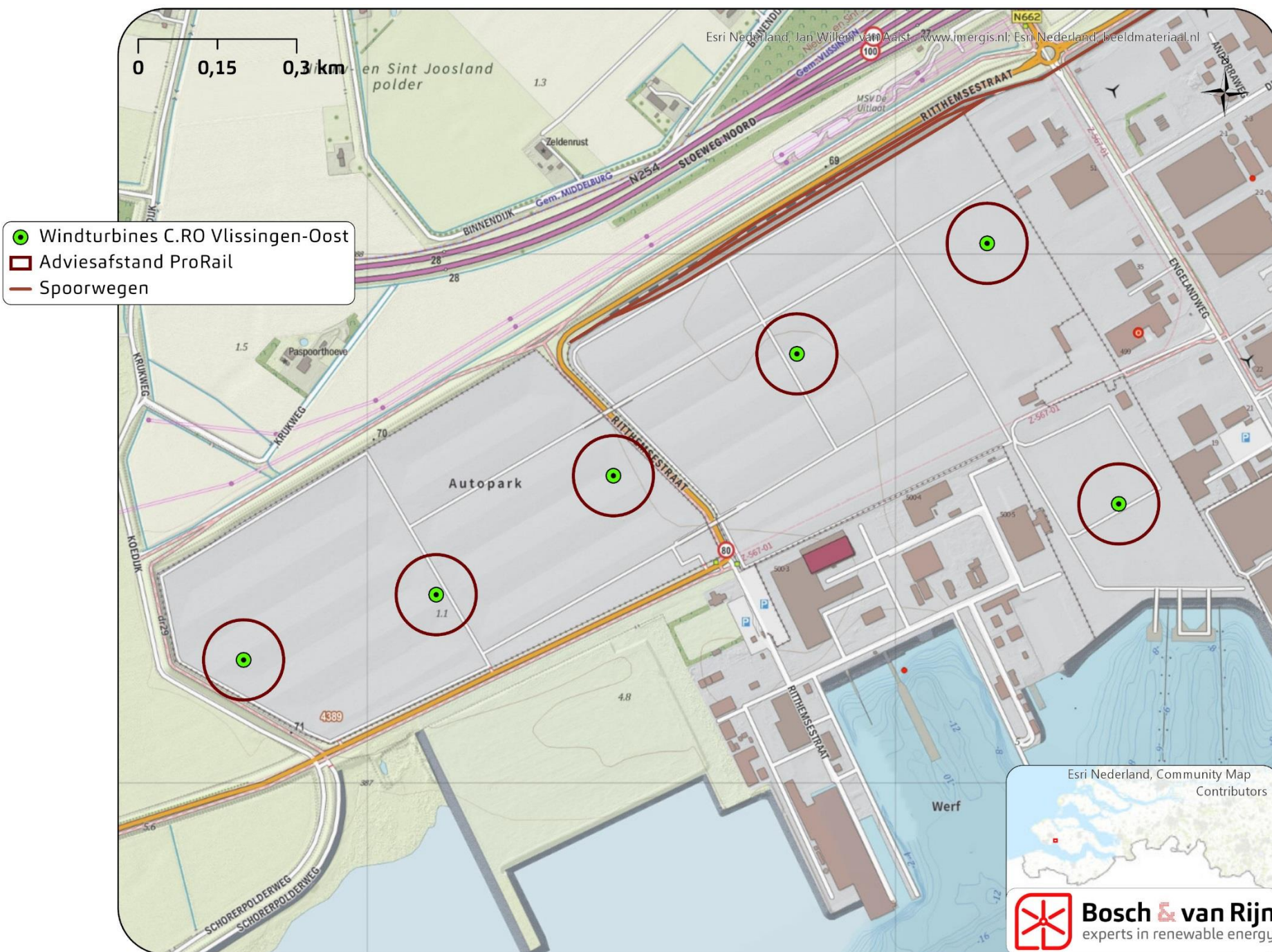


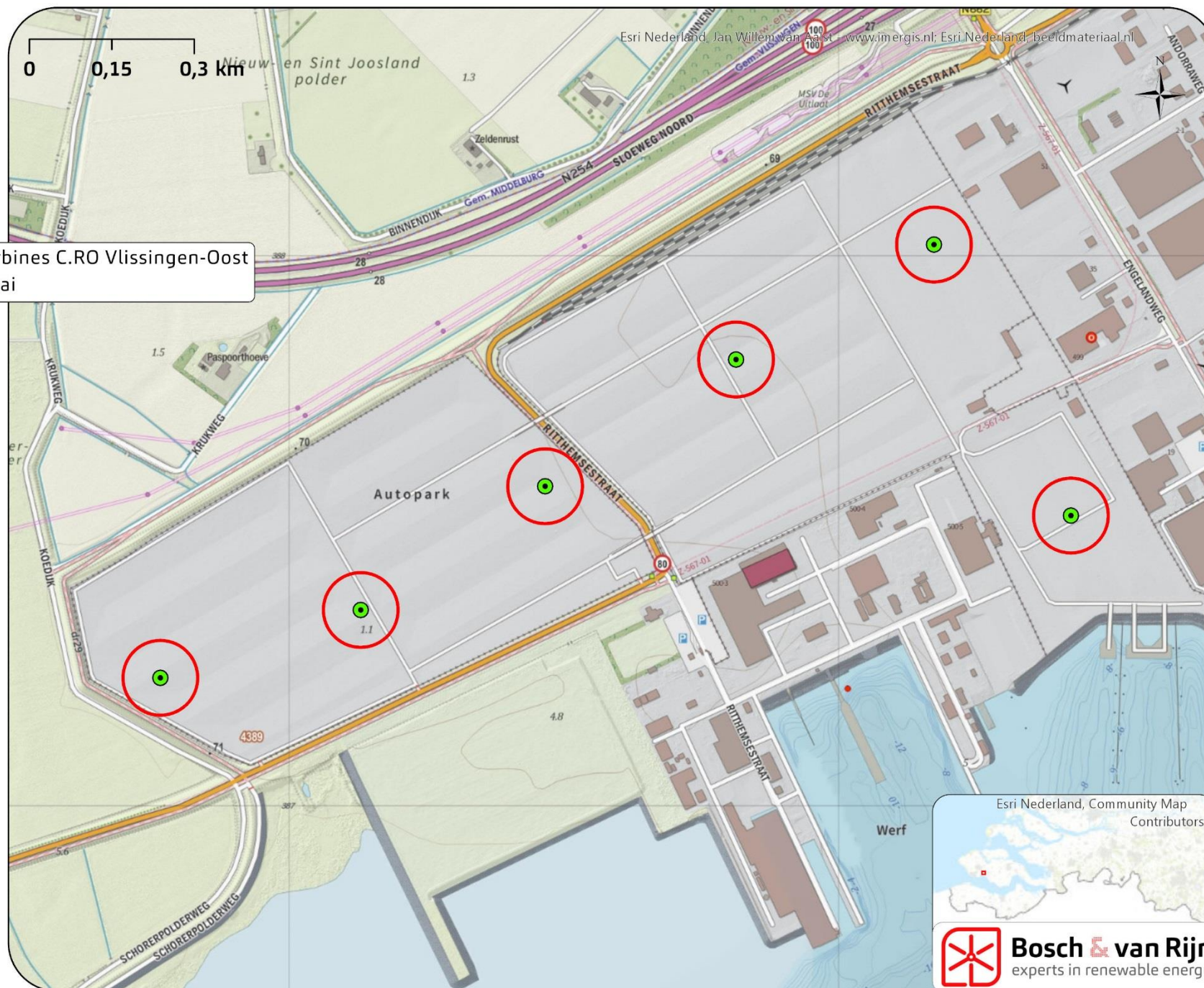












# Bijlage C Berekening werpafstand

## 2.1 Ballistisch model zonder luchtkrachten

### 2.1.1 Bewegingsvergelijking

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

$H$  : hoogte rotoras [m]

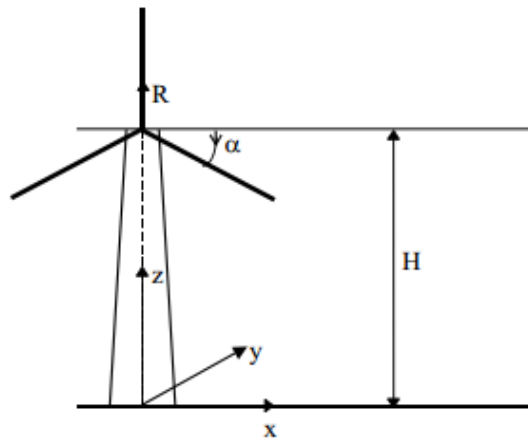
$\Omega$  : toerental van de rotor [rad/s]

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

$\alpha$  : azimuthhoek [rad]

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

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



Figuur 1: Overzicht parameters in ballistisch model

De bewegingsvergelijking voor het zwaartepunt is nu

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

Met de beginvoorwaarden

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

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

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

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

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

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

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

### 2.1.2 Verdelingsfuncties

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

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

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

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

geldt nu

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

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

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

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

# Bijlage D Werpafstand Windturbinetype

## BladeThro

Rekenmodel voor externe veiligheid van windturbines volgens het Handboek Risicozonering

**BEDIENINGSPANEEL**

Databestand:  .txt

Rekenmodel:

☒ Ballistisch

☐ Luchtkrach...

☐ Gebruik mastverstevig...

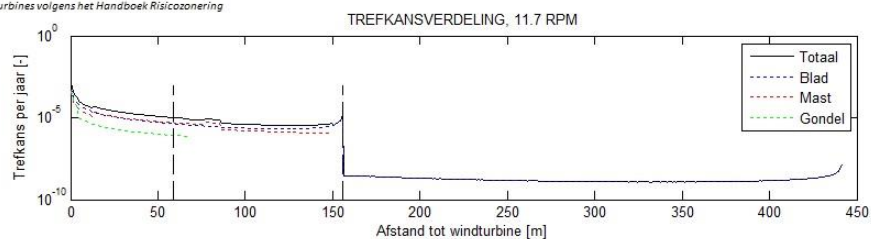
Bereken p<sub>zwpt</sub> op:

m

m

**Bereken**

Copyright Bosch & Van Rijn, 2014



### PARAMETERS

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| Rotordiameter         | 136 m    |
| Ashoogte              | 82 m     |
| Wielengte             | 66.7 m   |
| Toerental             | 11.7 RPM |
| Mastdiameter          | 7.5 m    |
| Lengte gondel         | 12.8 m   |
| Hoogte gondel         | 6.8 m    |
| Zwaartepunt rotorblad | 24.48 m  |
| Solidity              | 0.05 -   |
| Kritiek bladoppervlak | 232 m²   |
| Massa blad            | - kg     |
| Windsnelheid          | - m/s    |

### RESULTATEN

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| <b>Risicocontouren</b>  |       |
| 10-5                    | 59 m  |
| 10-6                    | 156 m |
| <b>Werpafstanden</b>    |       |
| Gegeven                 | 156 m |
| Overtoeren              | 442 m |
| <b>p<sub>zwpt</sub></b> |       |
| Afstand                 |       |
| Waard                   |       |
| Afstand                 |       |
| Waard                   |       |

# Bijlage E (beperkt) Kwetsbare objecten

## Kwetsbare objecten

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

## Beperkt kwetsbare objecten

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



**Bosch & van Rijn**  
experts in renewable energy

Groenmarktstraat 56  
3521 AV Utrecht  
[www.boschenvanrijn.nl](http://www.boschenvanrijn.nl)

