

**Bosch & van Rijn**

Groenmarktstraat 56  
3521 AV Utrecht  
030 – 677 6466

**Auteurs**

Hans Kerkvliet MSc.

**Opdrachtgever**

WNW  
It Dok 2  
8447 GL Heerenveen



# Windpark Landtong Rozenburg

## Onderzoek Externe Veiligheid t.b.v. projectMER



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

# **Windpark Landtong Rozenburg**

## **Externe veiligheidsonderzoek t.b.v. projectMER**

Datum  
6-12-2018

Versie  
0.6

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 2018

Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt. Bosch & Van Rijn BV is niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie

## Inhoudsopgave

|                    |                                         |            |
|--------------------|-----------------------------------------|------------|
| <b>HOOFDSTUK 1</b> | <b>INLEIDING</b>                        | <b>3</b>   |
| 1.1                | <i>Inleiding</i>                        | 4          |
| 1.2                | <i>Alternatieven projectMER</i>         | 4          |
| 1.3                | <i>Beoordelingscriteria MER</i>         | 6          |
| 1.4                | <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>Buisleidingen</i>                    | 12         |
| 3.4                | <i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>      | 13         |
| 3.5                | <i>Waterkering</i>                      | 13         |
| 3.6                | <i>Infrastructuur</i>                   | 14         |
| <b>HOOFDSTUK 4</b> | <b>RISICOANALYSE</b>                    | <b>15</b>  |
| 4.1                | <i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>     | 16         |
| 4.2                | <i>Risicovolle installaties</i>         | 18         |
| 4.3                | <i>Buisleidingen</i>                    | 29         |
| 4.4                | <i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>      | 40         |
| 4.5                | <i>Waterkering</i>                      | 43         |
| 4.6                | <i>Infrastructuur</i>                   | 45         |
| <b>HOOFDSTUK 5</b> | <b>VOORKEURSALTERNATIEF</b>             | <b>49</b>  |
| <b>HOOFDSTUK 6</b> | <b>CONCLUSIE</b>                        | <b>73</b>  |
| 6.1                | <i>(beperkt) Kwetsbare objecten</i>     | 74         |
| 6.2                | <i>Risicovolle installaties</i>         | 74         |
| 6.3                | <i>Buisleidingen</i>                    | 75         |
| 6.4                | <i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>      | 75         |
| 6.5                | <i>Waterkering</i>                      | 75         |
| 6.6                | <i>Infrastructuur</i>                   | 76         |
| <b>HOOFDSTUK 7</b> | <b>BIJLAGEN</b>                         | <b>78</b>  |
| <b>BIJLAGE A</b>   | <b>INRICHTINGSALTERNATIEVEN</b>         | <b>79</b>  |
| <b>BIJLAGE B</b>   | <b>RISICOCONTOUREN EN WERPAFSTANDEN</b> | <b>84</b>  |
| <b>BIJLAGE C</b>   | <b>BEREKENING WERPAFSTAND</b>           | <b>125</b> |
| <b>BIJLAGE D</b>   | <b>SHORTLIST WINDTURBINETYPES</b>       | <b>127</b> |
| <b>BIJLAGE E</b>   | <b>(BEPERKT) KWETSBARE OBJECTEN</b>     | <b>128</b> |

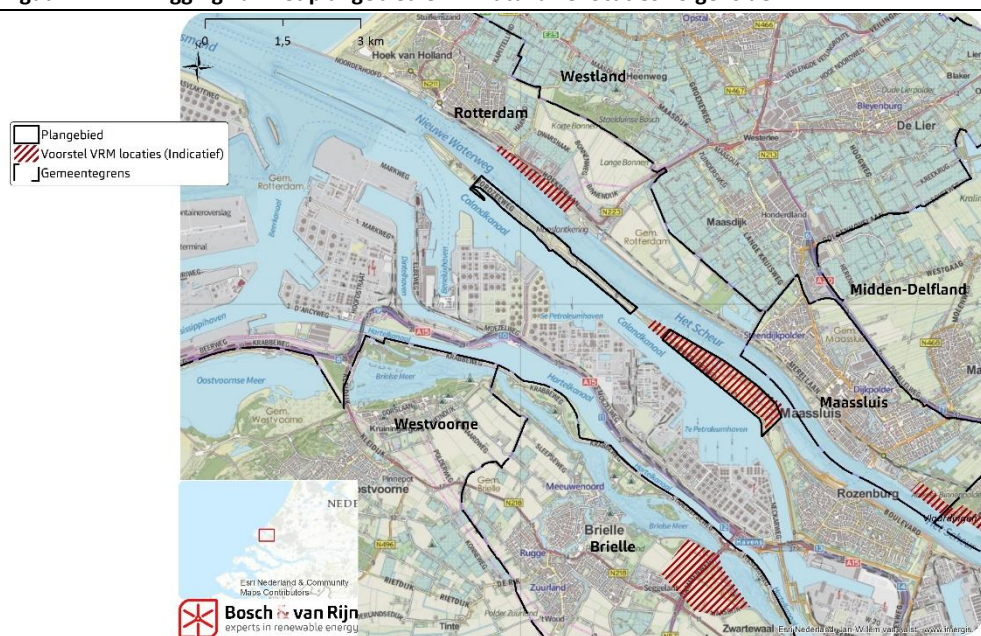
# Hoofdstuk 1 Inleiding

## 1.1 Inleiding

Bosch & van Rijn heeft een veiligheidsonderzoek uitgevoerd naar de risico's ten gevolge van nieuw te plaatsen windturbines nabij het op te schalen windpark Landtong Rozenburg in de gemeente Rozenburg ten behoeve van een milieueffectrapportage (MER).

Dit document dient ter ondersteuning van zowel het MER als de vergunningaanvraag. Het op te schalen park ligt op de Landtong Rozenburg, in de Rotterdamse Rijnmond.

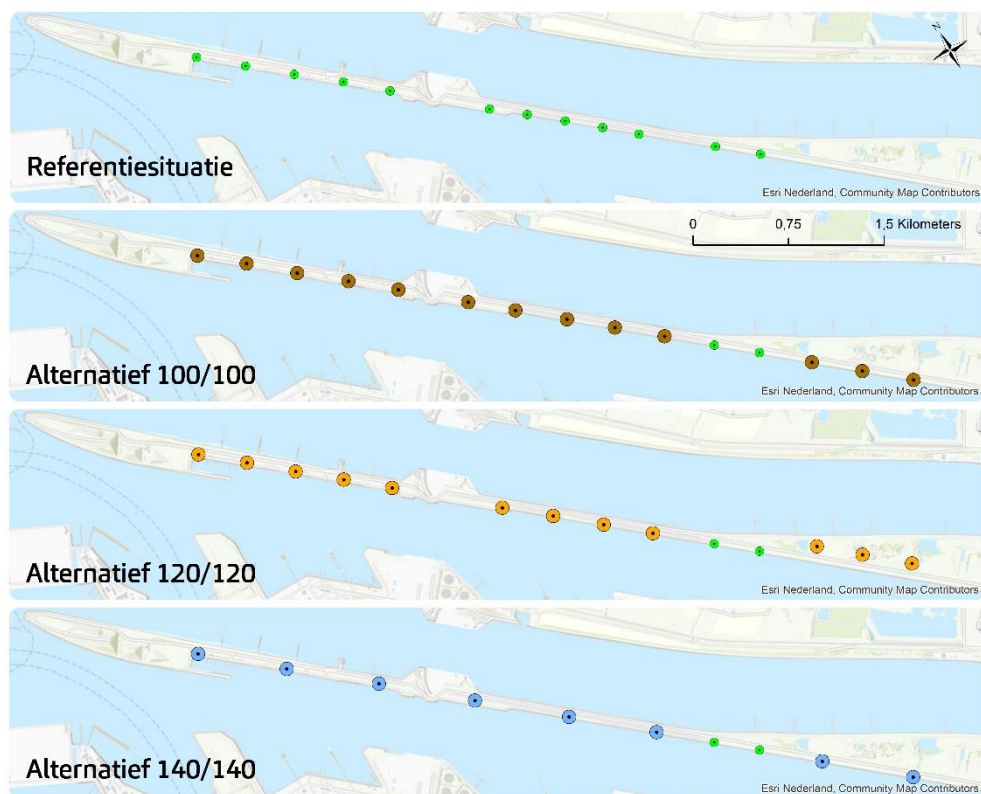
**Figuur 1** Ligging van het plangebied en windturbine locaties volgens de VRM



## 1.2 Alternatieven projectMER

Het (project)MER beschouwt een referentiesituatie en drie alternatieven, die verschillen in het aantal windturbines, afmetingen en windturbinelocaties. In onderstaande figuren zijn de inrichtingen ten opzichte van de referentiesituatie weergegeven en de gehanteerde windturbintypes staan in onderstaande tabel.

**Figuur 2** Inrichtingsalternatieven 100/100, 120/120, 140/140 en referentiesituatie



Ten behoeve van het externe veiligheidsonderzoek zijn verschillende windturbines gebruikt. Bij de referentiesituatie is aangesloten bij het bestaande windturbintypes (NEG Micon NM64-1500 op een ashoogte van 67 meter (10 windturbines, deze worden ontmanteld) en Vestas V90 op een ashoogte van 80 meter (2 windturbines, blijven staan en maken ook onderdeel van de onderzochte alternatieven).

Voor de Alternatieven 1, 2 en 3 zijn voor de te plaatsen windturbines referentieturbines bepaald om de effecten te bepalen. In voorliggend onderzoek wordt de faal casuïstiek uit het Handboek Risicozonering Windturbines toegepast en geen fabrikant specifieke eigenschappen. Hiermee wordt de worst-case gegeven door de maximaal mogelijke afmetingen en maximale werpafstand, ongeacht de fabrikant.

In Tabel 1 staan de afmetingen van deze windturbines.

**Tabel 1**

**Samenvatting van de alternatieven**

| Alternatief               | Type            | Aantal | Rotor    | Ashoogte |
|---------------------------|-----------------|--------|----------|----------|
|                           |                 |        | <b>m</b> | <b>m</b> |
| <b>Referentiesituatie</b> | NEG Micon NM64  | 10     | 64       | 67       |
|                           | Vestas V90      | 2      | 90       | 80       |
| <b>MER 100/100</b>        | ReferentieWTB 1 | 13     | 100      | 100      |
|                           | Vestas V90      | 2      | 90       | 80       |
| <b>MER 120/120</b>        | ReferentieWTB 2 | 12     | 120      | 120      |
|                           | Vestas V90      | 2      | 90       | 80       |
| <b>MER 140/140</b>        | ReferentieWTB 3 | 8      | 140      | 140      |
|                           | Vestas V90      | 2      | 90       | 80       |

Bijlage A toont de inrichtingsalternatieven in meer detail.

### 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:

- Gevaarlijke stoffen (installaties, ligplaatsen, buisleidingen en vervoer);
- Kwetsbare objecten;
- (Beperkt) Kwetsbare objecten;
- Risico's m.b.t. infrastructuur (dijken, wegen hoogspanningsleidingen)
- Risico's m.b.t. hoogspanning

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

### 1.4 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 beschrijft de effecten van het voorkeursalternatief. Hoofdstuk 6 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 MER-alternatieven is een shortlist opgesteld met gangbare windturbinetypes (bijlage D). Voor deze gangbare windturbinetypes zijn 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 windturbinetypes 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**

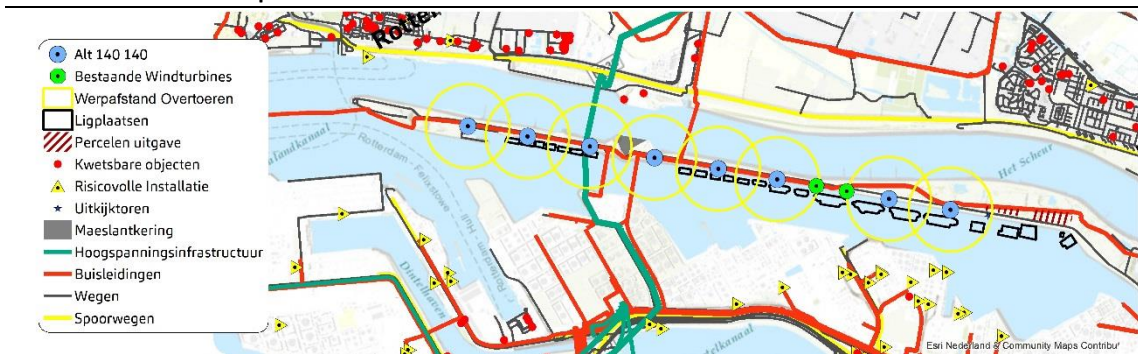
**Risicocontouren en maximale werpafstanden van onderzochte windturbinetype**

| Alt.                   | Wtb type        | Ashoogte (m) | Risicocontouren (m) |                  | Max. werpafstand (m)   |                |
|------------------------|-----------------|--------------|---------------------|------------------|------------------------|----------------|
|                        |                 |              | 10 <sup>-5</sup>    | 10 <sup>-6</sup> | Bij nominaal toerental | Bij overtoeren |
| Ref. Sit. <sup>1</sup> | NEG Micon NM64  | 78           | 32                  | 96               | 96                     | 244            |
|                        | Vestas V90      | 80           | 45                  | 135              | 135                    | 376            |
| 100/100                | ReferentieWTB 1 | 100          | 50                  | 168              | 168                    | 468            |
|                        | Vestas V90      | 80           | 45                  | 135              | 135                    | 376            |
| 120/210                | ReferentieWTB 2 | 120          | 60                  | 179              | 179                    | 481            |
|                        | Vestas V90      | 80           | 45                  | 135              | 135                    | 376            |
| 140/140                | ReferentieWTB 3 | 140          | 70                  | 183              | 183                    | 486            |
|                        | Vestas V90      | 80           | 45                  | 135              | 135                    | 376            |

De windturbines kunnen een risicoverhogend effect hebben op nabijgelegen gebouwen, installaties en infrastructuur. Om voor het plangoed Landtong Rozenbrug te bepalen welke onderwerpen relevant zijn wordt eerst de maximale werpafstand bij overtoeren van Alternatief 140/140 in kaart gebracht en daarbinnen de onderwerpen gedefinieerd die relevant zijn (Figuur 3).

<sup>1</sup> Ref. Sit. staat voor referentiesituatie

**Figuur 3** Werpafstand bij overtoeren van Alternatief 140/140 met voor Externe Veiligheid relevante onderwerpen



Uit bovenstaande figuur blijkt dat de volgende onderwerpen relevant<sup>2</sup> zijn:

- ❖ **(Beperkt) kwetsbare objecten:** Er bevinden zich verschillende ligplaatsen, een uitkijktoren en panden binnen de maximale werpafstand bij overtoeren. Dit zijn allen beperkt kwetsbare objecten.
- ❖ **Risicovolle installaties:** Er bevinden zich negen ligplaatsen waar schepen met K1-brandstof kunnen verblijven nabij de windturbines.
- ❖ **Buisleidingen:** Er bevinden zich verschillende buisleidingen binnen de werpafstand bij overtoeren. Wanneer er voor deze buisleidingen niet wordt voldaan aan de adviesafstand zal de trefkans bepaald worden.
- ❖ **Hoogspanningsinfrastructuur:** Nabij de windturbines lopen ondergrondse hoogspanningskabels van TenneT.
- ❖ **Waterkering:** Er ligt een primaire waterkering nabij de windturbines.
- ❖ **Infrastructuur:** Er liggen geen rijkswegen nabij de windturbines. Wel zijn er openbare wegen en vaarwegen 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>2</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>3</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>3</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 Buisleidingen

---

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 aangetast.

Als er aan bovenstaande afstanden niet kan worden voldaan dan is plaatsing van de windturbines voor Gasunie<sup>4</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>5</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>4</sup> Bron: Het beleid van Gasunie Transport Services inzake het veilig plaatsen van windturbines bij haar gasinfrastructuur – 31-07-2015.

<sup>5</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:
  - o  $5 \times 10^{-6}$  per jaar voor meet- en regelstations en exportstations;
  - o  $2,5 \times 10^{-4}$  per jaar voor gasontvangstations.

### 3.4 Hoogspanningsinfrastructuur

---

Er bestaat geen wettelijk kader voor de invloed van windturbines op hoogspanningsleidingen. TenneT heeft in het Handboek Risicozonering (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 en 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 windturbine(s) de kans op falen van de verbinding met 10% mag verhogen. Deze additionele faalkans wordt gerelateerd aan de al aanwezige faalkans van de verbinding 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 Waterkering

---

In het plangebied bevindt zich een waterkering met een veiligheidsnorm van 1/10.000 jaar<sup>6</sup>. In eerste instantie wordt er gekeken of er overdraai plaatsvindt boven de beschermingszones. Indien er geen overdraai plaatsvindt, is er geen aanvullend onderzoek nodig.

Wanneer er wel overdraai plaatsvindt zal er, voor het voorkeursalternatief, conform het Handboek Risicozonering Windturbines (Versie 3.1, 2014) een trefkansberekening worden uitgevoerd en deze worden getoetst aan de ontwerpwaarden van de dijkring.

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.*

---

<sup>6</sup> Waterwet, Bijlage II 'Normen voor dijktraject' als bedoeld in artikel 2.2. eerste lid.

### 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".*

#### Vaarwegen

Voor vaarwegen geldt dat windturbines zijn toegestaan bij een afstand van ten minste 50 meter van de vaarweg.<sup>7</sup> De beleidsregel van Rijkswaterstaat in voorbereiding gaat uit van halve rotordiameter + 30 meter. Voor het plangebied bepaalt het Havenbedrijf het beleid voor scheepsradar en hoeft niet voldaan te worden aan het beleid van Rijkswaterstaat. Mogelijk wordt het beleid van Rijkswaterstaat overgenomen.

Voor de overige openbare wegen bestaan geen genormeerde afstanden, waardoor kleinere afstanden mogelijk zijn. In de beleidsregel *"Windturbines langs auto-, spoor-, en vaarwegen – Beoordeling van veiligheidsrisico's"* staan de richtlijnen gegeven (zie kaders):

#### **"Individuele passantenrisico (IPR)**

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

*De initiatiefnemer die een of meerdere windturbines wil plaatsen dient aan te tonen dat het maximale toelaatbare Individueel Passanten Risico IPR niet wordt overschreden op de infrastructuur in de nabijheid van de turbine. De grens is vastgesteld van honderdzig kilometer per uur. Een generiek IPR van  $10^{-6}$  wordt aangehouden voor alle infrastructuur waarop de wettelijk toelaatbare snelheden de honderdzig kilometer per uur niet overschrijden, en een generiek IPR van  $10^{-7}$  op infrastructuur waarop wettelijk toelaatbare snelheden boven de honderdzig kilometer per uur bestaan.*

#### **Maatschappelijk risico (MR)**

*Er zijn 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

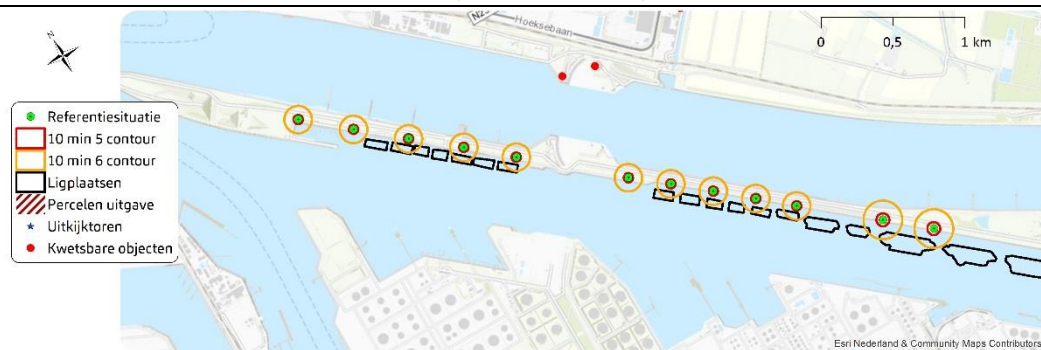
## 4.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

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

In onderstaande figuren zijn de risicocontouren van de verschillende alternatieven en de referentiesituatie te vinden. Deze zijn tevens in groter formaat weergegeven in Bijlage B.

### 4.1.1 Referentiesituatie

**Figuur 4** Risicocontouren rond de windturbines (Referentiesituatie)



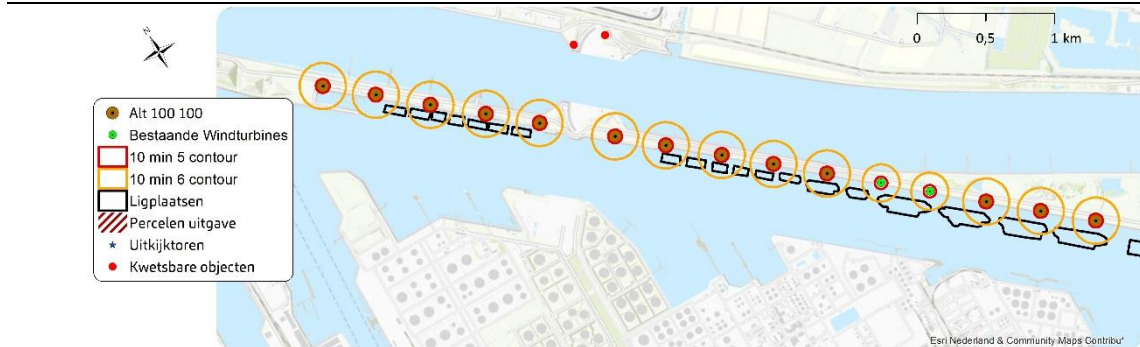
Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied 8 objecten binnen de  $10^{-6}$ -contour en geen objecten binnen de  $10^{-5}$ -contour.

De objecten binnen de  $10^{-6}$ -contour betreffen ligplaatsen. Deze ligplaatsen zijn formeel niet aangemerkt als een kwetsbaar object in de zin van artikel 1 lid 1 sub I van het Bevi of als een beperkt kwetsbaar object in de zin van artikel lid 1 sub b onder h Bevi.

Doordat de ligplaatsen niet zijn aangemerkt als een (beperkt) kwetsbaar object wordt er voldaan aan het Activiteitenbesluit, zie paragraaf 3.1.

#### 4.1.2 Alternatief 100/100

**Figuur 5 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 100/100)**



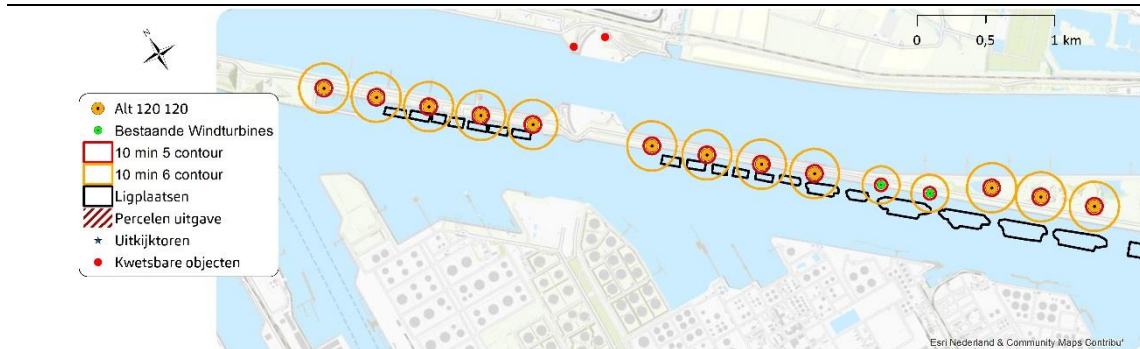
Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied 19 objecten binnen de  $10^{-6}$ -contour en geen objecten binnen de  $10^{-5}$ -contour.

De objecten binnen de  $10^{-6}$ -contour betreffen ligplaatsen. Deze ligplaatsen zijn formeel niet aangemerkt als een kwetsbaar object in de zin van artikel 1 lid 1 sub I van het Bevi of als een beperkt kwetsbaar object in de zin van artikel lid 1 sub b onder h Bevi.

Doordat de ligplaatsen niet zijn aangemerkt als een (beperkt) kwetsbaar object wordt er voldaan aan het Activiteitenbesluit, zie paragraaf 3.1.

#### 4.1.3 Alternatief 120/120

**Figuur 6 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 120/120)**



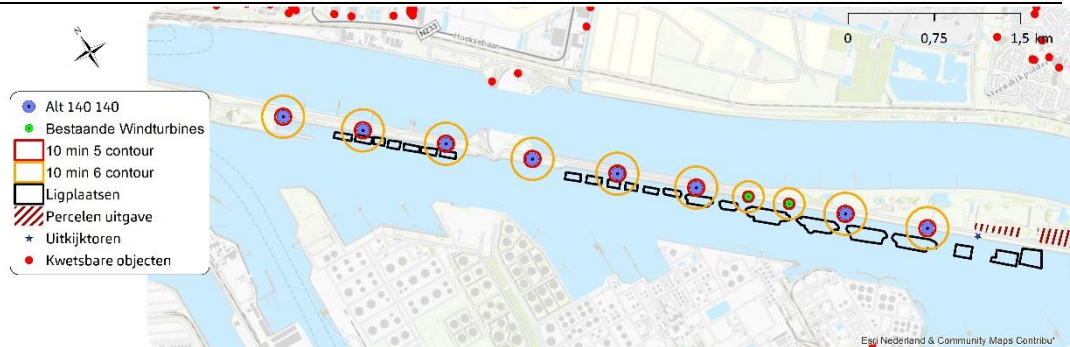
Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied 15 objecten binnen de  $10^{-6}$ -contour en 1 object binnen de  $10^{-5}$ -contour.

De objecten binnen de risicocontouren betreffen ligplaatsen. Deze ligplaatsen zijn formeel niet aangemerkt als een kwetsbaar object in de zin van artikel 1 lid 1 sub I van het Bevi of als een beperkt kwetsbaar object in de zin van artikel lid 1 sub b onder h Bevi.

Doordat de ligplaatsen niet zijn aangemerkt als een (beperkt) kwetsbaar object wordt er voldaan aan het Activiteitenbesluit, zie paragraaf 3.1.

#### 4.1.4 Alternatief 140/140

**Figuur 7 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 140/140)**



Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied 12 objecten binnen de  $10^{-6}$ -contour en 2 objecten binnen de  $10^{-5}$ -contour.

De objecten binnen risicocontouren betreffen ligplaatsen. Deze ligplaatsen zijn formeel niet aangemerkt als een kwetsbaar object in de zin van artikel 1 lid 1 sub I van het Bevi of als een beperkt kwetsbaar object in de zin van artikel lid 1 sub b onder h Bevi.

Doordat de ligplaatsen niet zijn aangemerkt als een (beperkt) kwetsbaar object wordt er voldaan aan het Activiteitenbesluit, zie paragraaf 3.1.

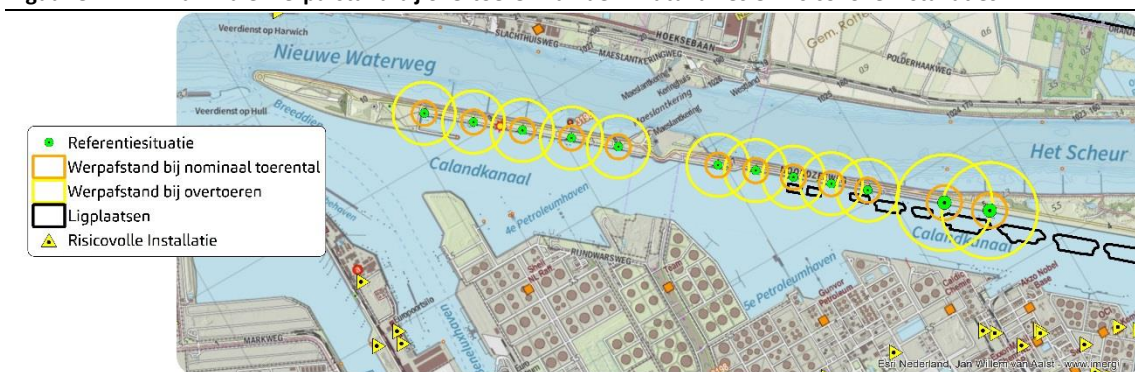
#### 4.2 Risicovolle installaties

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<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Er zijn 9 ligplaatsen waar schepen met gevaarlijke stoffen kunnen aanmeren. Deze locaties worden meegenomen als risicovolle installaties.

#### 4.2.1 Referentiesituatie

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



Op basis van de ingetekende werpafstanden, aangeleverde informatie door de opdrachtgever en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

**Tabel 3 Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van geplande turbines van de referentie situatie**

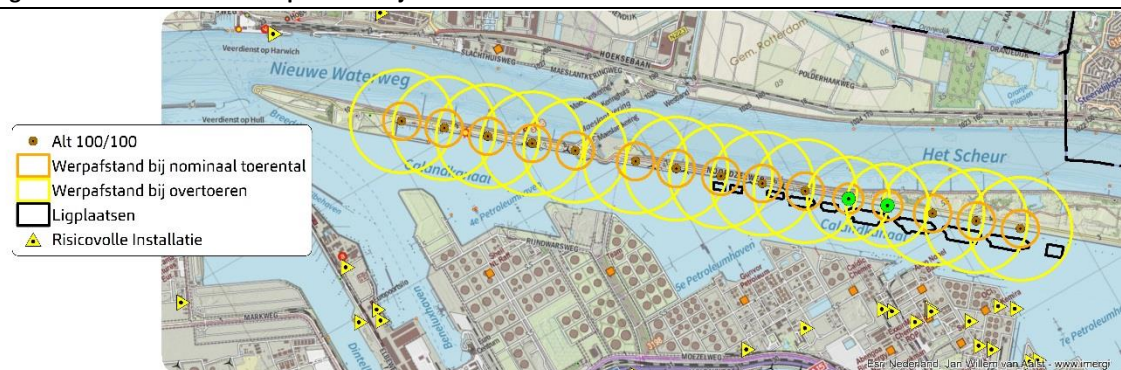
| Windturbine <sup>9</sup> | Installatie   | Afstand tot installatie (m) |
|--------------------------|---------------|-----------------------------|
| Windturbine 8            | Steiger 10    | 56                          |
| Windturbine 9            | Steiger 10    | 226                         |
| Windturbine 8            | Steiger 11    | 88                          |
| Windturbine 9            | Steiger 11    | 136                         |
| Windturbine 9            | Ligplaats 78  | 177                         |
| Windturbine 10           | Ligplaats 78  | 50                          |
| Windturbine 10           | Ligplaats 79  | 105                         |
| Windturbine 11           | Ligplaats 79  | 311                         |
| Windturbine 11           | Ligplaats 79b | 114                         |
| Windturbine 11           | Ligplaats 80  | 86                          |
| Windturbine 12           | Ligplaats 80  | 82                          |
| Windturbine 12           | Ligplaats 81  | 160                         |

Doordat sommige van de afstanden (rood in tabel) kleiner zijn dan de tiphoogte heeft naast het scenario wiekbreek ook het scenario mastbreek een risico verhogend effect op de installaties.

<sup>9</sup> Windturbines zijn genummerd van west naar oost.

## 4.2.2 Alternatief 100/100

**Figuur 9** Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



Op basis van de ingetekende werpafstanden, aangeleverde informatie door de opdrachtgever en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

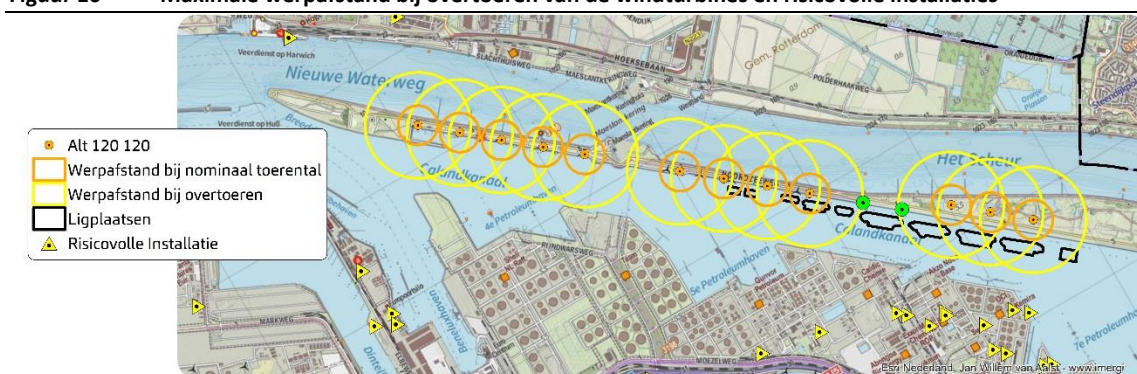
**Tabel 4 Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van geplande turbines van alternatief 100/100**

| Windturbine    | Installatie   | Afstand tot installatie (m) |
|----------------|---------------|-----------------------------|
| Windturbine 7  | Steiger 10    | 368                         |
| Windturbine 8  | Steiger 10    | 51                          |
| Windturbine 9  | Steiger 10    | 330                         |
| Windturbine 8  | Steiger 11    | 126                         |
| Windturbine 9  | Steiger 11    | 178                         |
| Windturbine 8  | Ligplaats 78  | 449                         |
| Windturbine 9  | Ligplaats 78  | 85                          |
| Windturbine 10 | Ligplaats 78  | 200                         |
| Windturbine 9  | Ligplaats 79  | 288                         |
| Windturbine 10 | Ligplaats 79  | 62                          |
| Windturbine 11 | Ligplaats 79  | 311                         |
| Windturbine 10 | Ligplaats 79b | 191                         |
| Windturbine 11 | Ligplaats 79b | 114                         |
| Windturbine 11 | Ligplaats 80  | 86                          |
| Windturbine 12 | Ligplaats 80  | 82                          |
| Windturbine 13 | Ligplaats 80  | 413                         |
| Windturbine 12 | Ligplaats 81  | 160                         |
| Windturbine 13 | Ligplaats 81  | 120                         |
| Windturbine 14 | Ligplaats 81  | 366                         |
| Windturbine 13 | Ligplaats 82  | 158                         |
| Windturbine 14 | Ligplaats 82  | 97                          |
| Windturbine 15 | Ligplaats 82  | 353                         |
| Windturbine 14 | Ligplaats 83  | 161                         |
| Windturbine 15 | Ligplaats 83  | 85                          |
| Windturbine 15 | Ligplaats 84  | 298                         |

Doordat sommige van de afstanden (rood in tabel) kleiner zijn dan de tiphoogte heeft naast het scenario wiekbreuk ook het scenario mastbreuk een risico verhogend effect op de installaties.

#### 4.2.3 Alternatief 120/120

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



Op basis van de ingetekende werpafstanden, aangeleverde informatie door de opdrachtgever en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

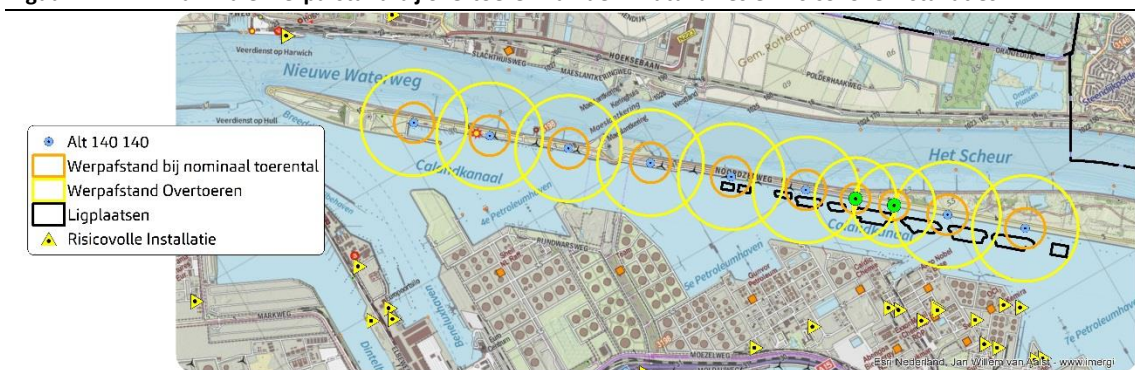
**Tabel 5** Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van geplande turbines van alternatief 120/120

| Windturbine    | Installatie   | Afstand tot installatie (m) |
|----------------|---------------|-----------------------------|
| Windturbine 6  | Steiger 10    | 473                         |
| Windturbine 7  | Steiger 10    | 86                          |
| Windturbine 8  | Steiger 10    | 256                         |
| Windturbine 7  | Steiger 11    | 227                         |
| Windturbine 8  | Steiger 11    | 105                         |
| Windturbine 9  | Steiger 11    | 475                         |
| Windturbine 8  | Ligplaats 78  | 152                         |
| Windturbine 9  | Ligplaats 78  | 116                         |
| Windturbine 8  | Ligplaats 79  | 362                         |
| Windturbine 9  | Ligplaats 79  | 62                          |
| Windturbine 10 | Ligplaats 79  | 311                         |
| Windturbine 9  | Ligplaats 79b | 265                         |
| Windturbine 10 | Ligplaats 79b | 114                         |
| Windturbine 10 | Ligplaats 80  | 86                          |
| Windturbine 11 | Ligplaats 80  | 82                          |
| Windturbine 12 | Ligplaats 80  | 462                         |
| Windturbine 11 | Ligplaats 81  | 160                         |
| Windturbine 12 | Ligplaats 81  | 229                         |
| Windturbine 13 | Ligplaats 81  | 406                         |
| Windturbine 12 | Ligplaats 82  | 244                         |
| Windturbine 13 | Ligplaats 82  | 201                         |
| Windturbine 14 | Ligplaats 82  | 390                         |
| Windturbine 13 | Ligplaats 83  | 263                         |
| Windturbine 14 | Ligplaats 83  | 205                         |
| Windturbine 14 | Ligplaats 584 | 382                         |

Doordat sommige van de afstanden (rood in tabel) kleiner zijn dan de tiphoogte heeft naast het scenario wiekbreuk ook het scenario mastbreuk een risico verhogend effect op de installaties.

#### 4.2.4 Alternatief 140/140

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



Op basis van de ingetekende werpafstanden, aangeleverde informatie door de opdrachtgever en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

**Tabel 6 Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van geplande turbines van alternatief 140/140**

| Windturbine    | Installatie   | Afstand tot installatie (m) |
|----------------|---------------|-----------------------------|
| Windturbine 5  | Steiger 10    | 65                          |
| Windturbine 5  | Steiger 11    | 106                         |
| Windturbine 5  | Ligplaats 78  | 427                         |
| Windturbine 6  | Ligplaats 78  | 140                         |
| Windturbine 6  | Ligplaats 79  | 70                          |
| Windturbine 7  | Ligplaats 79  | 311                         |
| Windturbine 6  | Ligplaats 79b | 237                         |
| Windturbine 7  | Ligplaats 79b | 114                         |
| Windturbine 7  | Ligplaats 80  | 86                          |
| Windturbine 8  | Ligplaats 80  | 82                          |
| Windturbine 8  | Ligplaats 81  | 160                         |
| Windturbine 9  | Ligplaats 81  | 120                         |
| Windturbine 9  | Ligplaats 82  | 126                         |
| Windturbine 10 | Ligplaats 82  | 360                         |
| Windturbine 9  | Ligplaats 83  | 462                         |
| Windturbine 10 | Ligplaats 83  | 100                         |
| Windturbine 10 | Ligplaats 84  | 285                         |

Doordat sommige van de afstanden (rood in tabel) kleiner zijn dan de tiphoogte heeft naast het scenario wiekbreek ook het scenario mastbreek een risico verhogend effect op de installaties.

#### 4.2.5 Trefkansberekeningen

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

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

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

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

Waarin:

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

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

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

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

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

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

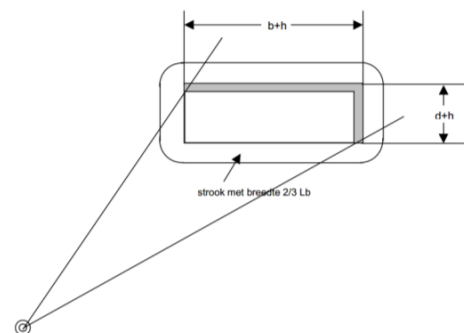
$$P_o = P_{od} + P_{oi}$$

##### **Rekenmethode mastbreuk**

De trefkans van een object door mastbreuk van een windturbine is afhankelijk van verschillende parameters. Ten eerste van de generieke faalkans van de mast. Indien de mast niet verstevigd is, is dit standaard  $1.3 \cdot 10^{-4}$ . Ten tweede is de faalkans afhankelijk van de hoek waarbij de hoek wordt vastgesteld door de grenzen waarbij het rotoroppervlak het object net niet raakt.

De kans dat de windturbine richting het object ( $K_o$ ) valt wanneer de mastbreuk zich voordoet is dan:

$$K_o = \left( \frac{\text{Hoek}}{360} \right)$$



De kans dat het scenario zich voordoet en dat een object geraakt wordt kan dan berekend worden via de onderstaande formule:

$$Kg = Ko * faalkans\ mast$$

#### Totale faalkans

De totale trefkans van de windturbine op een object is de som van de bovenstaande scenario's. De totale trefkans (Ttk) op een object kan dan berekend worden via de volgende formule:

$$Ttk = Po + Kg$$

#### 4.2.6 Resultaten trefkansen risicovolle installaties

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

**Tabel 7 Trefkansen risicovolle installaties referentiesituatie**

| Installatie   | Totale trefkans   |
|---------------|-------------------|
| Steiger 10    | $1,53 * 10^{-04}$ |
| Steiger 11    | $1,42 * 10^{-04}$ |
| Ligplaats 78  | $2,01 * 10^{-04}$ |
| Ligplaats 79  | $2,19 * 10^{-05}$ |
| Ligplaats 79b | $9,73 * 10^{-5}$  |
| Ligplaats 80  | $2,48 * 10^{-04}$ |
| Ligplaats 81  | $8,20 * 10^{-08}$ |

**Tabel 8 Trefkansen risicovolle installaties alternatief 100/100**

| Installatie   | Totale trefkans   |
|---------------|-------------------|
| Steiger 10    | $1,53 * 10^{-04}$ |
| Steiger 11    | $6,15 * 10^{-05}$ |
| Ligplaats 78  | $9,30 * 10^{-05}$ |
| Ligplaats 79  | $1,52 * 10^{-04}$ |
| Ligplaats 79b | $9,73 * 10^{-5}$  |
| Ligplaats 80  | $2,48 * 10^{-4}$  |
| Ligplaats 81  | $1,11 * 10^{-4}$  |
| Ligplaats 82  | $1,80 * 10^{-4}$  |
| Ligplaats 83  | $1,29 * 10^{-4}$  |
| Ligplaats 84  | $4,77 * 10^{-8}$  |

**Tabel 9 Trefkansen risicovolle installaties alternatief 120/120**

| Installatie   | Totale trefkans      |
|---------------|----------------------|
| Steiger 10    | $9,28 \cdot 10^{-5}$ |
| Steiger 11    | $8,59 \cdot 10^{-5}$ |
| Ligplaats 78  | $1,54 \cdot 10^{-4}$ |
| Ligplaats 79  | $1,54 \cdot 10^{-4}$ |
| Ligplaats 79b | $9,73 \cdot 10^{-5}$ |
| Ligplaats 80  | $2,48 \cdot 10^{-4}$ |
| Ligplaats 81  | $1,81 \cdot 10^{-7}$ |
| Ligplaats 82  | $1,64 \cdot 10^{-7}$ |
| Ligplaats 83  | $1,17 \cdot 10^{-7}$ |
| Ligplaats 84  | $2,33 \cdot 10^{-8}$ |

**Tabel 10 Trefkansen risicovolle installaties alternatief 140/140**

| Installatie   | Totale trefkans      |
|---------------|----------------------|
| Steiger 10    | $1,73 \cdot 10^{-4}$ |
| Steiger 11    | $8,50 \cdot 10^{-5}$ |
| Ligplaats 78  | $6,63 \cdot 10^{-5}$ |
| Ligplaats 79  | $1,86 \cdot 10^{-4}$ |
| Ligplaats 79b | $9,73 \cdot 10^{-5}$ |
| Ligplaats 80  | $2,48 \cdot 10^{-4}$ |
| Ligplaats 81  | $1,14 \cdot 10^{-4}$ |
| Ligplaats 82  | $9,87 \cdot 10^{-5}$ |
| Ligplaats 83  | $1,24 \cdot 10^{-4}$ |
| Ligplaats 84  | $3,02 \cdot 10^{-8}$ |

#### 4.2.7 Faalkansverhoging

*Ligplaats (waarbij wordt aangenomen dat er altijd een schip op de ligplaats is)*

De berekende trefkansen worden vergeleken met de intrinsieke faalkans van de risicovolle installaties (in dit geval schepen). De Handleiding Risico Berekeningen Bevi (versie 3.2) zegt het volgende:

*Voor schepen zijn er geen scenario's voor intrinsiek falen. Aangenomen wordt dat verlading plaatsvindt tijdens het grootste deel van de tijd, dat een schip aanwezig is, en de verladingsscenario's dominant zijn ten opzichte van intrinsiek falen.*

*De enige scenario's naast de verlading, die van belang zijn, zijn externe beschadiging ten gevolge van scheepsbotsingen. Deze worden zeer sterk bepaald door de locatie situatie.*

In het geval van de ligplaats bereken wij de aanvaringskans gebruik makend van scheepvaart bewegingen nabij de ligplaats<sup>10</sup>. Het aantal scheepvaartbewegingen<sup>11</sup> zijn:

- Binnenvaart: 21.050 bewegingen per jaar.
- Scheepvaart: 22.667 bewegingen per jaar.
- Overige scheepvaart: 11.590 bewegingen per jaar.

Samen leidt dit tot een totaal van 55.307 bewegingen per jaar. Op basis van het aantal bewegingen is de faalkans berekend voor gastankers, semi gas tankers, dubbelwandige vloeistoftanker en enkelwandige vloeistoftanker. Deze zijn als volgt:

- |                                  |                      |
|----------------------------------|----------------------|
| • Gastanker:                     | $3,88 \cdot 10^{-6}$ |
| • Semi-gastanker:                | $3,88 \cdot 10^{-6}$ |
| • Dubbelwandige vloeistoftanker: | $4,86 \cdot 10^{-5}$ |
| • Enkelwandige vloeistoftanker:  | $3,24 \cdot 10^{-3}$ |

Onderstaande tabel bevat de verhoging van de faalkans van de verschillende alternatieven ten opzichte van de faalkans van de verschillende alternatieven.

<sup>10</sup> Op basis van informatie aangeleverd door de opdrachtgever.

<sup>11</sup> Het basisnet geeft minder scheepsbewegingen per jaar. Echter, door meer bewegingen per jaar te beschouwen ontstaat er een worst-case scenario, waardoor we van bovenstaande aangeleverde informatie uitgaan.

**Tabel 11 Faalkansverhoging van de verschillende schepen per alternatief**

|                               | Ref.Sit. | 100/100  | 120/120  | 140/140  |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Steiger 10</b>             |          |          |          |          |
| Gastanker                     | 3947,79% | 3933,56% | 2391,71% | 4450,54% |
| Semi-gastanker                | 3947,79% | 3933,56% | 2391,71% | 4450,54% |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 315,17%  | 314,04%  | 190,94%  | 355,31%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 4,73%    | 4,71%    | 2,86%    | 5,33%    |
| <b>Steiger 11</b>             |          |          |          |          |
| Gastanker                     | 3665,67% | 1585,76% | 2213,40% | 2190,16% |
| Semi-gastanker                | 3665,67% | 1585,76% | 2213,40% | 2190,16% |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 292,65%  | 126,60%  | 176,71%  | 174,85%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 4,39%    | 1,90%    | 2,65%    | 2,62%    |
| <b>Ligplaats 78</b>           |          |          |          |          |
| Gastanker                     | 5191,41% | 2396,01% | 3969,89% | 1708,79% |
| Semi-gastanker                | 5191,41% | 2396,01% | 3969,89% | 1708,79% |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 414,46%  | 191,29%  | 316,94%  | 136,42%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 6,22%    | 2,87%    | 4,75%    | 2,05%    |
| <b>Ligplaats 79</b>           |          |          |          |          |
| Gastanker                     | 563,97%  | 3916,72% | 3974,7%  | 4791,19% |
| Semi-gastanker                | 563,97%  | 3916,72% | 3974,7%  | 4791,19% |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 45,02%   | 312,69%  | 317,3%   | 136,42%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 0,68%    | 4,69%    | 4,8%     | 2,05%    |
| <b>Ligplaats 79b</b>          |          |          |          |          |
| Gastanker                     | 2507,08% | 2508,65% | 2508,24% | 2508,60% |
| Semi-gastanker                | 2507,08% | 2508,65% | 2508,24% | 2508,60% |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 200,15%  | 200,28%  | 200,25%  | 200,28%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 3,00%    | 3,00%    | 3,00%    | 3,00%    |
| <b>Ligplaats 80</b>           |          |          |          |          |
| Gastanker                     | 6378,73% | 6380,61% | 6379,73% | 6979,73% |
| Semi-gastanker                | 6378,73% | 6380,61% | 6379,73% | 6979,73% |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 509,33%  | 509,40%  | 509,33%  | 509,33%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 7,64%    | 7,64%    | 7,64%    | 7,64%    |
| <b>Ligplaats 81</b>           |          |          |          |          |
| Gastanker                     | 2,113%   | 2859,30% | 4,68%    | 2931,57% |
| Semi-gastanker                | 2,113%   | 2859,30% | 4,68%    | 2931,57% |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 0,169%   | 228,27%  | 0,37%    | 234,04%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 0,003%   | 3,42%    | 0,01%    | 3,51%    |
| <b>Ligplaats 82</b>           |          |          |          |          |
| Gastanker                     | 0%       | 4651,27% | 4,23%    | 2542,69% |
| Semi-gastanker                | 0%       | 4651,27% | 4,23%    | 2524,69% |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 0%       | 371,34%  | 0,34%    | 203,00%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 0%       | 5,57%    | 0,01%    | 3,04%    |
| <b>Ligplaats 83</b>           |          |          |          |          |
| Gastanker                     | 0%       | 3335,94% | 3,01%    | 3183,35% |
| Semi-gastanker                | 0%       | 3335,94% | 3,01%    | 3183,35% |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 0%       | 266,33%  | 0,24%    | 254,14%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 0%       | 3,99%    | 0,004%   | 3,81%    |
| <b>Ligplaats 84</b>           |          |          |          |          |
| Gastanker                     | 0%       | 1,23%    | 0,60%    | 0,78%    |
| Semi-gastanker                | 0%       | 1,23%    | 0,60%    | 0,78%    |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 0%       | 0,10%    | 0,05%    | 0,06%    |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 0%       | 0,001%   | 0,001%   | 0,001%   |

Op basis van bovenstaande tabel is het mogelijk om te concluderen dat voor de zowel de referentiesituatie als alle drie de alternatieven geldt dat bij steigers 10 en 11 en de ligplaatsen 78 tot en met 81 het afhankelijk is van welke schepen er afmeren of het risico met meer of minder dan 10% toeneemt.

Voor alle drie de alternatieven geldt dat voor ligplaats 3 en 4 het ook afhankelijk is van welke schepen er afmeren of het risico met meer of minder dan 10% toeneemt. Bij ligplaats 5 blijft voor zowel alle alternatieven als de referentiesituatie de risico-toename onder de 10%.

#### *Boord – Boord overslag*

Doordat de ligplaatsen ook zijn bestemd voor boord-boord overslag moet ook de faalkans toename tijdens de overslaan inzichtelijk worden gemaakt.

De intrinsieke faalkans van de aanwezige schepen tijdens de overslag is op zijn veiligst  $3,3 \cdot 10^{-7}$  per uur (breuk van de laad-/losarm + lek van de laad-/losarm) volgens Handboek Risicoberekeningen BEVI 3.2.

Doordat de faalkans per uur is gegeven, moeten de trefkansen in paragraaf 4.2.6. worden omgerekend per uur. Dit gebeurt door de faalkans per jaar te delen door het aantal uur in een jaar. Wanneer dit gedaan is, en de trefkansen worden vergeleken met de intrinsieke faalkansen leidt dit tot de volgende faalkansverhogingen:

**Tabel 12** Faalkansverhoging tijdens boord-boord overslag per alternatief

|                      | Ref.Sit.      | A100/100      | A120/120      | A140/140      |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <i>Steiger 10</i>    | <i>5,30%</i>  | <i>5,28%</i>  | <i>3,21%</i>  | <i>5,97%</i>  |
| <i>Steiger 11</i>    | <i>4,92%</i>  | <i>2,13%</i>  | <i>2,97%</i>  | <i>2,94%</i>  |
| <i>Ligplaats 78</i>  | <i>6,97%</i>  | <i>3,22%</i>  | <i>5,33%</i>  | <i>2,29%</i>  |
| <i>Ligplaats 79</i>  | <i>0,76%</i>  | <i>5,26%</i>  | <i>5,33%</i>  | <i>6,43%</i>  |
| <i>Ligplaats 79b</i> | <i>3,36%</i>  | <i>3,37%</i>  | <i>3,37%</i>  | <i>3,37%</i>  |
| <i>Ligplaats 80</i>  | <i>8,56%</i>  | <i>8,56%</i>  | <i>8,56%</i>  | <i>8,56%</i>  |
| <i>Ligplaats 81</i>  | <i>0,003%</i> | <i>3,84%</i>  | <i>0,01%</i>  | <i>3,94%</i>  |
| <i>Ligplaats 82</i>  | <i>0%</i>     | <i>6,24%</i>  | <i>0,01%</i>  | <i>3,41%</i>  |
| <i>Ligplaats 83</i>  | <i>0%</i>     | <i>4,48%</i>  | <i>0,004%</i> | <i>4,27%</i>  |
| <i>Ligplaats 84</i>  | <i>0%</i>     | <i>0,002%</i> | <i>0,001%</i> | <i>0,001%</i> |

Doordat de risicotename onder de 10% blijft bij boord-boordopslag hoeft er geen nieuwe kwantitatieve risicoanalyse worden uitgevoerd bij boord-boord overslag.

### **4.3 Buisleidingen**

Vanwege de aanwezigheid van buisleidingen in het plangebied is er geanalyseerd of de alternatieven voldoen 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).

#### 4.3.1 Referentiesituatie

**Figuur 12** buisleidingen en referentiesituatie



Uit bovenstaande figuur blijkt dat er bij de volgende windturbines er niet wordt voldaan aan de adviesafstand bij de genoemde buisleiding:

|                      |   |                                         |
|----------------------|---|-----------------------------------------|
| Windturbines 1 t/m 5 | - | TAQA Onshore Trunc line                 |
| Windturbine 6        | - | NAM Leiding                             |
| Windturbine 6 t/m 12 | - | Team Terminal K1 leiding                |
| Windturbine 6 t/m 12 | - | Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding |

#### 4.3.2 Alternatief 100/100

**Figuur 13** buisleidingen en alternatief 100/100



Uit bovenstaande figuur blijkt dat er bij de volgende windturbines er niet wordt voldaan aan de adviesafstand bij de genoemde buisleiding:

|                       |   |                                         |
|-----------------------|---|-----------------------------------------|
| Windturbines 1 t/m 6  | - | TAQA Onshore Trunc line                 |
| Windturbine 6 en 7    | - | NAM Leiding                             |
| Windturbines 5 t/m 15 | - | Team Terminal K1 leiding                |
| Windturbines 5 t/m 15 | - | Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding |

#### 4.3.3 Alternatief 120/120

**Figuur 14** buisleidingen en alternatief 120/120



Uit bovenstaande figuur blijkt dat er bij de volgende windturbines er niet wordt voldaan aan de adviesafstand bij de genoemde buisleiding:

|                       |   |                                         |
|-----------------------|---|-----------------------------------------|
| Windturbines 1 t/m 5  | - | TAQA Onshore Trunc line                 |
| Windturbine 6         | - | NAM Leiding                             |
| Windturbines 5 t/m 14 | - | Team Terminal K1 leiding                |
| Windturbines 5 t/m 14 | - | Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding |

#### 4.3.4 Alternatief 140/140

**Figuur 15** buisleidingen en alternatief 140/140



Uit bovenstaande figuur blijkt dat er bij de volgende windturbines er niet wordt voldaan aan de adviesafstand bij de genoemde buisleiding:

|                       |   |                                         |
|-----------------------|---|-----------------------------------------|
| Windturbines 1 t/m 3  | - | TAQA Onshore Trunc line                 |
| Windturbine 4         | - | NAM Leiding                             |
| Windturbines 4 t/m 10 | - | Team Terminal K1 leiding                |
| Windturbines 4 t/m 10 | - | Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding |

#### 4.3.5 Trefkansberekening

##### Inleiding

In onderstaande paragrafen wordt de trefkans van de windturbines op de buisleidingen berekend voor de verschillende MER-alternatieven. Hiervoor worden voor de windturbine met de grootste lengte van de buisleiding binnen de risicocontour berekend wat de trefkans is en voor de dichtstbijzijnde windturbine waarbij het scenario gondelafworps *niet* kan plaatsvinden.

De berekende trefkans wordt vermenigvuldigd met het aantal windturbines (waarbij rekening wordt gehouden met de ligging (en daardoor de risicoscenario's) van de windturbines ten opzichte van de buisleidingen). Hierdoor ontstaat er een worst-case aanpak.

##### Bladbreuk

Er zijn twee manieren waarop ondergrondse leidingen kunnen falen door impact van een zwaar voorwerp op de grond:

1. *Het voorwerp vormt een krater en raakt de leiding daarbij rechtstreeks.*
2. *De leiding faalt doordat de grond bij een dergelijke grote impact weggeduwd wordt, waardoor leidingen worden blootgesteld aan verschuivingen en door de ontstane spanningen kunnen falen.*

De maximale afstand waarbij de leiding nog faalt (de kritische afstand) volgt uit de hoeveelheid toelaatbare stress. Deze wordt berekend met (HRW 2014):

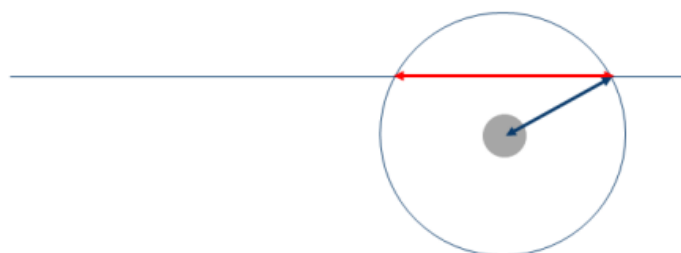
$$R = 0,3048 * \left( \frac{4,44E}{\sigma_{toelaatbaar}} \right)^{\frac{1}{k_5 k_6}} * \left( \frac{2,03 \cdot 10^{-4} * k_4 * E_{kinetisch}}{\sqrt{E * t}} \right)^{\frac{1}{k_5}}$$

Waarbij:

|                          |                                                                                                                                              |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| R:                       | de kritische afstand [m]                                                                                                                     |
| E:                       | elasticiteit [Pa] ( $2,1 * 10^{11}$ )                                                                                                        |
| $\sigma_{toelaatbaar}$ : | toelaatbare extra stress voordat metaal gaat vloeien [Pa]:<br>$9,36 * 10^6$                                                                  |
| t:                       | wanddikte<br>$7,14 \text{ mm}$                                                                                                               |
| $E_{kinetisch}$ :        | de energie van de bron (effectieve kinetische energie) [J] of voor de lijnbron de energiedichtheid per eenheidslengte [J/m]<br>$1,01 * 10^7$ |
| $k_4$ , $k_5$ en $k_6$ : | empirische coëfficiënten (Handboek Risicozonering Windturbines)                                                                              |

Hieruit resulteert  $R = 1,48$ . Op basis van de diepte kan de maximale kritische breedte berekend worden.

Figuur 16 Verticale dwarsdoorsnede loodrecht op de leiding (grijs)



De kans dat deze strook getroffen wordt is kansdichtheidsverdeling \* kritisch oppervlak. Het kritisch oppervlak is de totale oppervlakte van de strook binnen de maximale werpafstand van de windturbine. De kansdichtheidsverdeling is de kans dat het blad de afstand tot de strook weggeslingerd wordt.

#### Referentiesituatie:

##### Trefkans Windturbine op 17 meter

| Scenario wiek-breuk | Kansdichtheids-verdeling (/jr.) | Kritisch oppervlak (m <sup>2</sup> ) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar)      |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|
| nominaal            | $5,51 \cdot 10^{-8}$            | 580,98                               | $9,16 \cdot 10^{-06}$     | <b><math>2,44 \cdot 10^{-6}</math></b> |
| overtieren          | $9,59 \cdot 10^{-12}$           | 1070,57                              | $7,57 \cdot 10^{-09}$     | <b><math>3,72 \cdot 10^{-9}</math></b> |

##### Trefkans Windturbine op 65 meter

| Scenario wiek-breuk | Kansdichtheids-verdeling (/jr.) | Kritisch oppervlak (m <sup>2</sup> ) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar)      |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|
| nominaal            | $1,22 \cdot 10^{-8}$            | 535,28                               | $6,53 \cdot 10^{-06}$     | <b><math>1,61 \cdot 10^{-6}</math></b> |
| overtieren          | $9,59 \cdot 10^{-12}$           | 1087,97                              | $7,69 \cdot 10^{-09}$     | <b><math>3,85 \cdot 10^{-9}</math></b> |

#### Alternatief 100/100

##### Trefkans Windturbine op 3 meter

| Scenario wiek-breuk | Kansdichtheids-verdeling (/jr.) | Kritisch oppervlak (m <sup>2</sup> ) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar)      |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|
| nominaal            | $1,22 \cdot 10^{-8}$            | 1015,22                              | $1,24 \cdot 10^{-05}$     | <b><math>4,95 \cdot 10^{-6}</math></b> |
| overtieren          | $7,07 \cdot 10^{-12}$           | 3055,82                              | $2,16 \cdot 10^{-08}$     | <b><math>2,60 \cdot 10^{-8}</math></b> |

##### Trefkans Windturbine op 75 meter

| Scenario wiek-breuk | Kansdichtheids-verdeling (/jr.) | Kritisch oppervlak (m <sup>2</sup> ) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar)      |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|
| nominaal            | $8,55 \cdot 10^{-9}$            | 761,42                               | $6,51 \cdot 10^{-06}$     | <b><math>1,95 \cdot 10^{-6}</math></b> |
| overtieren          | $7,07 \cdot 10^{-12}$           | 1530,45                              | $1,08 \cdot 10^{-08}$     | <b><math>6,52 \cdot 10^{-9}</math></b> |

### Alternatief 120/120

#### Trefkans Windturbine op 11 meter

| Scenario wiek-breuk | Kansdichtheids-verdeling (/jr.) | Kritisch oppervlak (m <sup>2</sup> ) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar)      |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|
| nominaal            | $6,25 \cdot 10^{-8}$            | 580,98                               | $6,22 \cdot 10^{-05}$     | <b><math>2,17 \cdot 10^{-5}</math></b> |
| overtieren          | $6,09 \cdot 10^{-12}$           | 1070,57                              | $1,36 \cdot 10^{-08}$     | <b><math>1,06 \cdot 10^{-8}</math></b> |

#### Trefkans Windturbine op 65 meter

| Scenario wiek-breuk | Kansdichtheids-verdeling (/jr.) | Kritisch oppervlak (m <sup>2</sup> ) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar)      |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|
| nominaal            | $1,22 \cdot 10^{-8}$            | 535,28                               | $6,53 \cdot 10^{-06}$     | <b><math>1,61 \cdot 10^{-6}</math></b> |
| overtieren          | $9,59 \cdot 10^{-12}$           | 1087,97                              | $7,69 \cdot 10^{-09}$     | <b><math>3,85 \cdot 10^{-9}</math></b> |

### Alternatief 140/140

#### Trefkans Windturbine op 3 meter

| Scenario wiek-breuk | Kansdichtheids-verdeling (/jr.) | Kritisch oppervlak (m <sup>2</sup> ) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar)      |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|
| nominaal            | $2,49 \cdot 10^{-7}$            | 1119,29                              | $2,79 \cdot 10^{-04}$     | <b><math>1,00 \cdot 10^{-4}</math></b> |
| overtieren          | $5,70 \cdot 10^{-12}$           | 2860,41                              | $1,63 \cdot 10^{-08}$     | <b><math>1,49 \cdot 10^{-8}</math></b> |

#### Trefkans Windturbine op 75 meter

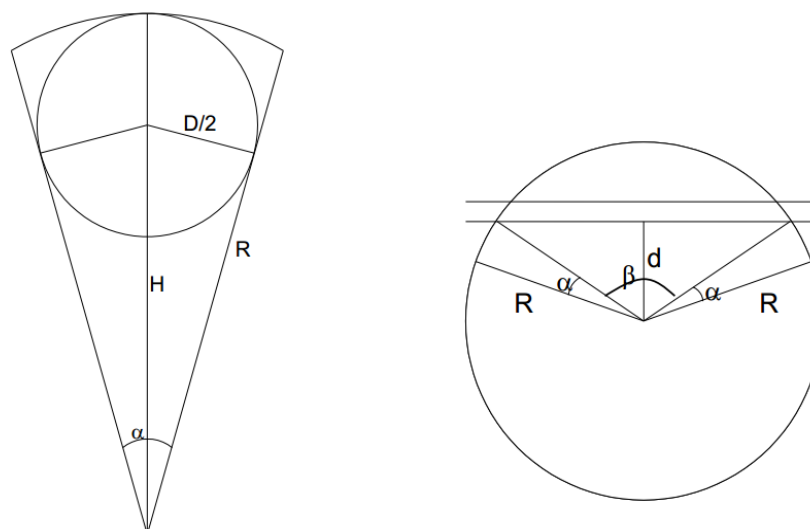
| Scenario wiek-breuk | Kansdichtheids-verdeling (/jr.) | Kritisch oppervlak (m <sup>2</sup> ) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar)      |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|
| nominaal            | $7,85 \cdot 10^{-9}$            | 1041,56                              | $8,18 \cdot 10^{-06}$     | <b><math>2,74 \cdot 10^{-6}</math></b> |
| overtieren          | $5,70 \cdot 10^{-12}$           | 1896,57                              | $1,08 \cdot 10^{-08}$     | <b><math>6,59 \cdot 10^{-9}</math></b> |

#### Mastbreuk

Voor mastbreuk geldt R = 40,34 meter (van het alternatief met de grootste as-hoogte). De kritische strook wordt dan 80,7 meter.

De kans<sup>12</sup> dat de leidingstrook wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van onderstaand cirkelsegment (linker figuur) in aanraking komt met leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in het rechter figuur.

<sup>12</sup> De kritische strook gaat om het massamiddelpunt. In het geval van een windturbine ligt de massamiddelpunt bij de gondel. Hierdoor wordt de valhoek bepaald door de hoek waarin de gondel (inclusief bladen) de kritische strook raakt.



Windturbine gemodelleerd als cirkelsegment.

Turbine in aanraking met leidingstrook.

### Referentiesituatie

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

#### Trefkans Windturbine op 17 meter

| Hoek ( $\beta + \alpha$ )<br>graden | Mastbreuk<br>frequentie<br>(per jaar) | Trefkans<br>(tracé per<br>jaar) | Trefkans<br>(per kilome-<br>ter per jaar) |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|
| 160                                 | $1.3 \cdot 10^{-4}$                   | $5,78 \cdot 10^{-05}$           | <b><math>1,42 \cdot 10^{-05}</math></b>   |

#### Trefkans Windturbine op 65 meter

| Hoek ( $\beta + \alpha$ )<br>graden | Mastbreuk<br>frequentie<br>(per jaar) | Trefkans<br>(tracé per<br>jaar) | Trefkans<br>(per kilome-<br>ter per jaar) |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|
| 136                                 | $1.3 \cdot 10^{-4}$                   | $4,19 \cdot 10^{-05}$           | <b><math>1,09 \cdot 10^{-05}</math></b>   |

### Alternatief 100/100

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

#### Trefkans Windturbine op 3 meter

| Hoek ( $\beta + \alpha$ )<br>graden | Mastbreuk<br>frequentie<br>(per jaar) | Trefkans<br>(tracé per<br>jaar) | Trefkans<br>(per kilome-<br>ter per jaar) |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|
| 136                                 | $1.3 \cdot 10^{-4}$                   | $4,91 \cdot 10^{-05}$           | <b><math>1,47 \cdot 10^{-05}</math></b>   |

#### Trefkans Windturbine op 75 meter

| Hoek ( $\beta + \alpha$ )<br>graden | Mastbreuk<br>frequentie<br>(per jaar) | Trefkans<br>(tracé per<br>jaar) | Trefkans<br>(per kilome-<br>ter per jaar) |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|
| 150                                 | $1.3 \cdot 10^{-4}$                   | $5,42 \cdot 10^{-05}$           | <b><math>1,39 \cdot 10^{-05}</math></b>   |

### Alternatief 120/120

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

#### Trefkans Windturbine op 11 meter

| Hoek ( $\beta + \alpha$ )<br>graden | Mastbreuk<br>frequentie<br>(per jaar) | Trefkans<br>(tracé per<br>jaar) | Trefkans<br>(per kilome-<br>ter per jaar) |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|
| 125                                 | $1.3 \cdot 10^{-4}$                   | $4,51 \cdot 10^{-05}$           | <b><math>1,82 \cdot 10^{-05}</math></b>   |

#### Trefkans Windturbine op 65 meter

| Hoek ( $\beta + \alpha$ )<br>graden | Mastbreuk<br>frequentie<br>(per jaar) | Trefkans<br>(tracé per<br>jaar) | Trefkans<br>(per kilome-<br>ter per jaar) |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|
| 136                                 | $1.3 \cdot 10^{-4}$                   | $4,19 \cdot 10^{-05}$           | <b><math>1,09 \cdot 10^{-05}</math></b>   |

### Alternatief 140/140

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

#### Trefkans Windturbine op 3 meter

| Hoek ( $\beta + \alpha$ )<br>graden | Mastbreuk<br>frequentie<br>(per jaar) | Trefkans<br>(tracé per<br>jaar) | Trefkans<br>(per kilome-<br>ter per jaar) |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|
| 167                                 | $1.3 \cdot 10^{-4}$                   | $6,03 \cdot 10^{-05}$           | <b><math>2,93 \cdot 10^{-05}</math></b>   |

#### Trefkans Windturbine op 75 meter

| Hoek ( $\beta + \alpha$ )<br>graden | Mastbreuk<br>frequentie<br>(per jaar) | Trefkans<br>(tracé per<br>jaar) | Trefkans<br>(per kilome-<br>ter per jaar) |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|
| 150                                 | $1.3 \cdot 10^{-4}$                   | $5,42 \cdot 10^{-05}$           | <b><math>2,12 \cdot 10^{-05}</math></b>   |

### Gondelafworp

Voor het berekenen van 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. Dit scenario komt voor alle drie alternatieven en de referentiesituatie

### Referentiesituatie

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

#### Trefkans Windturbine op 17 meter

| Kansdichtheid | Gondelafworp<br>frequentie<br>(per jaar) | Trefkans<br>(tracé per<br>jaar) | Trefkans<br>(per kilome-<br>ter per jaar) |
|---------------|------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|
| 0,53          | $4.0 \cdot 10^{-5}$                      | $1,66 \cdot 10^{-06}$           | <b><math>1,33 \cdot 10^{-07}</math></b>   |

### Alternatief 100/100

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

**Trefkans Windturbine op 3 meter**

| Kansdichtheid | Gondelafworp frequentie (per jaar) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar)       |
|---------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|
| 1,4           | $4,0 \cdot 10^{-5}$                | $2,02 \cdot 10^{-06}$     | <b><math>1,81 \cdot 10^{-07}</math></b> |

**Alternatief 120/120**

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

**Trefkans Windturbine op 11 meter**

| Kansdichtheid | Gondelafworp frequentie (per jaar) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar)       |
|---------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|
| 1,1           | $4,0 \cdot 10^{-5}$                | $1,34 \cdot 10^{-06}$     | <b><math>1,48 \cdot 10^{-07}</math></b> |

**Alternatief 140/140**

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

**Trefkans Windturbine op 17 meter**

| Kansdichtheid | Gondelafworp frequentie (per jaar) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar)       |
|---------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|
| 1,4           | $4,0 \cdot 10^{-5}$                | $1,49 \cdot 10^{-06}$     | <b><math>1,93 \cdot 10^{-07}</math></b> |

**Totale trefkans**

Gebaseerd op de bovenstaande berekeningen is het mogelijk om de totale trefkans te berekenen. Dit is een sommatie van de trefkans door mastbreuk, wiekbreuk en gondelafworp vermenigvuldigd met het aantal windturbines. Dit zal per buisleiding en alternatief berekend worden.

**Referentiesituatie**
**TAQA Onshore Trunc line**

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 5          | $2,44 \cdot 10^{-06}$                               | $1,42 \cdot 10^{-5}$                                | $1,33 \cdot 10^{-7}$                                   | $8,39 \cdot 10^{-05}$                    |

**NAM Leiding**

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1          | $2,44 \cdot 10^{-06}$                               | $1,42 \cdot 10^{-5}$                                | $1,33 \cdot 10^{-7}$                                   | $1,68 \cdot 10^{-05}$                    |

#### Team Terminal K1 leiding

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 6          | $2,44 \cdot 10^{-06}$                               | $1,42 \cdot 10^{-5}$                                | $1,33 \cdot 10^{-7}$                                   | $1,01 \cdot 10^{-04}$                    |
| 1          | $1,61 \cdot 10^{-06}$                               | $1,09 \cdot 10^{-5}$                                |                                                        | $1,25 \cdot 10^{-05}$                    |

#### Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 6          | $2,44 \cdot 10^{-06}$                               | $1,42 \cdot 10^{-5}$                                | $1,33 \cdot 10^{-7}$                                   | $1,01 \cdot 10^{-04}$                    |
| 1          | $1,61 \cdot 10^{-06}$                               | $1,09 \cdot 10^{-5}$                                |                                                        | $1,25 \cdot 10^{-05}$                    |

#### Alternatief 100/100

##### TAQA Onshore Trunc line

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 5          | $4,98 \cdot 10^{-06}$                               | $1,47 \cdot 10^{-05}$                               | $1,81 \cdot 10^{-07}$                                  | $9,85 \cdot 10^{-05}$                    |
| 1          | $1,95 \cdot 10^{-06}$                               | $1,39 \cdot 10^{-05}$                               |                                                        | $1,59 \cdot 10^{-05}$                    |

##### NAM Leiding

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 2          | $4,98 \cdot 10^{-06}$                               | $1,47 \cdot 10^{-05}$                               | $1,81 \cdot 10^{-07}$                                  | $3,94 \cdot 10^{-05}$                    |

#### Team Terminal K1 leiding

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 6          | $4,98 \cdot 10^{-06}$                               | $1,47 \cdot 10^{-05}$                               | $1,81 \cdot 10^{-07}$                                  | $1,18 \cdot 10^{-04}$                    |
| 5          | $1,95 \cdot 10^{-06}$                               | $1,39 \cdot 10^{-05}$                               |                                                        | $7,39 \cdot 10^{-05}$                    |

#### Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 6          | $4,98 \cdot 10^{-06}$                               | $1,47 \cdot 10^{-05}$                               | $1,81 \cdot 10^{-07}$                                  | $1,18 \cdot 10^{-04}$                    |
| 5          | $1,95 \cdot 10^{-06}$                               | $1,39 \cdot 10^{-05}$                               |                                                        | $7,39 \cdot 10^{-05}$                    |

#### Alternatief 120/120

##### TAQA Onshore Trunc line

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 5          | $2,17 \cdot 10^{-05}$                               | $1,82 \cdot 10^{-05}$                               | $1,48 \cdot 10^{-07}$                                  | $2,00 \cdot 10^{-04}$                    |

#### NAM Leiding

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1          | $2,17 \cdot 10^{-05}$                               | $1,82 \cdot 10^{-05}$                               | $1,48 \cdot 10^{-07}$                                  | $4,01 \cdot 10^{-05}$                    |

#### Team Terminal K1 leiding

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 8          | $2,17 \cdot 10^{-05}$                               | $1,82 \cdot 10^{-05}$                               | $1,48 \cdot 10^{-07}$                                  | $3,20 \cdot 10^{-04}$                    |
| 2          | $1,61 \cdot 10^{-06}$                               | $1,09 \cdot 10^{-05}$                               |                                                        | $2,50 \cdot 10^{-05}$                    |

#### Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding..

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 8          | $2,17 \cdot 10^{-05}$                               | $1,82 \cdot 10^{-05}$                               | $1,48 \cdot 10^{-07}$                                  | $3,20 \cdot 10^{-04}$                    |
| 2          | $1,61 \cdot 10^{-06}$                               | $1,09 \cdot 10^{-05}$                               |                                                        | $2,50 \cdot 10^{-05}$                    |

#### Alternatief 140/140

#### TAQA Onshore Trunc line

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 3          | $1,00 \cdot 10^{-04}$                               | $2,93 \cdot 10^{-05}$                               | $1,93 \cdot 10^{-07}$                                  | $3,00 \cdot 10^{-04}$                    |

#### NAM Leiding

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1          | $1,00 \cdot 10^{-04}$                               | $2,93 \cdot 10^{-05}$                               | $1,93 \cdot 10^{-07}$                                  | $1,00 \cdot 10^{-04}$                    |

#### Team Terminal K1 leiding

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 4          | $1,00 \cdot 10^{-04}$                               | $2,93 \cdot 10^{-05}$                               | $1,93 \cdot 10^{-07}$                                  | $4,00 \cdot 10^{-04}$                    |
| 3          | $2,75 \cdot 10^{-06}$                               | $2,12 \cdot 10^{-05}$                               |                                                        | $7,18 \cdot 10^{-05}$                    |

#### Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding..

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 3          | $1,00 \cdot 10^{-04}$                               | $2,93 \cdot 10^{-05}$                               | $1,93 \cdot 10^{-07}$                                  | $3,00 \cdot 10^{-04}$                    |
| 4          | $2,75 \cdot 10^{-06}$                               | $2,12 \cdot 10^{-05}$                               |                                                        | $9,58 \cdot 10^{-05}$                    |

#### 4.3.6 Faalkansverhoging

De intrinsieke faalkans van een buisleiding met aardolieproducten is als volgt (Handleiding risicoberekeningen Bevb):

*Tabel 1 Scenario voor buisleidingen met aardolieproducten.*

| Scenario             | Faalfrequentie (km <sup>-1</sup> jaar <sup>-1</sup> ) |
|----------------------|-------------------------------------------------------|
| Breuk van de leiding | 1,5 × 10 <sup>-4</sup>                                |

Hieruit blijken de volgende risicoverhogingen:

|            | TAQA    | NAM    | Team    | Shell   |
|------------|---------|--------|---------|---------|
| Ref. Sit.  | 55,93%  | 11,20% | 75,67%  | 75,67%  |
| A. 100/100 | 76,27%  | 26,27% | 127,93% | 127,93% |
| A. 120/120 | 133,33% | 26,73% | 230,00% | 230,00% |
| A. 140/140 | 200,00% | 66,67% | 314,53% | 263,87% |

Op basis van bovenstaande tabel is het mogelijk om te concluderen dat voor alle MER-alternatieven en de referentiesituatie geldt dat de opstelling een faalkansverhoging heeft op de vier buisleidingen. De faalkansverhoging overschrijdt bij alle alternatieven en alle buisleidingen de richtwaarde van 10%. Hiervoor dient voor het voorkeursalternatief (VKA) een QRA te worden opgesteld voor de buisleidingen. Wanneer hieruit blijkt dat de risico's (inclusief trefkans windturbine) naar de omgeving acceptabel zijn dan is er geen belemmering voor plaatsing van de windturbines.

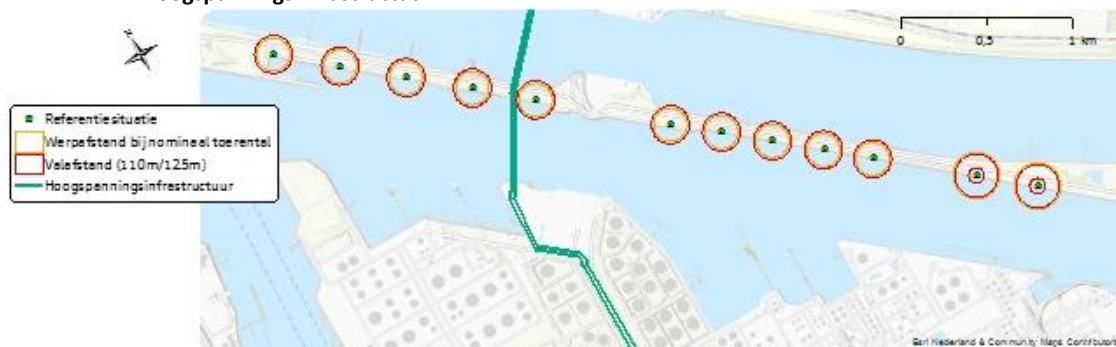
*NB. Bij de alternatieven 100/100 en 140/140 staat één windturbine op 3 meter van de buisleiding. Echter, dit is technisch niet mogelijk vanwege de afmetingen van de fundatie. Bij het VKA moet gezorgd worden dat de minimale afstand van de windturbine tot de buisleiding 10 tot 15 meter is.*

#### 4.4 Hoogspanningsinfrastructuur

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

#### 4.4.1 Referentiesituatie

**Figuur 17** Werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van de windturbines en hoogspanningsinfrastructuur



Voor de referentiesituatie geldt dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental of de valafstand. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

#### 4.4.2 Alternatief 100/100

**Figuur 18** Werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van de windturbines en hoogspanningsinfrastructuur



Voor Alternatief 100/100 geldt dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental of de valafstand. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

#### 4.4.3 Alternatief 120/120

**Figuur 19** Werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van de windturbines en hoogspanningsinfrastructuur



Voor Alternatief 120/120 geldt dat er zich hoogspanningsinfrastructuur bevindt binnen de werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van windturbine 5. Indien dit alternatief gerealiseerd wordt moet er met TenneT in overleg worden getreden om te kijken of de faalkans toename door de windturbines van de hoogspanningsinfrastructuur acceptabel is.

#### 4.4.4 Alternatief 140/140

**Figuur 20** Werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van de windturbines en hoogspanningsinfrastructuur



Voor Alternatief 140/140 geldt dat er zich hoogspanningsinfrastructuur bevindt binnen de werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van windturbine 3. Indien dit alternatief gerealiseerd wordt moet er met TenneT in overleg worden getreden om te kijken of de faalkans toename door de windturbines van de hoogspanningsinfrastructuur acceptabel is.

## 4.5 Waterkering

Vanwege de aanwezigheid van waterkeringen in het plangebied is er geanalyseerd of/en hoeveel windturbines zijn voorzien op de kernzone en hoeveel windturbines er zijn voorzien binnen een beschermingszone van de waterkering. Tevens is er voor de 3 alternatieven en de referentiesituatie inzichtelijk gemaakt of er windturbines binnen de gecombineerde buffer 'beschermingszone + werpafstand bij nominaal toerental' zijn gepositioneerd. Deze laatste categorie geeft, net als de andere twee categorieën, een globale indicatie van de trefkans van een waterkering als gevolg van faalscenario's. Dit wordt echter niet als beoordelingscriterium beschouwd, enkel ter indicatie. Een risicoanalyse waarin de daadwerkelijke trefkans op de waterkering als gevolg van de falende windturbines wordt berekend, zal worden uitgevoerd voor het VKA. Het waterschap zal deze eventuele trefkans op de primaire waterkering beoordelen in kader van de watervergunningaanvraag.

### 4.5.1 Referentiesituatie

**Figuur 21** Kernzone en beschermingszone van de waterkering en de referentiesituatie



Uit bovenstaande figuur blijkt het volgende:

**Tabel 13** Aantal windturbines op waterkeringen binnen kernzone en beschermingszone

| Alternatief | Binnen kernzone | Binnen beschermingszone | Binnen gecombineerde buffer waterkering |
|-------------|-----------------|-------------------------|-----------------------------------------|
| Ref. Sit.   | 5               | 3                       | 1                                       |

#### 4.5.2 Alternatief 100/100

**Figuur 22** Kernzone en beschermingszone van de waterkering en alternatief 100/100



Uit bovenstaande figuur blijkt het volgende:

**Tabel 14** Aantal windturbines op waterkeringen binnen kernzone en beschermingszone

| Alternatief | Binnen kernzone | Binnen beschermingszone | Binnen gecombineerde buffer waterkering |
|-------------|-----------------|-------------------------|-----------------------------------------|
| 100/100     | 5               | 6                       | 1                                       |

#### 4.5.3 Alternatief 120/120

**Figuur 23** Kernzone en beschermingszone van de waterkering en alternatief 120/120



Uit bovenstaande figuur blijkt het volgende:

**Tabel 15** Aantal windturbines op waterkeringen binnen kernzone en beschermingszone

| Alternatief | Binnen kernzone | Binnen beschermingszone | Binnen gecombineerde buffer waterkering |
|-------------|-----------------|-------------------------|-----------------------------------------|
| 120/120     | 4               | 6                       | 1                                       |

#### 4.5.4 Alternatief 140/140

**Figuur 24 Kernzone en beschermingszone van de waterkering en alternatief 140/140**



Uit bovenstaande figuur blijkt het volgende:

**Tabel 16 Aantal windturbines op waterkeringen binnen kernzone en beschermingszone**

| Alternatief | Binnen kernzone | Binnen beschermingszone | Binnen gecombineerde buffer waterkering |
|-------------|-----------------|-------------------------|-----------------------------------------|
| 120/120     | 3               | 5                       | 0                                       |

## 4.6 Infrastructuur

### 4.6.1 Wegen

Voor de alternatieven is nagegaan of een windturbine over een (openbare) weg draait. Indien er geen overdraai plaatsvindt wordt er voldaan aan de in paragraaf 3.6 genoemde beleidsregel. Wanneer er niet wordt voldaan aan de beleidsregel moet er voor het VKA een trefkansberekening worden uitgevoerd.

Uit onderstaande figuren blijkt dat er bij alle alternatieven inclusief de referentiesituatie overdraai plaatsvindt over een openbare weg, er wordt in geen van de alternatieven voldaan aan de beleidsregel.

**Figuur 25 Wieklengte en wegen in het plangebied - Referentiesituatie**



**Figuur 26** Wieklengthe en wegen in het plangebied – Alternatief 100/100



**Figuur 27** Wieklengthe en wegen in het plangebied – Alternatief 120/120



**Figuur 28** Wieklengthe en wegen in het plangebied – Alternatief 140/140

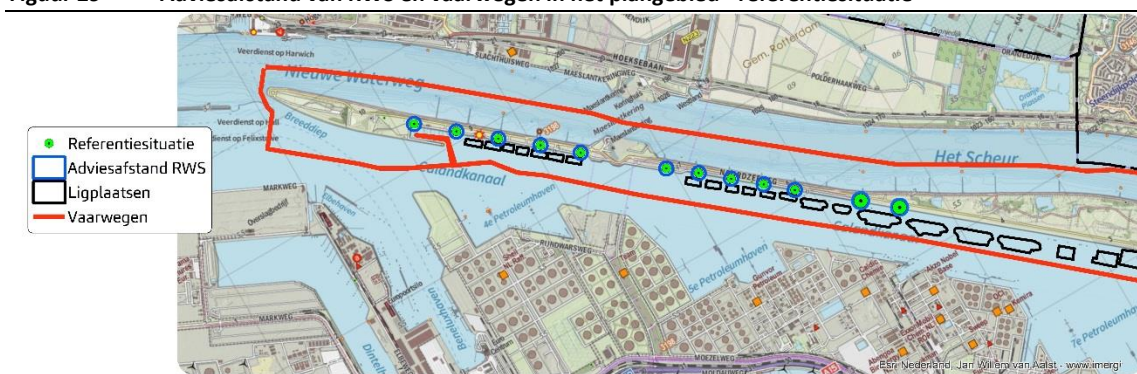


#### 4.6.2 Vaarwegen

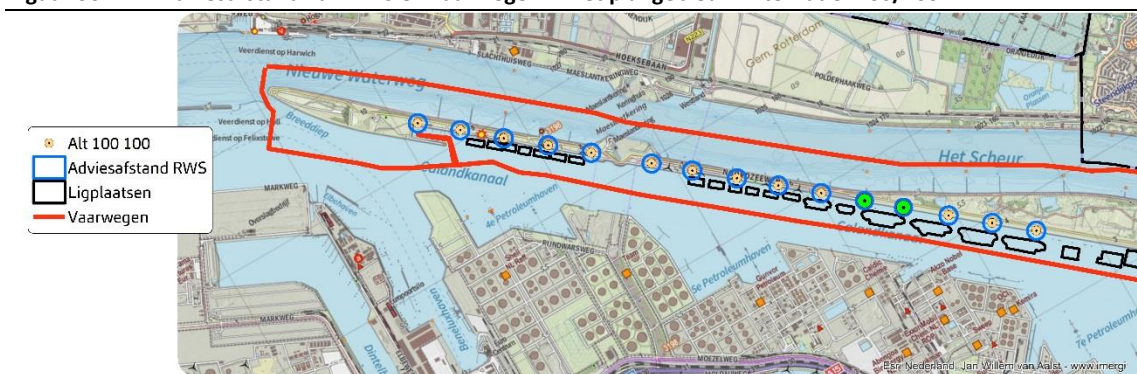
Voor de alternatieven en referentiesituatie wordt er gekeken of er wordt voldaan aan de nieuwe adviesafstand van Rijkswaterstaat.

Uit onderstaande figuren<sup>13</sup> blijkt dat voor geen van de alternatieven (inclusief de referentiesituatie) wordt voldaan aan de nieuwe adviesafstand. Indien het Havenbedrijf de adviesafstand van Rijkswaterstaat overneemt, zal dus zowel in de bestaande als in de toekomstige situatie niet kunnen worden voldaan aan het beleid. Hierdoor moet voor het VKA het IPR en MR berekend worden.

**Figuur 29** Adviesafstand van RWS en vaarwegen in het plangebied - referentiesituatie

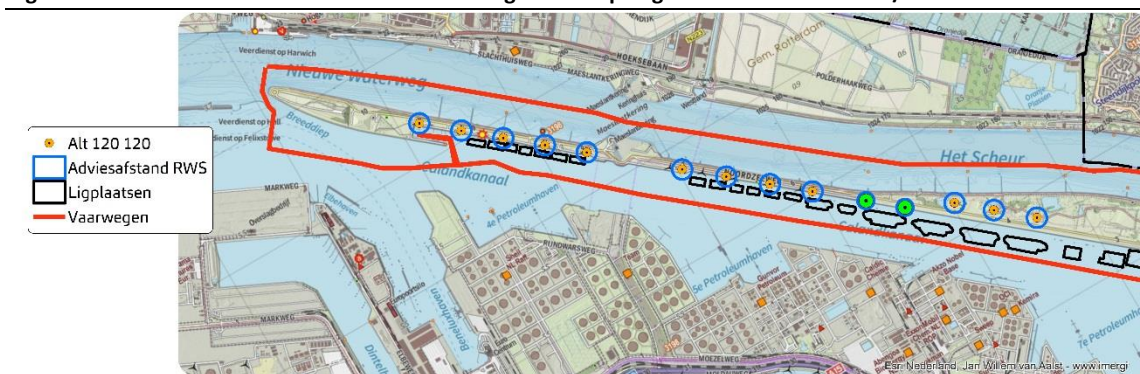


**Figuur 30** Adviesafstand van RWS en vaarwegen in het plangebied – Alternatief 100/100

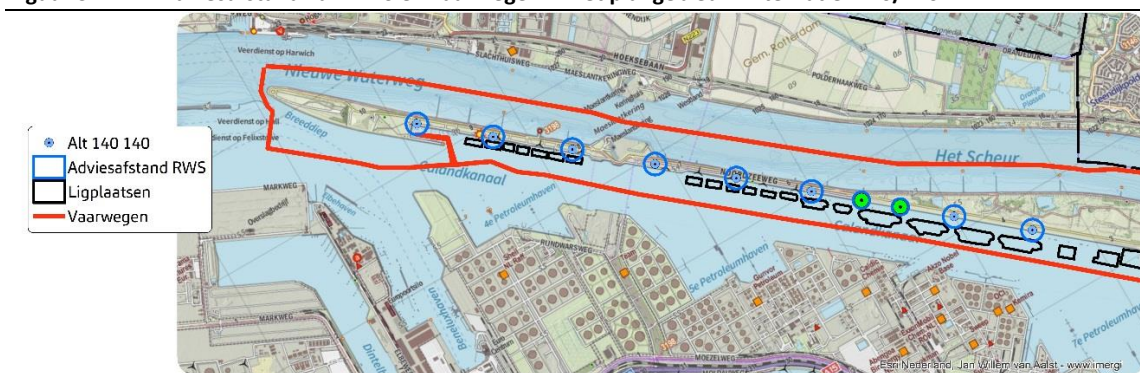


<sup>13</sup> De vaarweg begint bij de ligplaatsen, vanwege het feit dat wanneer de ligplaatsen niet bezet zijn de ruimte gebruikt kan worden als vaarweg.

**Figuur 31** Adviesafstand van RWS en vaarwegen in het plangebied – Alternatief 120/120



**Figuur 32** Adviesafstand van RWS en vaarwegen in het plangebied – Alternatief 140/140

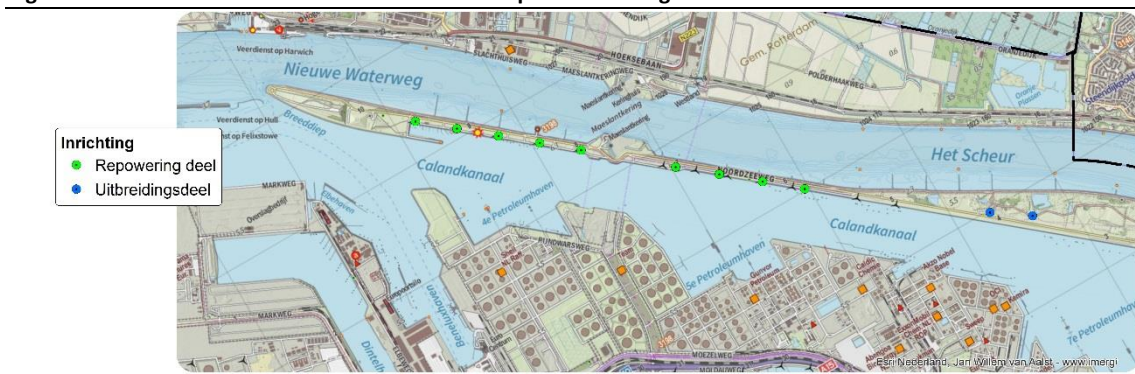


## Hoofdstuk 5 Voorkeursalternatief

## 5.1 Beschrijving voorkeursalternatief

Mede op basis van de resultaten van het MER is een voorkeursalternatief gedefinieerd. Het voorkeursalternatief (VKA) bestaat uit twee aparte inrichtingen: 'Repowering Deel' en de 'Uitbreidingsdeel'. Van dit voorkeursalternatief liggen de windturbinelocaties vast, maar is er een bandbreedte in de ashoogte (110-130m) en rotordiameter (110-130m). In dit hoofdstuk is de bovengrens van de bandbreedte doorgerekend, doordat de bovengrens de hoogste risicooverhogend effect heeft op nabijgelegen gebouwen, installaties en infrastructuur.

**Figuur 33** Voorkeursalternatief met de twee aparte inrichtingen



## 5.2 Te onderzoeken windturbinetype

Het voorkeursalternatief is een bandbreedte in ashoogte en rotordiameter. Deze is als volgt:

- ❖ Ashoogte: Minimaal 110 meter, maximaal 130 meter
- ❖ Rotordiameter: Minimaal 110 meter, maximaal 130 meter
- ❖ Tiphoogte: Minimaal 165 meter, maximaal 195 meter

On de externe veiligheidsrisico's van deze bandbreedte goed in beeld te brengen worden de effecten doorgerekend voor de grootst mogelijke windturbine afmetingen. Dit, aangezien de meeste externe risico's een direct gevolg zijn van de afmetingen. Hierto is de volgende type gekozen met de juiste afmetingen.

**Tabel 17** Gegevens onder- en bovengrens v.w.b. Externe Veiligheid (bij maximale tiphoogte van 172m)

| Windturbinetype | Ashoogte (m) | RD (m) | Risicocontouren (m) |                  | Max. werpafstand (m) |            |
|-----------------|--------------|--------|---------------------|------------------|----------------------|------------|
|                 |              |        | 10 <sup>-5</sup>    | 10 <sup>-6</sup> | nominaal toerental   | overtuigen |
| Siemens SWT-130 | 130          | 130    | 65                  | 181              | 181                  | 478        |

In de risicoanalyse wordt de Siemens SWT-130 aangeduid als 'bovengrens'.

*NB. De maximale werpafstand schaalt niet 1-op-1 met de afmetingen van een windturbine. Het kan daarom zo zijn dat een uiteindelijk te realiseren type een grotere werpafstand heeft dan de hierboven genoemde variant. Omdat de meeste aspecten betreffende externe veiligheid echter wel schalen met de afmetingen is ervoor 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

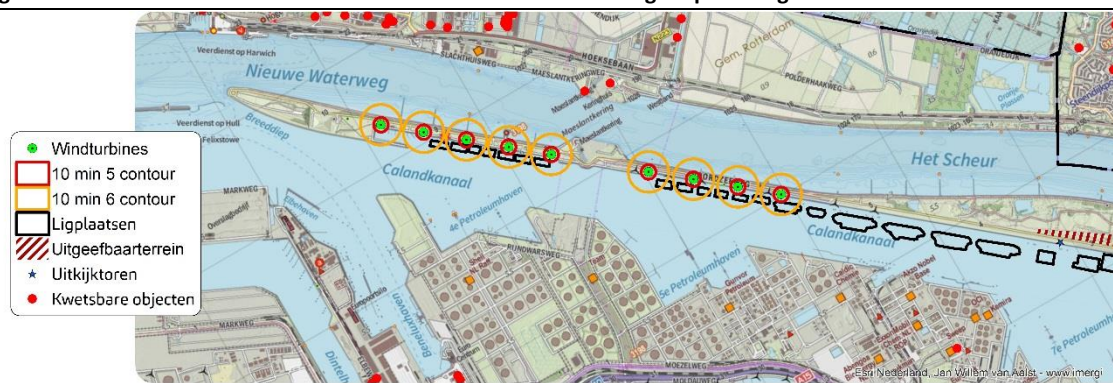
Voor de berekeningen is aangesloten bij de rekenmethode voor de MER-alternatieven.

### 5.4 Risicoanalyse

#### 5.4.1 (beperkt) Kwetsbare objecten

#### Inrichting 'Repowering deel'

**Figuur 34** Risicocontouren rond de windturbines van inrichting 'Repowering deel'



Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied 14 objecten binnen de  $10^{-6}$ -contour en geen objecten binnen de  $10^{-5}$ -contour<sup>14</sup>.

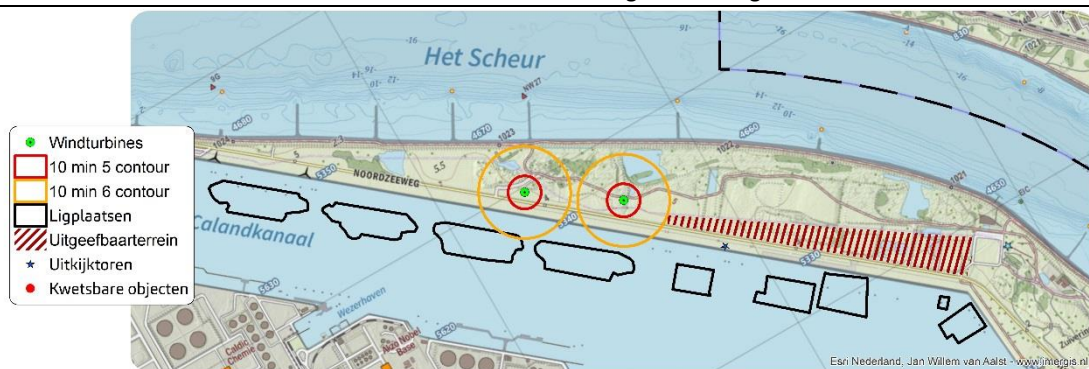
De objecten binnen de  $10^{-6}$ -contour betreffen ligplaatsen. Deze ligplaatsen zijn formeel niet aangemerkt als een kwetsbaar object in de zin van artikel 1 lid 1 sub I van het Bevi of als een beperkt kwetsbaar object in de zin van artikel lid 1 sub b onder h Bevi.

Doordat de ligplaatsen niet zijn aangemerkt als een (beperkt) kwetsbaar object wordt er voldaan aan het Activiteitenbesluit, zie paragraaf 3.1.

<sup>14</sup> De 10 min 5 contour bevindt zich niet over de aanmeerlijn, waardoor de ligplaatsen zich buiten de 10 min 5 contour bevinden. De ingetekende ligplaatsen zijn indicatief.

## Inrichting 'Uitbreidingsdeel'

**Figuur 35** Risicocontouren rond de windturbines van inrichting 'Uitbreidingsdeel'



Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied 1 object binnen de  $10^{-6}$ -contour en geen objecten binnen de  $10^{-5}$ -contour.

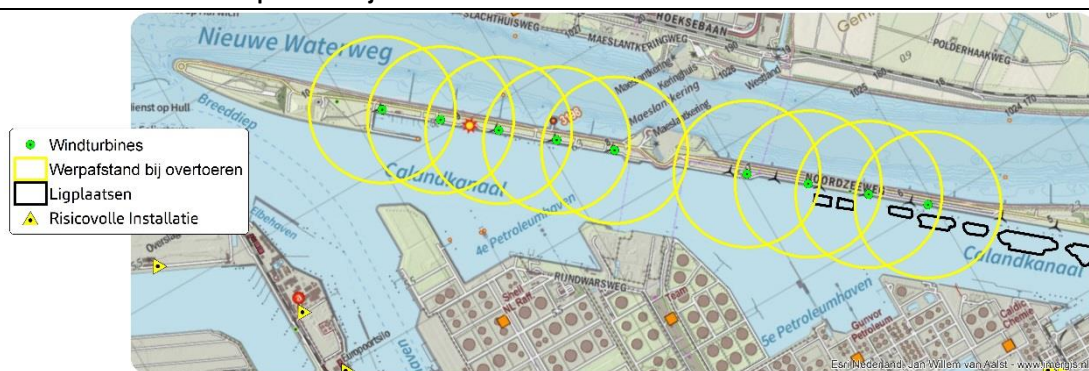
De objecten binnen de  $10^{-6}$ -contour betreffen ligplaatsen. Deze ligplaatsen zijn formeel niet aangemerkt als een kwetsbaar object in de zin van artikel 1 lid 1 sub I van het Bevi of als een beperkt kwetsbaar object in de zin van artikel lid 1 sub b onder h Bevi.

Doordat de ligplaatsen niet zijn aangemerkt als een (beperkt) kwetsbaar object wordt er voldaan aan het Activiteitenbesluit, zie paragraaf 3.1.

## 5.4.2 Risicovolle installaties

### 5.4.2.1 Inrichting 'Repowering-deel'

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



Op basis van de ingetekende werpafstanden, aangeleverde informatie door de opdrachtgever en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

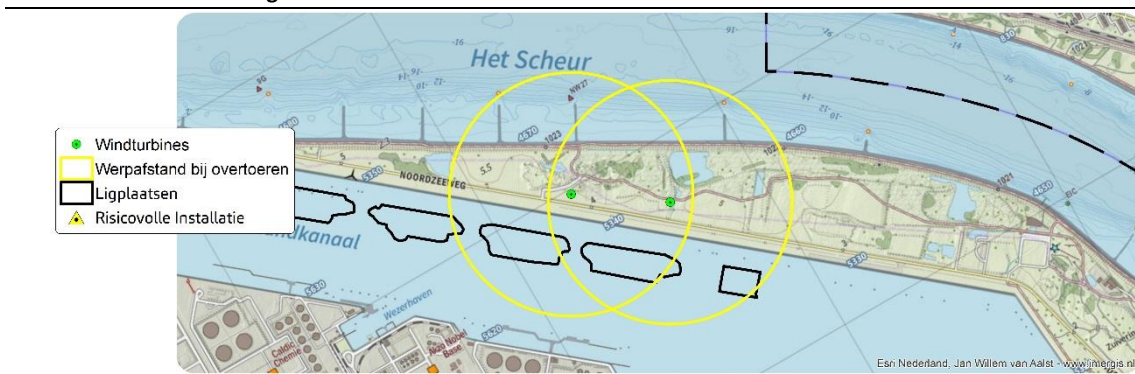
**Tabel 18** Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van geplande turbines van inrichting 'Repowering Deel'

| Windturbine <sup>15</sup> | Installatie   | Afstand tot installatie (m) |
|---------------------------|---------------|-----------------------------|
| Windturbine 6             | Steiger 10    | 464                         |
| Windturbine 7             | Steiger 10    | 81                          |
| Windturbine 8             | Steiger 10    | 246                         |
| Windturbine 7             | Steiger 11    | 217                         |
| Windturbine 8             | Steiger 11    | 102                         |
| Windturbine 8             | Ligplaats 78  | 159                         |
| Windturbine 9             | Ligplaats 78  | 110                         |
| Windturbine 8             | Ligplaats 79  | 358                         |
| Windturbine 9             | Ligplaats 79  | 68                          |
| Windturbine 9             | Ligplaats 79b | 262                         |

Doordat sommige van de afstanden (rood in tabel) kleiner zijn dan de tiphoogte heeft naast het scenario wiekbreuk ook het scenario mastbreuk een risico verhogend effect op de installaties.

#### 5.4.2.2 Inrichting 'Uitbreidingsdeel'

**Figuur 37** Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties van inrichting 'Uitbreidingsdeel'



Op basis van de ingetekende werpafstanden, aangeleverde informatie door de opdrachtgever en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

**Tabel 19** Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van geplande turbines van de inrichting 'Uitbreidingsdeel'

| Windturbine <sup>16</sup> | Installatie  | Afstand tot installatie (m) |
|---------------------------|--------------|-----------------------------|
| Windturbine 10            | Ligplaats 81 | 439                         |
| Windturbine 10            | Ligplaats 82 | 161                         |
| Windturbine 11            | Ligplaats 82 | 436                         |
| Windturbine 10            | Ligplaats 83 | 203                         |
| Windturbine 11            | Ligplaats 83 | 207                         |
| Windturbine 11            | Ligplaats 84 | 320                         |

<sup>15</sup> Windturbines zijn genummerd van west naar oost.

<sup>16</sup> Windturbines zijn genummerd van west naar oost.

#### 5.4.2.3 Trefkansberekening

Voor de trefkansberekening wordt dezelfde methode gehanteerd als in paragraaf 4.2.5.

#### 5.4.2.4 Resultaten trefkansberekening

Via de beschreven methode in paragraaf 4.2.5 zijn de trefkansen berekend voor de risicovolle installaties van beide inrichtingen waarbij de trefkans van de installatie de som is van de scenario's van falende windturbines. De resultaten worden weer gegeven in onderstaande tabellen.

**Tabel 20 Trefkansen risicovolle installaties inrichting 'Repowering-deel'**

| Installatie   | Totale trefkans       |
|---------------|-----------------------|
| Steiger 10    | $1,22 \cdot 10^{-04}$ |
| Steiger 11    | $9,92 \cdot 10^{-05}$ |
| Ligplaats 78  | $1,69 \cdot 10^{-04}$ |
| Ligplaats 79  | $1,58 \cdot 10^{-04}$ |
| Ligplaats 79b | $3,07 \cdot 10^{-08}$ |

**Tabel 21 Trefkansen risicovolle installaties inrichting 'Uitbreidingsdeel'**

| Installatie  | Totale trefkans       |
|--------------|-----------------------|
| Ligplaats 81 | $4,03 \cdot 10^{-08}$ |
| Ligplaats 82 | $6,25 \cdot 10^{-05}$ |
| Ligplaats 83 | $7,27 \cdot 10^{-08}$ |
| Ligplaats 84 | $4,04 \cdot 10^{-08}$ |

#### 5.4.2.5 Faalkansverhoging

*Ligplaats (waarbij wordt aangenomen dat er altijd een schip op de ligplaats is)*

De berekende trefkansen worden vergeleken met de intrinsieke faalkans van de risicovolle installaties (in dit geval schepen). De Handleiding Risico Berekeningen Bevi (versie 3.2) zegt het volgende:

*Voor schepen zijn er geen scenario's voor intrinsiek falen. Aangenomen wordt dat verlading plaatsvindt tijdens het grootste deel van de tijd, dat een schip aanwezig is, en de verladingsscenario's dominant zijn ten opzichte van intrinsiek falen.*

*De enige scenario's naast de verlading, die van belang zijn, zijn externe beschadiging ten gevolge van scheepsbotsingen. Deze worden zeer sterk bepaald door de locatie situatie.*

In het geval van de ligplaats bereken wij de aanvaringskans gebruik makend van scheepvaart bewegingen nabij de ligplaats<sup>17</sup>. Het aantal scheepvaartbewegingen<sup>18</sup> zijn:

- Binnenvaart: 21.050 bewegingen per jaar.
- Scheepvaart: 22.667 bewegingen per jaar.
- Overige scheepvaart: 11.590 bewegingen per jaar.

Samen leidt dit tot een totaal van 55.307 bewegingen per jaar. Op basis van het aantal bewegingen is de faalkans berekend voor gastankers, semi gas tankers, dubbelwandige vloeistoftanker en enkelwandige vloeistoftanker. Deze zijn als volgt:

- |                                                |                      |
|------------------------------------------------|----------------------|
| • Gastanker:                                   | $3,88 \cdot 10^{-6}$ |
| • Semi-gastanker:                              | $3,88 \cdot 10^{-6}$ |
| • Dubbelwandige vloeistoftanker:               | $4,86 \cdot 10^{-5}$ |
| • Enkelwandige vloeistoftanker <sup>19</sup> : | $3,24 \cdot 10^{-3}$ |

Onderstaande tabel bevat de verhoging van de faalkans van de verschillende schepen ten opzichte van de faalkans van de verschillende inrichtingen.

<sup>17</sup> Op basis van informatie aangeleverd door de opdrachtgever.

<sup>18</sup> Het basisnet geeft minder scheepsbewegingen per jaar. Echter, door meer bewegingen per jaar te beschouwen ontstaat er een worst-case scenario, waardoor we van bovenstaande aangeleverde informatie uitgaan.

<sup>19</sup> Enkelwandige vloeistoftankers zijn vanaf 2020 niet meer toegestaan op de binnenvaart. Doordat deze niet maatgevend zijn, worden deze verder toch weergegeven.

**Tabel 22 Faalkansverhoging van de verschillende schepen per inrichting**
**Faalkansverhoging**
**Inrichting 'Repowering – deel'**
***Steiger 10***

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| Gastanker                     | 3153,80% |
| Semi-gastanker                | 3153,80% |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 251,79%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 3,78%    |

***Steiger 11***

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| Gastanker                     | 2557,79% |
| Semi-gastanker                | 2557,78% |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 204,20%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 3,06%    |

***Ligplaats 78***

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| Gastanker                     | 4366,06% |
| Semi-gastanker                | 4366,06% |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 348,57%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 5,23%    |

***Ligplaats 79***

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| Gastanker                     | 4078,82% |
| Semi-gastanker                | 4078,82% |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 325,63%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 4,88%    |

***Ligplaats 79b***

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| Gastanker                     | 0,79%  |
| Semi-gastanker                | 0,79%  |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 0,06%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 0,001% |

**Inrichting uitbreidingsdeel**
***Ligplaats 81***

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| Gastanker                     | 1,04%  |
| Semi-gastanker                | 1,04%  |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 0,08%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 0,001% |

***Ligplaats 82***

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| Gastanker                     | 2218,18% |
| Semi-gastanker                | 2218,18% |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 177,09%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 2,66%    |

***Ligplaats 83***

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| Gastanker                     | 3,65%  |
| Semi-gastanker                | 3,65%  |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 0,29%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 0,004% |

***Ligplaats 84***

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| Gastanker                     | 1,04%  |
| Semi-gastanker                | 1,04%  |
| Dubbelwandige vloeistoftanker | 0,08%  |
| Enkelwandige vloeistoftanker  | 0,001% |

Op basis van bovenstaande tabel is het mogelijk om te concluderen dat voor de inrichting 'Repowering – deel' geldt dat bij steigers 10 en 11 en de ligplaatsen 78 en 79 het afhankelijk is van welke schepen er afmeren of het risico met meer of minder dan 10% toeneemt. Voor ligplaats 79b blijft de risicotename onder de 10%

Voor de inrichting 'Uitbreidingsdeel' geldt dat dat bij de ligplaatsen 81, 83 en 84 het afhankelijk is van welke schepen er afmeren of het risico met meer of minder dan 10% toeneemt. Voor ligplaats 82 blijft de risicotename onder de 10%.

#### *Boord – Boord overslag*

Doordat de ligplaatsen ook zijn bestemd voor boord-boord overslag moet ook de faalkans toename tijdens de overslaan inzichtelijk worden gemaakt.

De intrinsieke faalkans van de aanwezige schepen tijdens de overslag is op zijn veiligst  $3,3 \cdot 10^{-7}$  per uur (breuk van de laad-/losarm + lek van de laad-/losarm) volgens Handboek Risicoberekeningen BEVI 3.2.

Doordat de faalkans per uur is gegeven, moeten de trefkansen in paragraaf 4.2.6. worden omgerekend per uur. Dit gebeurt door de faalkans per jaar te delen door het aantal uur in een jaar. Wanneer dit gedaan is, en de trefkansen worden vergeleken met de intrinsieke faalkansen leidt dit tot de volgende faalkansverhogingen:

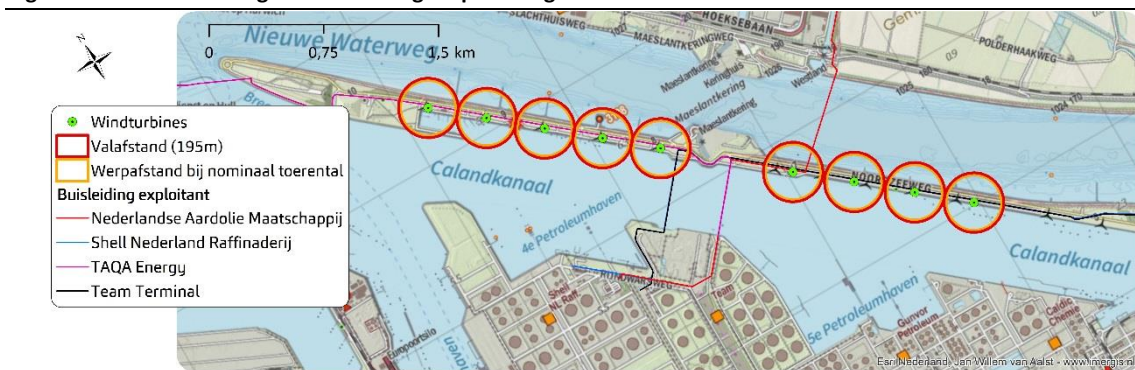
**Tabel 23** Faalkansverhoging tijdens boord-boord overslag per alternatief en scenario

|                                              | Faalkansverhoging<br>Breuk laad-/losarm | Faalkansverhoging<br>Lek laad-/losarm | Faalkansverhoging<br>gezaamenlijk |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| <b><u>Inrichting 'Repowering – Deel'</u></b> |                                         |                                       |                                   |
| <b><i>Steiger 10</i></b>                     | 46,56%                                  | 04,66%                                | 04,23%                            |
| <b><i>Steiger 11</i></b>                     | 37,76%                                  | 03,78%                                | 03,43%                            |
| <b><i>Ligplaats 78</i></b>                   | 64,46%                                  | 06,45%                                | 05,86%                            |
| <b><i>Ligplaats 79</i></b>                   | 60,22%                                  | 06,02%                                | 05,47%                            |
| <b><i>Ligplaats 79b</i></b>                  | 00,01%                                  | 00,00%                                | 00,00%                            |
| <b><u>Inrichting 'Uitbreidingsdeel'</u></b>  |                                         |                                       |                                   |
| <b><i>Ligplaats 81</i></b>                   | 00,02%                                  | 00,00%                                | 00,00%                            |
| <b><i>Ligplaats 82</i></b>                   | 32,75%                                  | 03,27%                                | 00,00%                            |
| <b><i>Ligplaats 83</i></b>                   | 00,05%                                  | 00,01%                                | 02,98%                            |
| <b><i>Ligplaats 84</i></b>                   | 00,02%                                  | 00,00%                                | 00,00%                            |

### 5.4.3 Buisleidingen

#### 5.4.3.1 Inrichting 'Repowering-deel'

**Figuur 38 Buisleidingen en inrichting 'Repowering-Deel'**

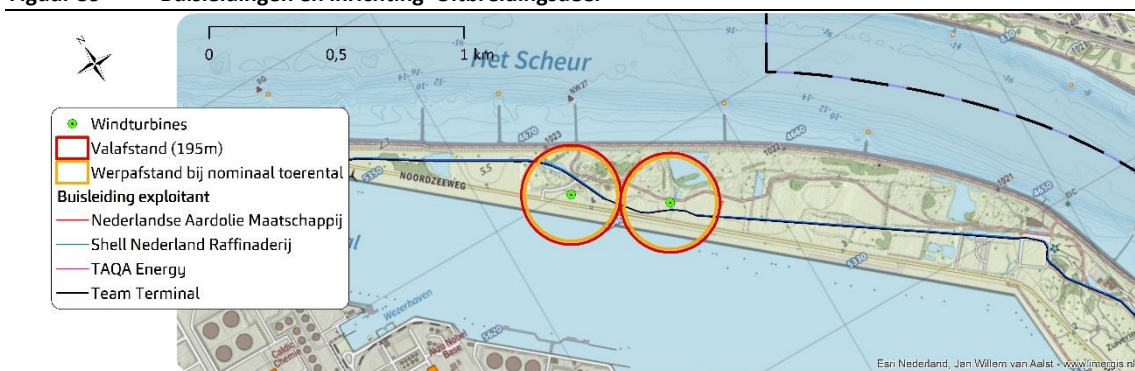


Uit bovenstaande figuur blijkt dat er bij de volgende windturbines er niet wordt voldaan aan de adviesafstand bij de genoemde buisleiding:

|                      |   |                                         |
|----------------------|---|-----------------------------------------|
| Windturbines 1 t/m 5 | - | TAQA Onshore Trunc line                 |
| Windturbine 6        | - | NAM Leiding <sup>20</sup> (4x)          |
| Windturbine 6 t/m 9  | - | Team Terminal K1 leiding                |
| Windturbine 6 t/m 9  | - | Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding |

#### 5.4.3.2 Inrichting 'Uitbreidingsdeel'

**Figuur 39 Buisleidingen en inrichting 'Uitbreidingsdeel'**



Uit bovenstaande figuur blijkt dat er bij de volgende windturbines er niet wordt voldaan aan de adviesafstand bij de genoemde buisleiding:

<sup>20</sup> Er bevinden zich vier leidingen van de NAM in het onderzoeksgebied. Deze bevinden zich allemaal bij elkaar in de buurt waardoor we in deze studie uitgaan van één leiding, en deze (berekende) waarden als representatief beschouwen voor de drie andere leidingen,

- Windturbine 10 en 11 - Team Terminal K1 leiding  
 Windturbine 10 en 11 - Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding

#### 5.4.3.3 Trefkansberekening

Voor de trefkansberekening wordt dezelfde methode gehanteerd zoals beschreven in paragraaf 4.3.5.

#### 5.4.3.4 Resultaten trefkansberekening

In onderstaande paragrafen wordt de trefkans van de windturbines op de buisleidingen berekend voor beide inrichtingen. Hiervoor wordt voor de windturbine met de grootste lengte van de buisleidingen binnen de risicocontour berekend wat de trefkans is. Deze windturbine wordt als maatgevend beschouwd voor *alle* windturbines. Hierdoor ontstaat er een worst-case benadering.

##### Trefkans Wiekbreuk Windturbine op 17 meter

| Scenario wiekbreuk | Kansdichtheidsverdeling (/jr.) | Kritisch oppervlak (m <sup>2</sup> ) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar) |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| nominaal           | $3,80 \cdot 10^{-08}$          | 1072,78                              | $4,07 \cdot 10^{-05}$     | $1,46 \cdot 10^{-05}$             |

##### Trefkans Mastbreuk Windturbine op 17 meter

| Hoek ( $\beta + \alpha$ ) graden | Mastbreuk frequentie (per jaar) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar) |
|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| 192                              | $1,3 \cdot 10^{-4}$             | $6,93 \cdot 10^{-05}$     | $2,69 \cdot 10^{-05}$             |

##### Trefkans gondelafworp Windturbine op 17 meter

| Kansdichtheid | Gondelafworp frequentie (per jaar) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar) |
|---------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| 1,1           | $4,0 \cdot 10^{-5}$                | $7,41 \cdot 10^{-06}$     | $9,04 \cdot 10^{-07}$             |

##### Totale trefkans

Gebaseerd op de bovenstaande berekeningen is het mogelijk om de totale trefkans te berekenen. Dit is een sommatie van de trefkans door mastbreuk, wiekbreuk en gondelafworp vermenigvuldigd met het aantal windturbines. Dit zal per buisleiding en inrichting berekend worden.

### Inrichting 'Repowering-deel'

#### TAQA Onshore Trunc line

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 5          | $1,46 \cdot 10^{-05}$                               | $2,69 \cdot 10^{-05}$                               | $9,04 \cdot 10^{-07}$                                  | $2,12 \cdot 10^{-04}$                    |

#### Leiding Nederlandse Aardolie Maatschappij

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1          | $1,46 \cdot 10^{-05}$                               | $2,69 \cdot 10^{-05}$                               | $9,04 \cdot 10^{-07}$                                  | $4,24 \cdot 10^{-05}$                    |

#### Team Terminal K1 leiding

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 5          | $1,46 \cdot 10^{-05}$                               | $2,69 \cdot 10^{-05}$                               | $9,04 \cdot 10^{-07}$                                  | $2,12 \cdot 10^{-04}$                    |

#### Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 5          | $1,46 \cdot 10^{-05}$                               | $2,69 \cdot 10^{-05}$                               | $9,04 \cdot 10^{-07}$                                  | $2,12 \cdot 10^{-04}$                    |

### Inrichting 'Uitbreidingsgebied'

#### Team Terminal K1 leiding

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 2          | $1,46 \cdot 10^{-05}$                               | $2,69 \cdot 10^{-05}$                               | $9,04 \cdot 10^{-07}$                                  | $8,48 \cdot 10^{-05}$                    |

#### Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 2          | $1,46 \cdot 10^{-05}$                               | $2,69 \cdot 10^{-05}$                               | $9,04 \cdot 10^{-07}$                                  | $8,48 \cdot 10^{-05}$                    |

### **Totale trefkans**

Doordat beide inrichtingen invloed hebben op zowel de Team Terminal K1 leiding en de Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding wordt in onderstaande paragraaf de totale trefkans weergegeven op beide leidingen.

#### **Team Terminal K1 leiding**

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 7          | $1,46 \cdot 10^{-05}$                               | $2,69 \cdot 10^{-05}$                               | $9,04 \cdot 10^{-07}$                                  | $2,97 \cdot 10^{-04}$                    |

#### **Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding**

| Aantal WTB | Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 7          | $1,46 \cdot 10^{-05}$                               | $2,69 \cdot 10^{-05}$                               | $9,04 \cdot 10^{-07}$                                  | $2,97 \cdot 10^{-04}$                    |

### **5.4.3.5 Faalkansverhoging**

De intrinsieke faalkans van een buisleiding met aardolieproducten is als volgt (Handleiding risicoberekeningen Bevb):

*Tabel 1 Scenario voor buisleidingen met aardolieproducten.*

| Scenario             | Faalfrequentie ( $\text{km}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ ) |
|----------------------|-------------------------------------------------------|
| Breuk van de leiding | $1,5 \times 10^{-4}$                                  |

Hieruit blijken de volgende risicoverhogingen:

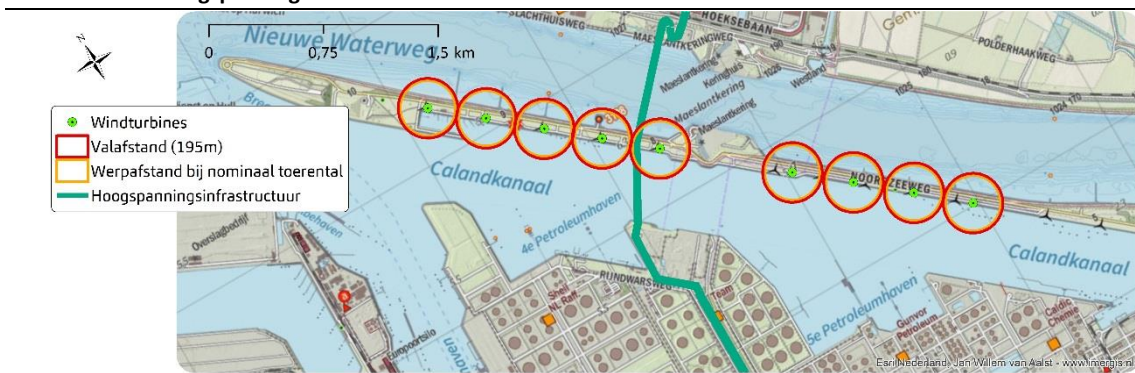
| Inrichting              | TAQA | NAM | Team | Shell |
|-------------------------|------|-----|------|-------|
| <b>Repoweringdeel</b>   | 141% | 28% | 141% | 141%  |
| <b>Uitbreidingsdeel</b> | 0%   | 0%  | 57%  | 57%   |
| <b>Gezamenlijk</b>      | 141% | 28% | 198% | 198%  |

Op basis van bovenstaande tabel is het mogelijk om te concluderen dat voor beide inrichtingen en de gezamenlijke faalkansverhoging geldt dat de opstelling een faalkansverhoging heeft op de drie buisleidingen. De faalkansverhoging overschrijdt de richtwaarde van 10%. Hierdoor dient een QRA te worden opgesteld voor de buisleidingen. Wanneer hieruit blijkt dat de risico's (inclusief trefkans windturbine) naar de omgeving acceptabel zijn dan is er geen belemmering voor plaatsing van de windturbines.

## 5.4.4 Hoogspanningsinfrastructuur

### 5.4.4.1 Inrichting 'Repowering-deel'

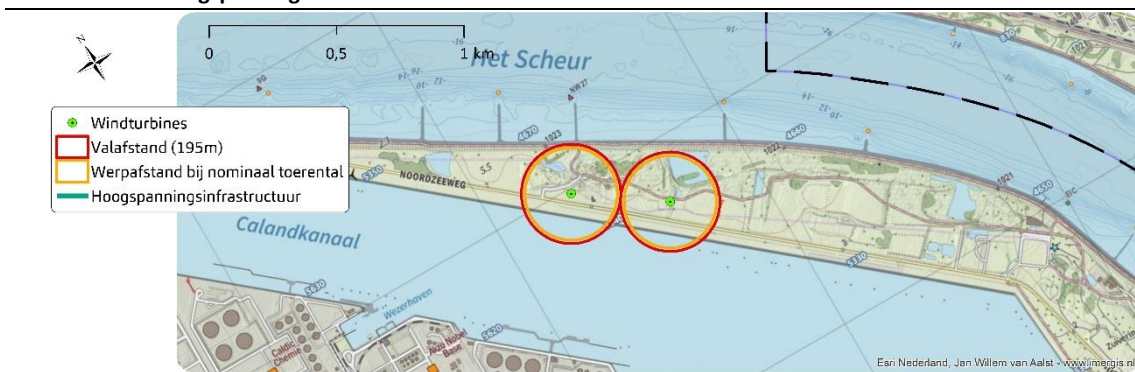
**Figuur 40** Werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van de windturbines en hoogspanningsinfrastructuur



Voor inrichting 'Repowering-deel' geldt dat er zich hoogspanningsinfrastructuur bevindt binnen de werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van windturbine 5. Hierdoor moet er met TenneT in overleg worden getreden om te kijken of de faalkans toename door de windturbines van de hoogspanningsinfrastructuur acceptabel is.

### 5.4.4.2 Inrichting 'Uitbreidingsdeel'

**Figuur 41** Werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van de windturbines en hoogspanningsinfrastructuur



Voor Inrichting 'Uitbreidingsdeel' geldt dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental of de valafstand. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

#### 5.4.5 Waterkering

Voor de waterkering is een aparte memo opgesteld. Hierdoor wordt het aspect 'waterkering' niet verder behandeld voor het voorkeursalternatief.

#### 5.4.6 Infrastructuur

##### 5.4.6.1 Wegen

Voor de inrichtingen is nagegaan of een windturbine over een (openbare) weg draait. Indien er geen overdraai plaatsvindt wordt er voldaan aan de in paragraaf 3.6 genoemde beleidsregel. Wanneer er niet wordt voldaan aan de beleidsregel moet er een trefkansberekening worden uitgevoerd.

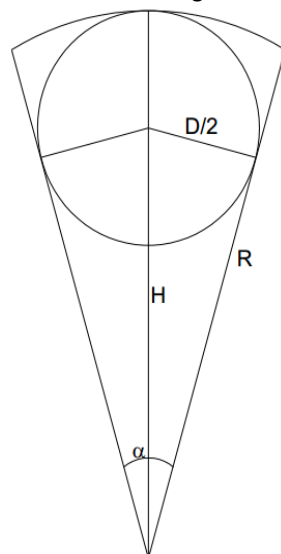
Uit onderstaande figuren blijkt dat er bij beide inrichtingen overdraai plaatsvindt over een openbare weg, er wordt in geen van de inrichtingen voldaan aan de beleidsregel. Hierdoor moet er een trefkansberekening worden uitgevoerd.

##### **Trefkansberekening**

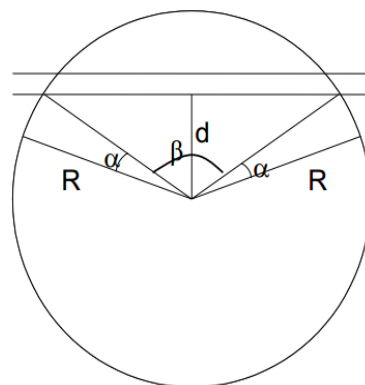
###### *Rekenmethode mastbreuk*

De kans dat de weg wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van een onderstaand cirkelsegment (Figuur 42) in aanraking komt met de leidingstrook, het geen is geïllustreerd in Figuur 43 (HRW, 2014).

Figuur 42 Windturbine als cirkel segment



Figuur 43 Turbine in aanraking met weg



De trefkans wordt berekend voor de windturbine met de hoogste trefkans (WTB 1). Hierbij wordt de assumptie gedaan dat de trefkans voor deze turbinelocatie repre-

sentatief is voor de andere windturbinelocaties (voor beide inrichtingen) waar overdraai plaatsvindt. Hierdoor ontstaat er een conservatieve benadering.

De trefkans is als volgt:

| Turbine nummers | Afstand tot weg (m) | Valhoek graden | Mastbreuk frequentie (per jaar) | Trefkans weg        |
|-----------------|---------------------|----------------|---------------------------------|---------------------|
| 4 <sup>21</sup> | 7                   | 360            | $1,3 \cdot 10^{-4}$             | $1,3 \cdot 10^{-4}$ |

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)

| Windturbine | Trefkans weg        | Verblijftijd passant  | Trefkans per passage  |
|-------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| 4           | $1,3 \cdot 10^{-4}$ | $6,79 \cdot 10^{-09}$ | $8,83 \cdot 10^{-13}$ |

#### Rekenmethode wiekbreuk

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

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

(Kritiek oppervlakte wiek)      (Trefkans zwaartepunt wiek)

| Windturbine | $A_c$  | $P_{zwpt}$            | P                     |
|-------------|--------|-----------------------|-----------------------|
| 4           | 213,81 | $9,87 \cdot 10^{-08}$ | $3,16 \cdot 10^{-05}$ |

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

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

| Windturbine | Trefkans passant      |
|-------------|-----------------------|
| 4           | $7,17 \cdot 10^{-13}$ |

<sup>21</sup> Er bevinden zich ten oosten, westen, noorden en zuiden van de windturbine een openbare weg binnen de valafstand.

#### Rekenmethode gondelafworp

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

Hierdoor is de kans dat een passant getroffen wordt hetzelfde voor alle turbinelocaties en kan berekend worden op de onderstaande manier.

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

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

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

#### Conclusie passantenrisico

De totale trefkans voor een passant is een sommatie van alle trefkansen vermenigvuldigd met het aantal windturbines. Dit leidt tot de volgende trefkansen:

| Inrichting       | Aantal WTB | Trefkans per WTB      | Totale trefkans       |
|------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| Repowerings-deel | 9          | $9,89 \cdot 10^{-13}$ | $8,90 \cdot 10^{-12}$ |
| Uitbreidingsdeel | 2          | $9,89 \cdot 10^{-13}$ | $1,98 \cdot 10^{-12}$ |
| Gezamenlijk      | 11         | $9,89 \cdot 10^{-13}$ | $1,09 \cdot 10^{-11}$ |

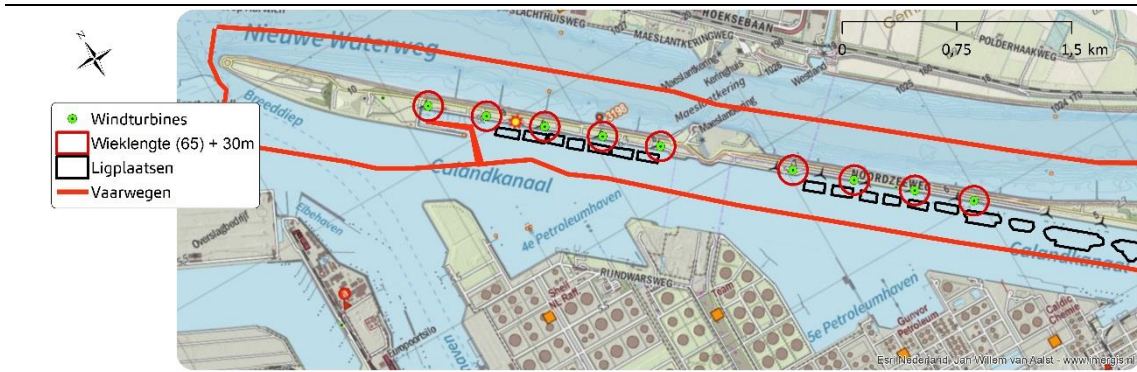
#### 5.4.6.2 Vaarwegen

Voor beide inrichtingen wordt er gekeken of er wordt voldaan aan de nieuwe adviesafstand van Rijkswaterstaat. Indien er wordt voldaan aan de in paragraaf 3.6 genoemde beleidsregel is verder onderzoek niet benodigd.

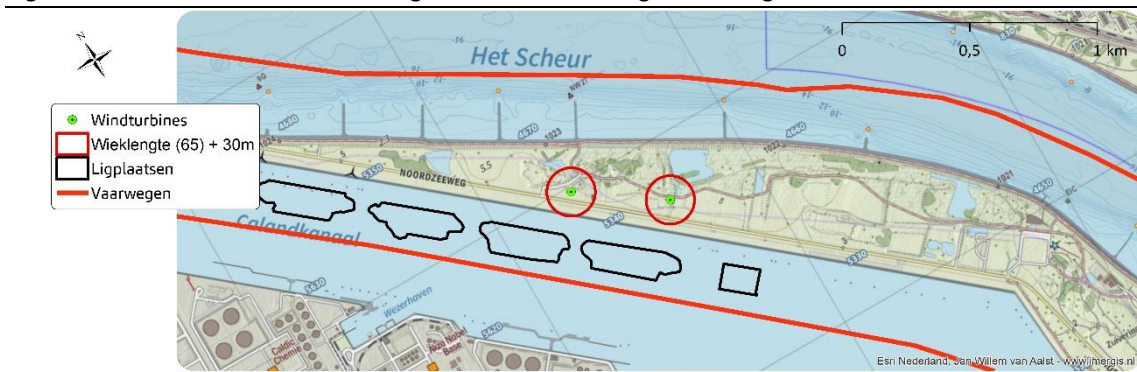
Uit onderstaande figuren<sup>22</sup> blijkt dat inrichting 'Repowerings-deel' niet voldoet aan de nieuwe adviesafstand van Rijkswaterstaat. Hierdoor moet er een trefkansberekening worden uitgevoerd. Tevens wordt er voor beide inrichtingen ingegaan op domino-effecten van gevaarlijke stoffen, omdat er op de vaarwegen nabij de windturbines vervoer van gevaarlijke stoffen plaatsvindt, waarbij een deel van een windturbine terecht kan komen op een schip wat kan leiden tot het 'onbedoeld vrijkomen van gevaarlijke stoffen'.

<sup>22</sup> De vaarweg begint bij de ligplaatsen, vanwege het feit dat wanneer de ligplaatsen niet bezet zijn de ruimte gebruikt kan worden als vaarweg.

**Figuur 44** Windturbines en wieklengte + 30m van inrichting 'Repowerings-deel'



**Figuur 45** Windturbines en wieklengte + 30m van inrichting 'Uitbreidingsdeel'



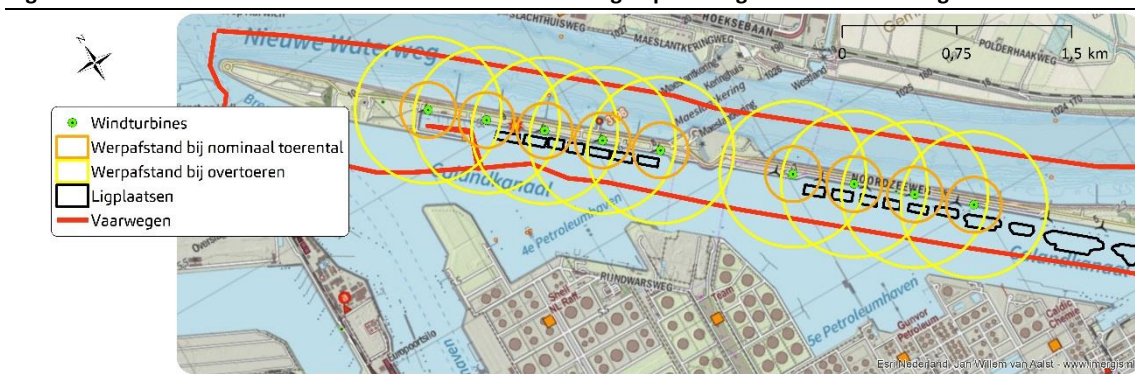
### **Domino-effect**

Omdat er op de vaarwegen nabij de windturbines vervoer van gevaarlijke stoffen plaatsvindt wordt hieronder nog ingegaan op het *domino-effect*, waarbij een deel van een windturbine terecht komt op een schip, wat kan leiden tot het 'onbedoeld vrijkomen van schadelijke stoffen'.

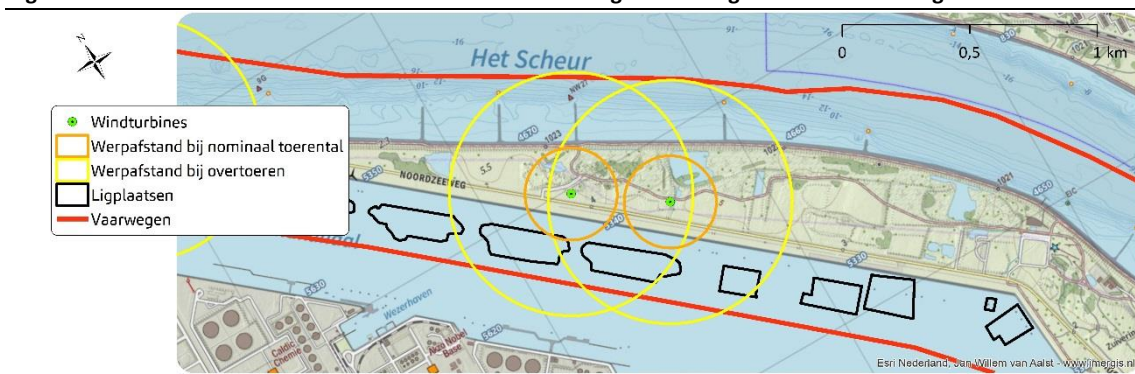
Om hierover in kwantitatieve zin iets te zeggen moet de kans dat dit domino-effect zich voordoet worden vergeleken met de 'initiële faalkans' van het schip. De kans dat een (deel van een) windturbine een schip raakt is opgebouwd uit de trefkans a.g.v. mastbreuk en de trefkans a.g.v. wiekbreuk.

Het Calandkanaal en de Nieuwe Waterweg bevinden zich binnen de invloedssfeer van de windturbines (Figuur 46 en Figuur 47), omdat er op deze vaarwegen transport van gevaarlijke stoffen mogelijk is, is de kans berekend dat een schip wordt geraakt. Doordat beide routes naar zee gaan wordt er aangenomen dat een schip zich op één van de twee vaarwegen bevindt. De trefkans wordt berekend voor het Calandkanaal, omdat dit de vaarweg is met de grootste trefkans (Lengte van de vaarweg binnen invloedssfeer van de windturbines: 5757m). In onderstaande paragrafen wordt de trefkans berekend voor de dichtstbijzijnde windturbine. Deze wordt als representatief beschouwd voor de andere windturbines. Hierdoor ontstaat er een worst-case aanpak. Verder wordt er tevens uitgegaan dat wanneer een schip geraakt wordt door een (deel van de) windturbine dit leidt tot falen van het voorbij varende schip. Hierdoor is de trefkans gelijk aan de faalkans.

**Figuur 46 Invloedsfeer van de windturbines – Inrichting Repowering-deel en de vaarwegen**



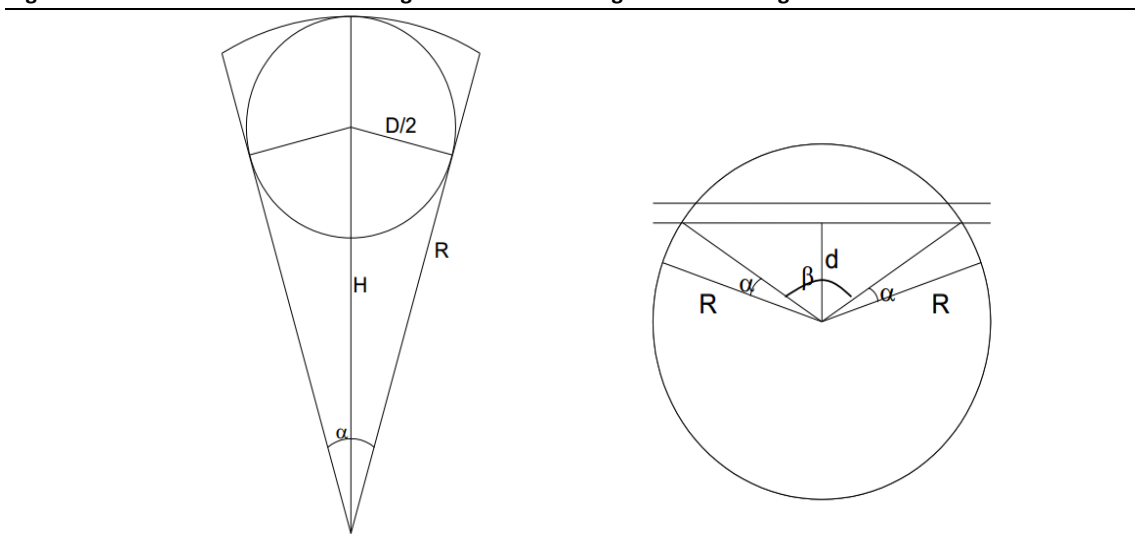
**Figuur 47 Invloedsfeer van de windturbines – Inrichting Uitbreidingsdeel en de vaarwegen**



### Mastbreuk

De kans dat de vaarweg wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt in het Handboek Risicozonering Windturbines (HRW, versie 2014) voorberekend, hetgeen is geïllustreerd in onderstaande figuur (HRW, 2014).

**Figuur 48 Windturbine als cirkelsegment en in aanraking met de vaarweg.**



| Afstand tot vaarweg (m) | Hoek ( $\beta$ ) | Kans mastbreuk      | Trefkans vaarweg      |
|-------------------------|------------------|---------------------|-----------------------|
| 66                      | 180°             | $1,3 \cdot 10^{-4}$ | $5,99 \cdot 10^{-05}$ |

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

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

waar  $v_o$  = snelheid van het schip (m/s) en  $L_o$  = Lengte van het schip (m)

Ten behoeve van deze berekening gaan wij uit dat het schip een snelheid heeft van 10 km/u en een lengte van 150 meter.

| Trefkans vaarweg     | Verblijfstijd schip   | Trefkans per passage  |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $5,99 \cdot 10^{-5}$ | $1,71 \cdot 10^{-06}$ | $1,03 \cdot 10^{-10}$ |

De kans dat een langsvarend schip door een omvallende windturbine wordt geraakt is dus  $1,03 \cdot 10^{-10}$  per jaar.

### Wiekbreuk

De kans dat een wiek afbreekt en op de vaarweg terecht komt wordt als volgt berekend:

*Trefkans vaarweg*

$$= p_{zwpt} \text{nominaal\_TT} \times \text{oppervlakte vaarweg nominaal\_TT} + p_{zwpt} \text{overtieren} \times \text{oppervlakte vaarweg overtoeren}$$

|                                                   |   |                       |
|---------------------------------------------------|---|-----------------------|
| $p_{zwpt}$ = trefkans zwaartepunt wiek nominaal   | = | $9,16 \cdot 10^{-09}$ |
| Oppervlakte vaarweg nominaal                      | = | 27901m <sup>2</sup>   |
| $p_{zwpt}$ = trefkans zwaartepunt wiek overtoeren | = | $6,88 \cdot 10^{-12}$ |
| Oppervlakte vaarweg overtoeren                    | = | 268902m <sup>2</sup>  |

$$Trefkans vaarweg = 2,57 \cdot 10^{-04}$$

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

$$\tau = \frac{L_o}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600} (1,5 \times B_o + \frac{2}{3} \times L_o)$$

$v_o$  = snelheid van het passerend object (m/s)

$L_o$  = Lengte van het passerend object (m)

$b_o$  = Breedte van het passerend object (m)

Voor de lengte en snelheid worden dezelfde gegevens gebruikt als bij mastbreuk. Voor de breedte wordt uitgegaan van 22 meter.

De kans dat een afgebroken wiek een langsvarend schip raakt is dan:  $9,82 \cdot 10^{-09}$  per passage.

**Totaal**

De totale trefkans van een langsvarend schip is dan:

|                             |                                                   |
|-----------------------------|---------------------------------------------------|
| Trefkans a.g.v. mastbreuk : | $1,03 \cdot 10^{-10}$ per passage per windturbine |
| Trefkans a.g.v. wiekbreuk:  | $9,82 \cdot 10^{-09}$ per passage per windturbine |
| Aantal windturbines:        | 11                                                |

---

|         |                                   |
|---------|-----------------------------------|
| Totaal: | $1,09 \cdot 10^{-07}$ per passage |
|---------|-----------------------------------|

Gegeven de lengte van de vaarweg binnen het invloedsgebied van de windturbines leidt dit tot een faalkans per voertuigkilometer van  $1,89 \cdot 10^{-08}$ .

Om een oordeel te kunnen vellen over de risico's van de mogelijke windturbines moet de berekende faalkans per vervoerkilometer worden vergeleken met de initiële faalkans.

De Handleiding Risicoanalyse Transport (HART) van 11 jan 2017 zegt het volgende over vaarwegen waar meer dan 10% zeevaart plaatsvindt:

*De risico's van het transport van gevaarlijke stoffen in zeeschepen kunnen op dit moment nog niet met RBM II berekend worden. Zolang de hiervoor benodigde modellen nog niet in RBM II zijn opgenomen, moet er voor de vaarwegen waar het aandeel zeeschepen groter is dan 10% van het totale aantal schepen, een kwalitatieve inschatting van de risico's worden opgesteld om inzichtelijk te maken dat de risico's niet onacceptabel hoog zijn. Daarbij moet worden ingegaan op de volgende aspecten:*

- *Eerdere externe veiligheid risicoanalyses;*
- *Expert judgement;*
- *(wijzigingen in) de totale zee- en binnenvaart intensiteit;*
- *(wijzigingen in) de massa's en snelheden van de zeevaart;*
- *(wijzigingen in) de aantallen schepen die voor de externe veiligheid relevante stofcategorieën per zee- of binnenvaart in bulk vervoeren;*
- *(wijzigingen in) de in de omgeving van de vaarweg aanwezige personen;*
- *Het effect van de op/aan de vaarweg te wijzigen aspecten/onderdelen op alle hier bovenstaande punten.*

Op basis van Risicoanalyse Externe veiligheid Windpark Nieuwe Waterweg worden de volgende basis faalfrequenties toegepast van respectievelijk  $8,67 \cdot 10^{-08}$  vtgkm (CEMT klasse 4),  $1,32 \cdot 10^{-07}$  vtgkm (CEMT Klasse 5) en  $4,14 \cdot 10^{-07}$  vtgkm (CEMT Klasse 6).

De bouw van de windturbines leidt tot een verhoging van de faalkans van een passerend schip van:

|                |        |
|----------------|--------|
| CEMT klasse 4: | 458,7% |
| CEMT klasse 5: | 14,3%  |
| CEMT klasse 6: | 4,6%   |

Hiermee is voor CEMT klasse 6 de toename van de faalkans kleiner dan 10% en zullen de voor de vaarweg geldende risicoafstanden (conform Besluit externe veiligheid transport) niet significant wijzigen. Voor CEMT klasse 4 en 5 is de toename hoger dan 10%. Hierdoor moet in overleg met het bevoegd gezag bepaald worden of de plaatsing van windturbines niet tot belemmeringen leidt.

### **IPR en MR**

Naast een schip kan de windturbine ook een persoon op het betreffende schip raken. Om te beoordelen of het individueel passantenrisico (IPR) en het maatschappelijk risico (MR) niet hoger zijn dan de wettelijke grenswaarden moet worden berekend wat de trefkans is voor een passant. Hierbij wordt uitgegaan van een persoon op het schip, waardoor alleen de verblijfstijd veranderd, maar de trefkans van de vaarweg blijft hetzelfde als hierboven berekend.

Volgens het HRW dient bij de berekening van het IPR en MR uit te worden gegaan van een onbeschermd persoon die voorbij komt (in dit geval op een schip). In bijlage C van het HRW is uitgewerkt hoe deze berekening uitgevoerd moet worden.

Het maximaal toelaatbare IPR is  $1 \cdot 10^{-6}$  (oftewel eens in de miljoen jaar). Voor het MR is de grenswaarde 2 per 1000 jaar.

### **Mastbreuk**

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 het schip (dus ook van de passant) (m/s)

Ten behoeve van deze berekening gaan wij uit dat het schip een snelheid heeft van 10 km/u.

| Trefkans vaarweg     | Verblijfstijd passant | Trefkans per passage  |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $5,99 \cdot 10^{-5}$ | $3,42 \cdot 10^{-09}$ | $2,05 \cdot 10^{-13}$ |

De kans dat een passant, die aanwezig is op een voorbijvarend schip, geraakt wordt door een omvallende windturbine is  $2,05 \cdot 10^{-13}$  per passage.

### **Wiekbreuk**

De trefkans van de vaarweg is hierboven reeds berekend:  $2,57 \cdot 10^{-04}$

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

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

$v_o$  = snelheid van het schip (dus ook van de passant) (m/s)

Ten behoeve van deze berekening gaan wij uit dat het schip een snelheid heeft van 10 km/u.

*Trefkans passant is:  $2,93 \cdot 10^{-12}$  per passage*

#### **Totaal**

De totale trefkans per passage door de turbine is:

|                            |                                   |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Trefkans a.g.v. mastbreuk: | $2,05 \cdot 10^{-13}$ per passage |
| Trefkans a.g.v. wiekbreuk: | $2,93 \cdot 10^{-12}$ per passage |
| Aantal windturbines:       | 11                                |

-----  
Totale trefkans van een passant op de vaarweg als gevolg van een falende windturbine is dus  $3,45 \cdot 10^{-11}$  per passage.

Aan het IPR wordt voldaan zolang één passant niet meer dan 289.998 keer per jaar de turbine passeert. Dit komt overeen met ca. 79 passages per dag, gedurende een heel jaar, door één en dezelfde persoon. Het is niet realistisch dat het IPR overschreden wordt.

Tevens wordt er aan het MR voldaan zolang er niet meer dan 57.996.230 passanten per jaar de windturbines passeren. Dit zijn meer dan 150.000 passanten per dag. Gelet op de aard van de vaarweg is het niet realistisch dat het MR wordt overschreden.

#### **5.4.6.3 Ijsafworp**

Voor het aspect infrastructuur wordt voor het voorkeursalternatief naast de beleidsregel “Windturbines langs auto-, spoor- en vaarwegen – Beoordeling van veiligheidsrisico’s” ook gekeken naar ijsafworp. Hiervoor wordt aangesloten bij het Handboek Risicozonering Windturbine:

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

*twee keer per jaar voor.*

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

*NB. In bovenstaande tekst zijn stukken ijs waargenomen op 10-15 meter van het rotorvlak bij een masthoogte van circa 65 meter. Het voorkeursalternatief beschouwd een windturbine met een ashoogte van 130 meter. Wanneer de waargenomen afstanden worden geëxtrapoleerd naar de onderzochte ashoogte zou dat betekenen dat ijs kan vallen binnen een oppervlakte van 30 meter van het rotorvlak.*

#### Ijsdetectie

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

Op basis van bovenstaande teksten kan worden opgemaakt dat wanneer de windturbines over of direct naast een (vaar)weg gelegen zijn de risico's gemitigeerd dienen te worden door naast de ijsdetectie ook een positie in te stellen zodat de windturbines bij ijsdetectie een zo groot mogelijke afstand tot de weg aannemen.

Uit bovenstaande paragrafen blijkt dat de afstand tot de dichtstbijzijnde weg ongeveer 7 meter is terwijl de afstand tot de dichtstbijzijnde vaarweg 66 meter. Hierdoor is het advies om de windturbines parallel aan de weg en de vaarweg te positioneren zodat het risico van ijsafworp geminimaliseerd wordt.

## Hoofdstuk 6 Conclusie

## 6.1 (beperkt) Kwetsbare objecten

---

Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied voor de alternatieven 120/120 en 140/140 meerdere (geprojecteerde) aandachtspunten.

Voor alternatief 120/120 geldt dat er zich één beperkt kwetsbaar object (ligplaats) bevindt binnen de  $10^{-5}$ -risicocontour. Om te voldoen aan het Activiteitenbesluit moet de windturbine worden verplaatst zodat de  $10^{-5}$ -contour niet over het object valt.

Voor alternatief 140/140 geldt dat er zich twee beperkt kwetsbare objecten (ligplaatsen) bevinden binnen de  $10^{-5}$ -risicocontour. Om te voldoen aan het Activiteitenbesluit moet de windturbine worden verplaatst zodat de  $10^{-5}$ -contour niet over de objecten valt.

Bij de referentiesituatie, alternatief 100/100 en het voorkeursalternatief geldt dat er zich geen (beperkt) kwetsbare objecten bevinden binnen de  $10^{-5}$  en  $10^{-6}$ -risicocontour. Voor deze opstelling wordt er voldaan aan de veiligheidseisen uit het Activiteitenbesluit.

## 6.2 Risicovolle installaties

---

Indien de windturbines niet substantieel bijdragen aan een hoger risico van 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 toetsten 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 overschrijdt dan is plaatsing van de windturbine uit oogpunt van risicobeoordeling toegestaan. Als uitgangspunt voor deze richtwaarde wordt volgens het Handboek Risicozonering Windturbines<sup>23</sup> 10% gehanteerd.

Paragraaf 4.2.6. bevat de vergelijking van de trefkans van de windturbines met de intrinsieke faalkans van de installaties. De resultaten laten zien dat bij voor alle alternatieven, de referentiesituatie en het voorkeursalternatief geldt dat het afhankelijk is van welke schepen er afmeren of het risico met meer of minder dan 10% toeneemt.

Voor boord-boordopslag geldt dat de risicotename onder de 10% blijft. Hierdoor hoeft er geen aanvullende kwantitatieve risicoanalyse worden uitgevoerd.

---

<sup>23</sup> Handboek Risicozonering Windturbines, 2014

### 6.3 Buisleidingen

---

Op basis van de berekeningen in paragraaf 4.3 blijkt dat alle drie de MER-alternatieven, de referentiesituatie en het voorkeursalternatief resulteren in een faalkansverhoging van alle vier de leidingen. De faalkansverhoging van alle vier de leidingen overschrijdt voor alle alternatieven de richtwaarde van 10%.

Voor het Voorkeursalternatief is de faalkansverhoging voor alle leidingen boven de richtwaarde van 10%. Hierdoor dient er een QRA te worden opgesteld voor de buisleidingen waarbij de risicotoename van de windturbines is verwerkt. Wanneer hieruit blijkt dat de risico's naar de omgeving acceptabel zijn dan is er geen belemmering voor de plaatsing van de windturbines.

Er dient een QRA te worden opgesteld voor de buisleidingen. Wanneer hieruit blijkt dat de risico's (inclusief de trefkans windturbine) naar omgeving acceptabel zijn dan is er geen belemmering voor de plaatsing van de windturbines.

### 6.4 Hoogspanningsinfrastructuur

---

Voor de referentiesituatie en alternatief 100/100 geldt dat de hoogspanningsinfrastructuur van TenneT zich bevindt buiten de werpafstand bij nominaal toerental of tiphoogte. Hiermee wordt er voldaan aan de adviesafstand van TenneT.

Voor alternatief 120/120, alternatief 140/140 en het voorkeursalternatief wordt er niet voldaan aan de adviesafstand. Voor het Voorkeursalternatief wordt in overleg getreden met TenneT.

### 6.5 Waterkering

---

Voor de waterkering is getoetst of er windturbines bevinden binnen de kernzone of beschermingszone van de waterkering. Dit is het geval voor alle windturbines. In een separate memo is voor het Voorkeursalternatief de daadwerkelijk trefkans berekend van de windturbines op de waterkering. Rijkswaterstaat zal deze trefkans op een primaire waterkering beoordelen in het kader van de watervergunningaanvraag.

## 6.6 Infrastructuur

### 6.6.1 Wegen

Voor de drie alternatieven, de referentiesituatie en het Voorkeursalternatief geldt dat er overdraai plaatsvindt over een (openbare) weg. Voor het VKA is het individuele passanten risico en het maatschappelijk risico berekend.

De trefkans als gevolg van een falende windturbine is:

|                             | Trefkans passant      |
|-----------------------------|-----------------------|
| Inrichting Repowering deel  | $8,90 \cdot 10^{-12}$ |
| Inrichting uitbreidingsdeel | $1,98 \cdot 10^{-12}$ |
| Gezamenlijk                 | $1,09 \cdot 10^{-11}$ |

Om te onderzoeken of er aan het IPR en MR wordt voldaan, wordt in onderstaand tabel gekeken hoeveel passages er nodig zijn om het IPR te overschrijven (per jaar en per dag) en hoeveel passanten er per jaar de windturbines moeten passeren om het MR te overschrijven.

| Alternatief                 | Trefkans passant (IPR) | Passages per jaar (IPR) | Passages per dag (IPR) | Aantal passanten (MR) |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| Inrichting Repowering deel  | $8,90 \cdot 10^{-12}$  | 112.359                 | 307                    | 224.719.101           |
| Inrichting uitbreidingsdeel | $1,98 \cdot 10^{-12}$  | 505.050                 | 1383                   | 1.010.101.010         |
| Gezamenlijk                 | $1,09 \cdot 10^{-11}$  | 91.743                  | 251                    | 183.486.238           |

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

### 6.6.2 Vaarwegen

Voor alle alternatieven, de referentiesituatie en het voorkeursalternatief geldt dat er niet wordt voldaan aan de 'nieuwe' adviesafstand van Rijkswaterstaat (wiel-lengte + 30 meter).

Voor het Voorkeursalternatief is de risicotoename berekend. Hieruit blijkt dat voor de CEMT klassen 4 en 5 de risicotoename hoger is dan 10%. Hierdoor moet in overleg met het bevoegd gezag bepaalt worden of de plaatsing van windturbines niet tot belemmeringen leiden.

Tevens is voor het VKA het individuele passanten risico en het maatschappelijk risico berekend.

De trefkans als gevolg van een falende windturbine is:

|                             | Trefkans passant      |
|-----------------------------|-----------------------|
| Inrichting Repowering deel  | $2,82 \cdot 10^{-11}$ |
| Inrichting uitbreidingsdeel | $6,27 \cdot 10^{-12}$ |
| Gezamenlijk                 | $3,45 \cdot 10^{-11}$ |

Om te onderzoeken of er aan het IPR en MR wordt voldaan, wordt in onderstaand tabel gekeken hoeveel passages er nodig zijn om het IPR te overschrijven (per jaar en per dag) en hoeveel passanten er per jaar de windturbines moeten passeren om het MR te overschrijden.

|                             | Trefkans passant (IPR) | Passages per jaar (IPR) | Passages per dag (IPR) | Aantal passanten (MR) |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| Inrichting Repowering deel  | $2,82 \cdot 10^{-11}$  | 35.442                  | 97                     | 70.884.281            |
| Inrichting uitbreidingsdeel | $6,27 \cdot 10^{-12}$  | 159.486                 | 436                    | 318.979.255           |
| Gezamenlijk                 | $3,45 \cdot 10^{-11}$  | 28.998                  | 79                     | 57.996.230            |

Gelet op de aard van de vaarweg is het niet realistisch dat het IPR en MR wordt overschreden.

### 6.6.3 Ijsafworp

Voor het voorkeursalternatief geldt dat de afstand tot de dichtstbijzijnde weg ongeveer 7 meter is terwijl de afstand tot de dichtstbijzijnde vaarweg 66 meter is. Om de risico's te minimaliseren is het advies om de windturbines parallel aan de weg en de vaarweg te positioneren zodat het risico van ijsafworp geminimaliseerd wordt.

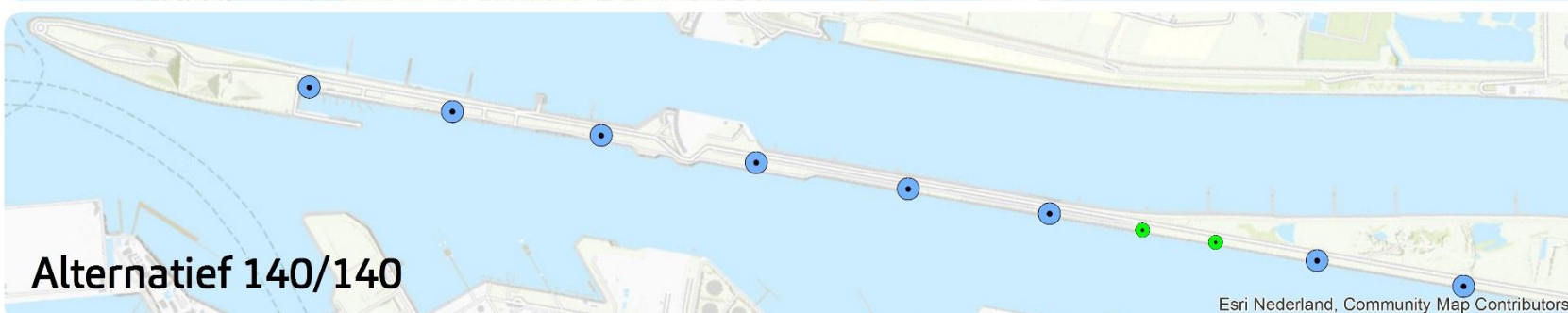
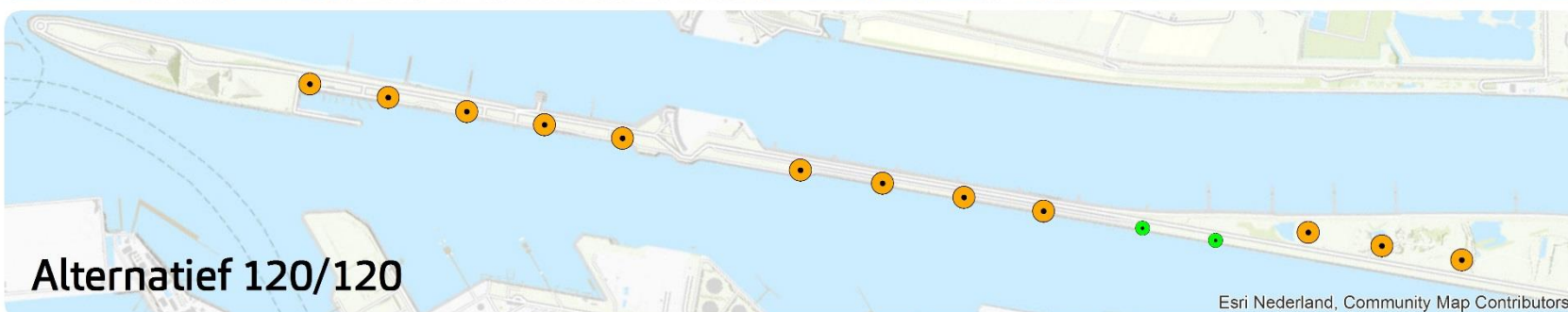
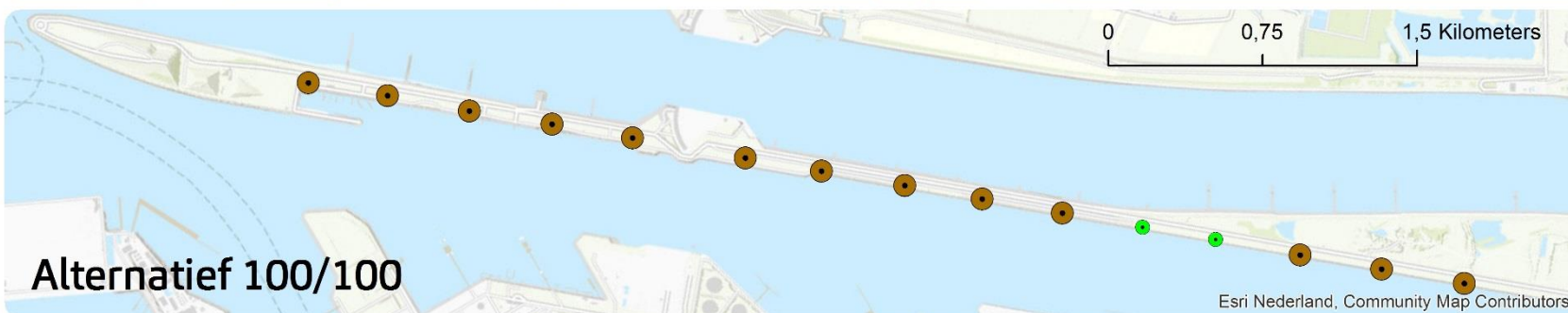
## Hoofdstuk 7 Bijlagen

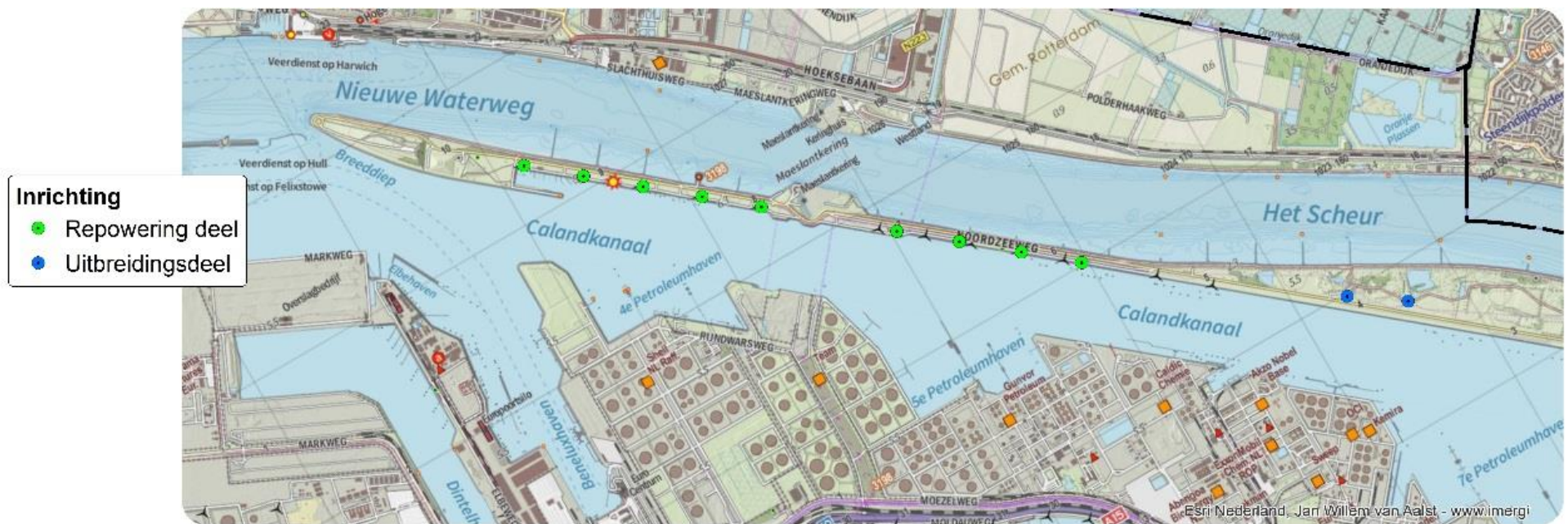
# Bijlage A    Inrichtingsalternatieven

---

In onderstaande figuren worden de alternatieven en het voorkeursalternatief weer-  
gegeven. Tevens is een tabel opgenomen met de coördinaten.







| Alternatief | X        | Y        |
|-------------|----------|----------|
| 120         | 69180,7  | 442335,4 |
| 120         | 69477,9  | 442088   |
| 120         | 69773,3  | 441838,4 |
| 120         | 70068,8  | 441594,3 |
| 120         | 70364,5  | 441347,7 |
| 120         | 71036,9  | 440780   |
| 120         | 71351,03 | 440523,7 |
| 120         | 71659,9  | 440266,8 |
| 120         | 71961    | 440015,3 |
| 120         | 73025,26 | 439281,1 |
| 120         | 73302,19 | 439045,3 |
| 120         | 73605,49 | 438790,6 |
| 100         | 69174,58 | 442340,4 |
| 100         | 73555,56 | 438682,8 |
| 100         | 73243,35 | 438944,2 |
| 100         | 72934,06 | 439201,6 |
| 100         | 72033,15 | 439957   |
| 100         | 71730,2  | 440211,3 |
| 100         | 71436,78 | 440456,3 |
| 100         | 71120,07 | 440720,3 |
| 100         | 70832,47 | 440961,1 |
| 100         | 70405,69 | 441319,6 |
| 100         | 70099,83 | 441573,4 |
| 100         | 69783,39 | 441831,3 |
| 100         | 69477,27 | 442092,7 |
| 140         | 69175,38 | 442331,1 |
| 140         | 69717,77 | 441881,3 |
| 140         | 70286,63 | 441418,3 |
| 140         | 70873,74 | 440926,9 |
| 140         | 71450,8  | 440445,9 |
| 140         | 71985,26 | 439997,4 |
| 140         | 72997,56 | 439149,2 |
| 140         | 73553,18 | 438684   |
| VKA         | 69180,7  | 442335,4 |
| VKA         | 69477,9  | 442088   |
| VKA         | 69773,3  | 441838,4 |
| VKA         | 70068,8  | 441594,3 |
| VKA         | 70364,5  | 441347,7 |
| VKA         | 71036,9  | 440780   |
| VKA         | 71351,03 | 440523,7 |
| VKA         | 71659,9  | 440266,8 |
| VKA         | 71961    | 440015,3 |
| VKA         | 73323,46 | 438980   |
| VKA         | 73644,63 | 438758,8 |

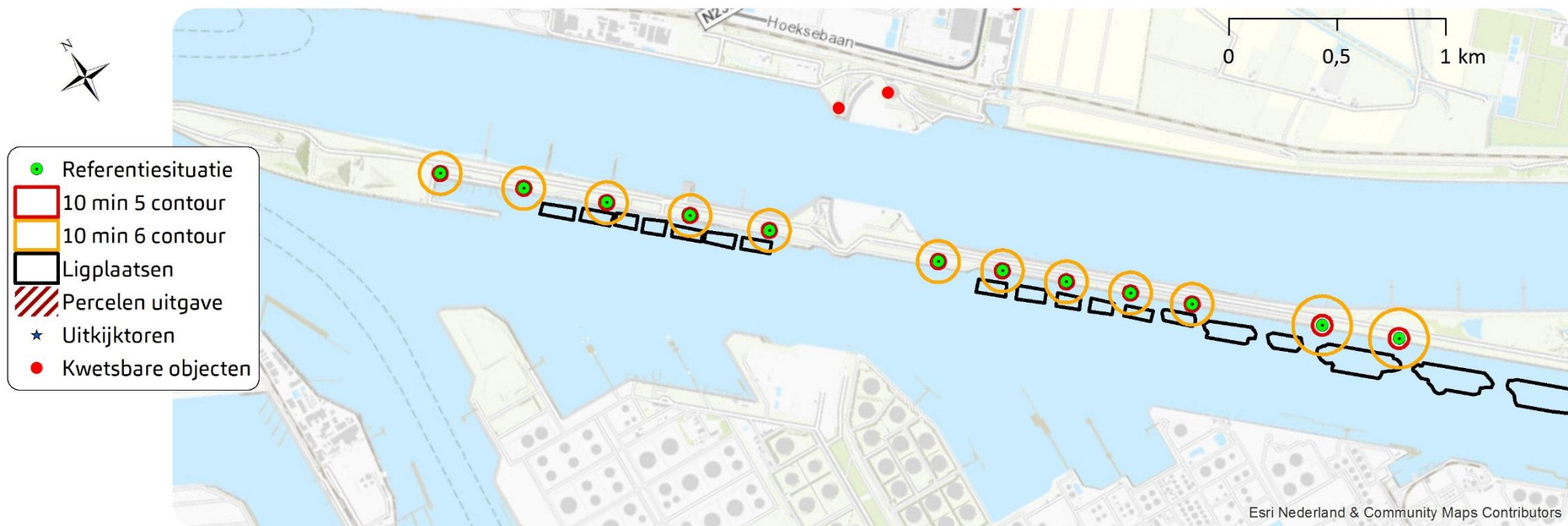
|               |       |        |
|---------------|-------|--------|
| Ref. Sit      | 69158 | 442346 |
| Ref. Sit      | 71867 | 440086 |
| Ref. Sit      | 69458 | 442094 |
| Ref. Sit      | 69757 | 441845 |
| Ref. Sit      | 70061 | 441601 |
| Ref. Sit      | 70344 | 441358 |
| Ref. Sit      | 70949 | 440843 |
| Ref. Sit      | 71184 | 440658 |
| Ref. Sit      | 71415 | 440466 |
| Ref. Sit      | 71646 | 440273 |
| Blijvende WTb | 72616 | 439471 |
| Blijvende WTb | 72339 | 439701 |



## **Bijlage B    Risicocontouren en werpafstanden**

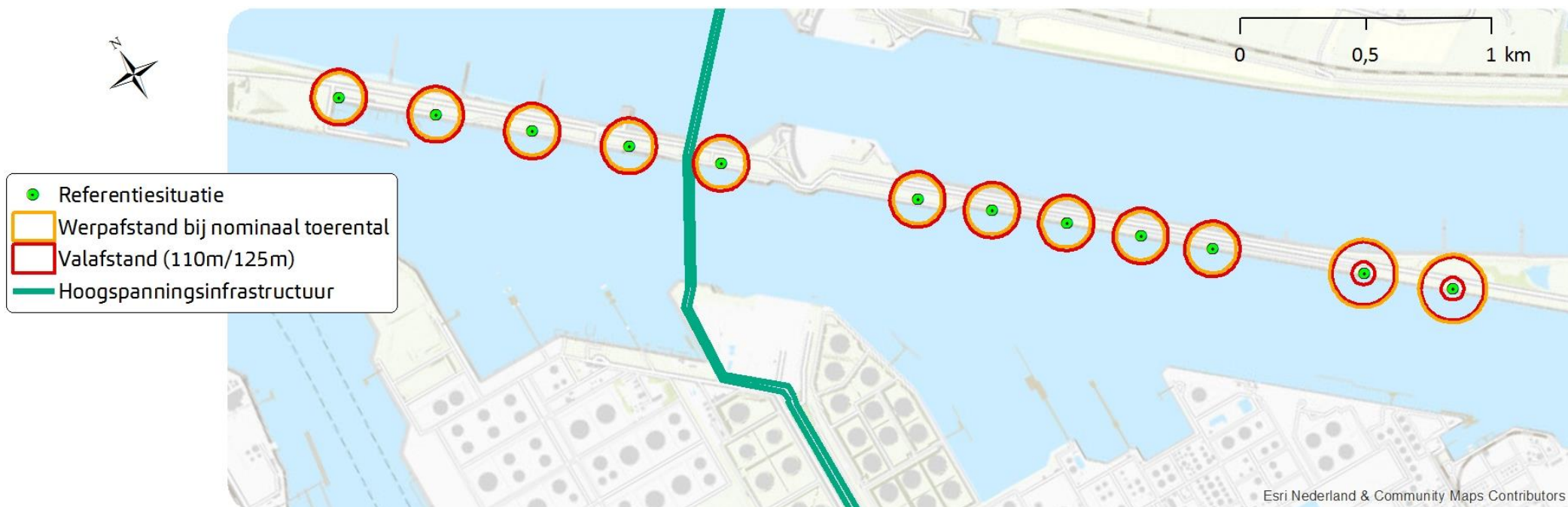
---





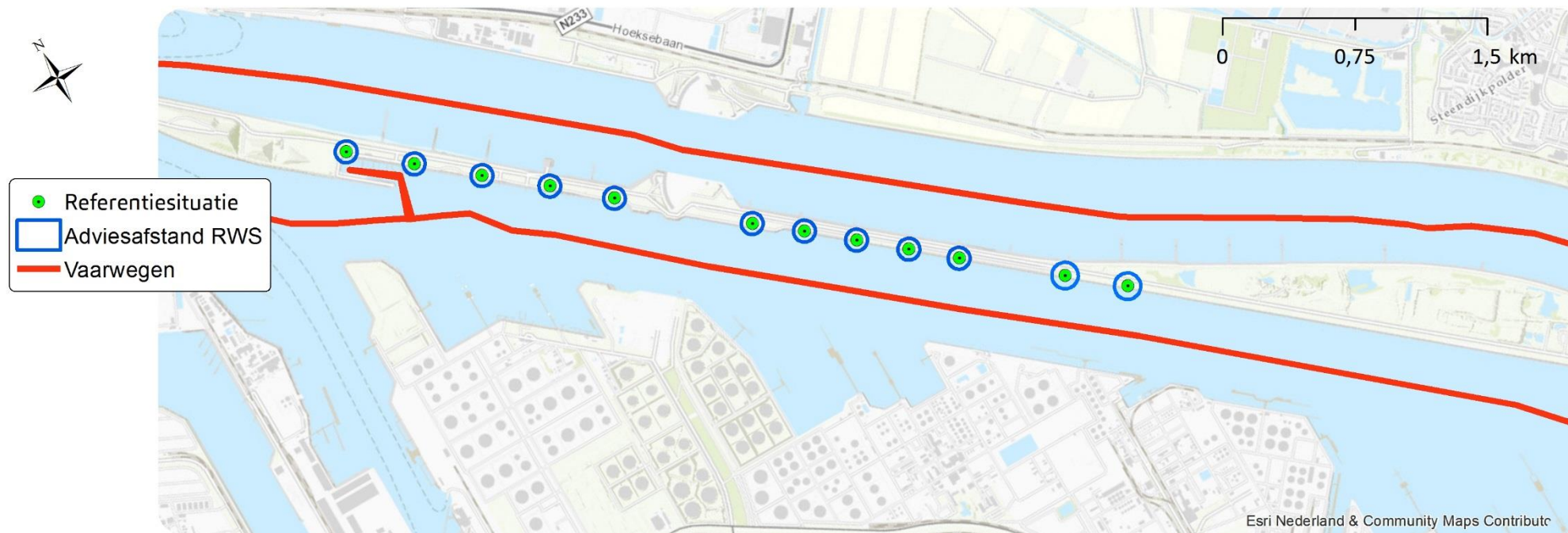


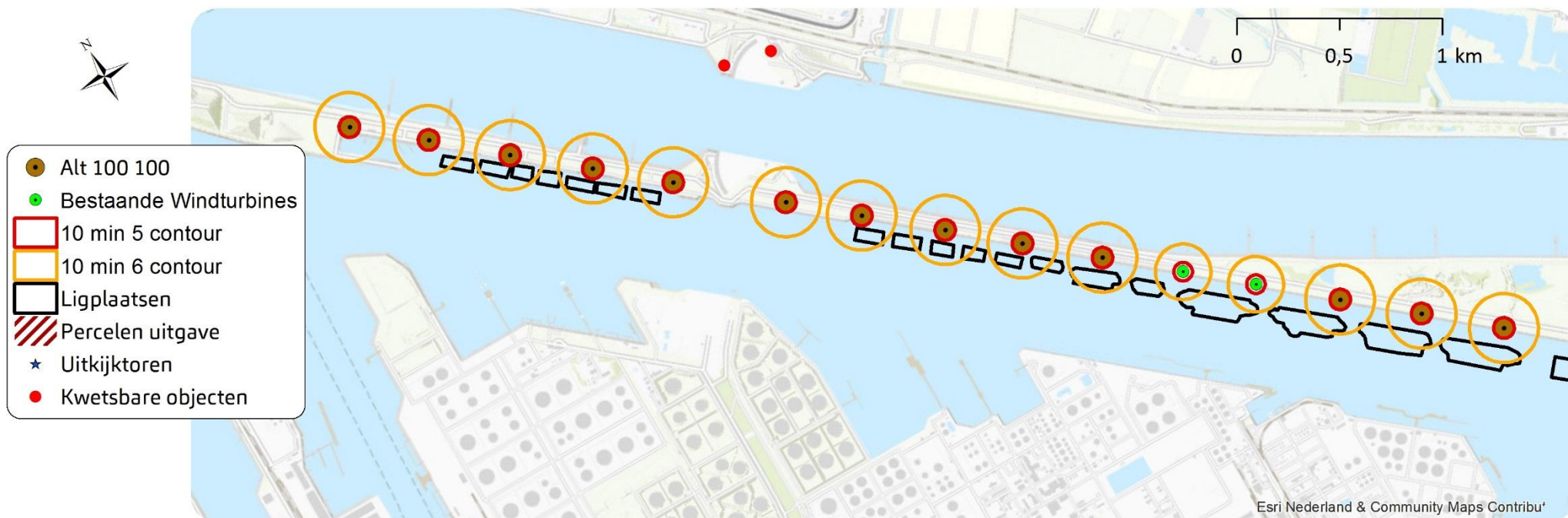


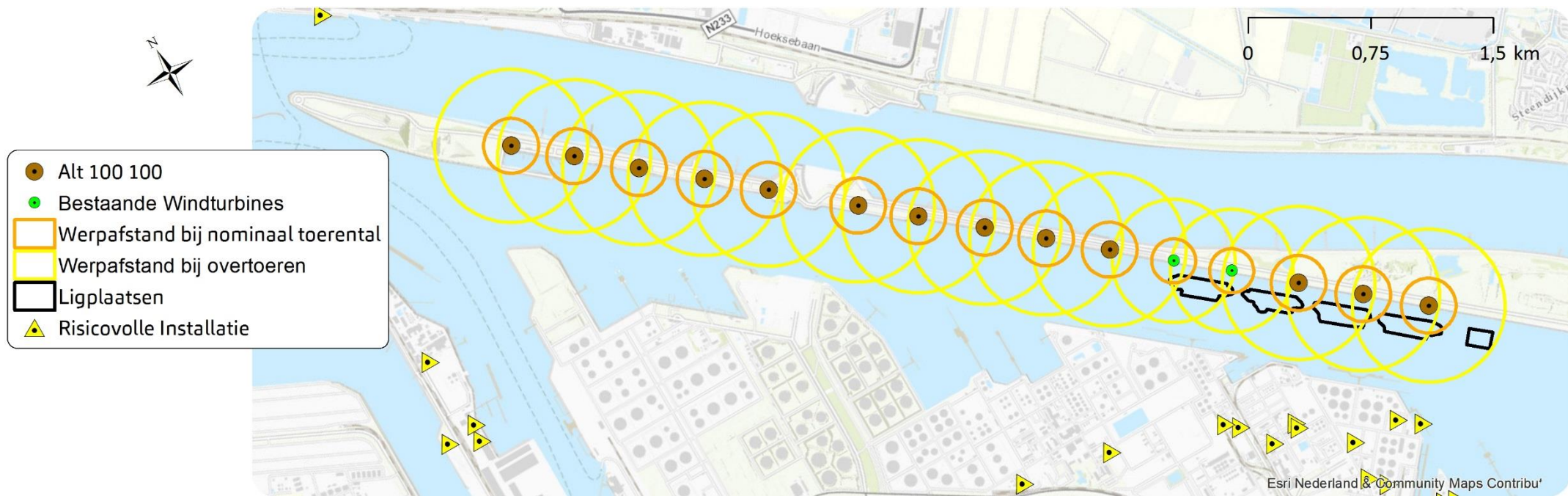


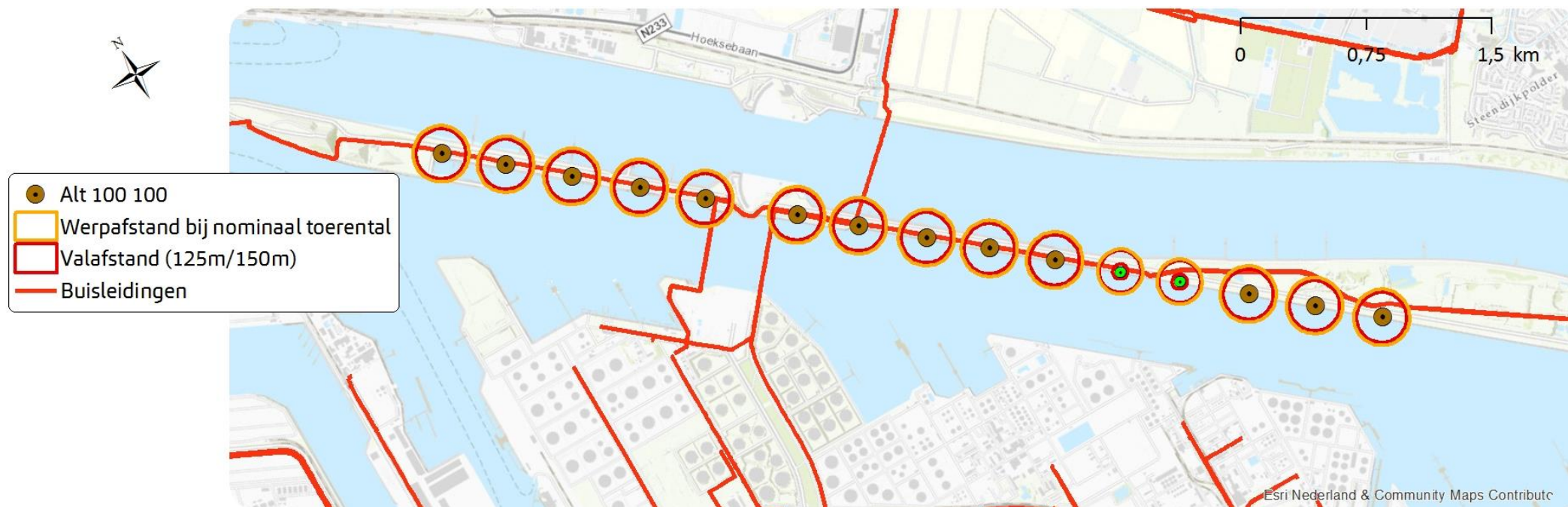


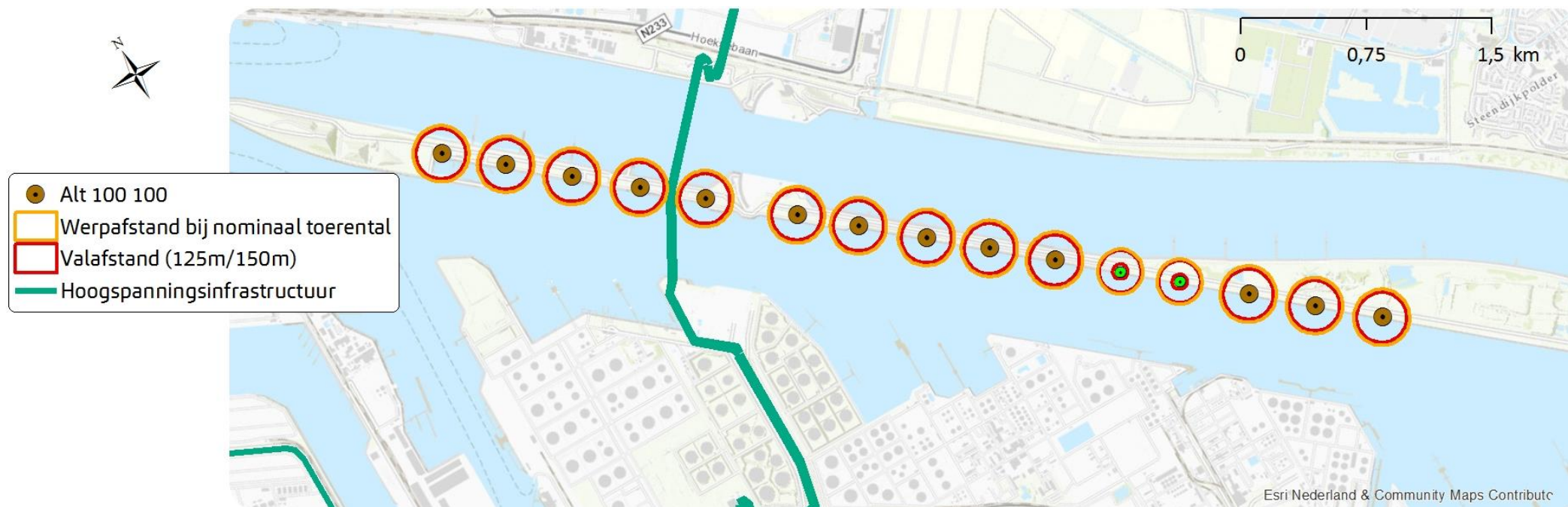


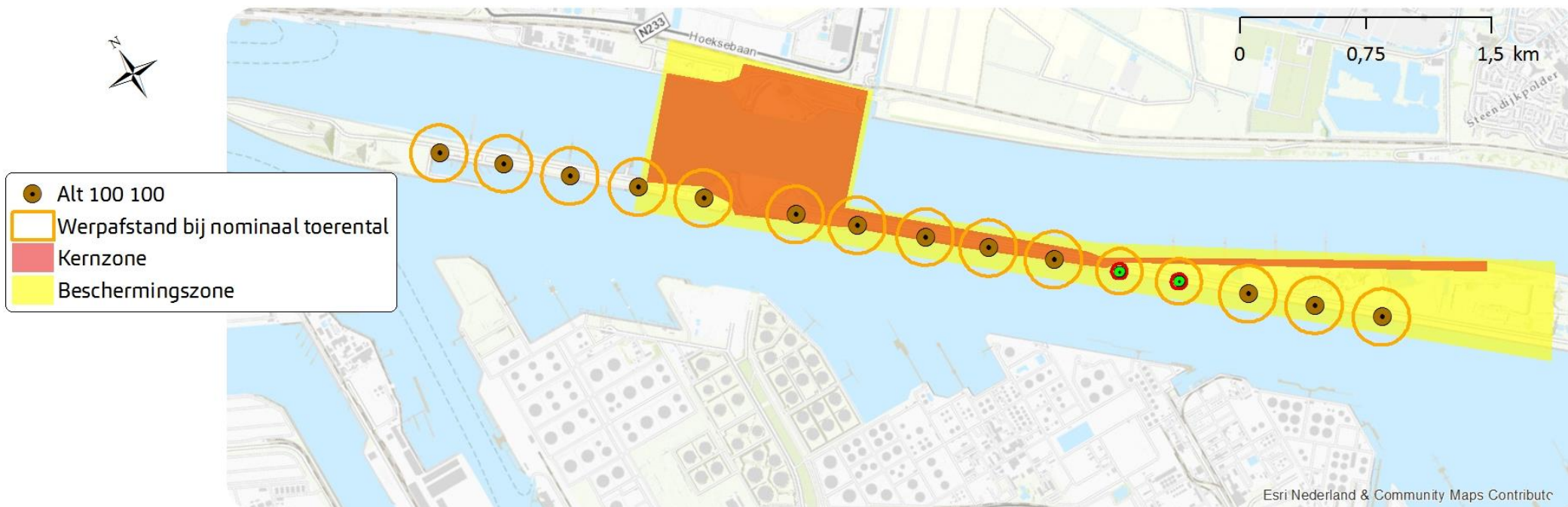






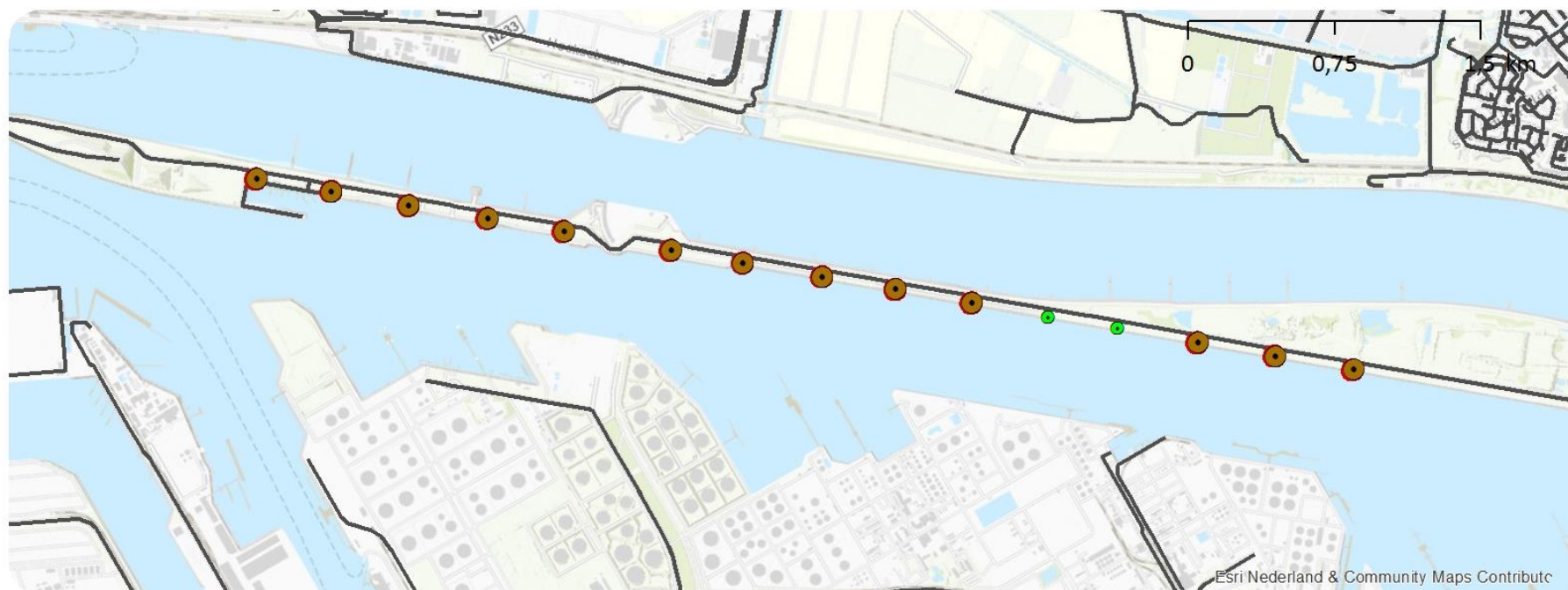


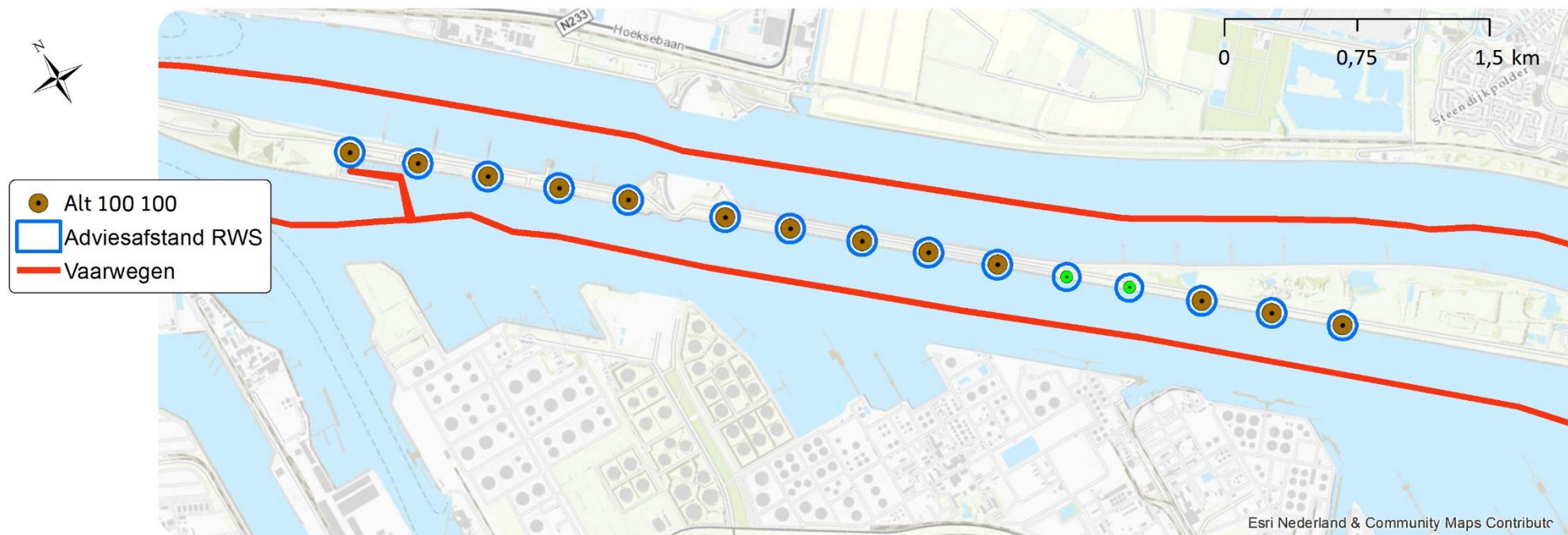


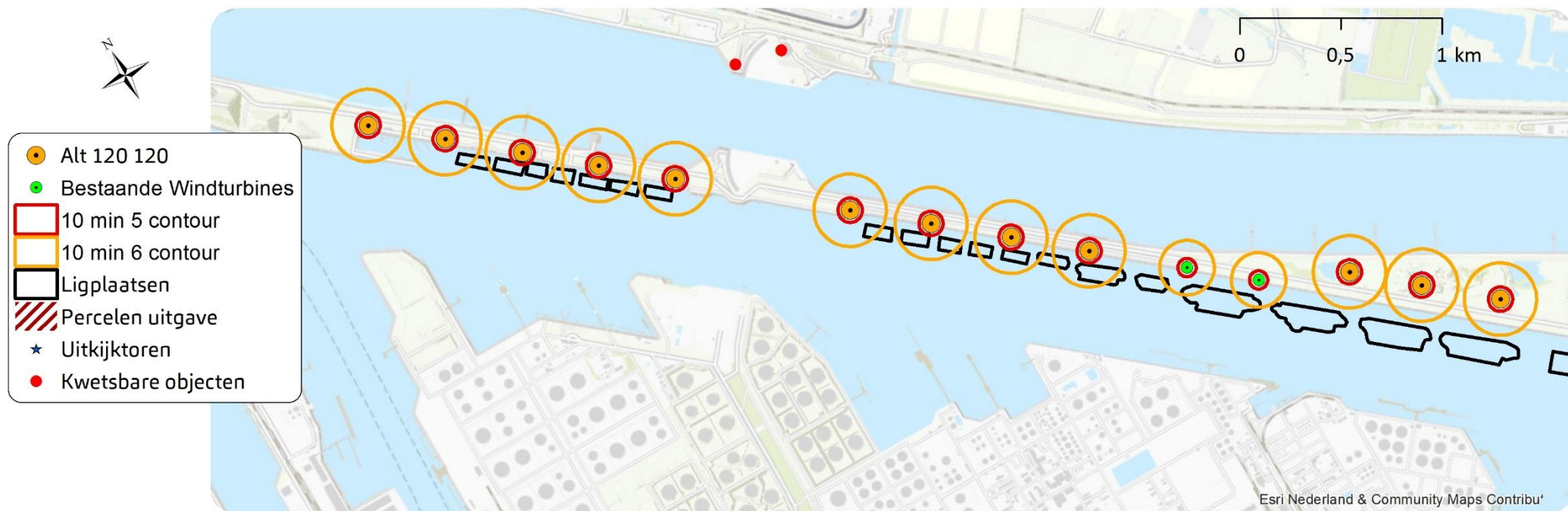


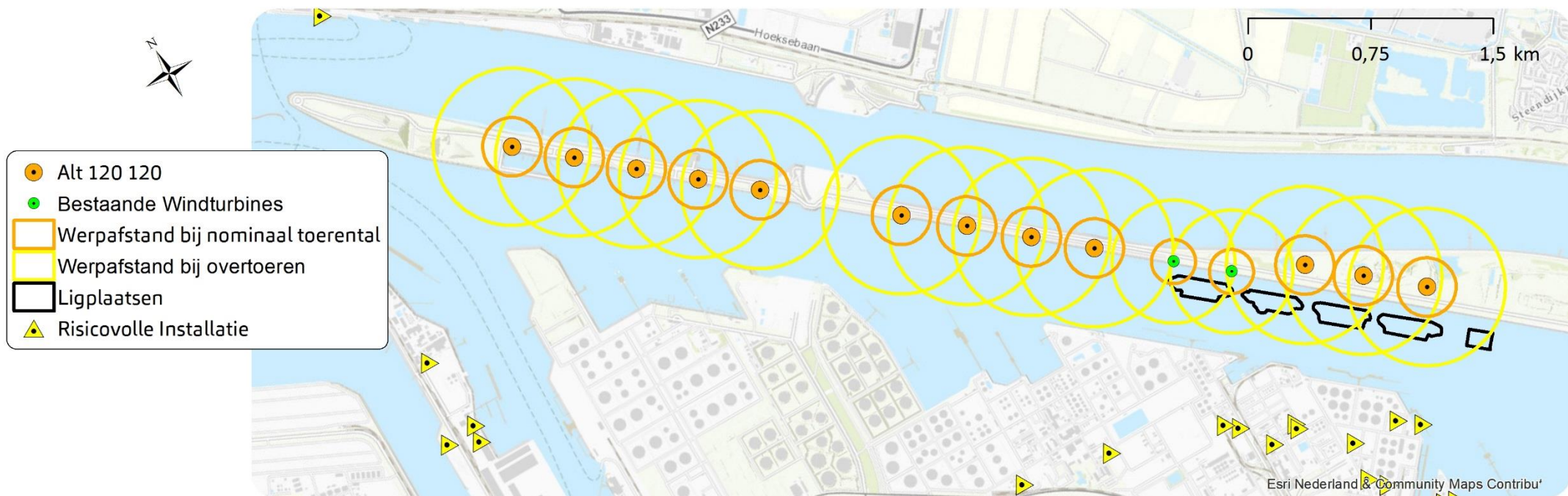


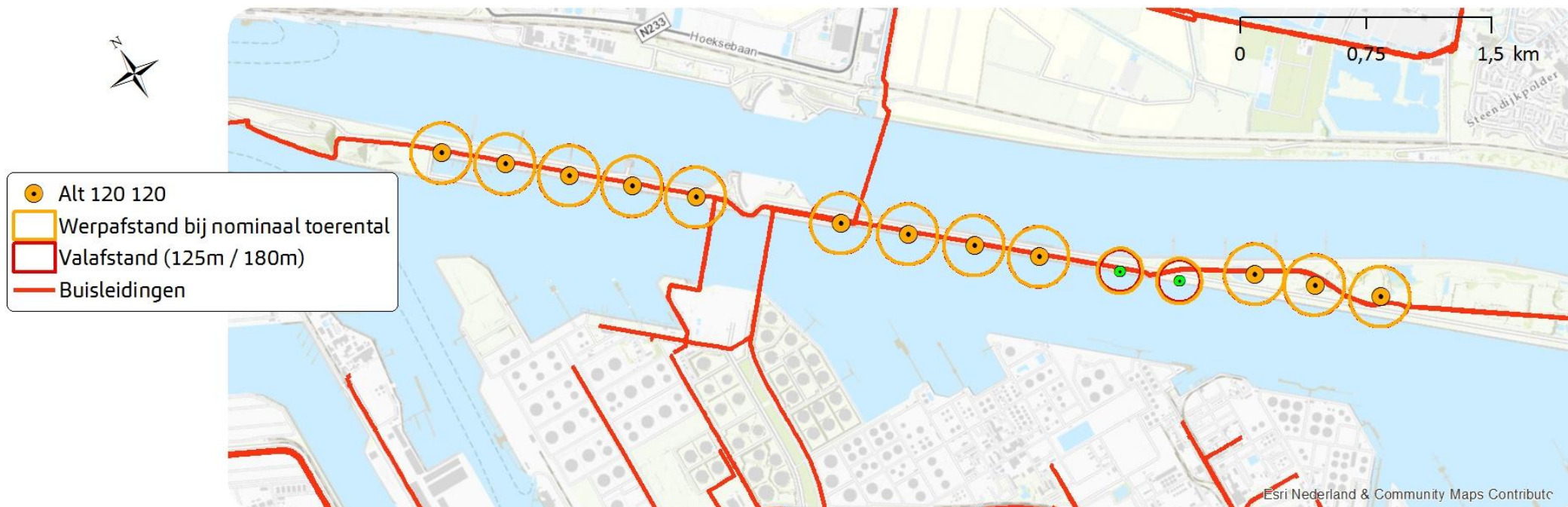
- Alt 100 100
- Wieklengte
- Wegen

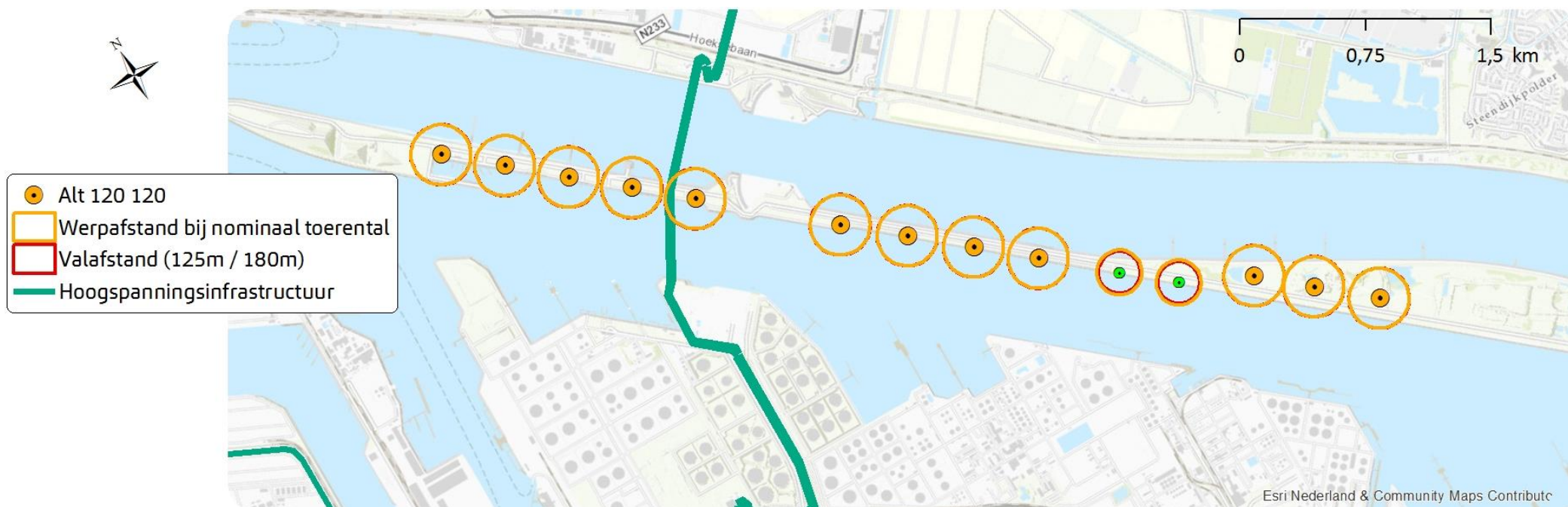


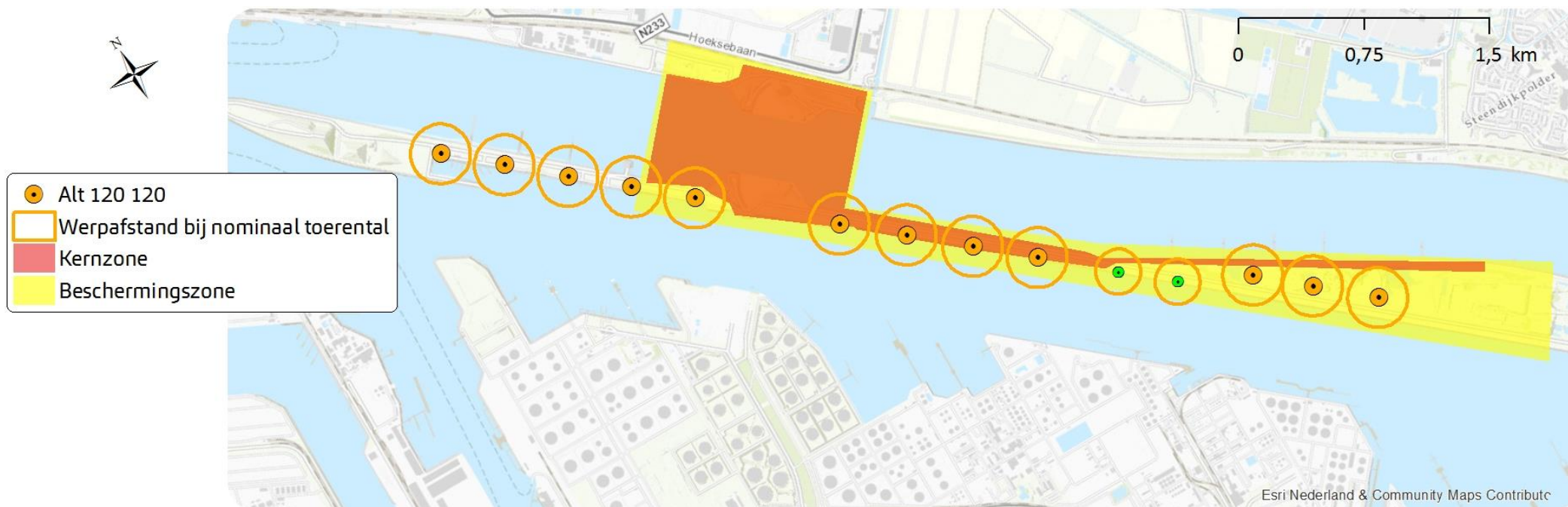


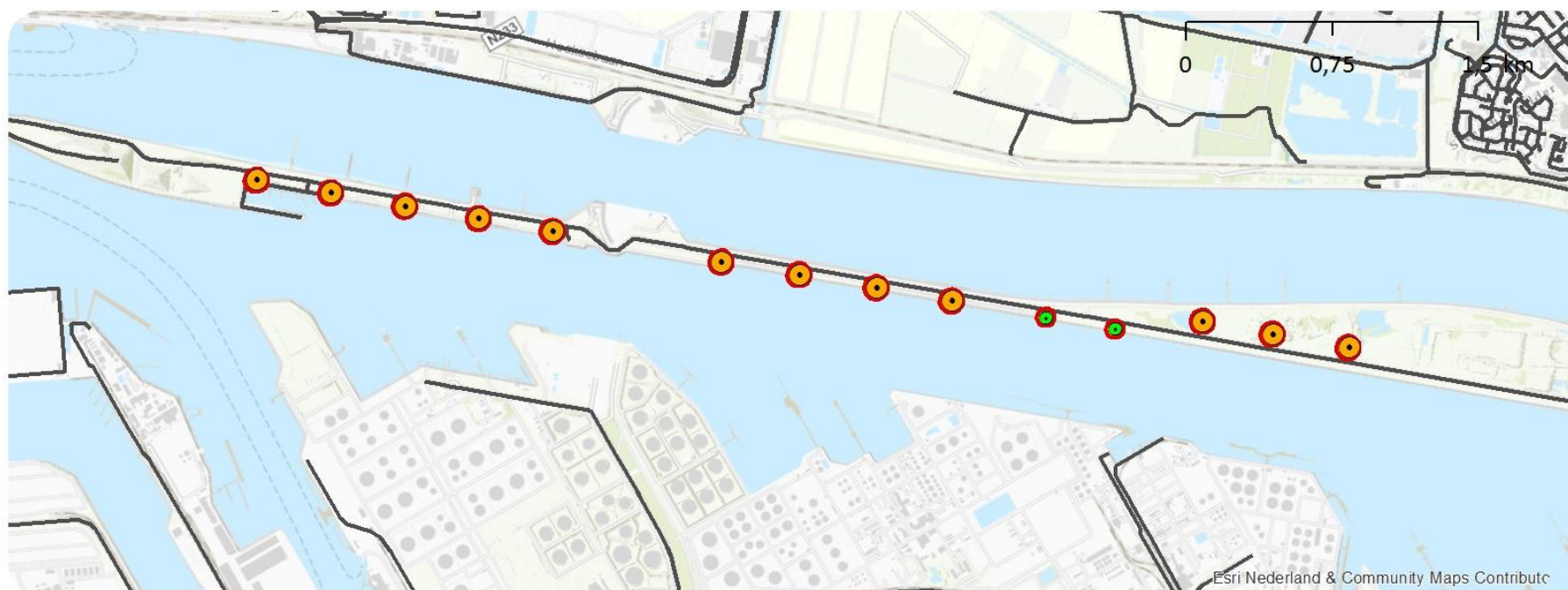


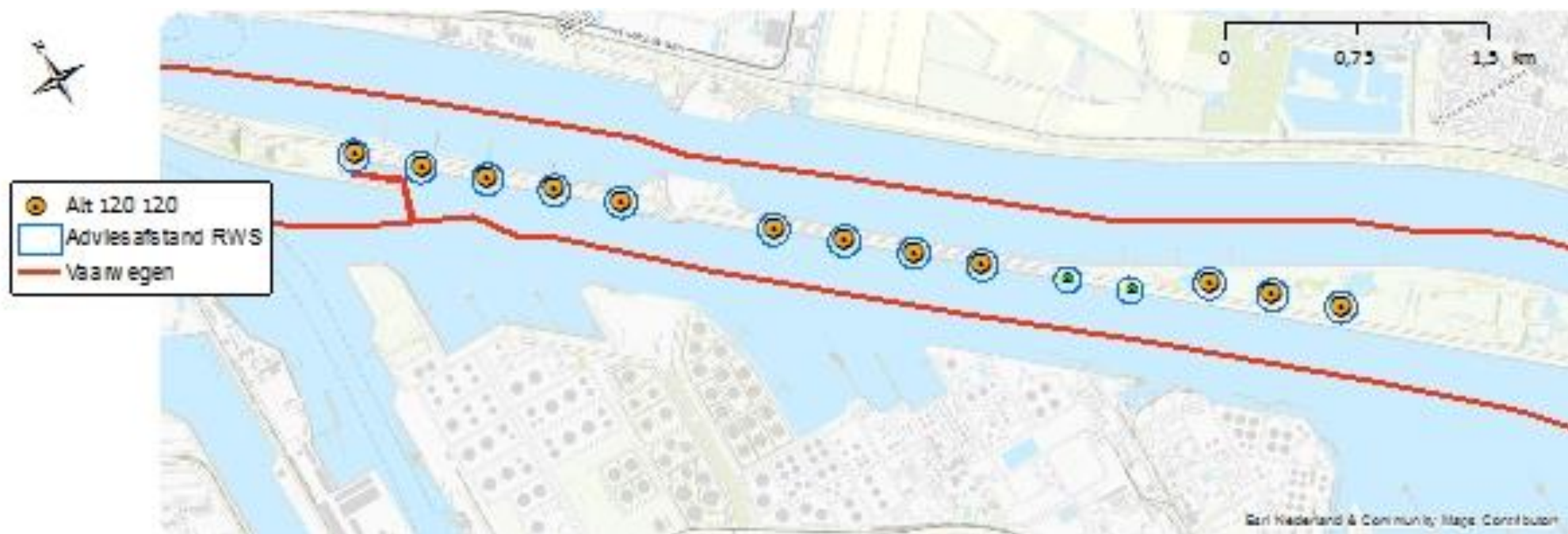


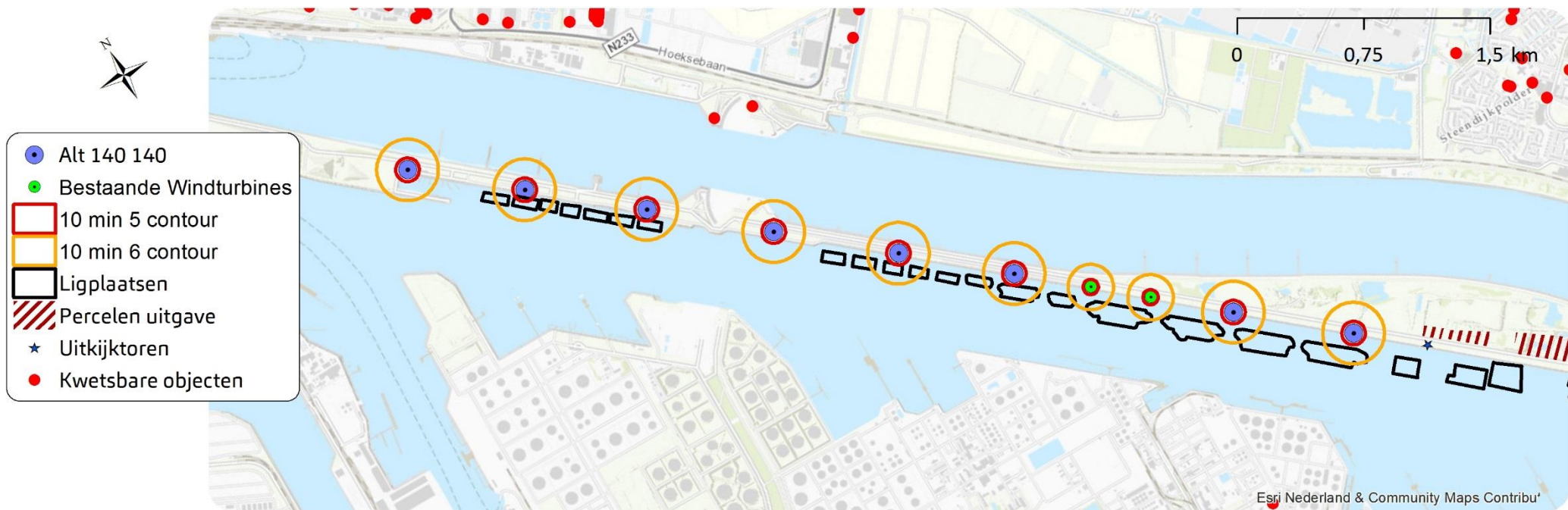


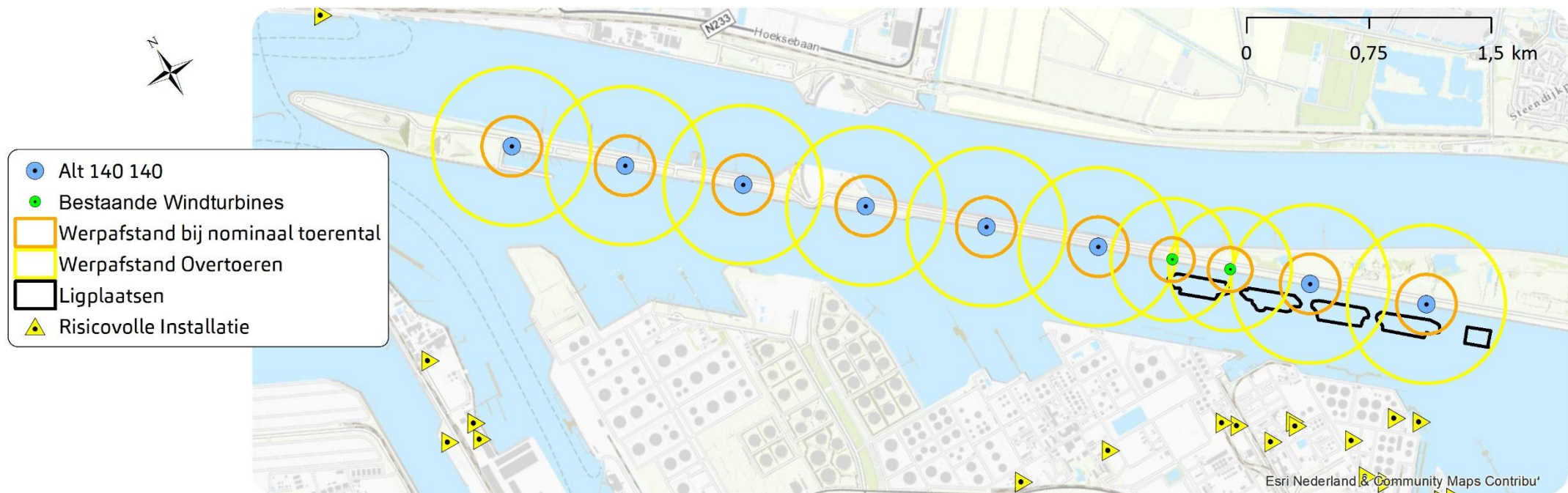


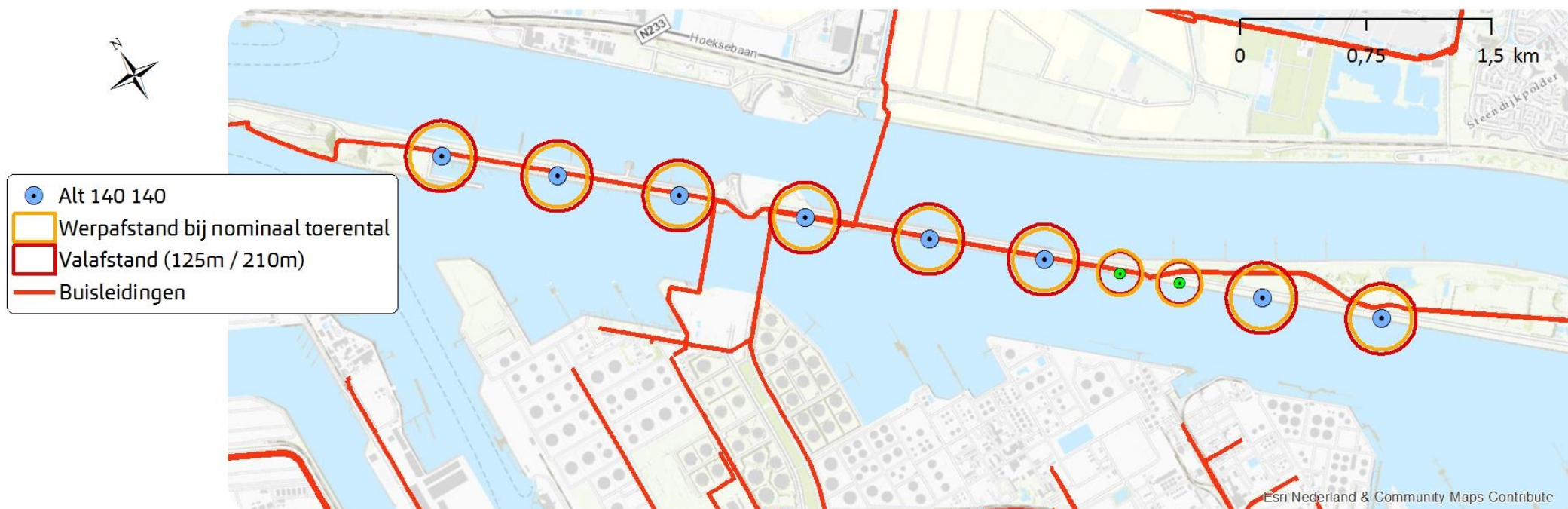


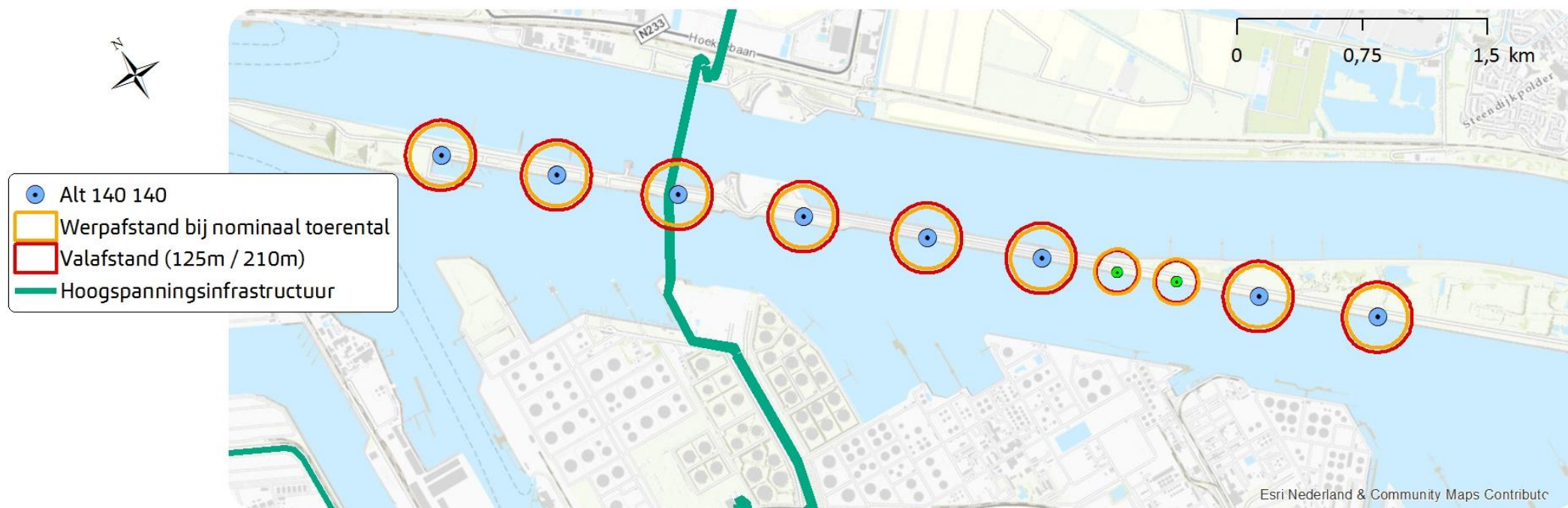


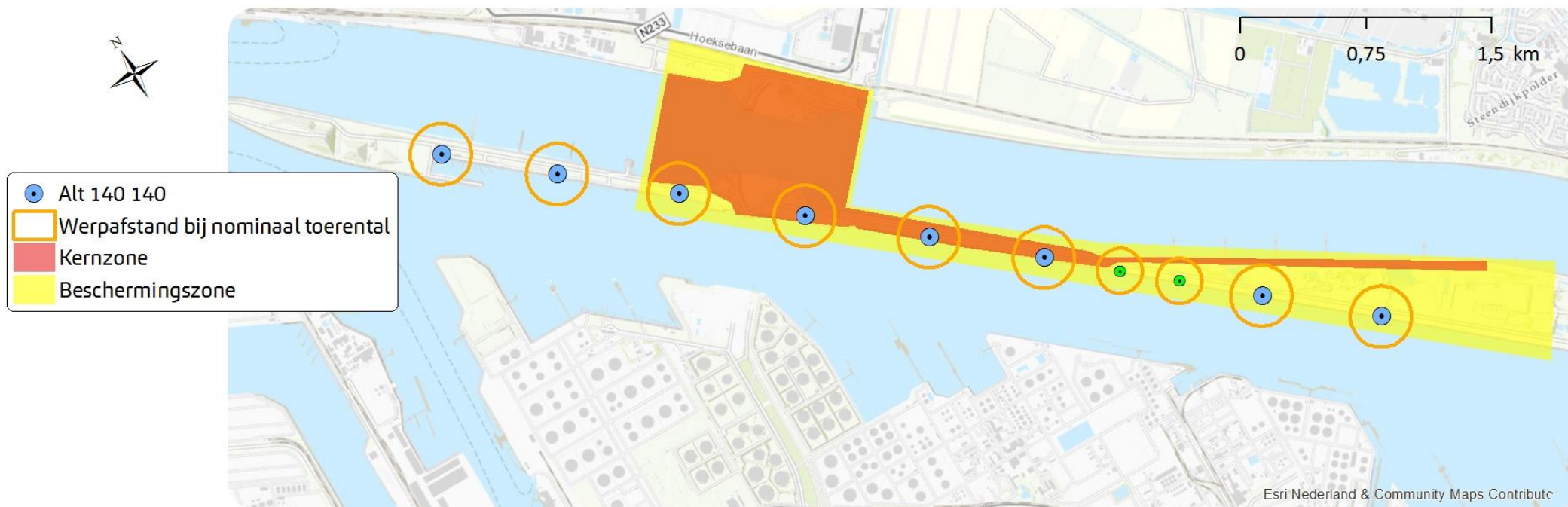






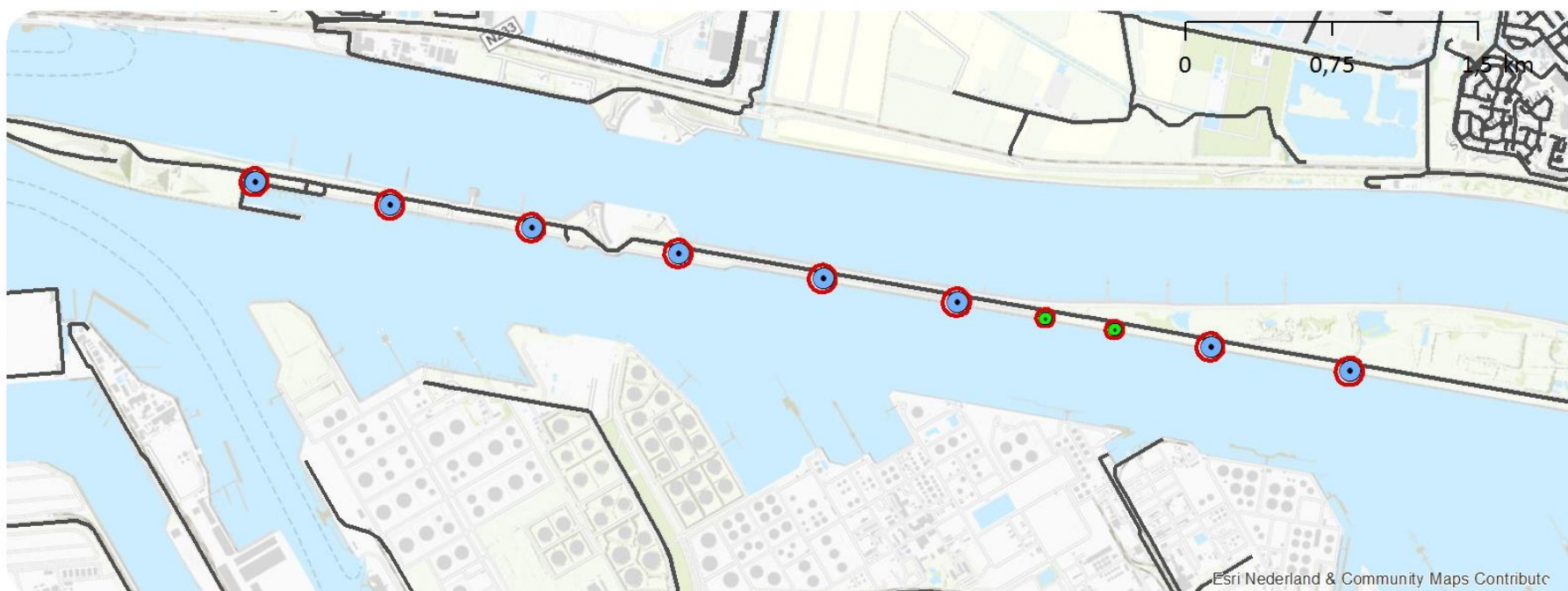


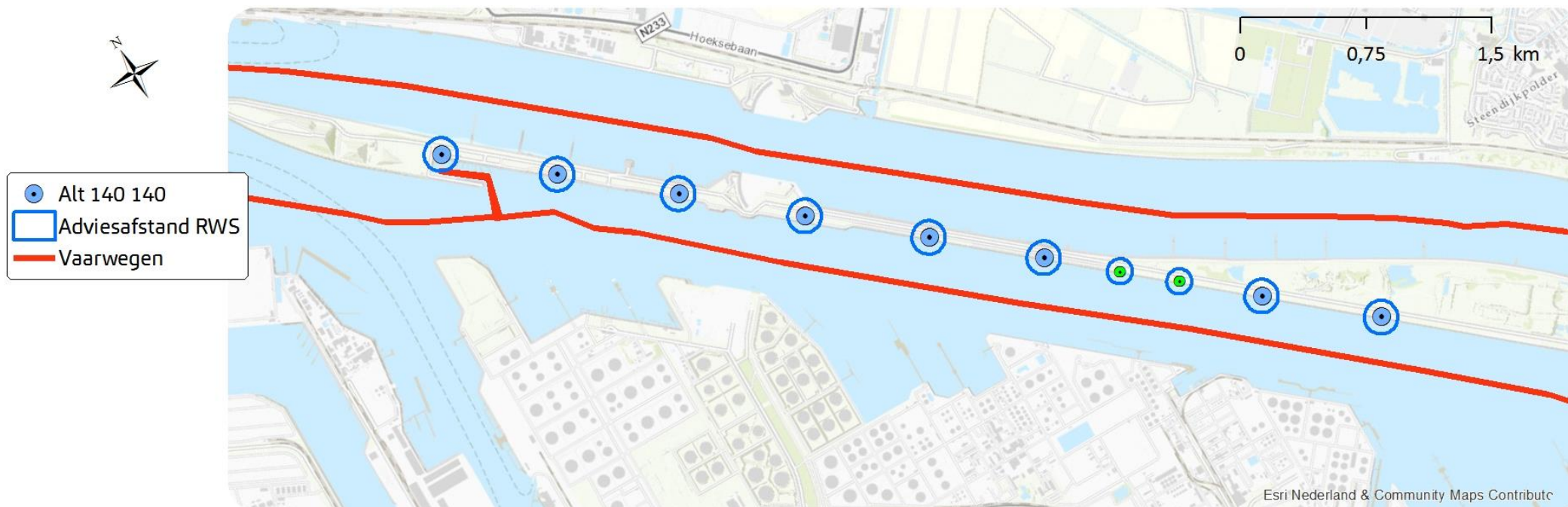




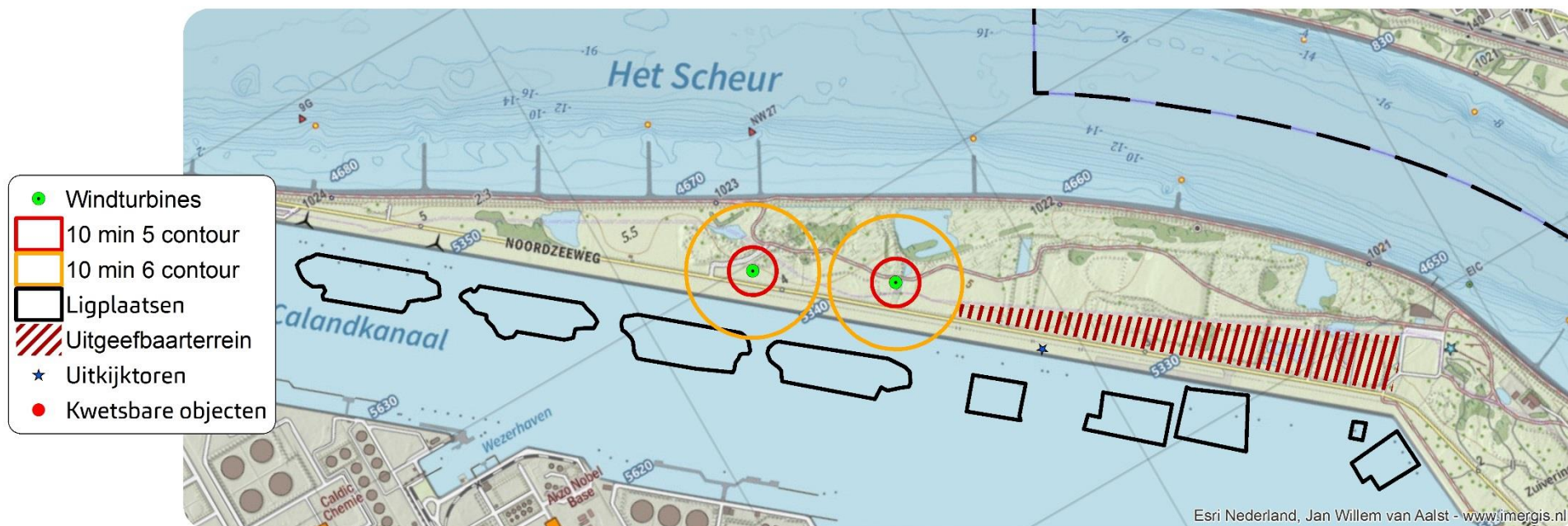


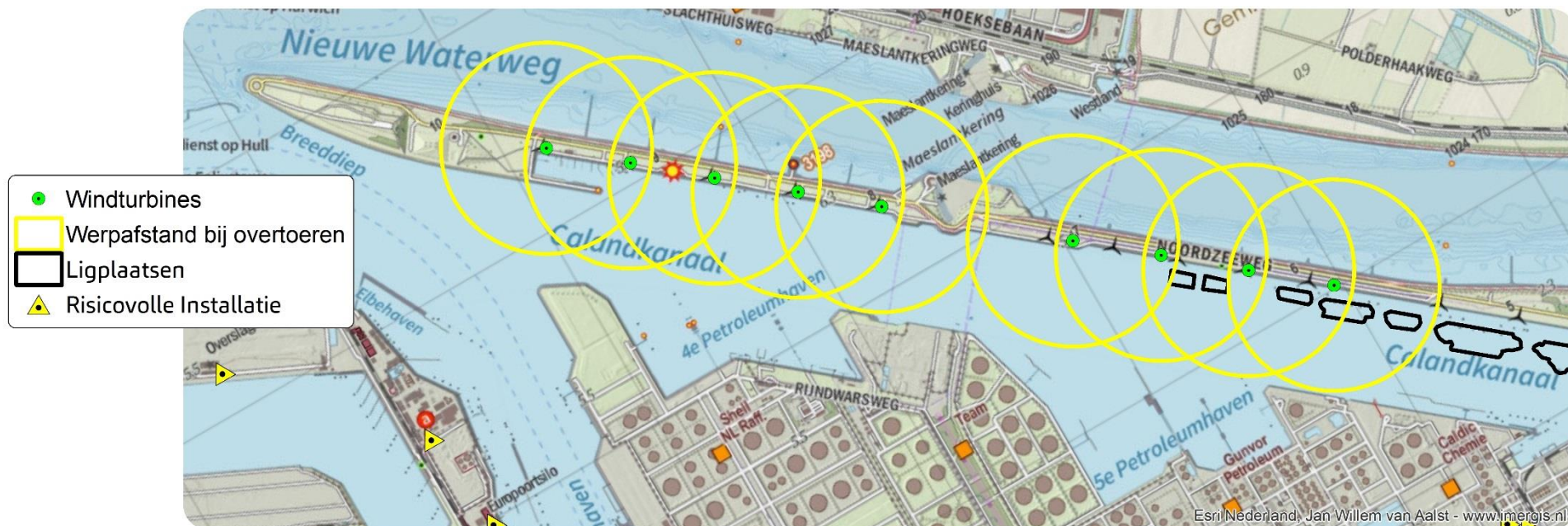
- Alt 140 140
- Wieklengthe
- Wegen



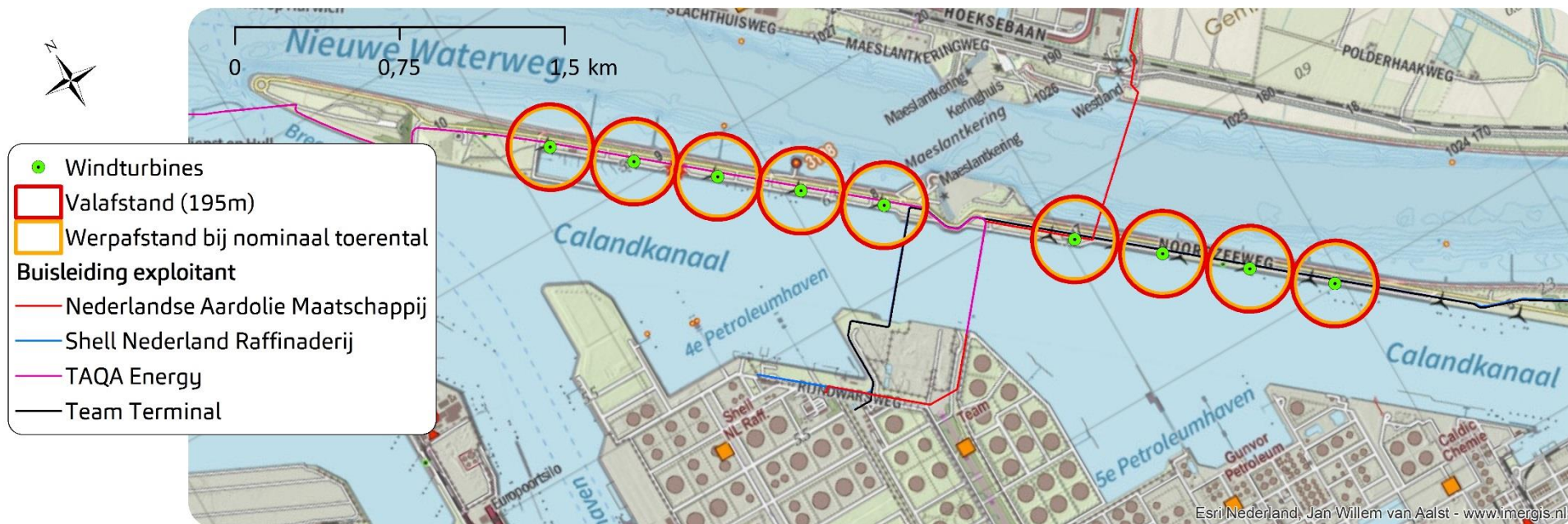


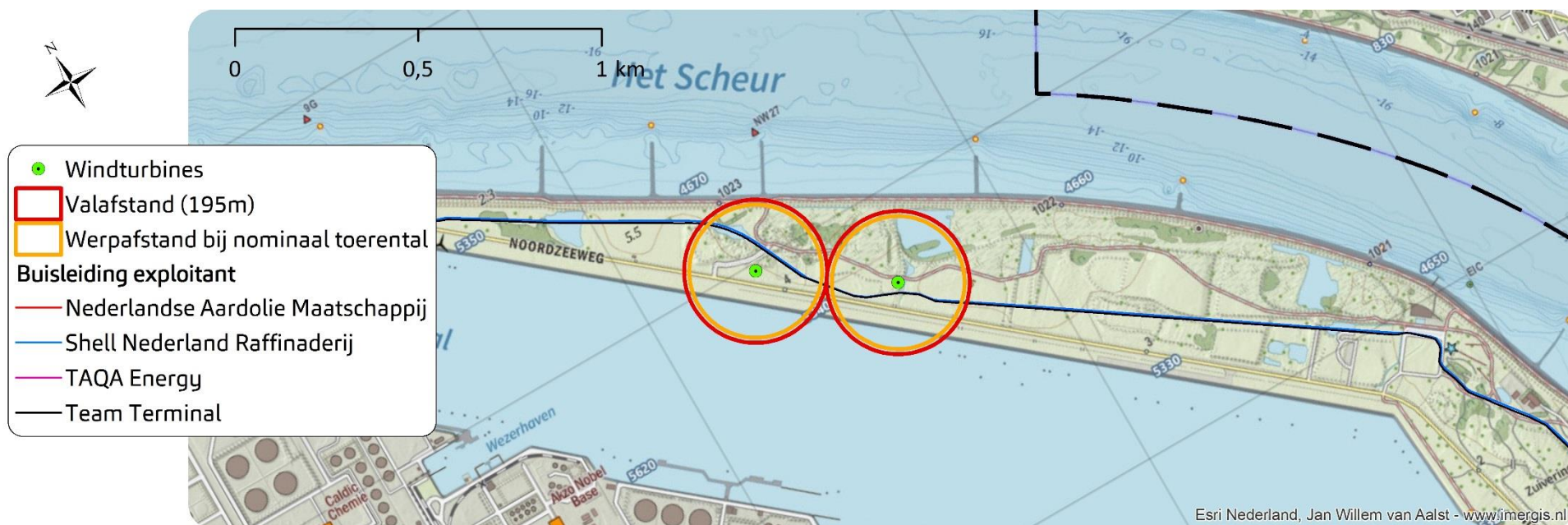


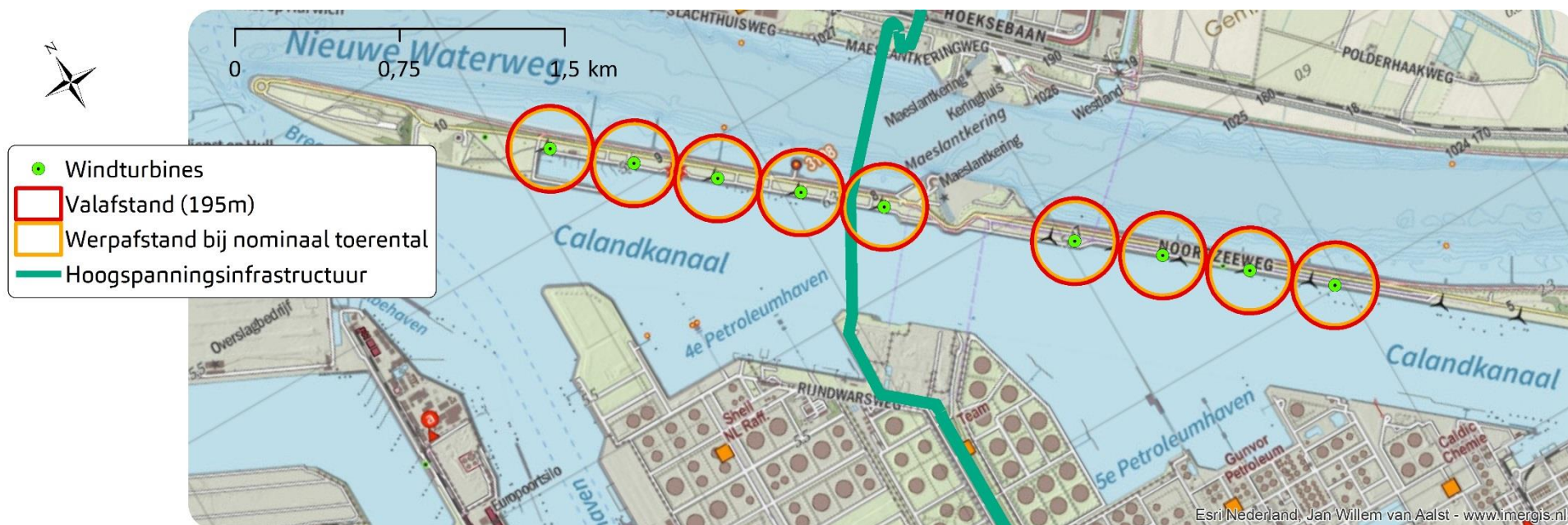


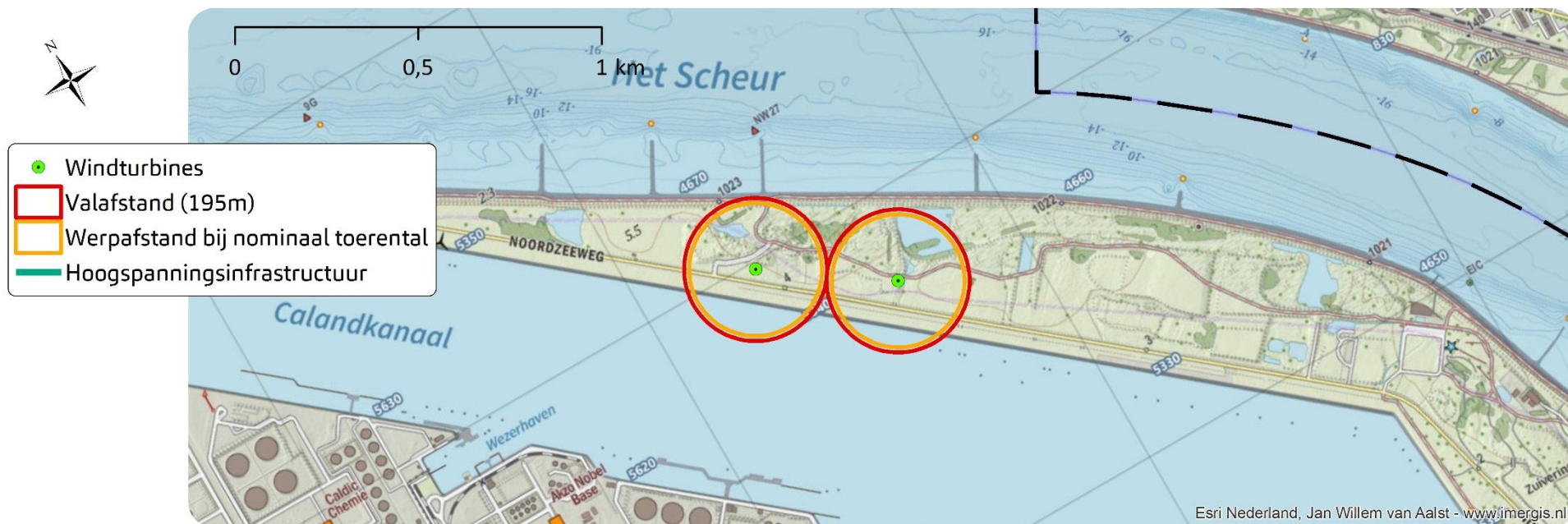








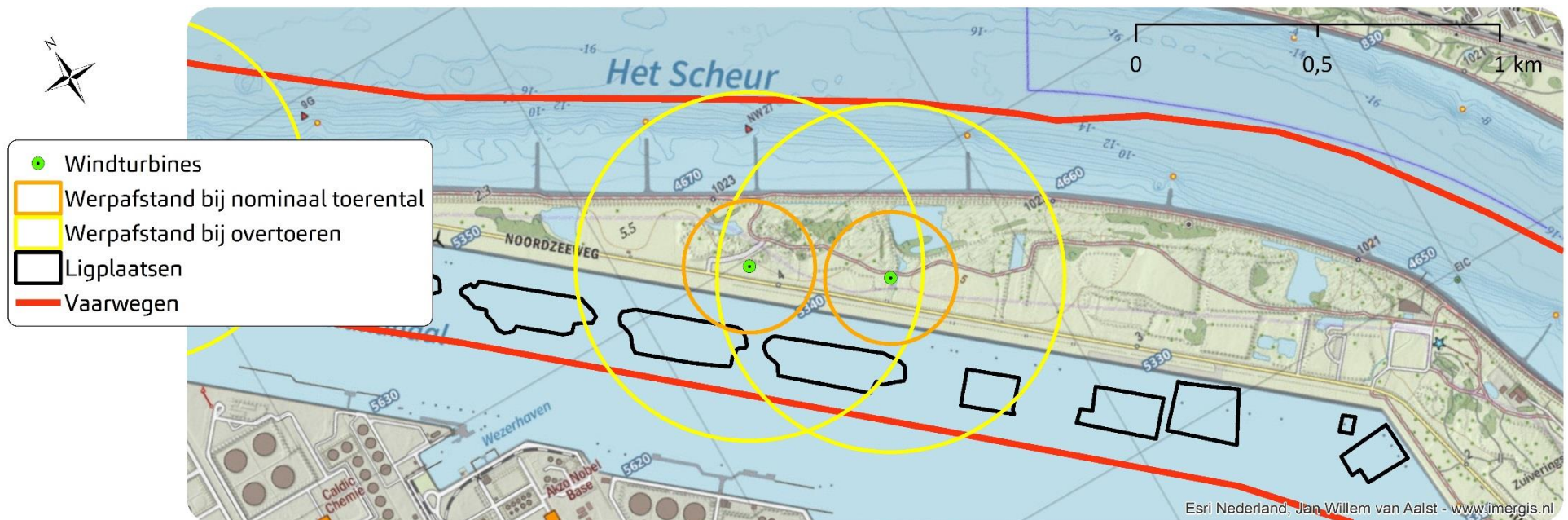












# Bijlage C Berekening werpafstand

## 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]

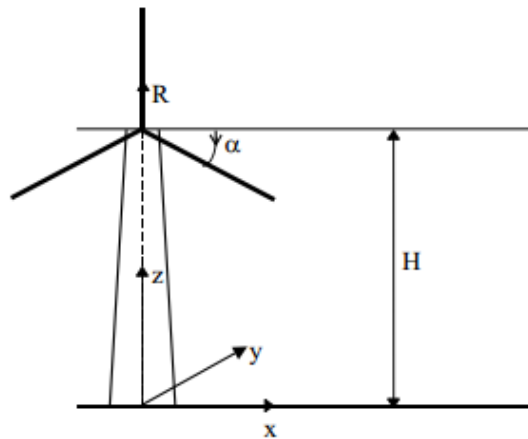
$\Omega$  : toerental van de rotor [rad/s]

$R_z$  : 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 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 Shortlist Windturbinetypes

|  | Merk     | Type       | Ashoogte | Rotordiameter | 10 min 5 | 10 min 6 | Werpafstand  |                |
|--|----------|------------|----------|---------------|----------|----------|--------------|----------------|
|  |          |            | m        | m             | m        | m        | Nominaal (m) | Overtoeren (m) |
|  | Enercon  | E101       | 99       | 101           | 50,5     | 148      | 148          | 399            |
|  | Lagerwey | L100       | 100      | 100           | 50       | 153      | 153          | 415            |
|  | Nordex   | N100-3.3   | 100      | 99,8          | 49,9     | 144      | 144          | 386            |
|  | Senvion  | M100       | 100      | 100           | 50       | 139      | 139          | 367            |
|  | Siemens  | SWT101     | 99,5     | 101           | 50,5     | 168      | 168          | 468            |
|  | Vestas   | V100       | 100      | 100           | 50       | 152      | 152          | 410            |
|  |          |            |          |               |          |          |              |                |
|  | GE       | G2.75-120  | 120      | 120           | 60       | 145      | 142          | 358            |
|  | Nordex   | N117       | 120      | 117           | 58,5     | 142      | 137          | 361            |
|  | Senvion  | M122       | 119      | 122           | 61       | 148      | 114          | 273            |
|  | Siemens  | SWT2.5-120 | 120      | 120           | 60       | 174      | 174          | 464            |
|  | Siemens  | SWT4.0_120 | 120      | 120           | 60       | 179      | 179          | 481            |
|  | Vestas   | V117       | 116,5    | 117           | 58,5     | 168      | 168          | 448            |
|  |          |            |          |               |          |          |              |                |
|  | Enercon  | E141       | 129      | 141           | 70,5     | 167      | 119          | 281            |
|  | Lagerwey | L136       | 132      | 136           | 68       | 162      | 138          | 340            |
|  | Senvion  | M140       | 140      | 140           | 70       | 166      | 153          | 378            |
|  | Siemens  | SWT3.3-130 | 140      | 130           | 65       | 186      | 186          | 486            |
|  | Vestas   | V136       | 132      | 136           | 68       | 183      | 183          | 482            |

# 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)

