

Bosch & van Rijn

Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht
030 – 677 6466

Auteurs

Hans Kerkvliet MSc.
Drs. Ing. Jeroen Dooper

Opdrachtgever

Millenergy VOF



Windpark Geefsweer

Kwantitatieve risicoanalyse alternatieven projectMER



Bosch & van Rijn
experts in renewable energy

© Bosch & van Rijn 2016

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

Windpark Geefsweer

Kwantitatieve Risicoanalyse alternatieven projectMER

Datum
26-4-2017

Versie
1.1

Bosch & Van Rijn
Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht

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

© Bosch & Van Rijn 2017

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

Inhoudsopgave

HOOFDSTUK 1	INLEIDING	3
1.1	<i>Inleiding</i>	4
1.2	<i>Alternatieven projectMER</i>	4
1.3	<i>Beoordelingscriteria MER</i>	5
1.4	<i>Leeswijzer</i>	5
HOOFDSTUK 2	RISICO'S WINDTURBINES	6
HOOFDSTUK 3	BEOORDELINGSKADER	8
3.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	9
3.2	<i>Risicovolle installaties</i>	9
3.3	<i>Gasunie leidingen</i>	10
3.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	10
3.5	<i>Rijkswegen</i>	11
3.6	<i>Spoorwegen</i>	11
HOOFDSTUK 4	RISICOANALYSE	12
4.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	13
4.2	<i>Risicovolle installaties</i>	17
4.3	<i>Buisleidingen</i>	19
4.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	23
4.5	<i>Rijkswegen</i>	27
4.6	<i>Spoorwegen</i>	29
HOOFDSTUK 5	CONCLUSIE	30
5.1	<i>(beperkt) Kwetsbare objecten</i>	31
5.2	<i>Risicovolle installaties</i>	31
5.3	<i>Buisleidingen</i>	31
5.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	31
5.5	<i>Infrastructuur</i>	31
5.6	<i>Spoorwegen</i>	31
HOOFDSTUK 6	BIJLAGEN	32
BIJLAGE A	OPSTELLING ALTERNATIEVEN 1 EN 2	33
BIJLAGE B	RISICOCONTOUREN EN WERPAFSTANDEN	36
BIJLAGE C	BEREKENING WERPAFSTAND	61
BIJLAGE D	WERPAFSTANDEN TURBINETYPE	63
BIJLAGE E	(BEPERKT) KWETSBARE OBJECTEN	65

Hoofdstuk 1 Inleiding



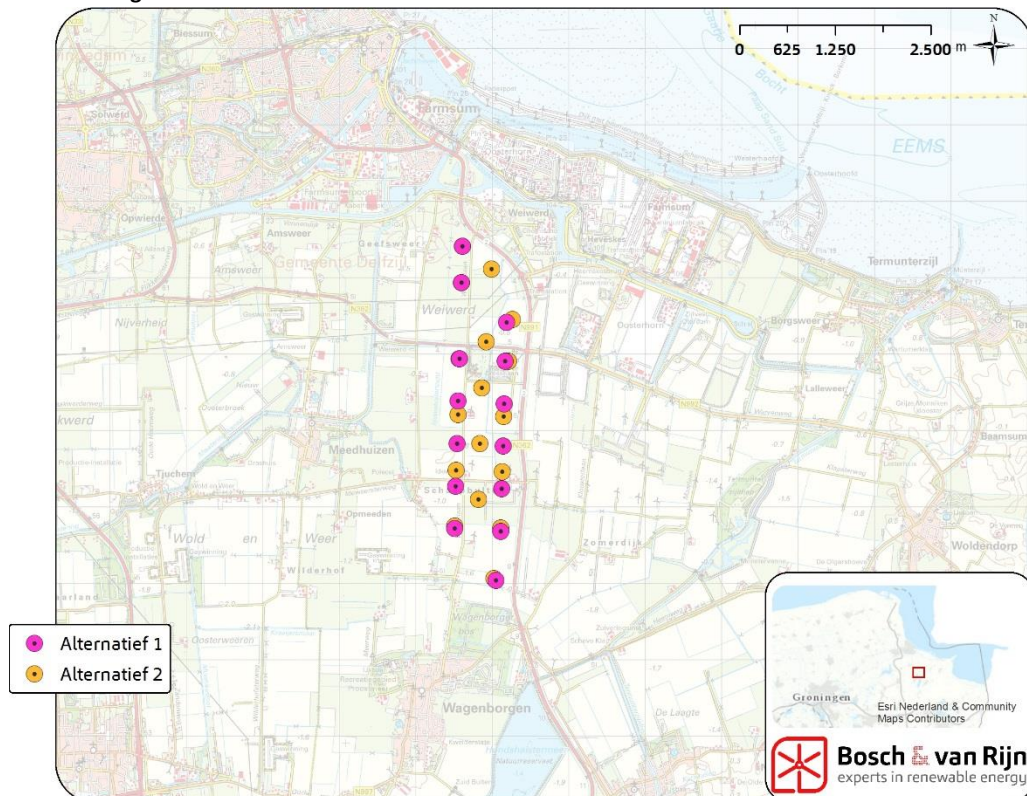
1.1 Inleiding

Bosch & van Rijn heeft een kwantitatieve risicoanalyse uitgevoerd naar de risico's ten gevolge van nieuw te plaatsen windturbines in het plangebied Geefsweer in gemeente Delftzijl. Deze risicoanalyse behoort als bijlage tot het milieueffectrapport van Windpark Geefsweer.

1.2 Alternatieven projectMER

In het projectMER worden vier inrichtingsalternatieven onderzocht en beoordeelt, in twee opstellingen. De inrichting van de alternatieven is weergegeven in onderstaande figuur en de gehanteerde windturbintypes in onderstaand tabel.

Figuur 1 Inrichtingsalternatieven 1 en 2



Ten behoeve van de risicoanalyse zijn verschillende windturbines gebruikt, zoals tevens aangehouden in andere onderzoeken in het kader van het MER. Voor alternatief 1A is gebruik gemaakt van een referentieturbine met een rotordiameter van 145m en een ashoogte van 145m. Voor het alternatief 2A is gebruik gemaakt van een GE3.4-130 (ashoogte: 145m) terwijl voor de alternatieven 1B en 2B gebruik is gemaakt van een GE3.4-130 (ashoogte: 120m). In onderstaand tabel staan de details van deze windturbines.

Tabel 1 Samenvatting van de alternatieven

Alternatief	Type	Aantal	Rotor	Ashoogte
			m	m
1A	Referentiewindturbine ¹	14	145	145
1B	GE3.4-130	14	130	120
2A	GE3.4-130	17	130	145
2B	GE3.4-130	17	130	120

Bijlage A toont de alternatieven en varianten 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:

- (Beperkt) kwetsbare objecten;
- Gevaarlijke stoffen;
- Leidingen / hoogspanningsleidingen;
- Infrastructuur

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

1.4 Leeswijzer

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

¹ Op het moment van het onderzoek is er nog geen commercieel beschikbare windturbine met een rotordiameter van 145m en een ashoogte van 145m. Om deze reden heeft de auteur een fictieve windturbine geconstrueerd waarbij het toerental is gebaseerd op de op dit moment grootste commerciële windturbine.

Hoofdstuk 2 Risico's windturbines



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

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

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

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

Tabel 2

Risicocontouren en maximale werpafstanden van onderzochte windturbintype

Alternatief	Wtb type	Ashoogte (m)	Risicocontouren (m)		Max. werpafstand (m)	
			10^{-5}	10^{-6}	Bij nominaal toerental	Bij overtoeren
1A	Referentie	145	72,5	182	182	466
1B	GE3.4-130	120	65	174	174	464
2A	GE3.4-130	145	65	186	186	483
2B	GE3.4-130	120	65	174	174	464

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

- (Beperkt) kwetsbare objecten
- Risicovolle installaties
- Gasunie leidingen
- Hoogspanningsinfrastructuur
- Rijkswegen
- Spoorwegen

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 Windturbines² 10% gehanteerd. Indien de toename deze richtwaarde overschrijdt, is plaatsing niet direct uitgesloten, maar wordt door een uitgebreidere analyse bepaald of er na plaatsing nog steeds voldaan wordt aan de normen uit het BEVI:

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

² Handboek Risicozonering Windturbines, 2014.

3.3 Gasunie leidingen

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

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

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

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

3.4 Hoogspanningsinfrastructuur

Er bestaat geen wettelijke 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 maximale werpafstand bij nominaal toerental.

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

Voor Rijkswegen zijn generieke afstanden berekend waarbuiten er geen ontoelaatbare risico's voor passanten plaatsvinden. Het document "*Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken*" staan de minimale afstanden tot Rijkswegen gegeven:

"Langs rijkswegen wordt plaatsing van windturbines toegestaan bij een afstand van ten minste 30m uit de rand van de verharding of bij een rotordiameter groter dan 60m, ten minste de halve diameter".

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

"Individuele passantenrisico (IPR)

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

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

Maatschappelijk risico

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

3.6 Spoorwegen

Voor spoorwegen hanteert ProRail een afstandseis tussen windturbines en spoorwegen. De afstandseis die gehanteerd wordt tussen windturbines en het dichtst bij gelegen spoor is minimaal 7,85 meter + halve rotordiameter, gemeten vanuit het hart van het dichtstbijzijnde spoor, met een minimum van 30 meter.

Hoofdstuk 4 Risicoanalyse

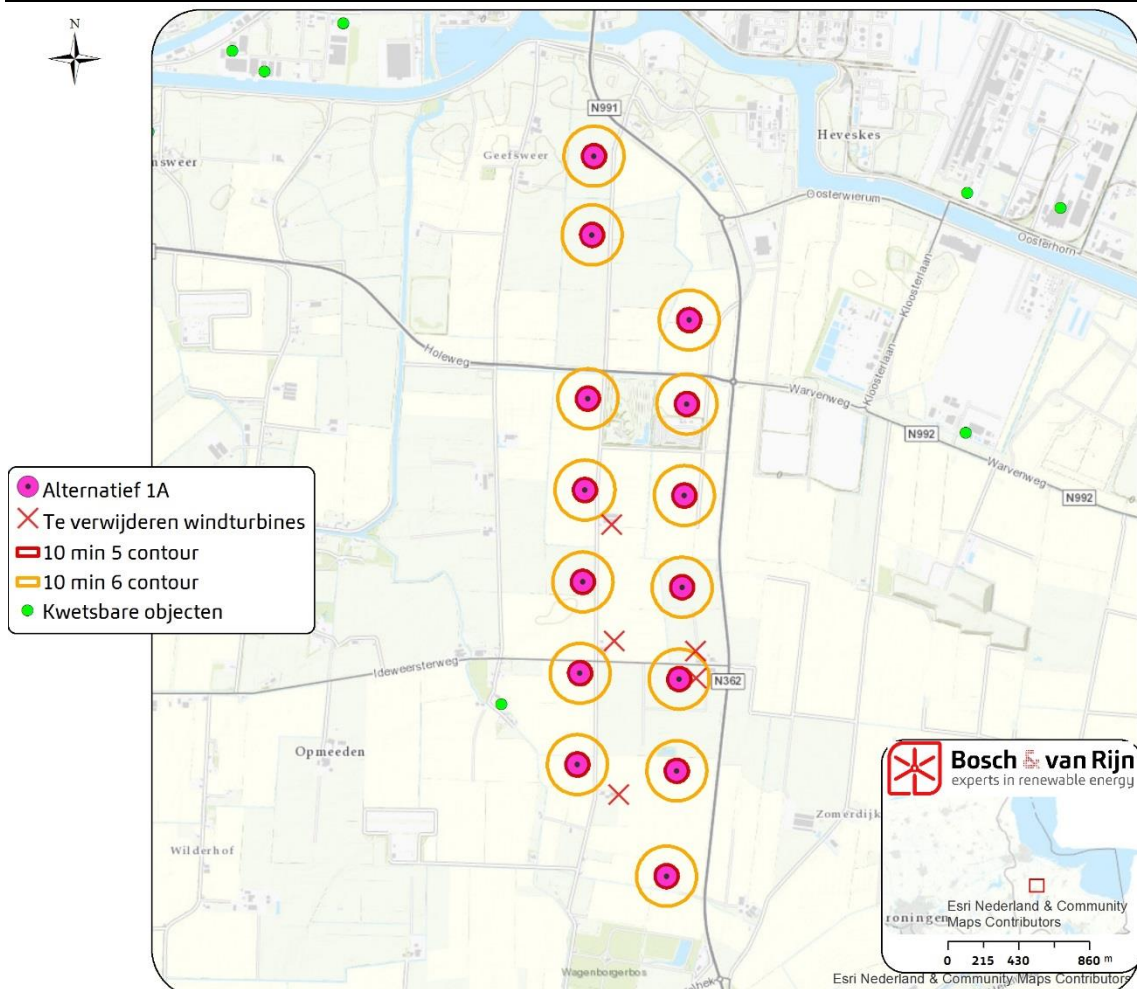


4.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

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

4.1.1 Alternatief 1A

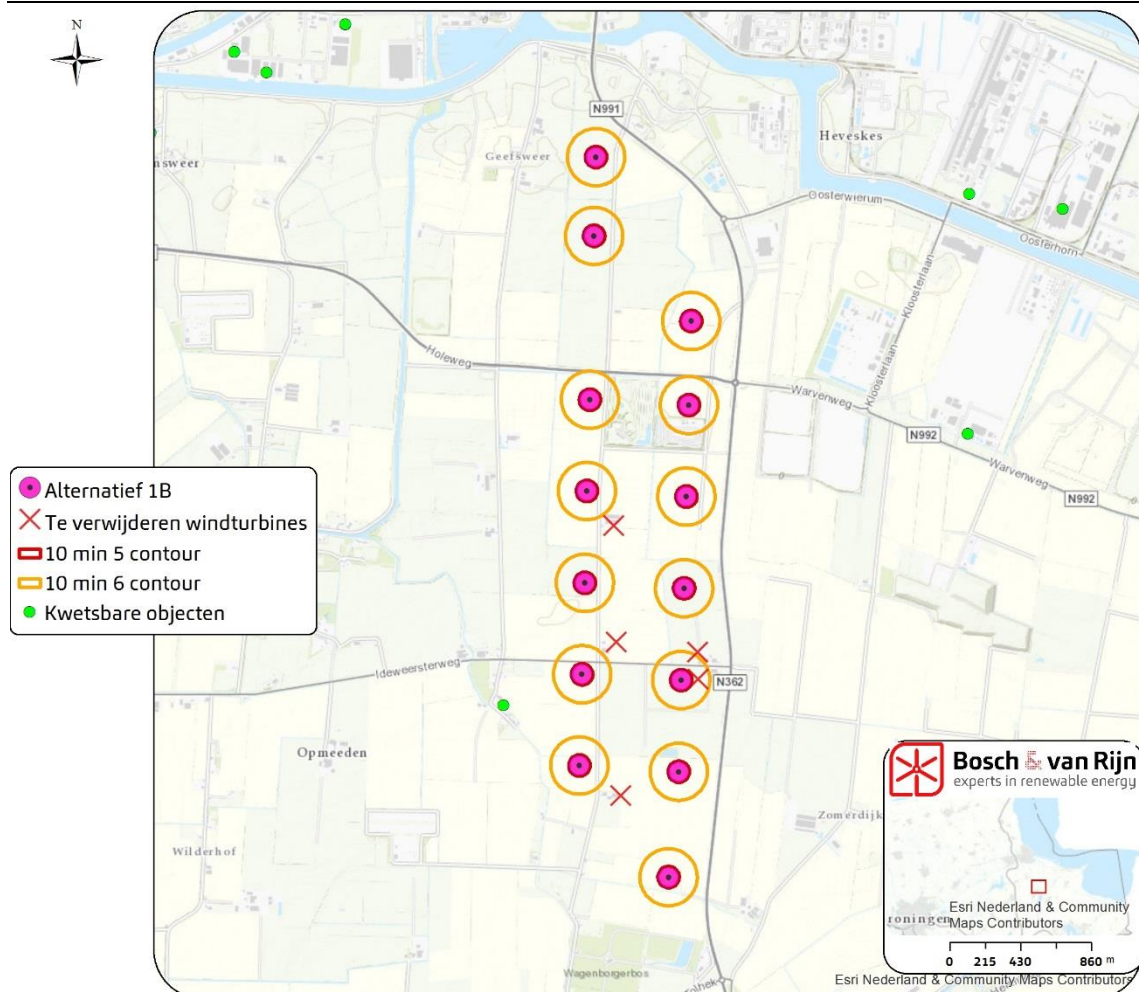
Figuur 2 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 1A)



Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied voor Alternatief 1A geen (geprojecteerde) aandachtspunten. Er bevinden zich geen beperkt kwetsbare of kwetsbare objecten binnen respectievelijk de 10^{-5} en 10^{-6} contour.

4.1.2 Alternatief 1B

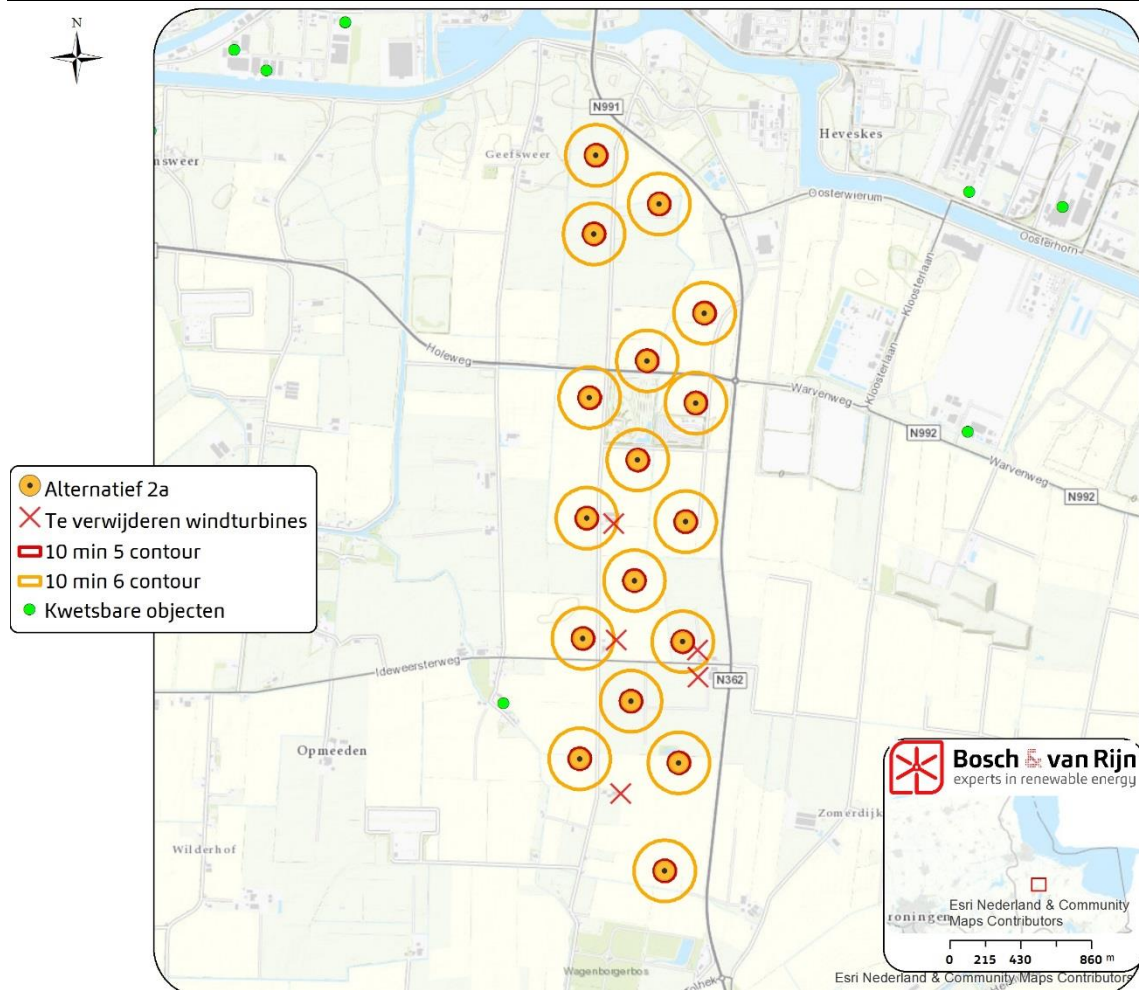
Figuur 3 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 1B)



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

4.1.3 Alternatief 2A

Figuur 4 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 2A)

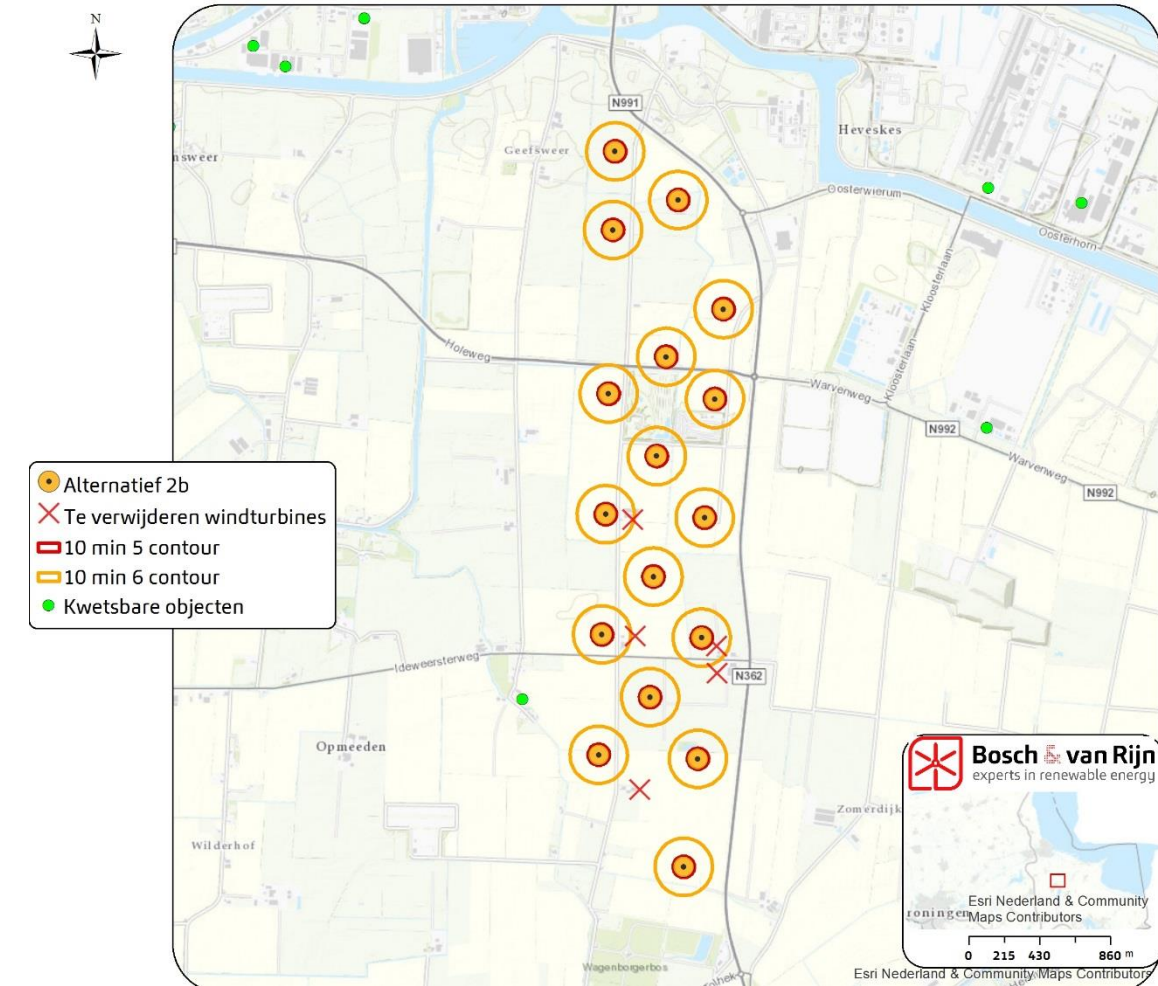


Er bevinden zich geen (geprojecteerde) beperkt kwetsbare objecten of kwetsbare objecten binnen respectievelijk de 10^{-5} en 10^{-6} contour.

4.1.4 Alternatief 2B

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

Figuur 5 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 2B)

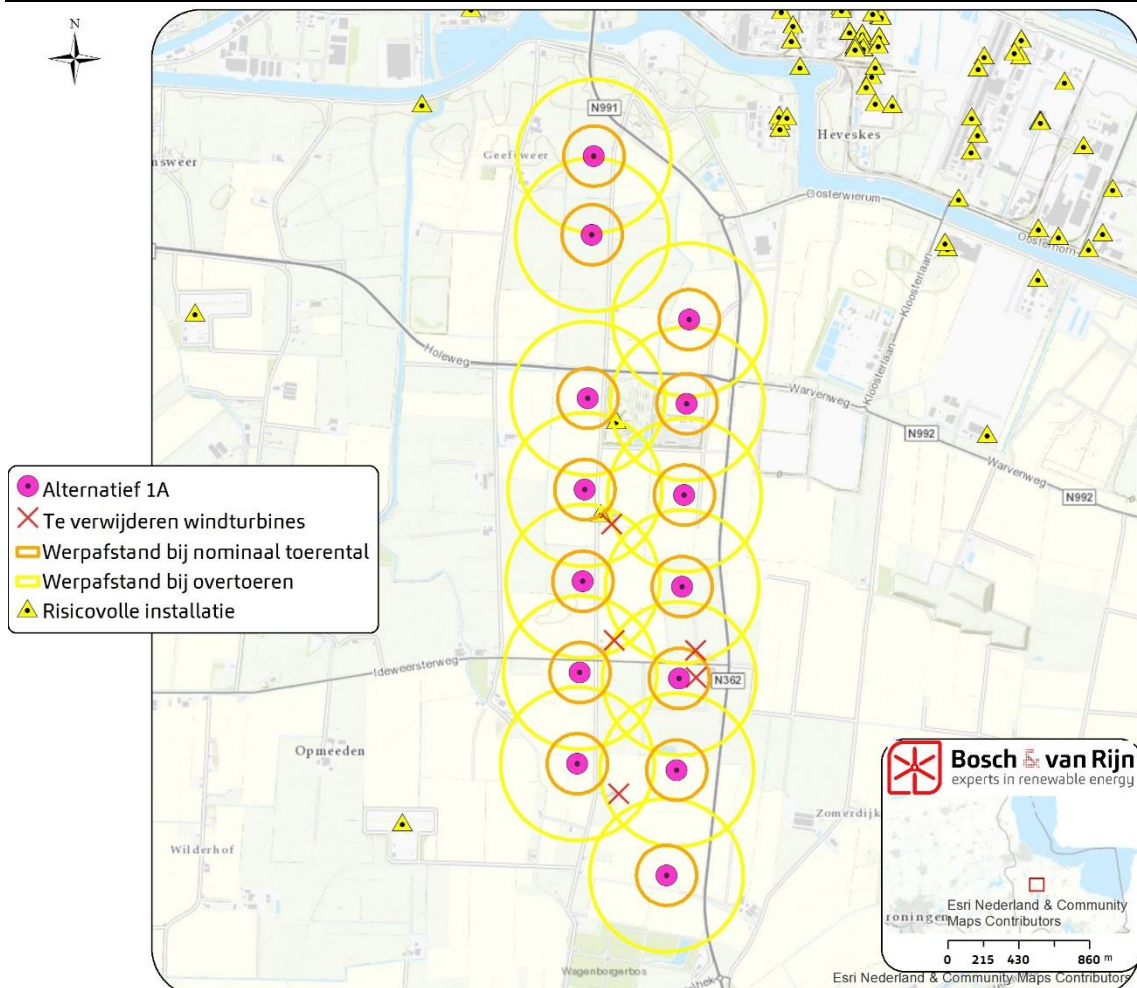


4.2 Risicovolle installaties

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

4.2.1 Alternatieven 1A en 1B

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

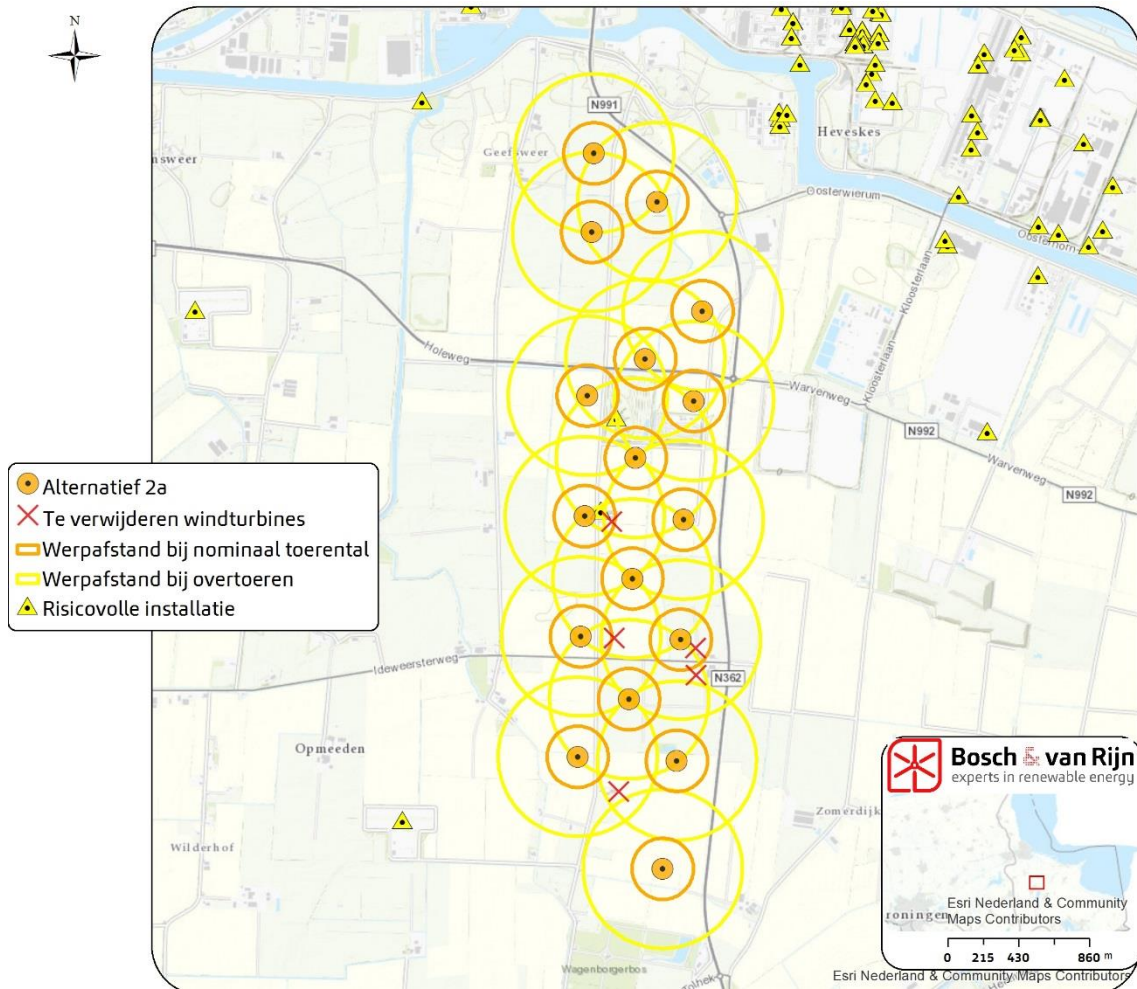


Uit bovenstaand figuur blijkt dat er zich twee risicovolle installaties bevinden binnen de werpafstand bij overtoeren. Hierbij gaat het om twee propaantanks met een inhoud van 3m³ en 8m³. Voor propaantanks met een inhoud kleiner dan 13m³ gelden er veiligheidsafstanden (geen QRA plicht), waarbij de nieuw te plaatsen windturbines geen invloed hebben op de geldende afstanden.

4.2.2 Alternatief 2A en 2B

Ook bij alternatief 2 bevinden zich twee risicovolle installaties binnen de werpafstand bij overtoeren. Hierbij gaat het om dezelfde twee propaantanks met een inhoud van 3m³ en 8m³. Voor propaantanks met een inhoud kleiner dan 13m³ gelden er veiligheidsafstanden, waarbij de nieuw te plaatsen windturbines geen invloed hebben op de geldende afstanden.

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



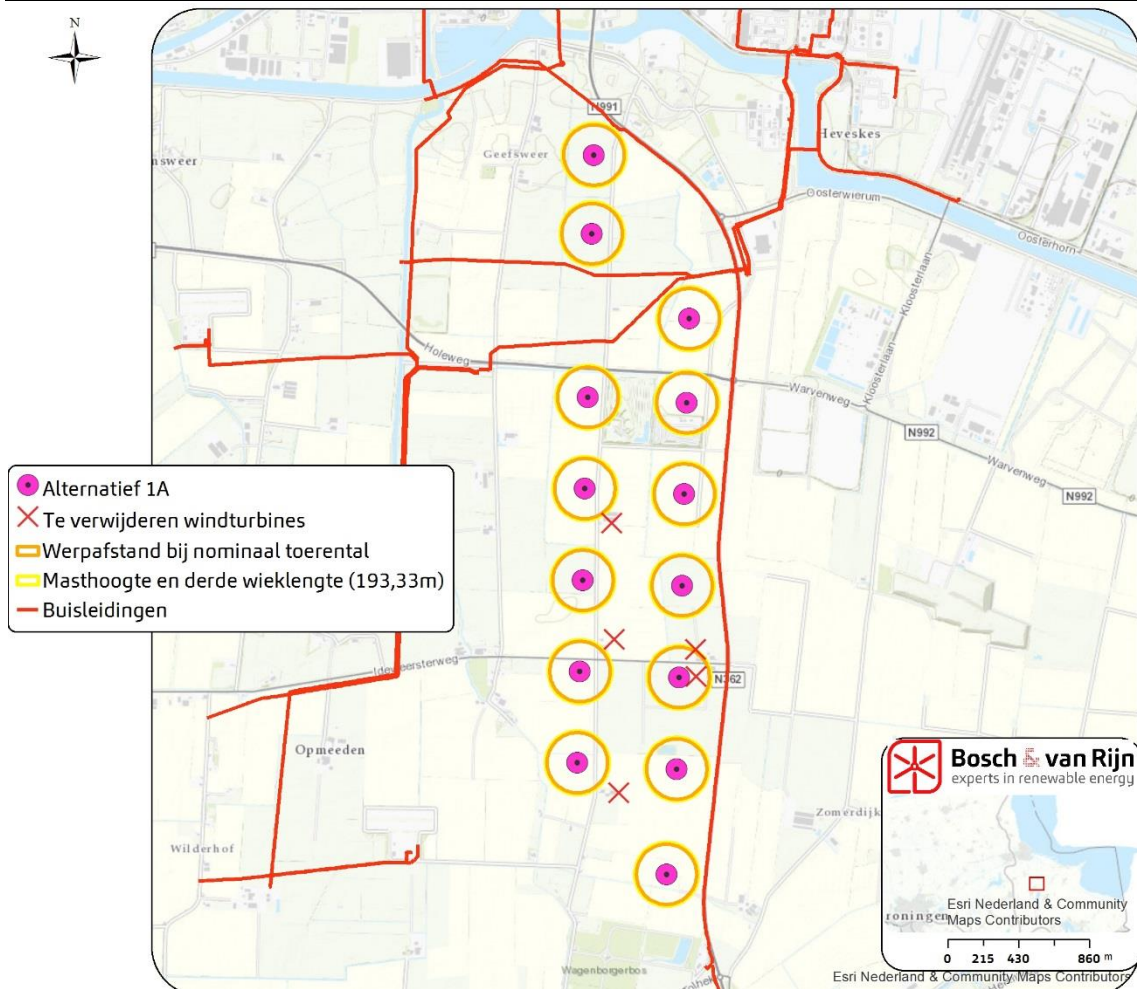
4.3 Buisleidingen

Vanwege de aanwezigheid van buisleidingen van de Gasunie 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 Alternatief 1A

Voor Alternatief 1A geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental of masthoogte + 1/3^{de} wielengte. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

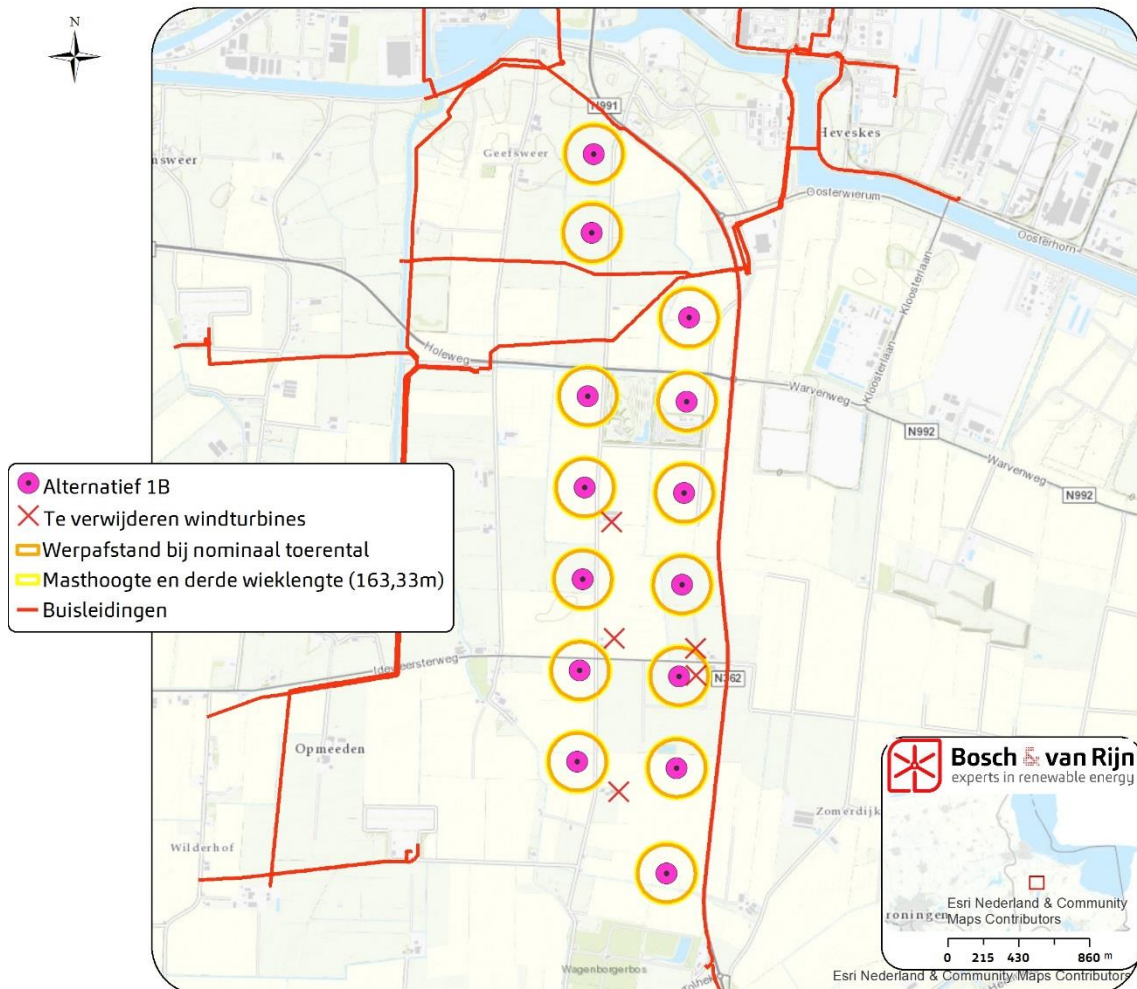
Figuur 8 Maximale werpafstand bij nominaal toerental en 1/3^{de} wielengte + masthoogte en buisleidingen



4.3.2 Alternatief 1B

Voor Alternatief 1B geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental of masthoogte + 1/3^{de} wielengte. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

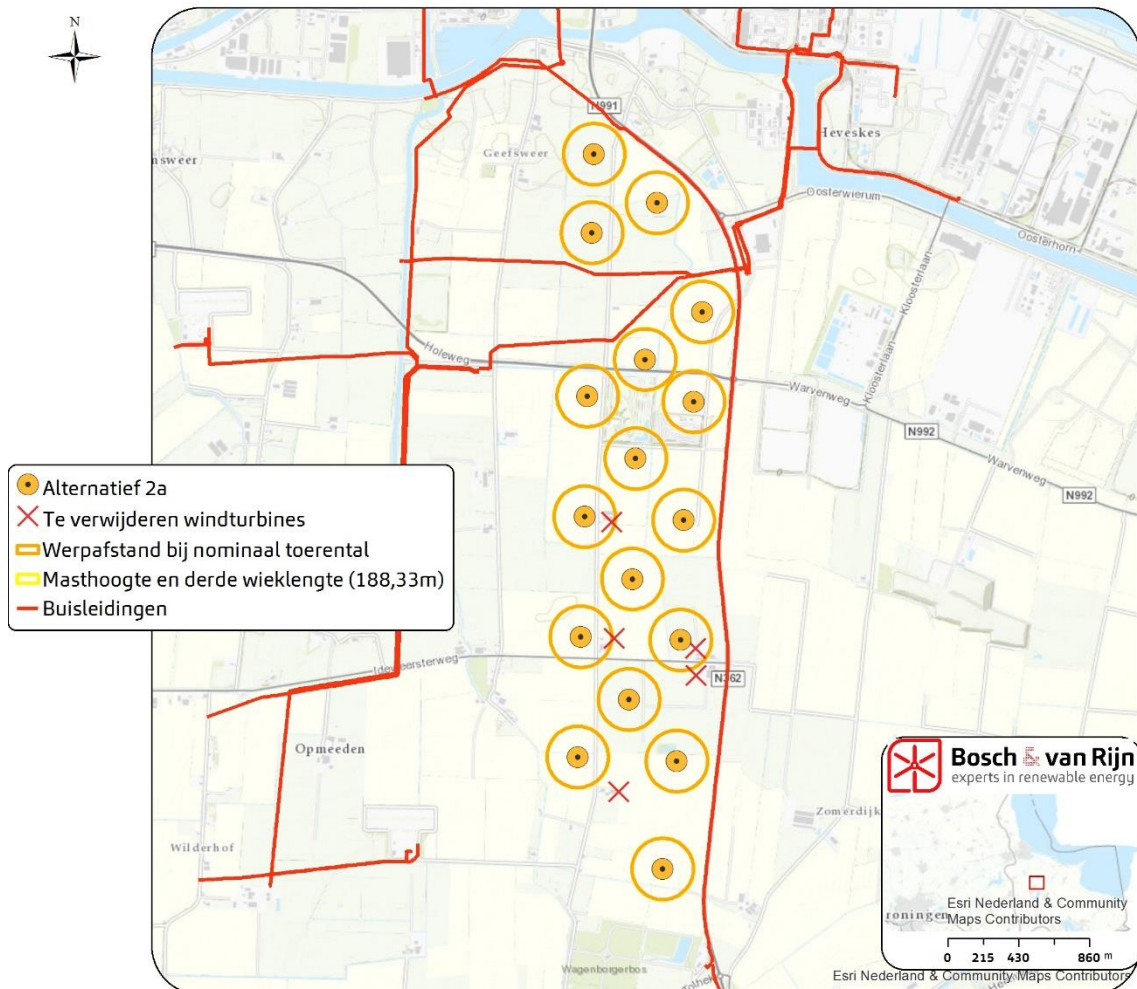
Figuur 9 Maximale werpafstand bij nominaal toerental en 1/3^{de} wielengte + masthoogte en buisleidingen



4.3.3 Alternatief 2A

Voor Alternatief 2A geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental of masthoogte + 1/3^{de} wielengte. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

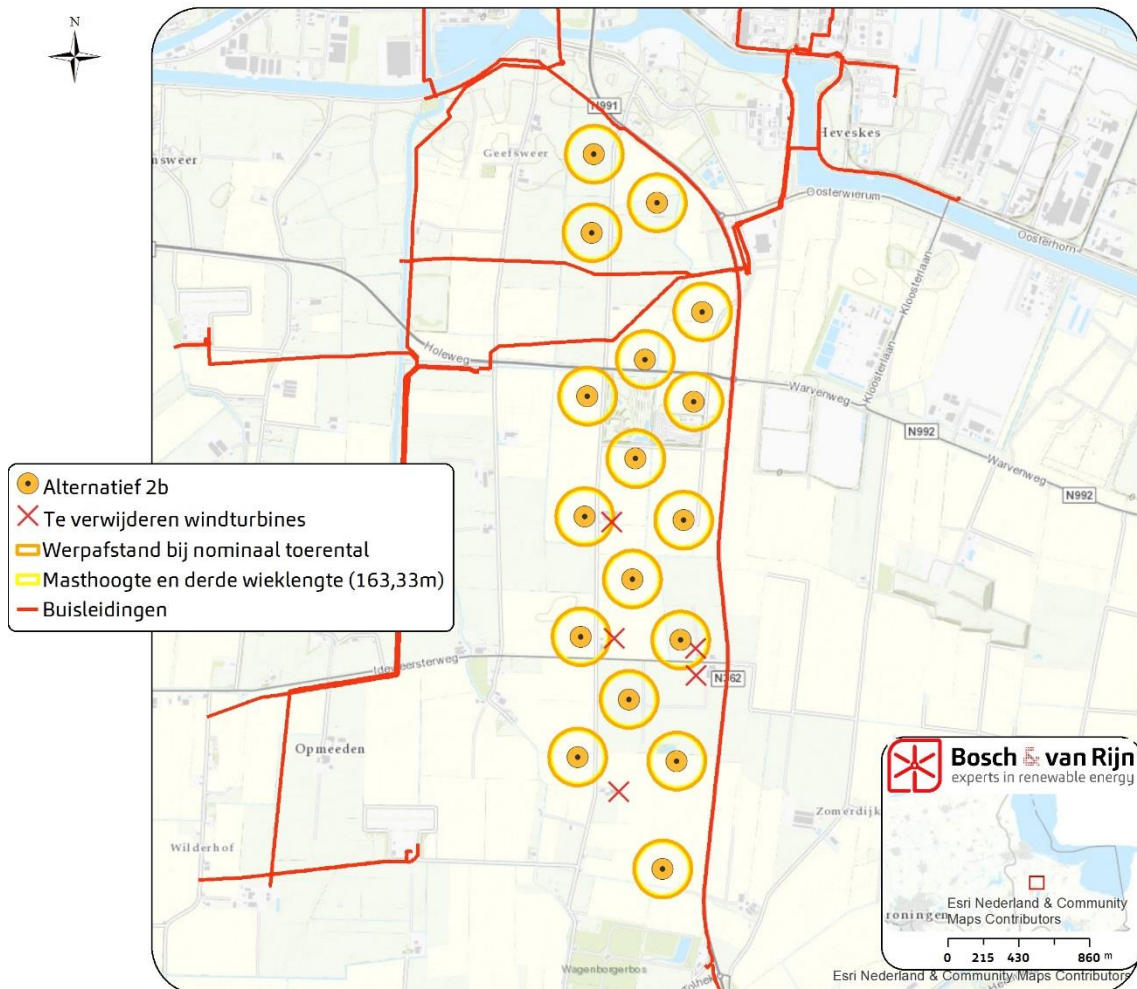
Figuur 10 Maximale werpafstand bij nominaal toerental en masthoogte + 1/3^{de} wielengte en buisleidingen



4.3.4 Alternatief 2B

Voor Alternatief 2B geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental of masthoogte + 1/3^{de} wielengte. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

Figuur 11 Maximale werpafstand bij nominaal toerental en 1/3^{de} wielengte + masthoogte en buisleidingen



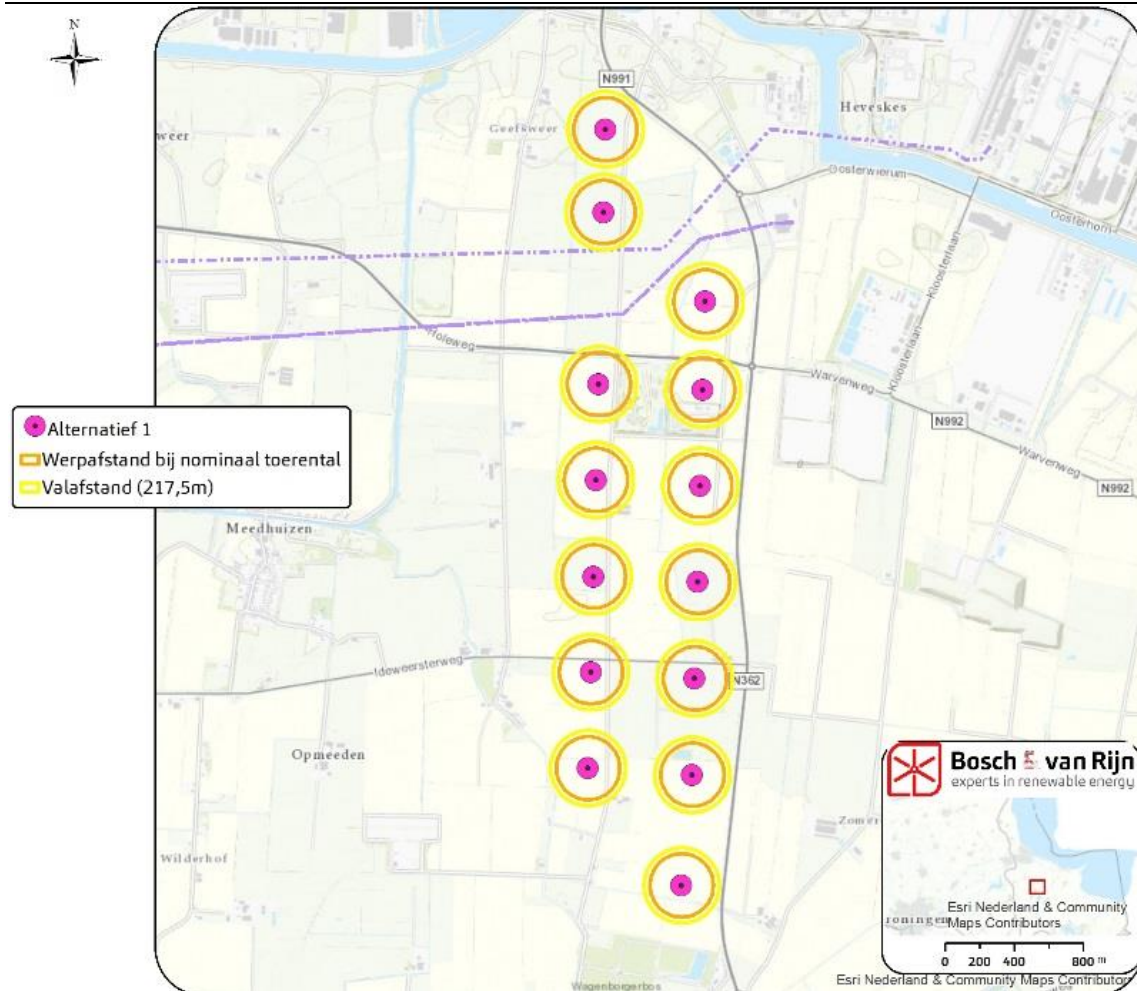
4.4 Hoogspanningsinfrastructuur

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

4.4.1 Alternatief 1A

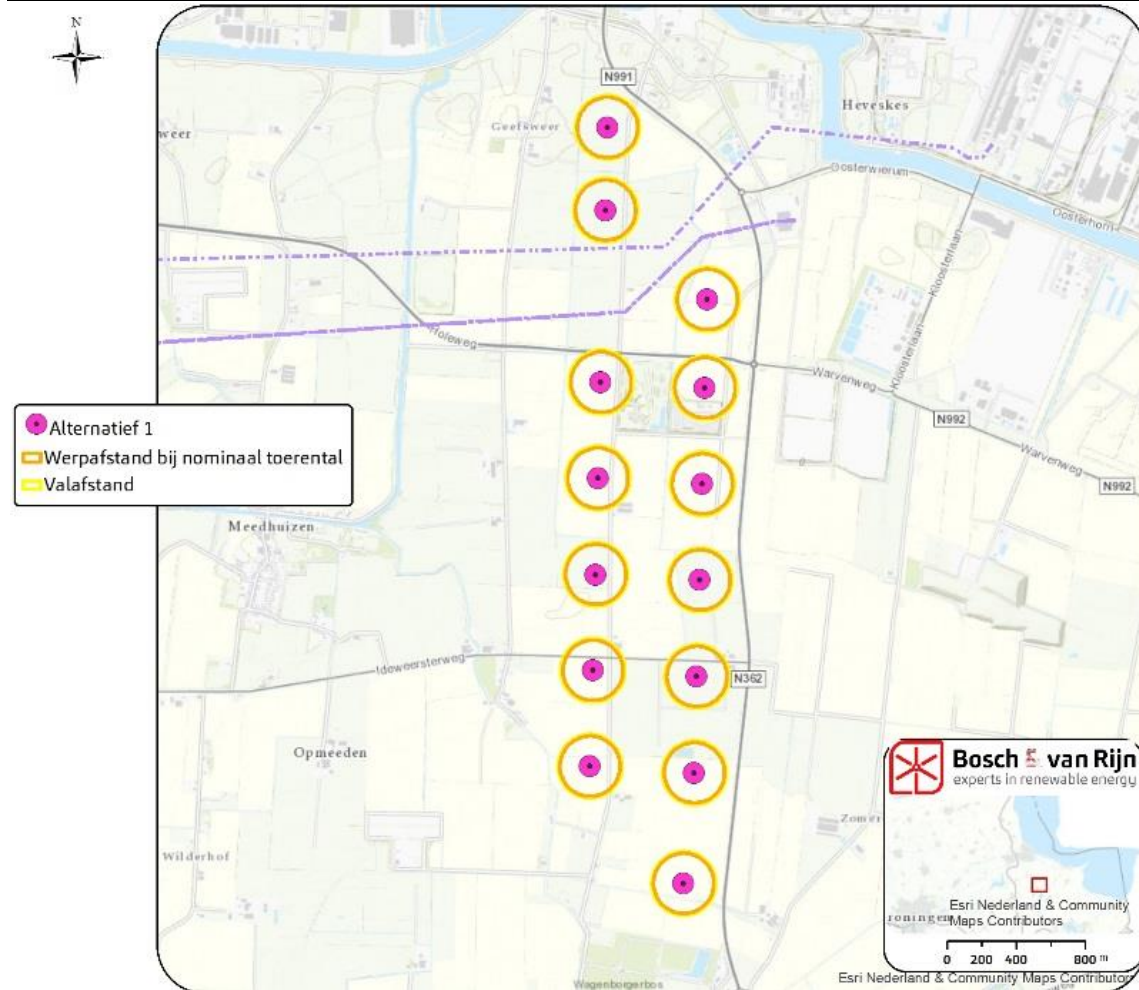
Er bevindt zich geen hoogspanningsinfrastructuur binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

Figuur 12 Tiphoogte en werpafstand bij nominaal toerental en hoogspanningsinfrastructuur Alternatief 1A



4.4.2 Alternatief 1B

Figuur 13 Tiphoogte en werpafstand bij nominaal toerental en hoogspanningsinfrastructuur Alternatief 1B

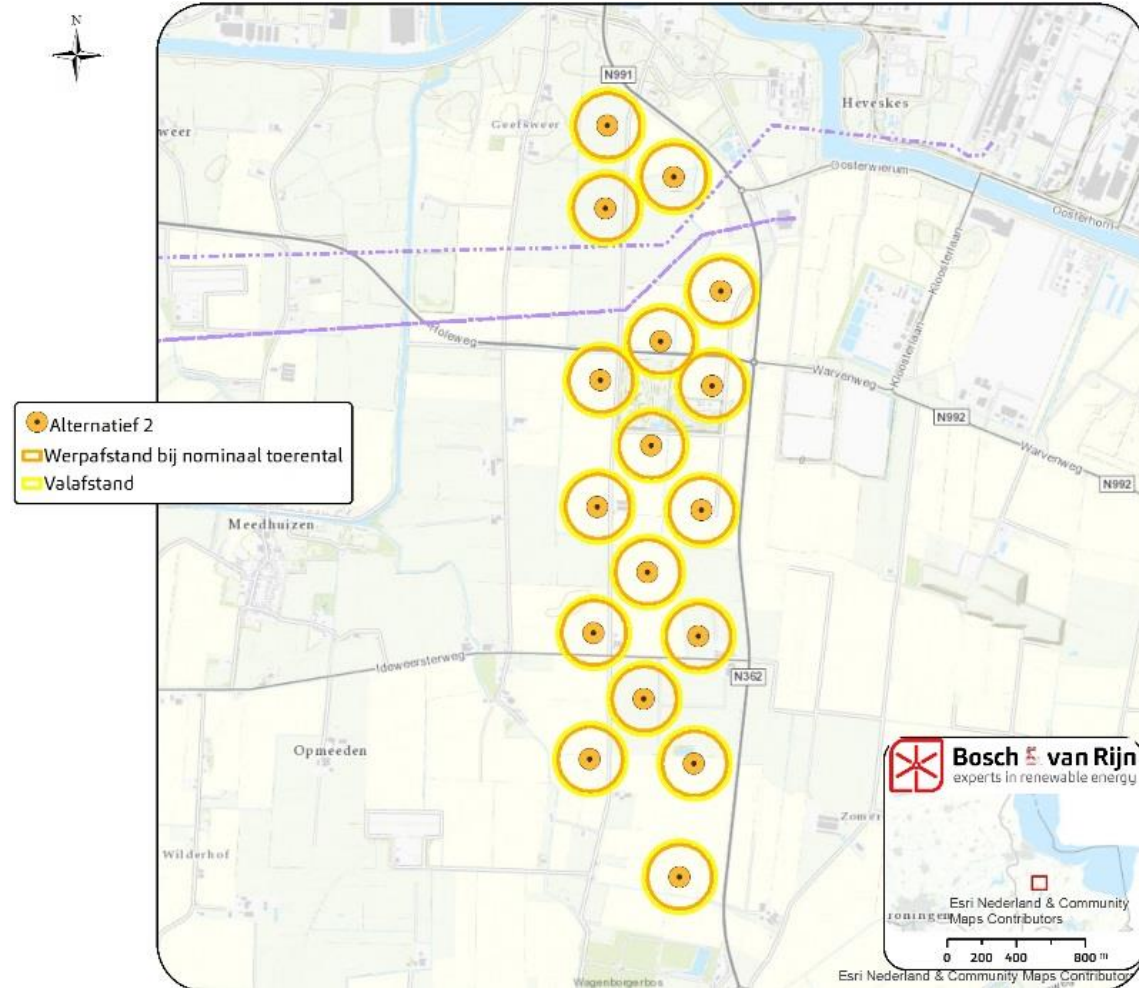


Er bevindt zich geen hoogspanningsinfrastructuur binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

4.4.3 *Alternatief 2A*

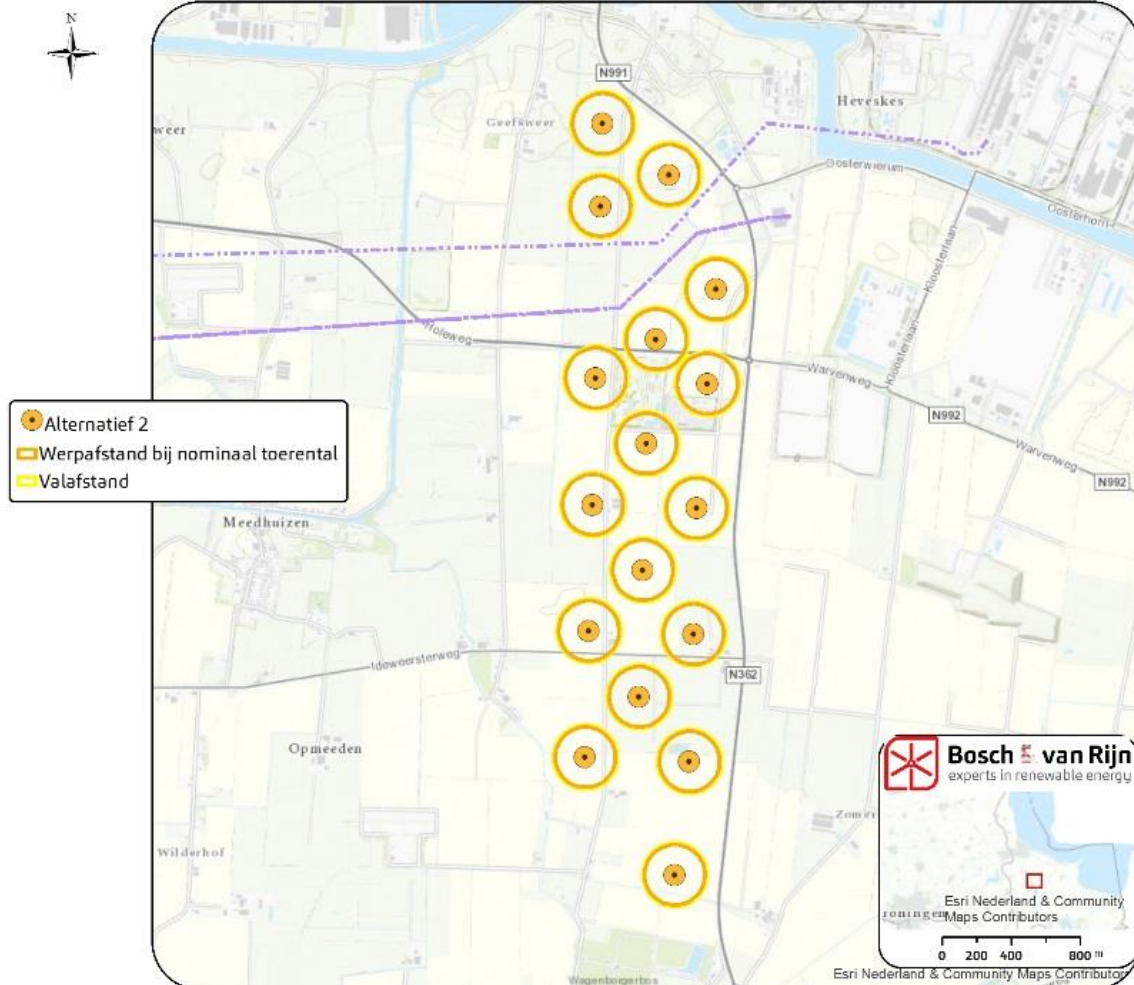
Er bevindt zich geen hoogspanningsinfrastructuur binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

Figuur 14 Tiphoogte en werpafstand bij nominaal toerental en hoogspanningsinfrastructuur Alternatief 2A



4.4.4 *Alternatief 2B*

Figuur 15 Tiphoopte en werpafstand bij nominaal toerental en hoogspanningsinfrastructuur Alternatief 2B



Er bevindt zich geen hoogspanningsinfrastructuur binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

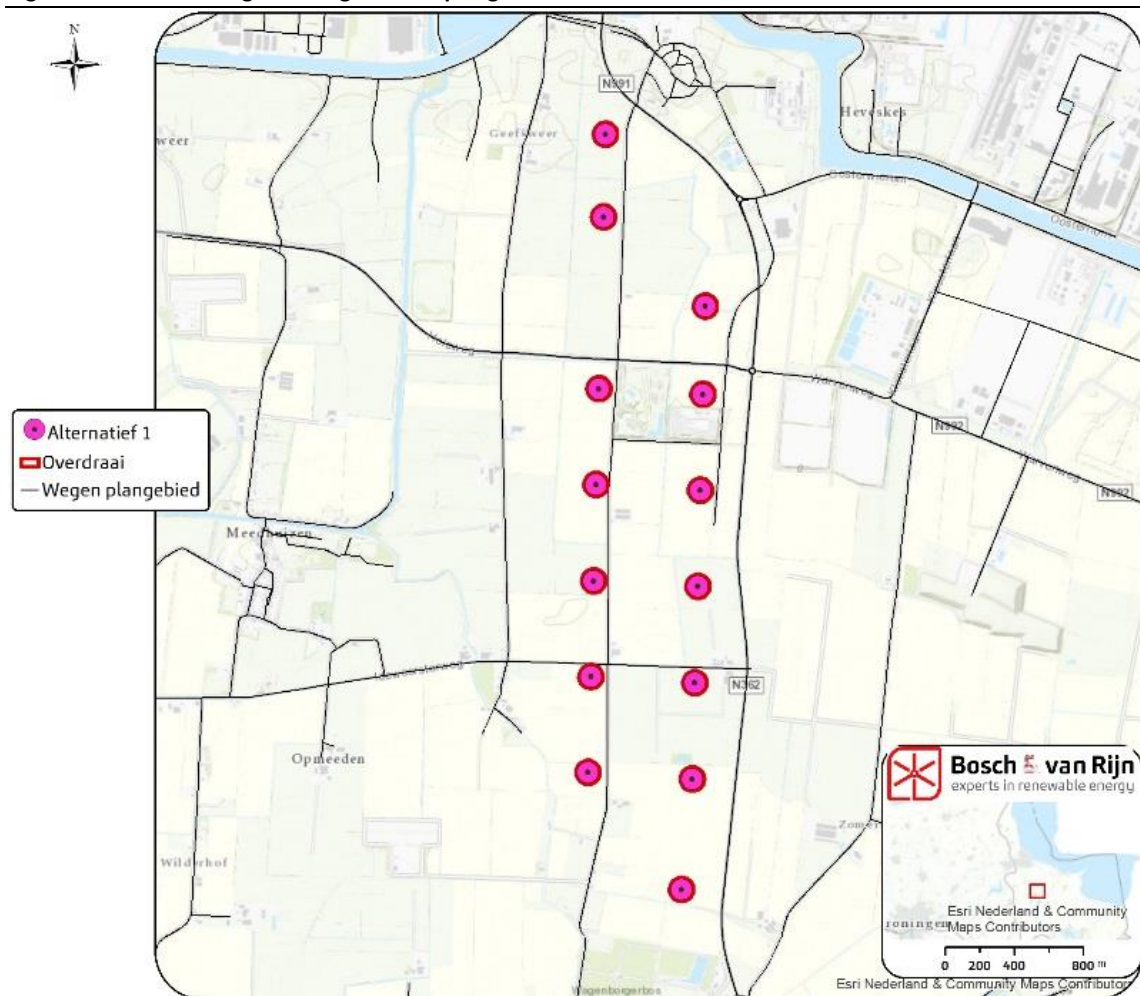
4.5 Rijkswegen

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

4.5.1 Alternatief 1A en 1B

Uit onderstaand figuur blijkt dat er geen overdraai plaatsvindt bij openbare wegen.

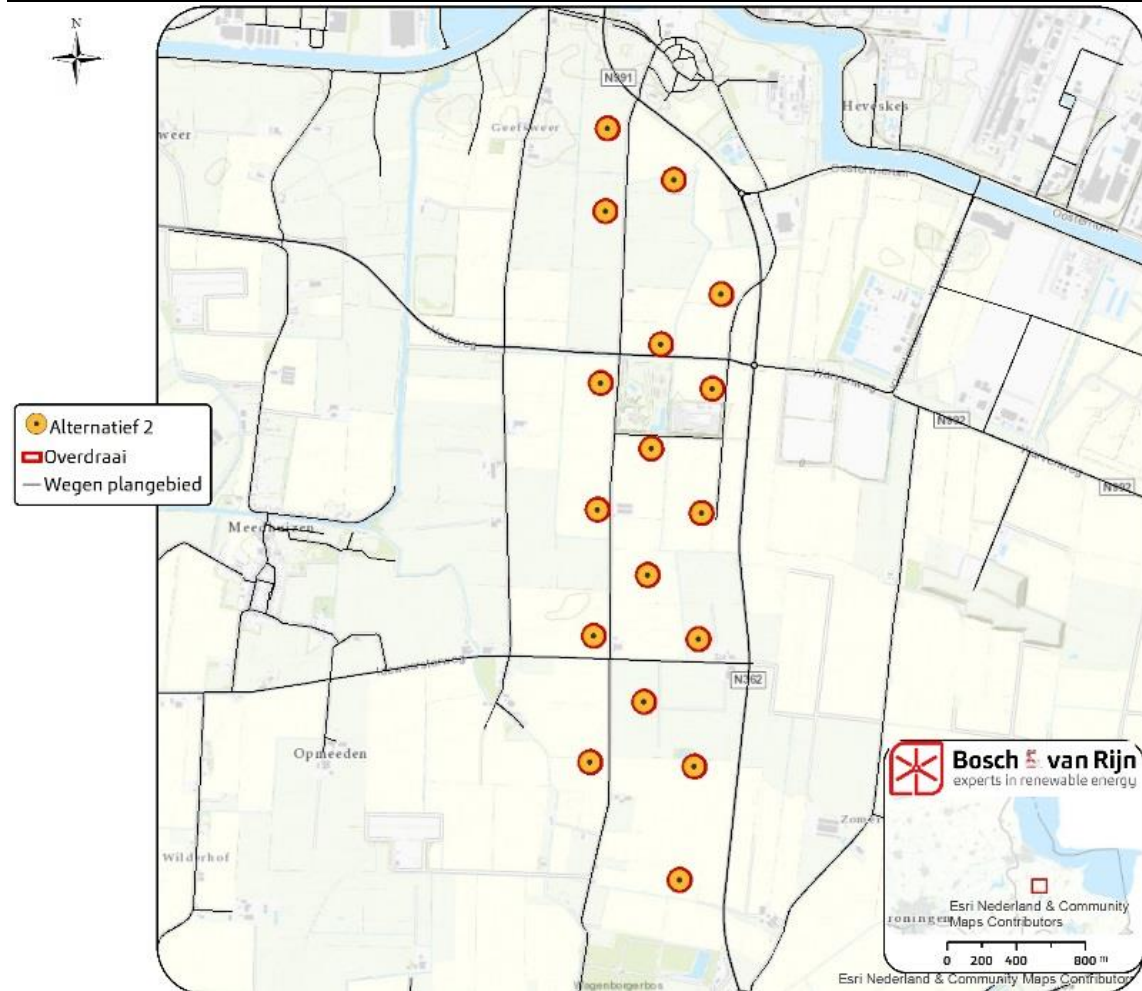
Figuur 16 Wieklenge en wegen in het plangebied



4.5.2 Alternatief 2A en 2B

Uit onderstaand figuur blijkt dat er geen overdraai plaatsvindt bij openbare wegen.

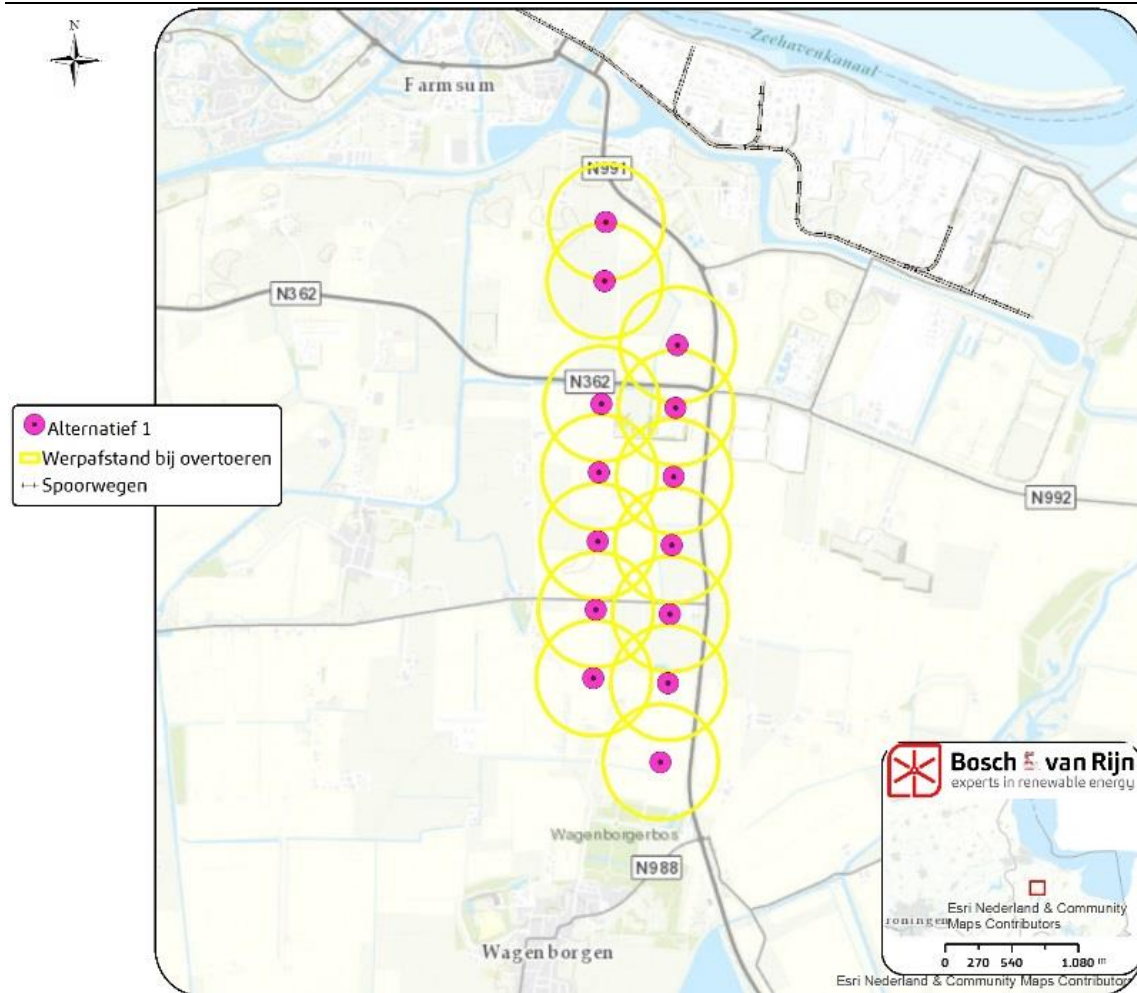
Figuur 17 Wieklenge en wegen in het plangebied



4.6 Spoorwegen

Voor de vier alternatieven is gekeken of er wordt voldaan aan de adviesafstand van ProRail (halve rotordiameter + 7,85 meter). Er bevindt zich geen spoorweg binnen de invloedssfeer van de windturbines. Hiermee wordt er automatisch voldaan aan de adviesafstand van ProRail.

Figuur 18 Werpafstand bij nominaal toerental en spoorwegen



Hoofdstuk 5 Conclusie



5.1 (beperkt) Kwetsbare objecten

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

5.2 Risicovolle installaties

Er bevinden zich twee risicovolle installaties binnen de invloedssfeer van de windturbines. Hierbij gaat het om twee propaantanks met een inhoud van 3m^3 en 8m^3 . Voor propaantanks met een inhoud kleiner dan 13m^3 gelden veiligheidsafstanden (geen QRA-plicht), waarbij de nieuw te plaatsen windturbines geen invloed hebben op de geldende afstanden

5.3 Buisleidingen

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

5.4 Hoogspanningsinfrastructuur

De hoogspanningsinfrastructuur van TenneT bevindt zich buiten de werpafstand en valafstand van de beoogde windturbines. Hiermee wordt er voldaan aan de adviesafstand van TenneT.

5.5 Infrastructuur

Er vindt door de windturbines bij alle windturbines geen overdraai bij op openbare wegen. Hiermee wordt bij alle openbare wegen voldaan aan de beleidsregel "*Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken*".

5.6 Spoorwegen

Alle alternatieven voldoen aan de afstandseis van ProRail (7,85 meter + halve roterdiameter).

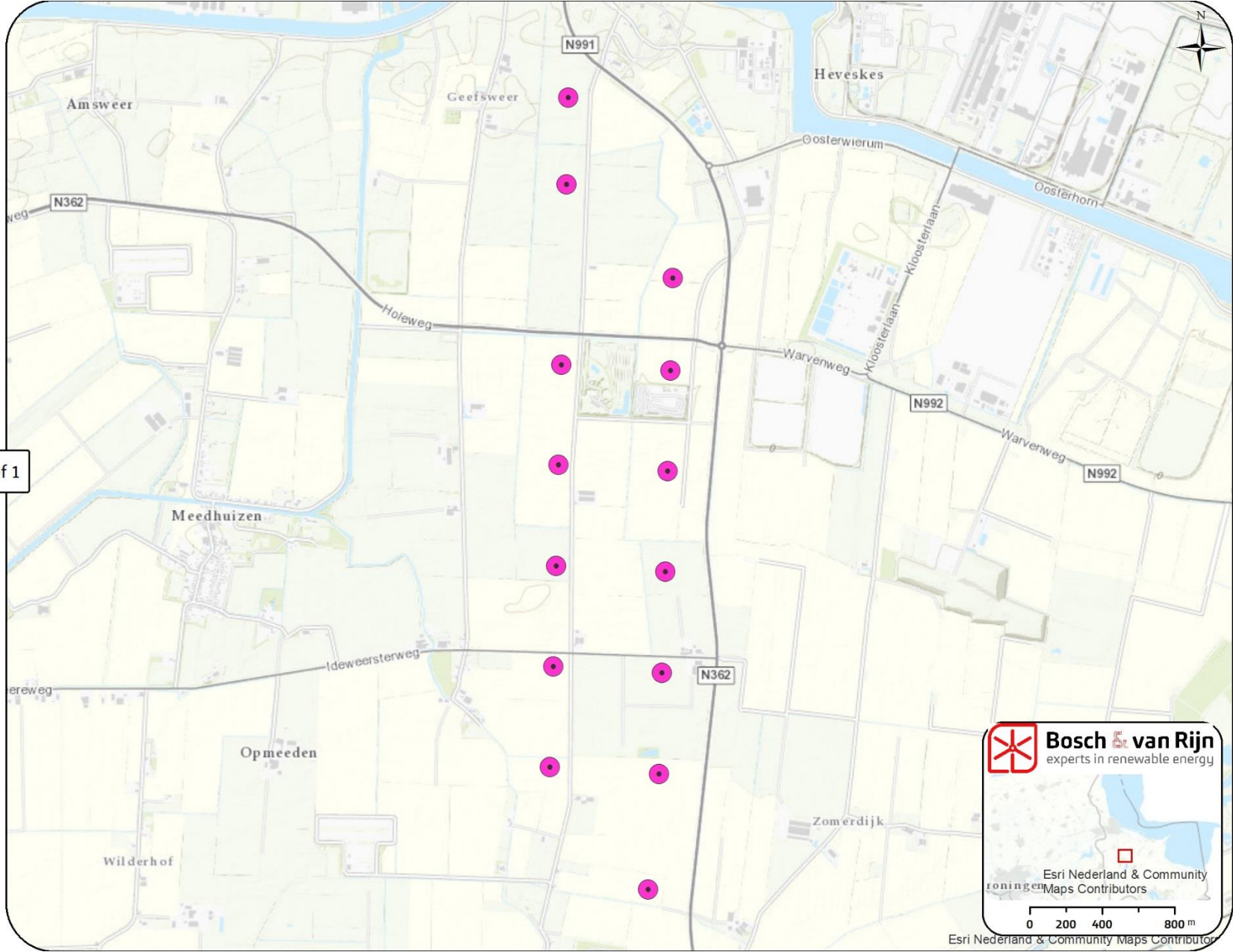
Hoofdstuk 6 Bijlagen

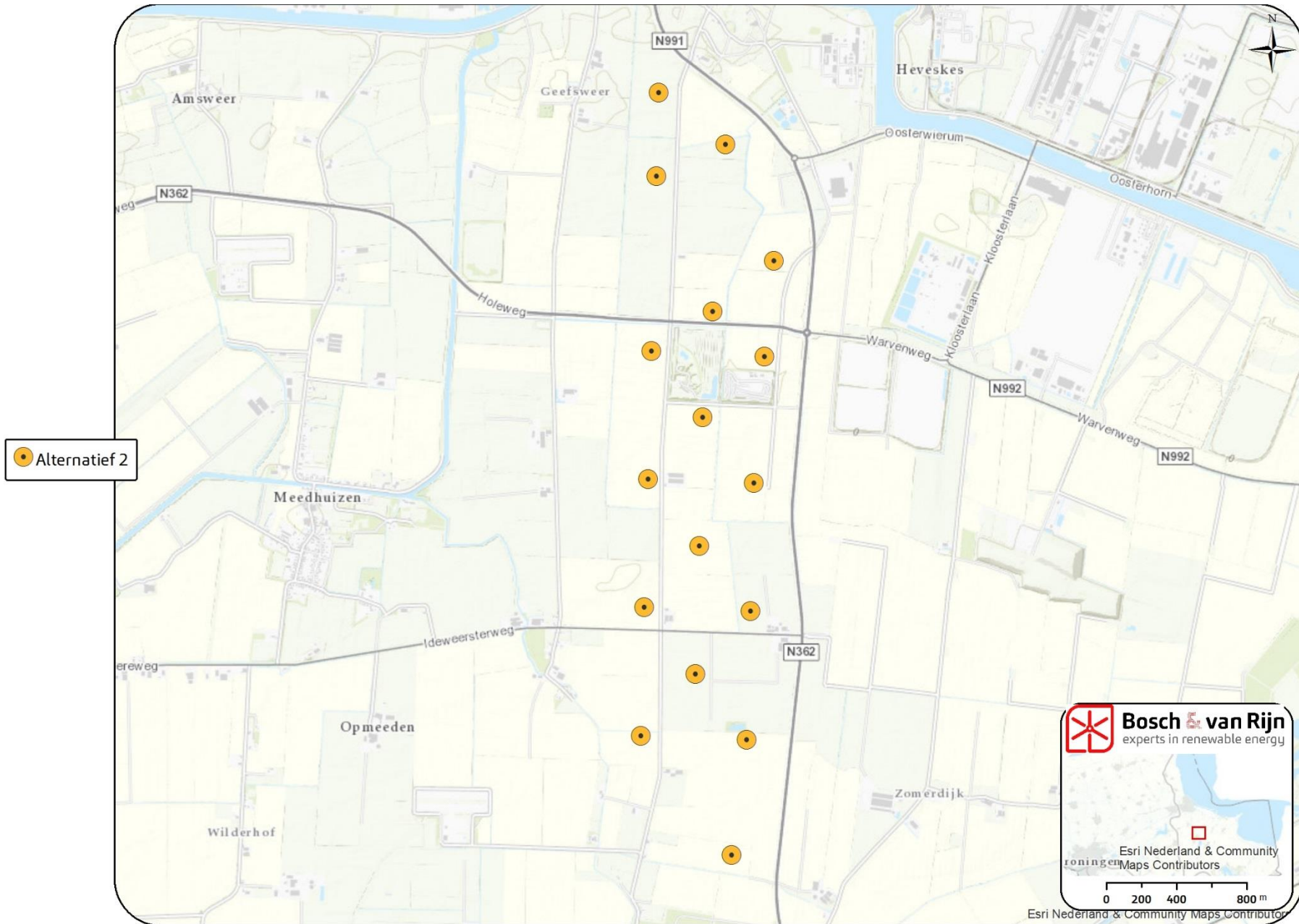


Bijlage A Opstelling Alternatieven 1 en 2



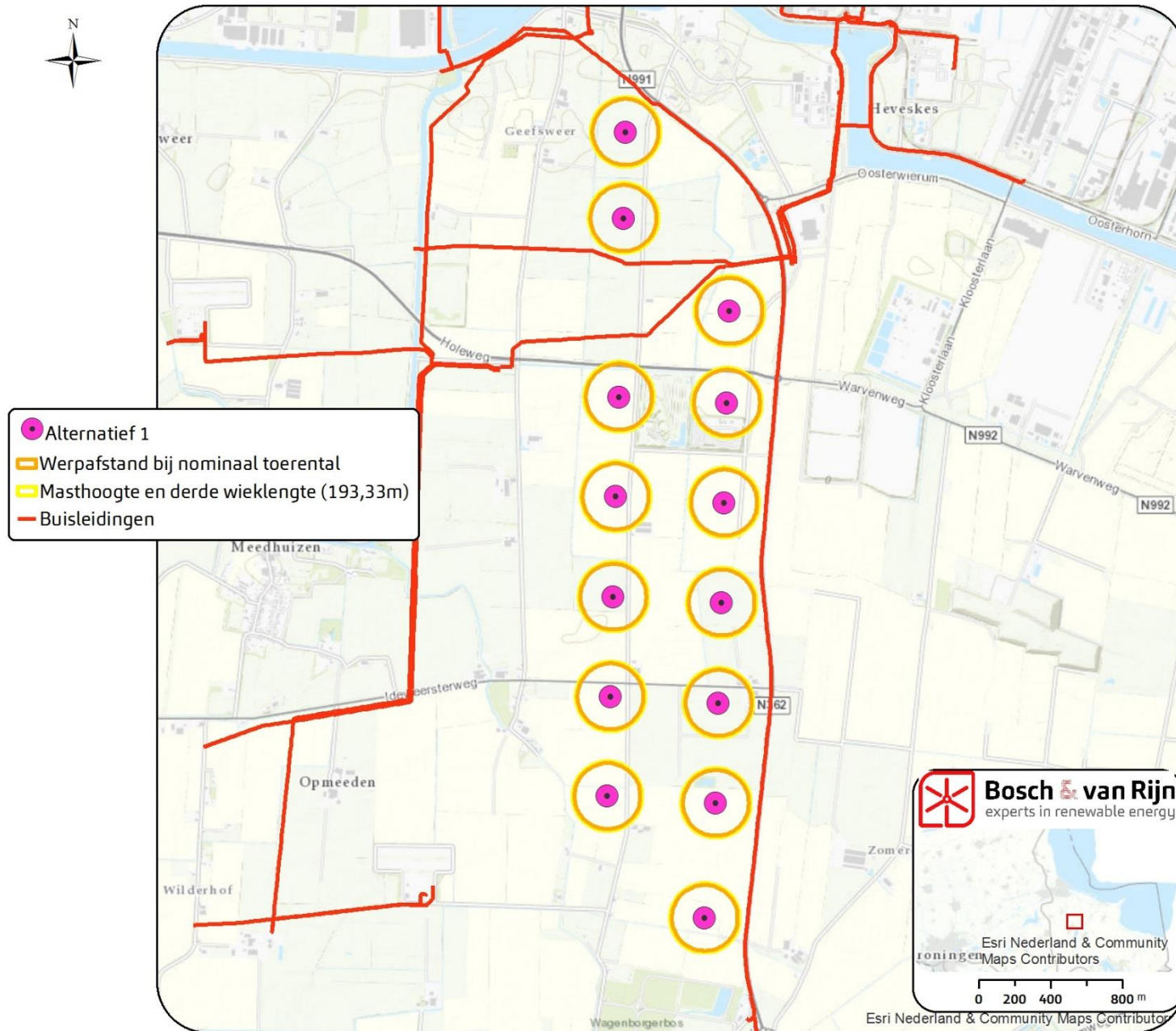
● Alternatief 1

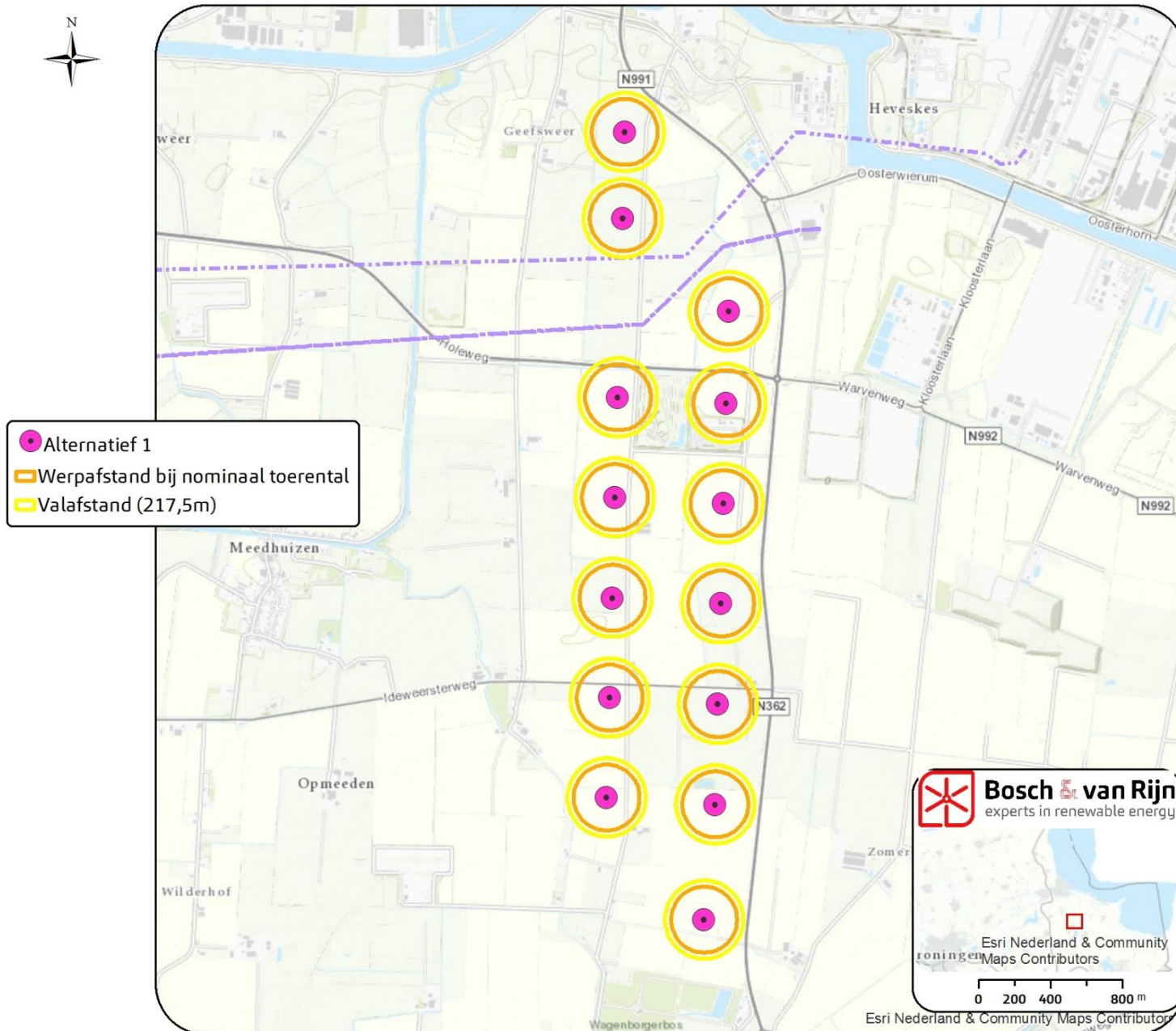


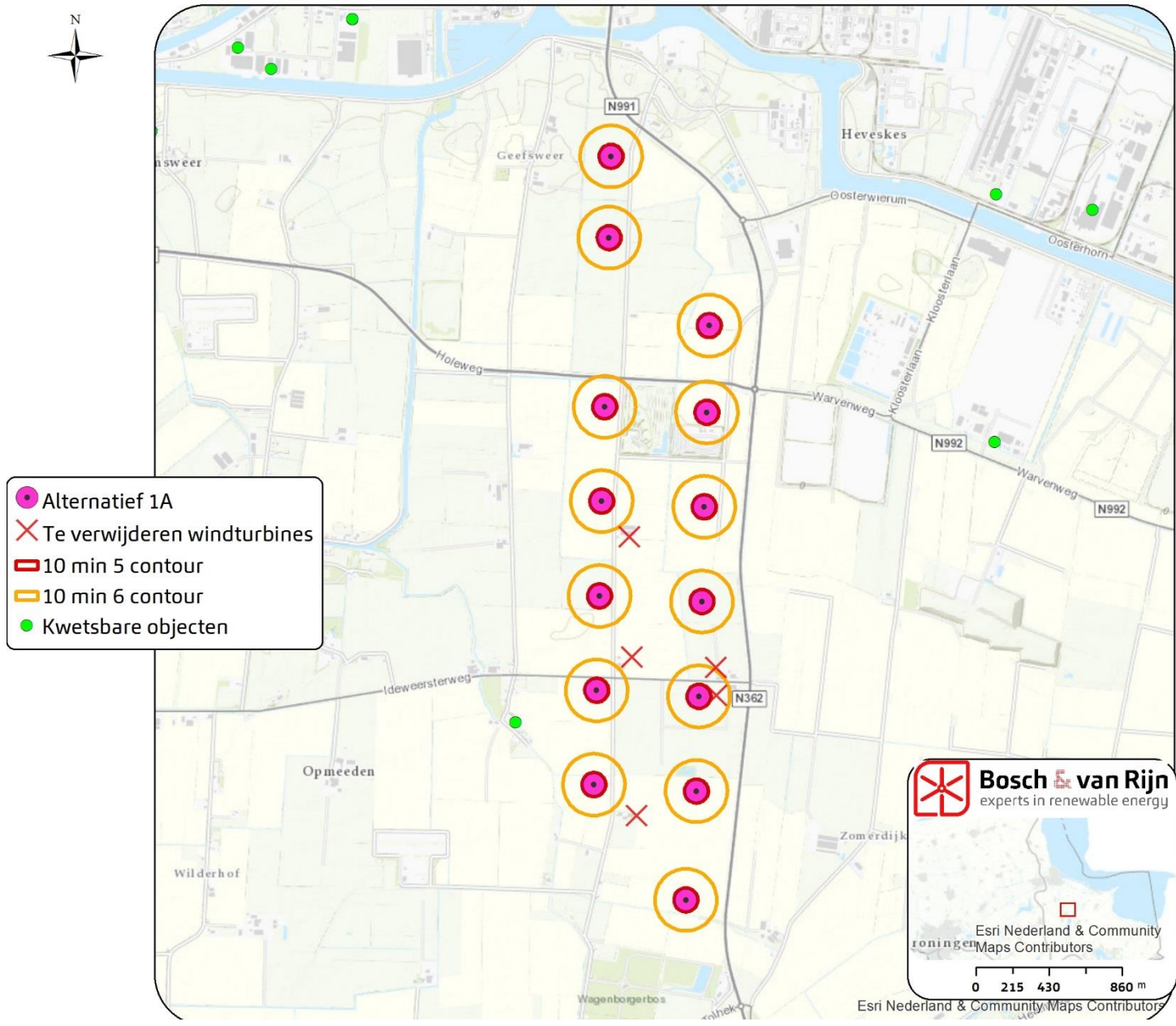


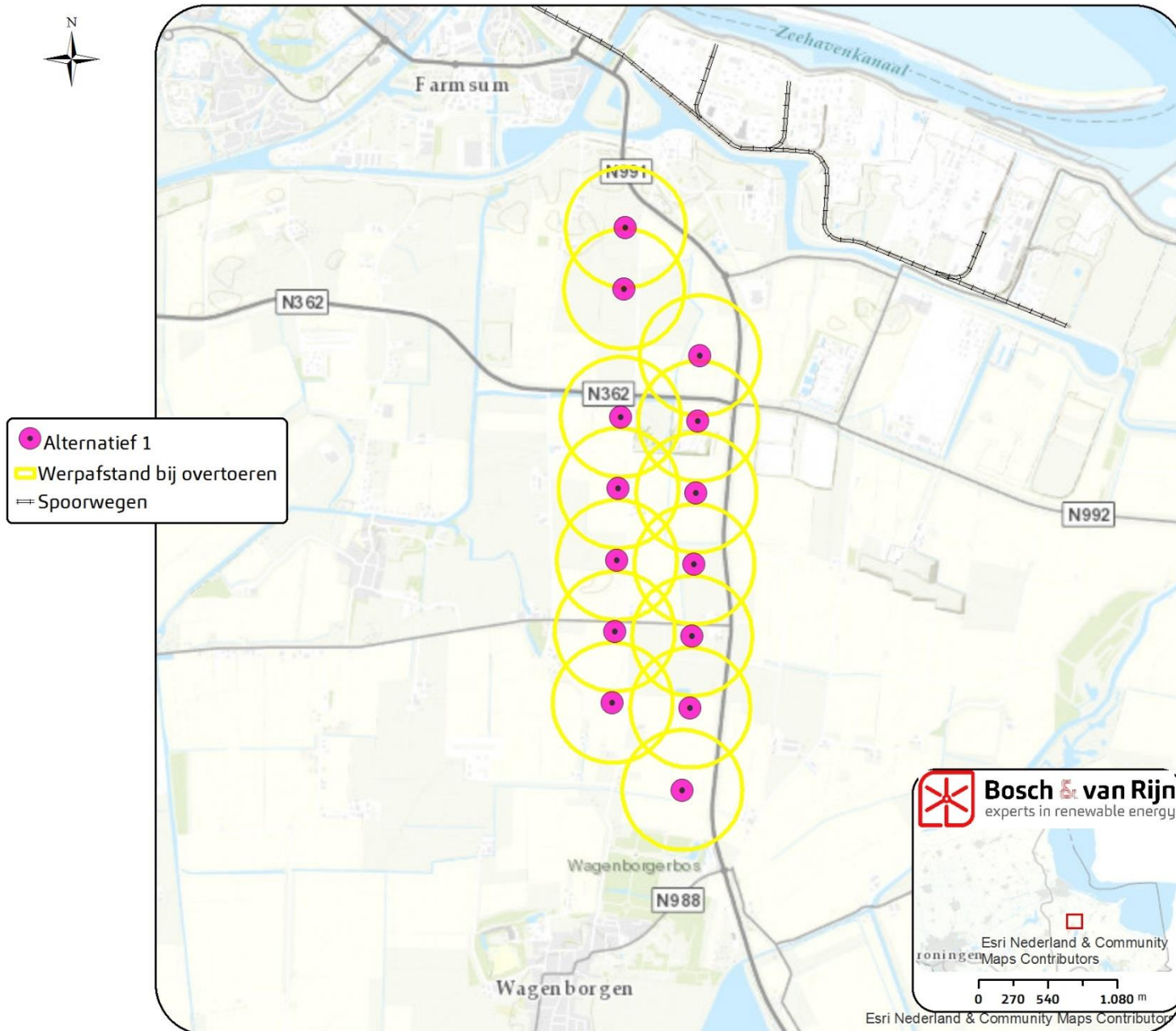
Bijlage B Risicocontouren en werpafstanden

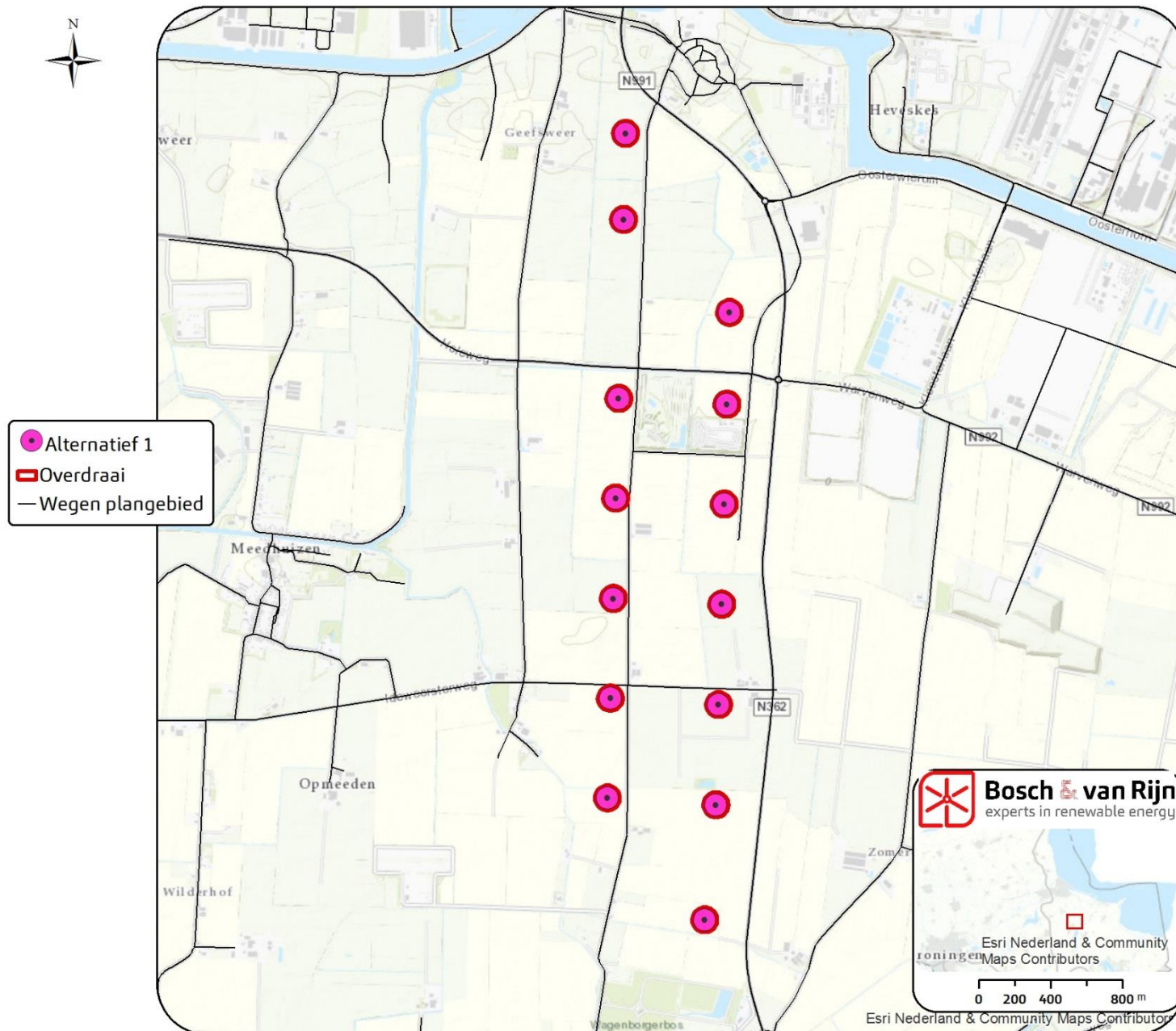


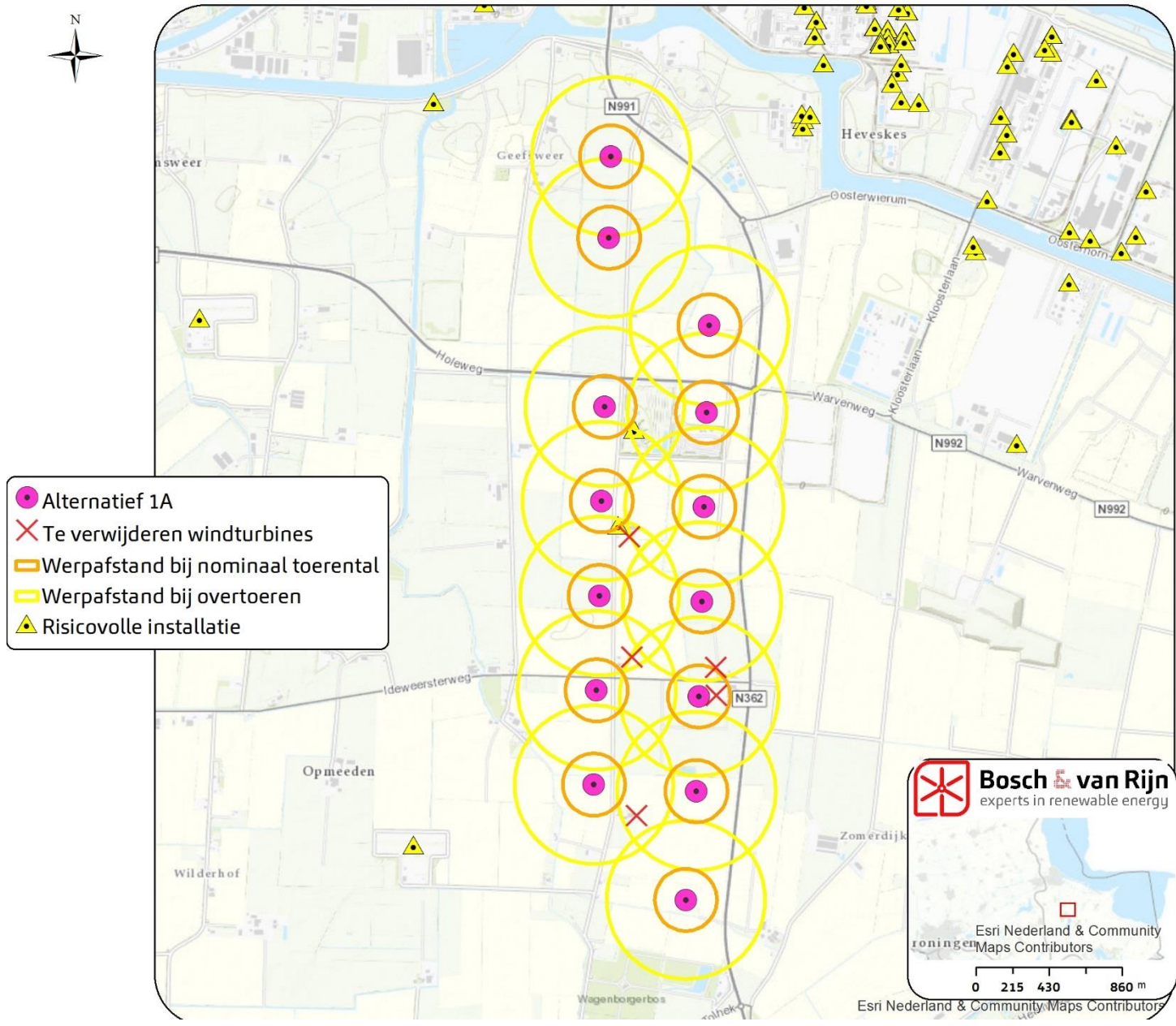


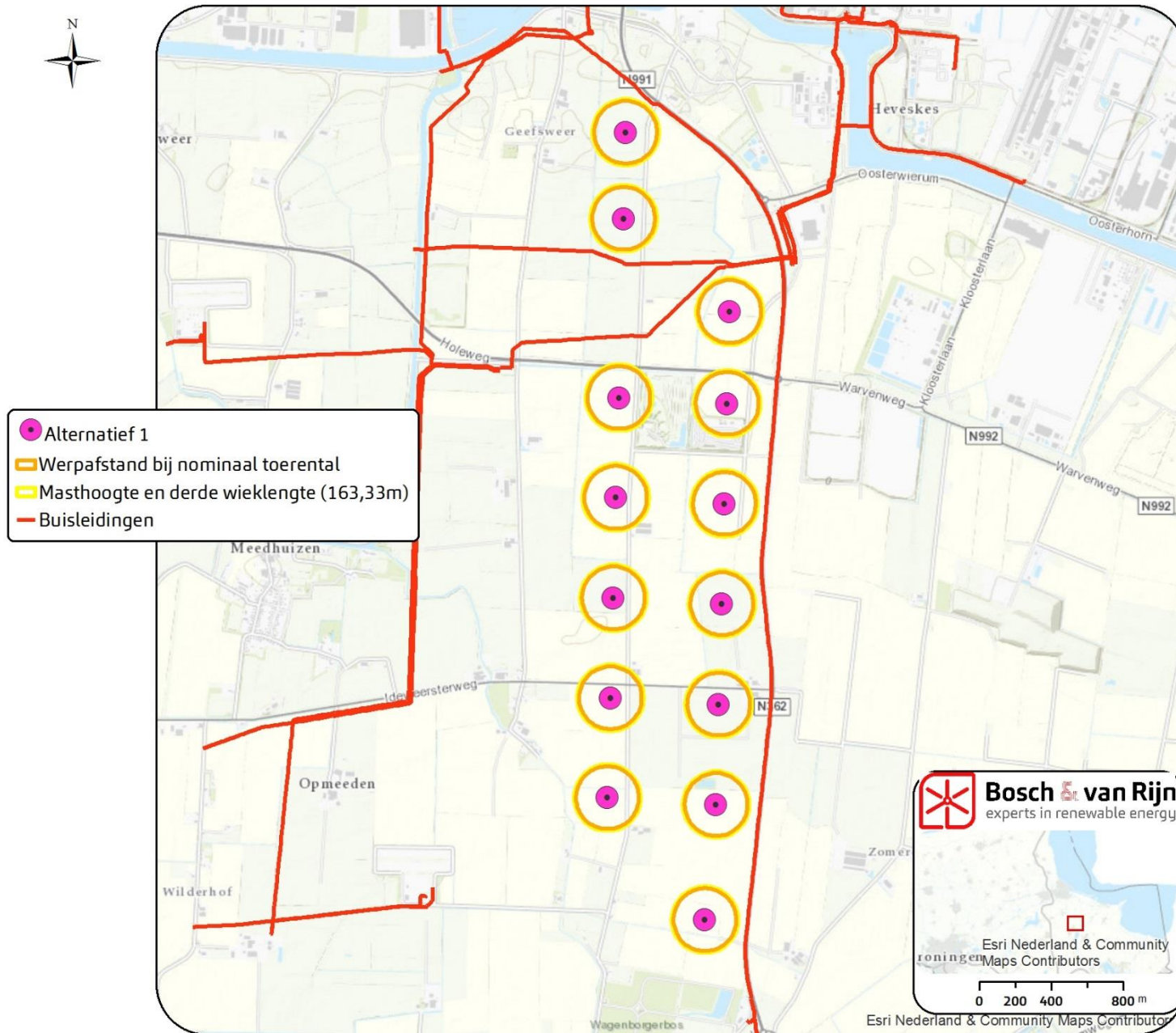


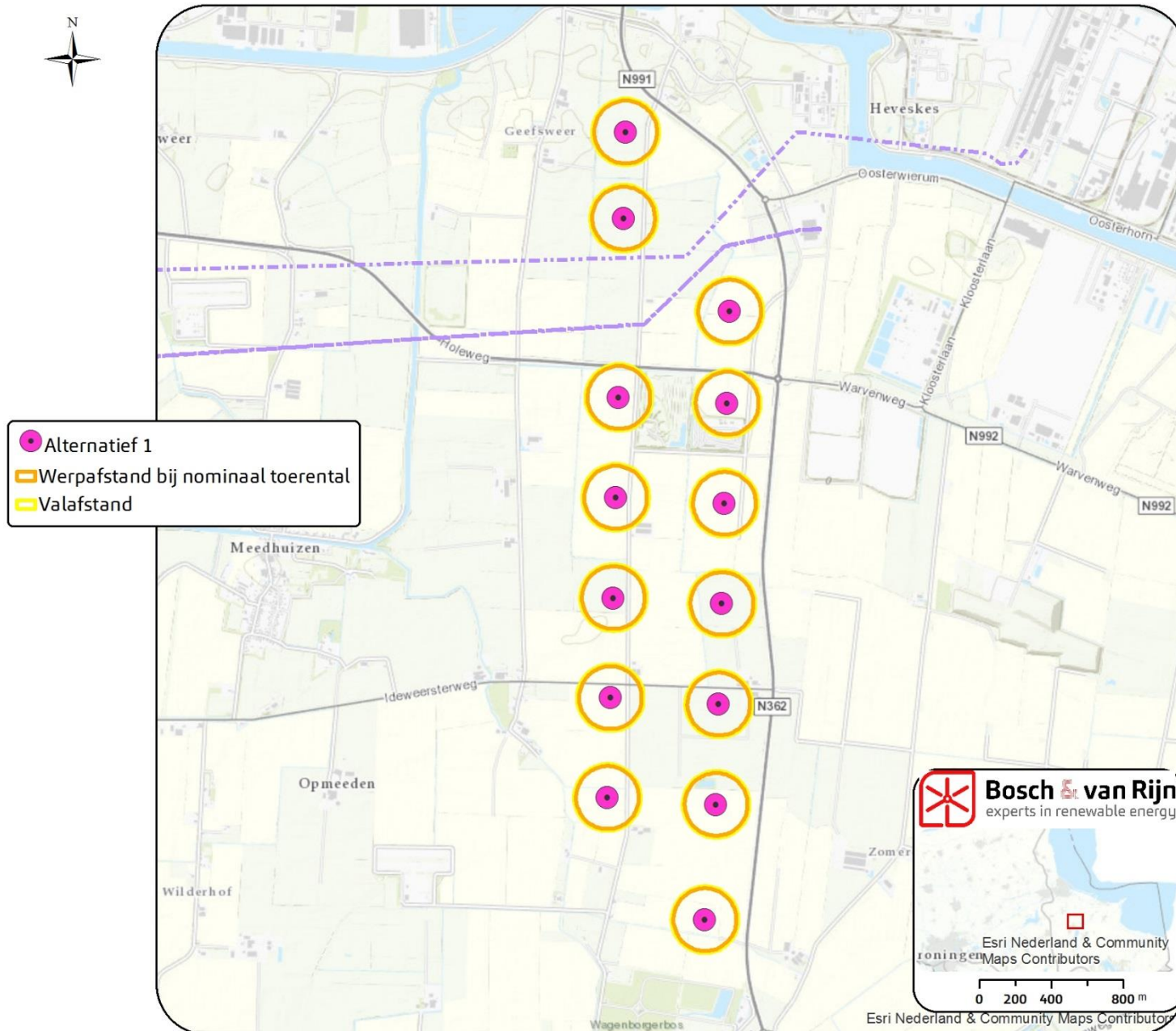


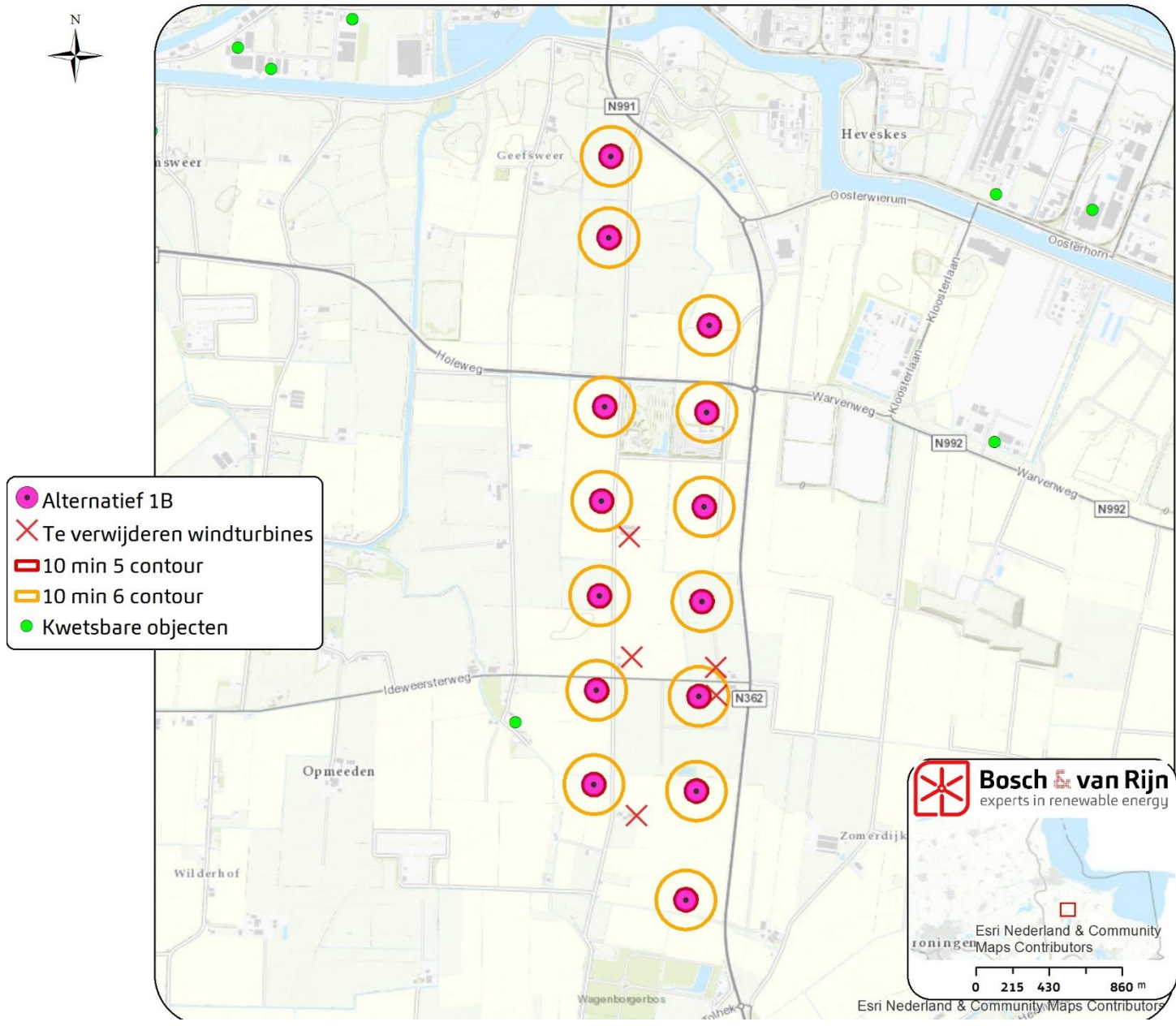


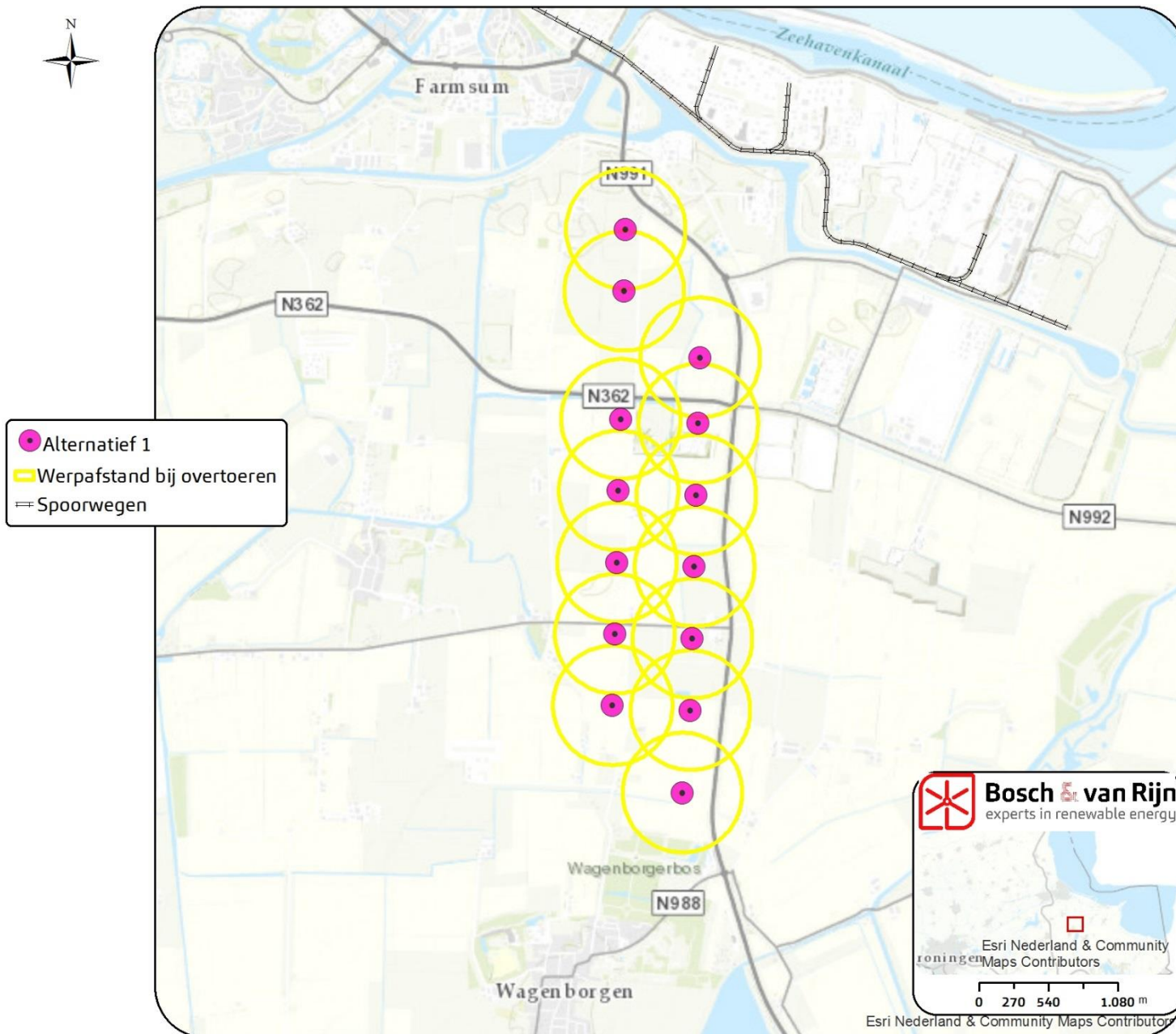


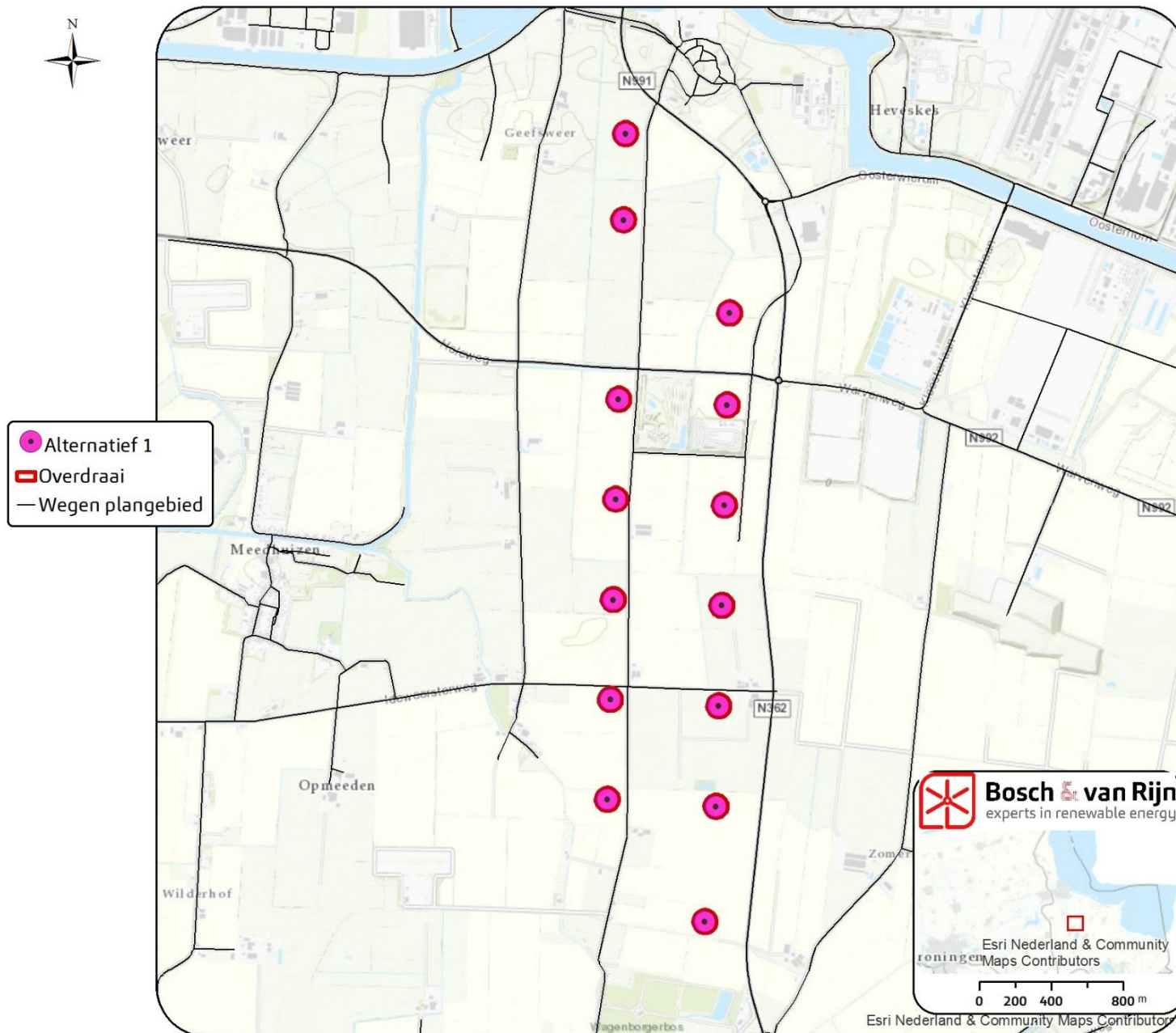


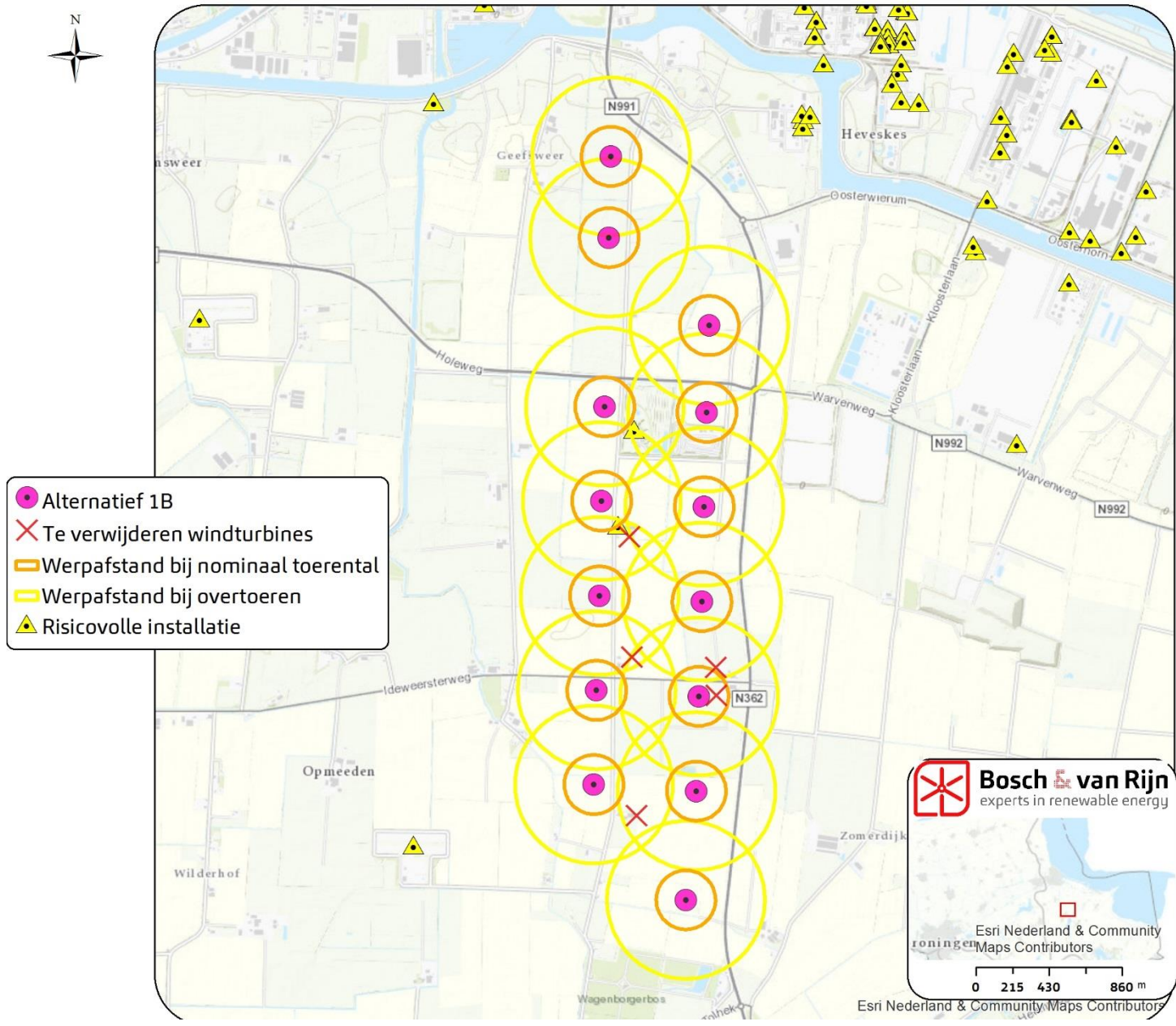










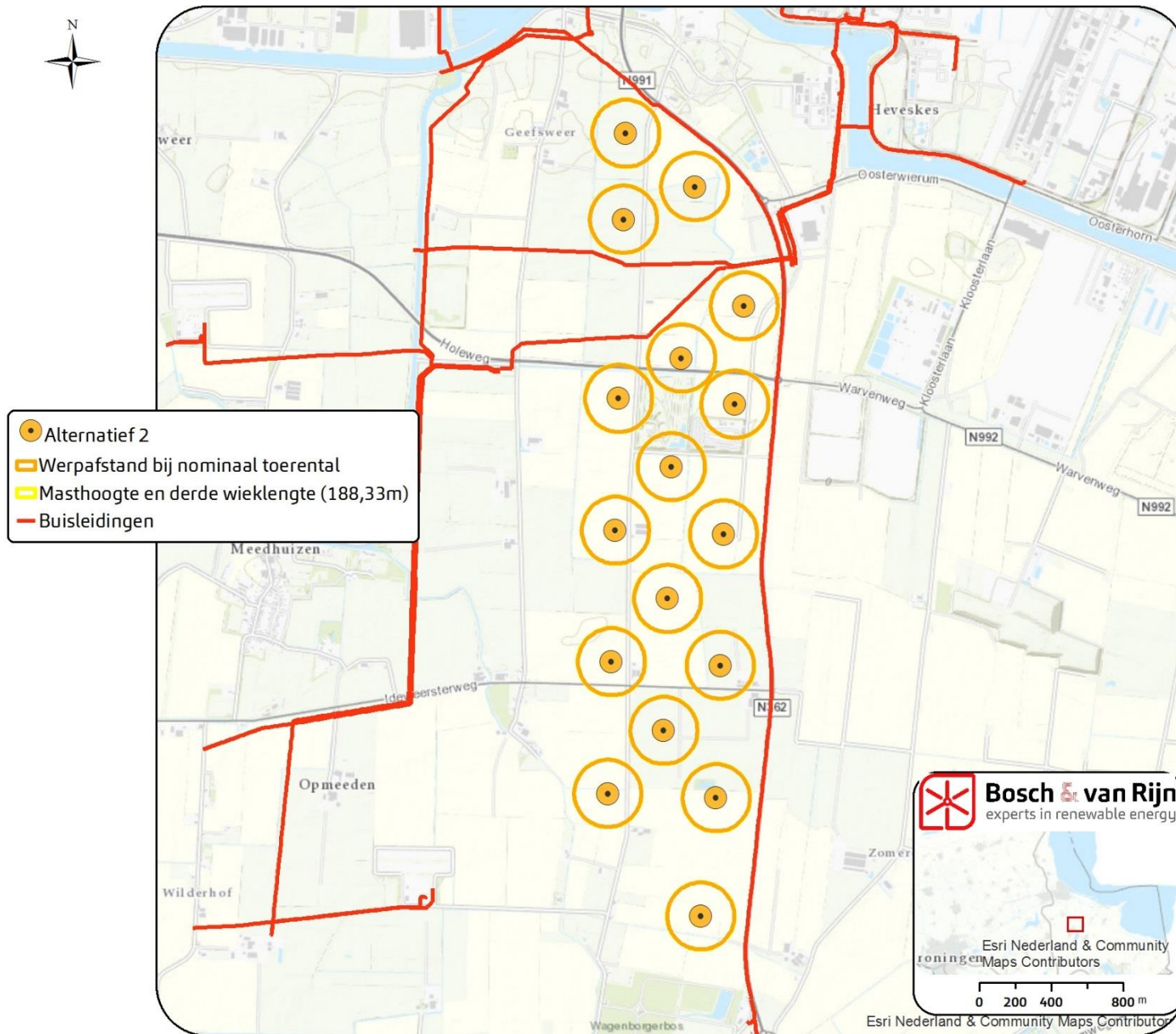


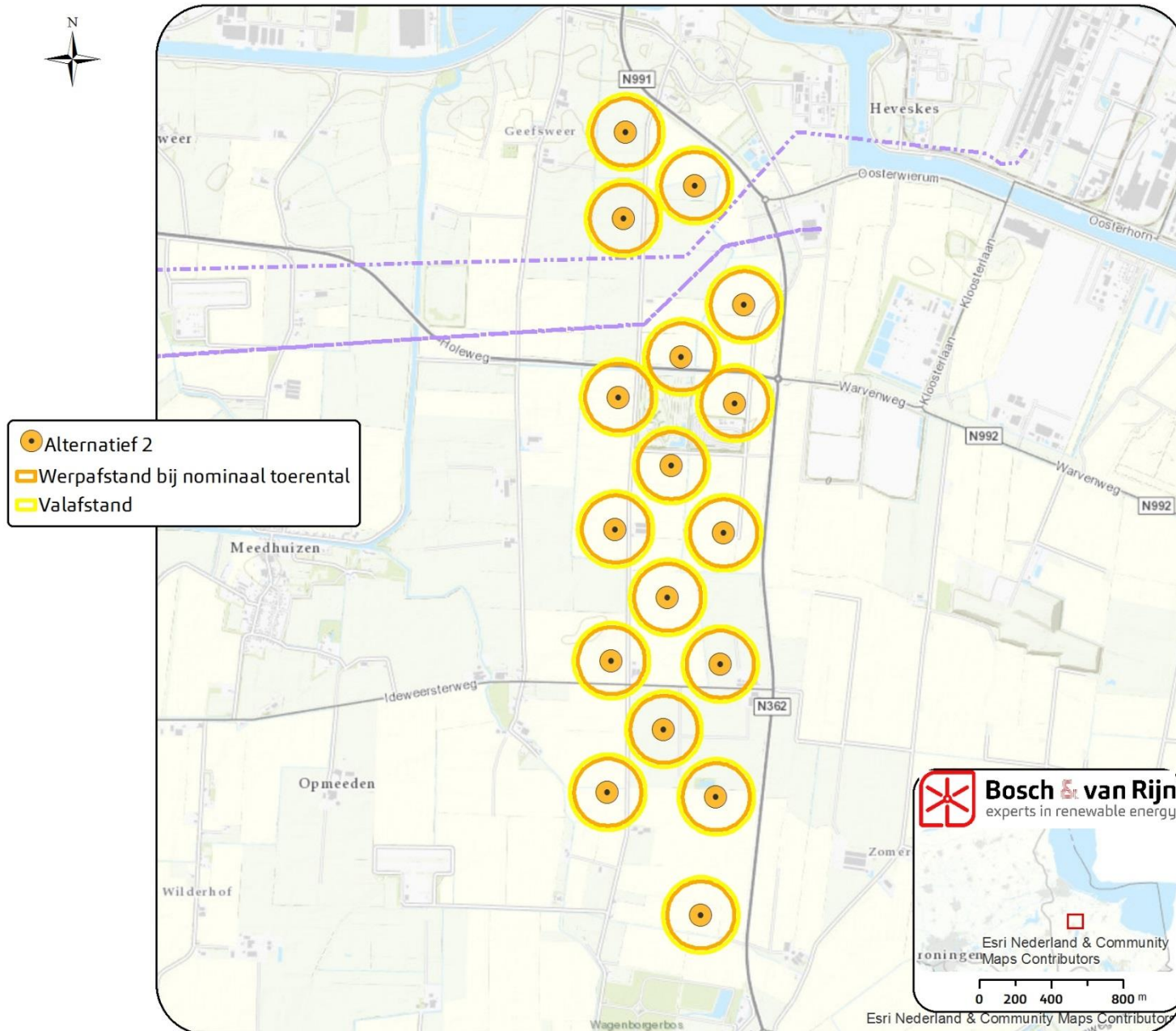
- Alternatief 1B
- ✗ Te verwijderen windturbines
- Werpaafstand bij nominaal toerental
- Werpaafstand bij overtoeren
- ▲ Risicovolle installatie

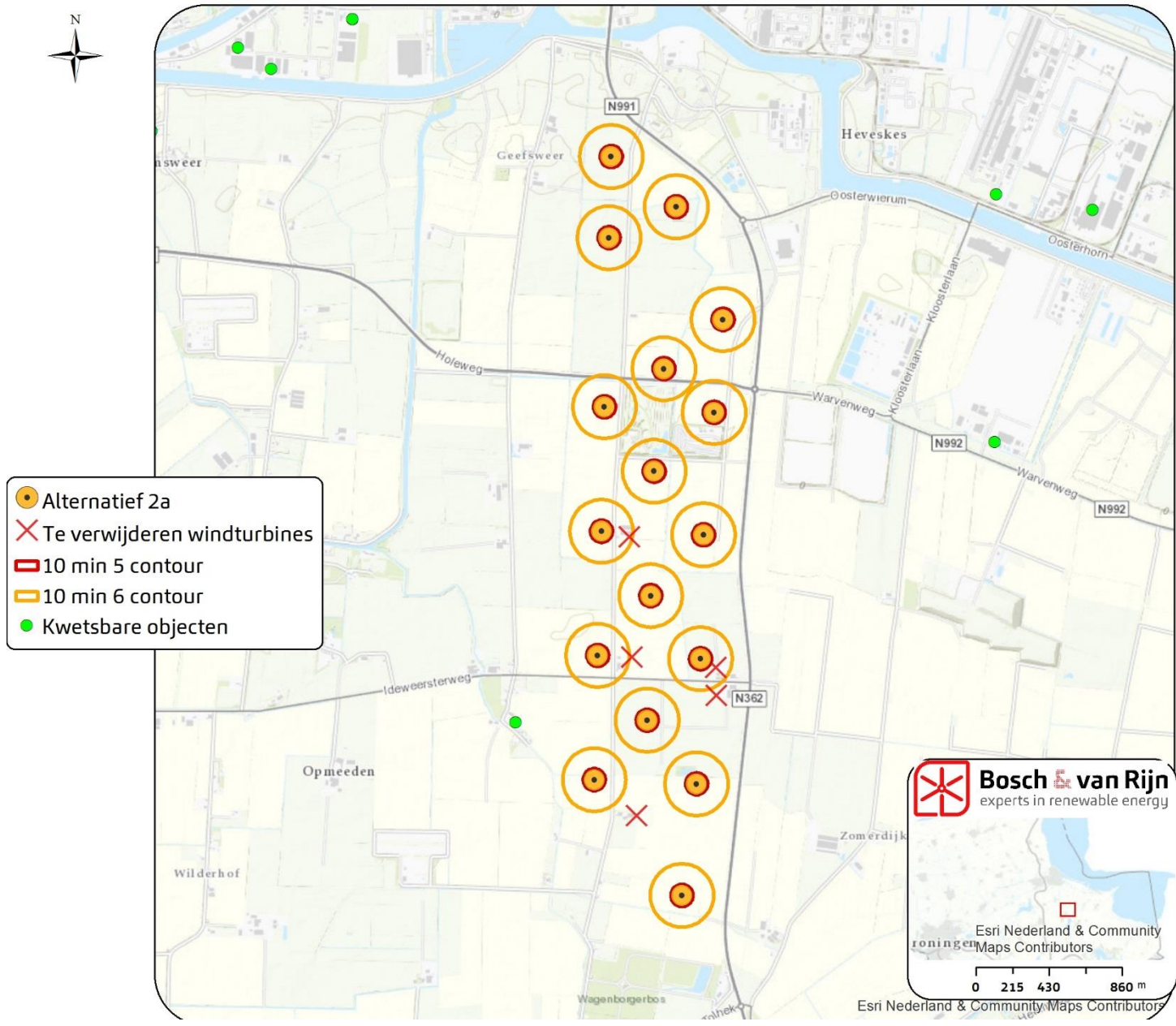
Bosch van Rijn
experts in renewable energy

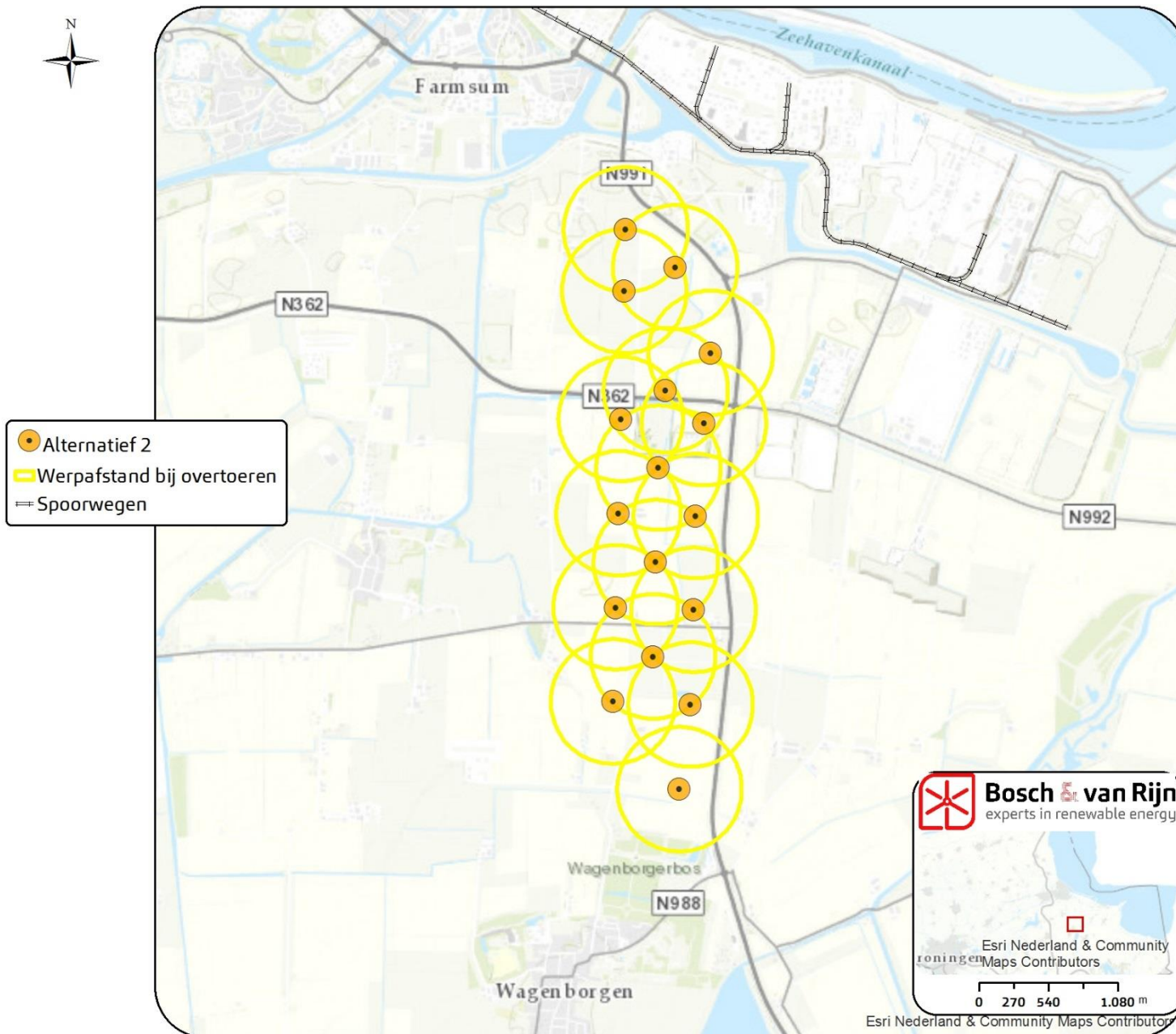
Esri Nederland & Community Maps Contributors

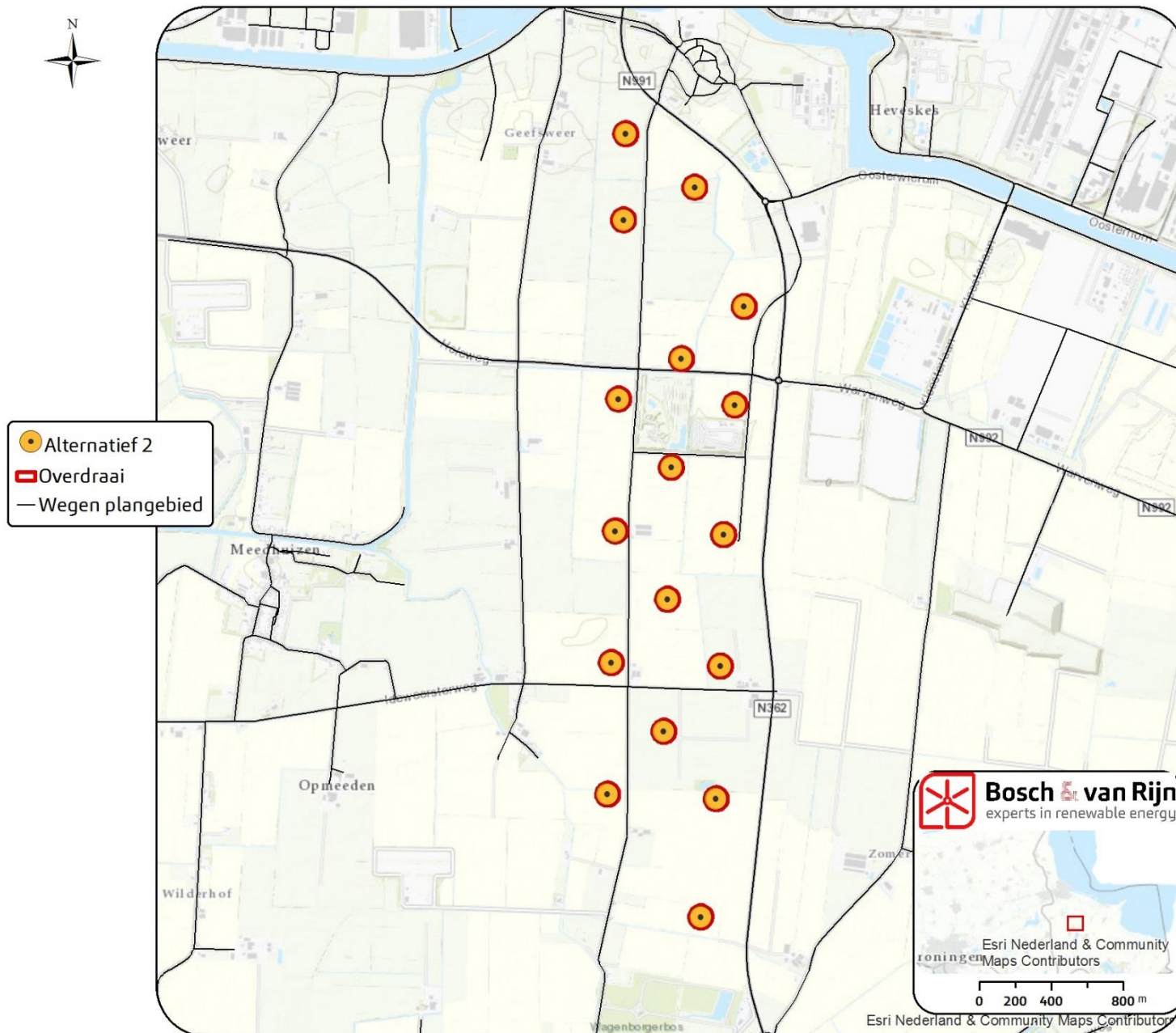
0 215 430 860 m

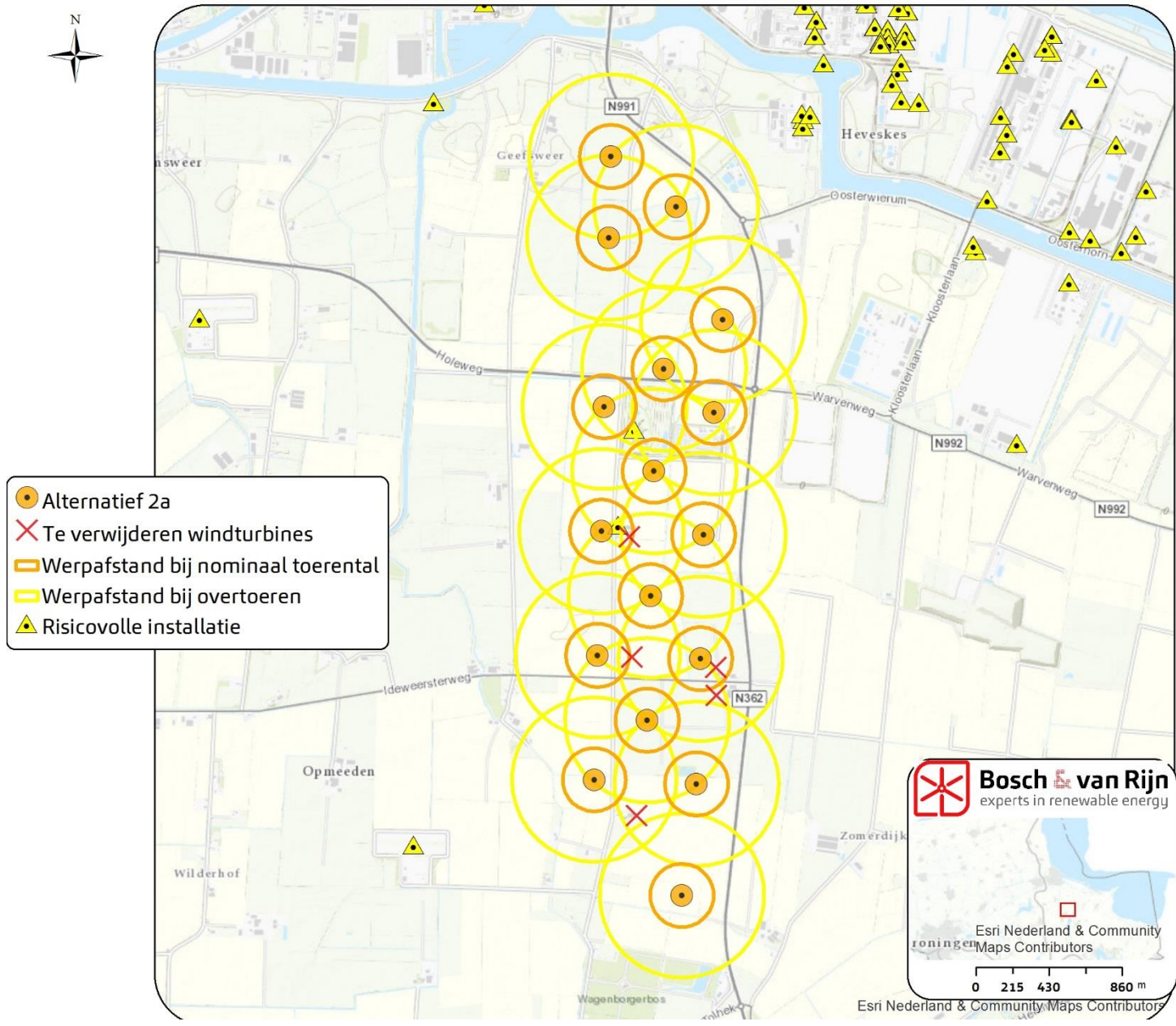










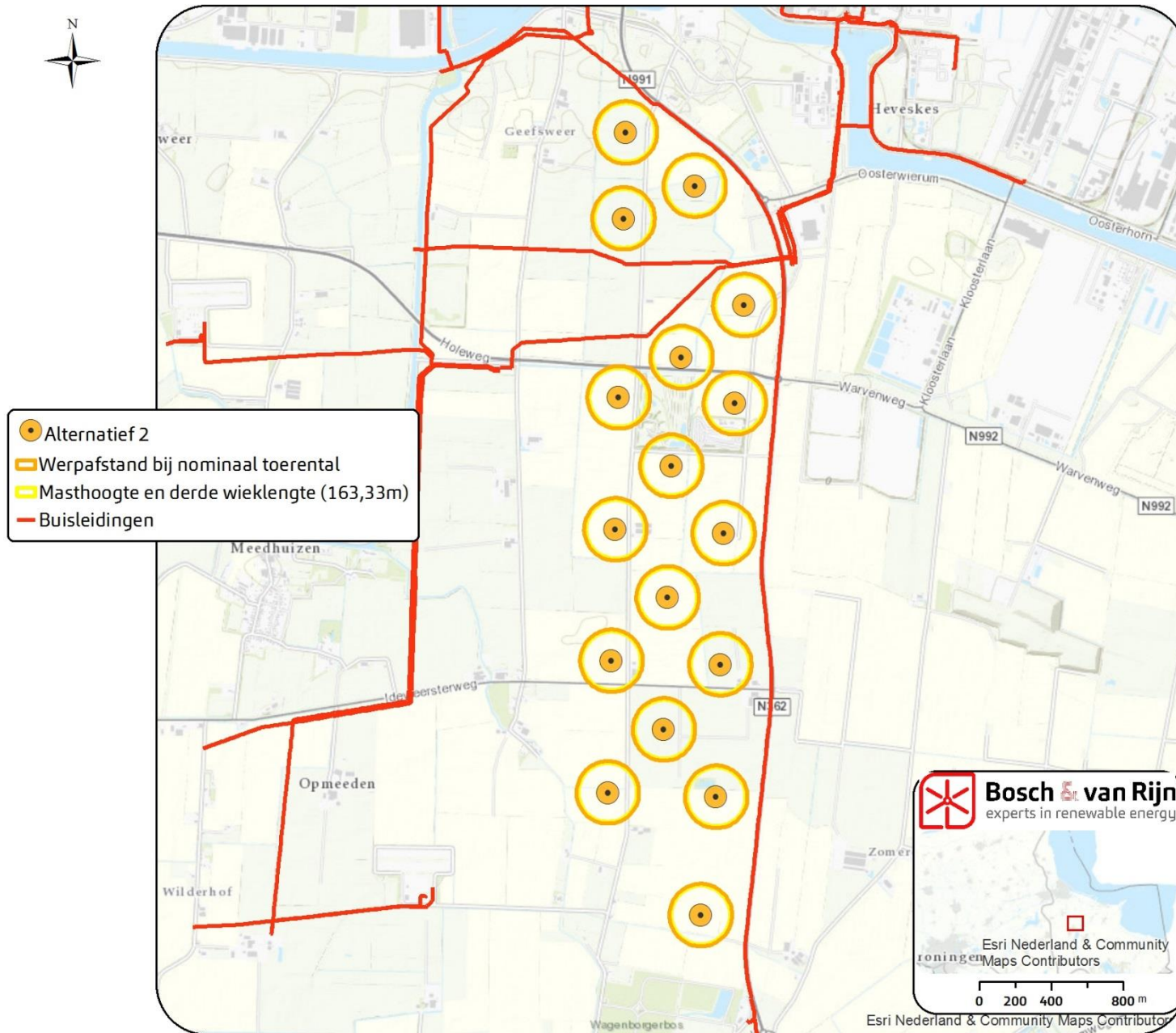


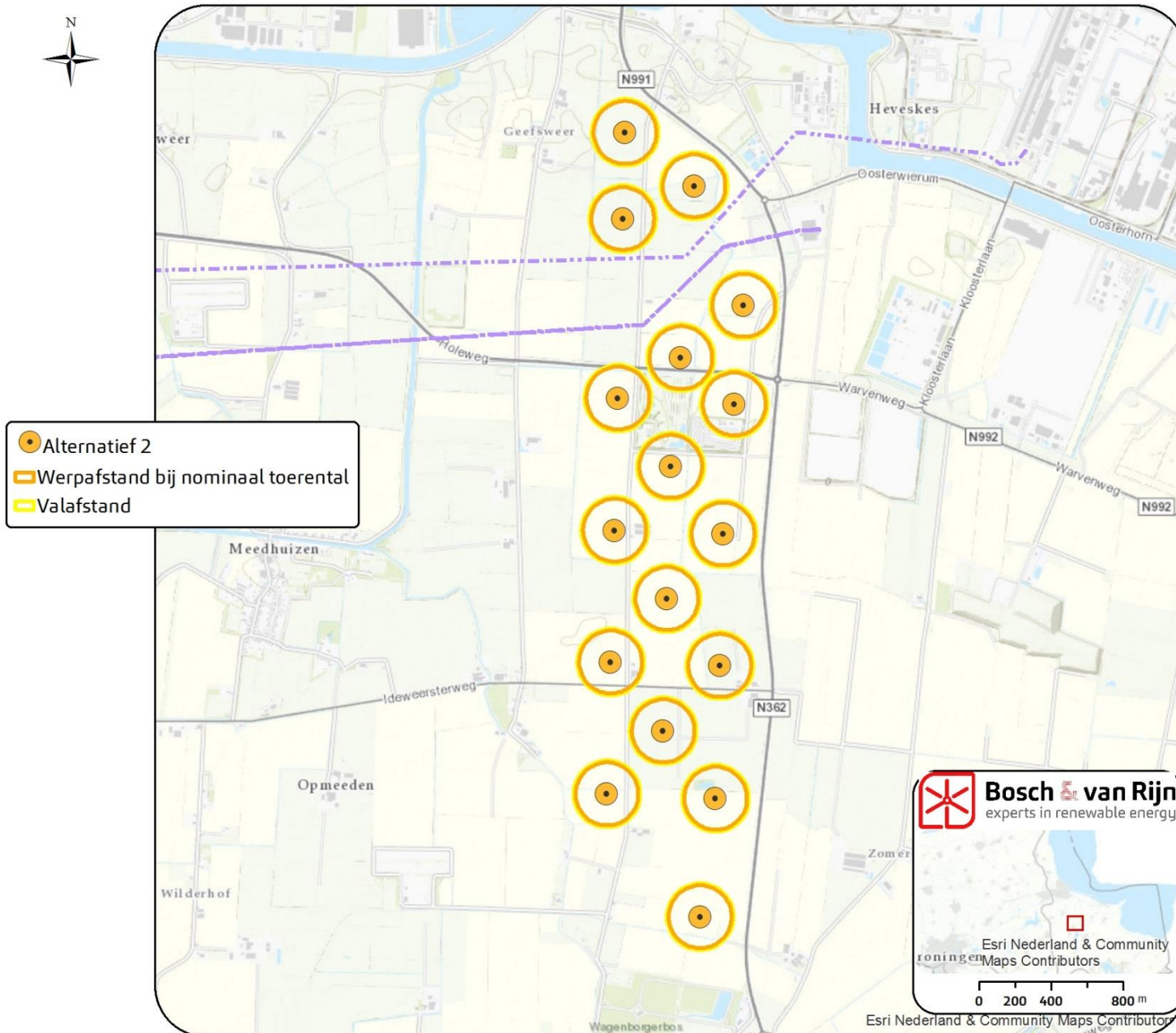
- Alternatief 2a
- ✗ Te verwijderen windturbines
- Werpafstand bij nominaal toerental
- Werpafstand bij overtoeren
- ▲ Risicovolle installatie

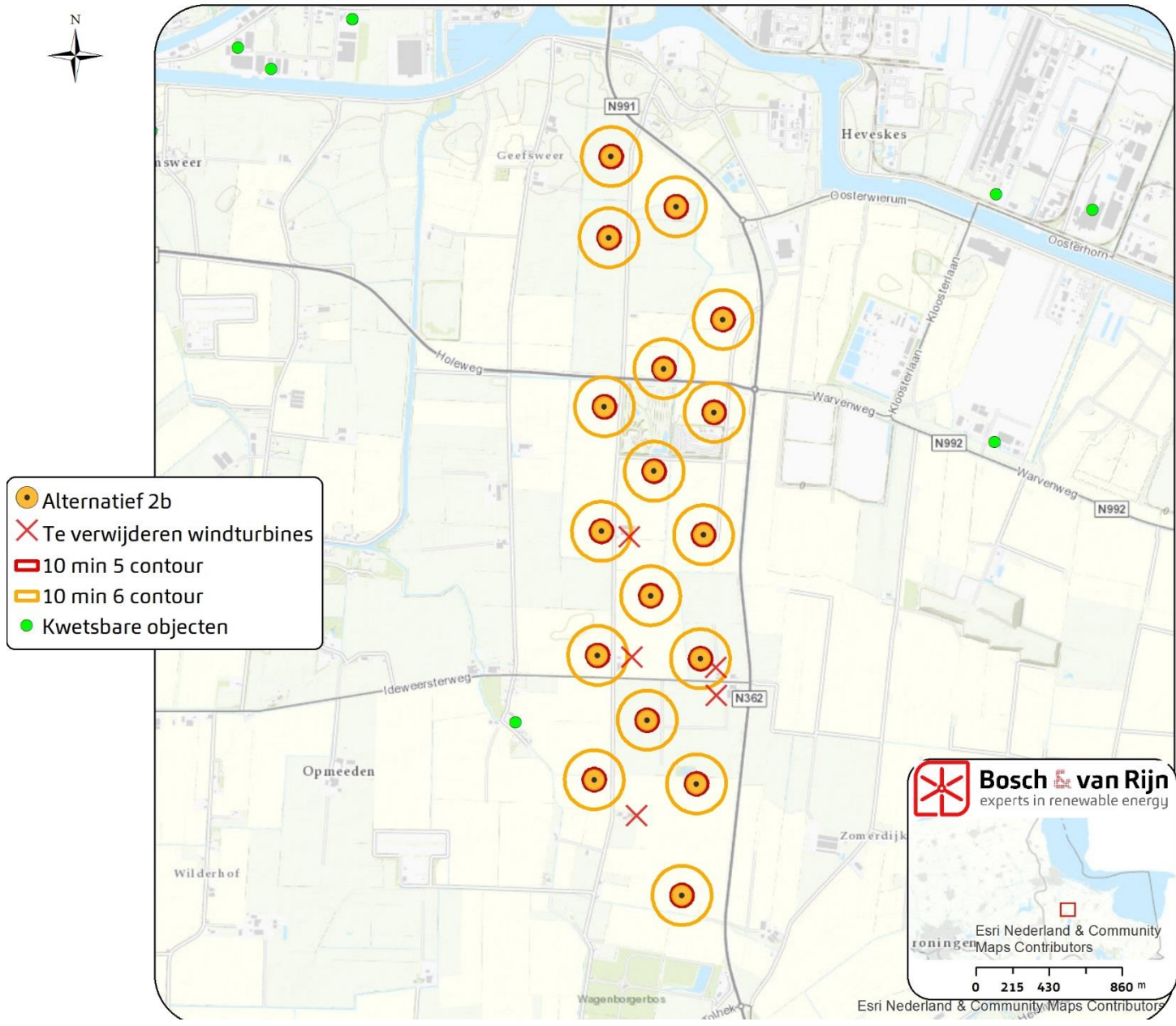
Bosch van Rijn
experts in renewable energy

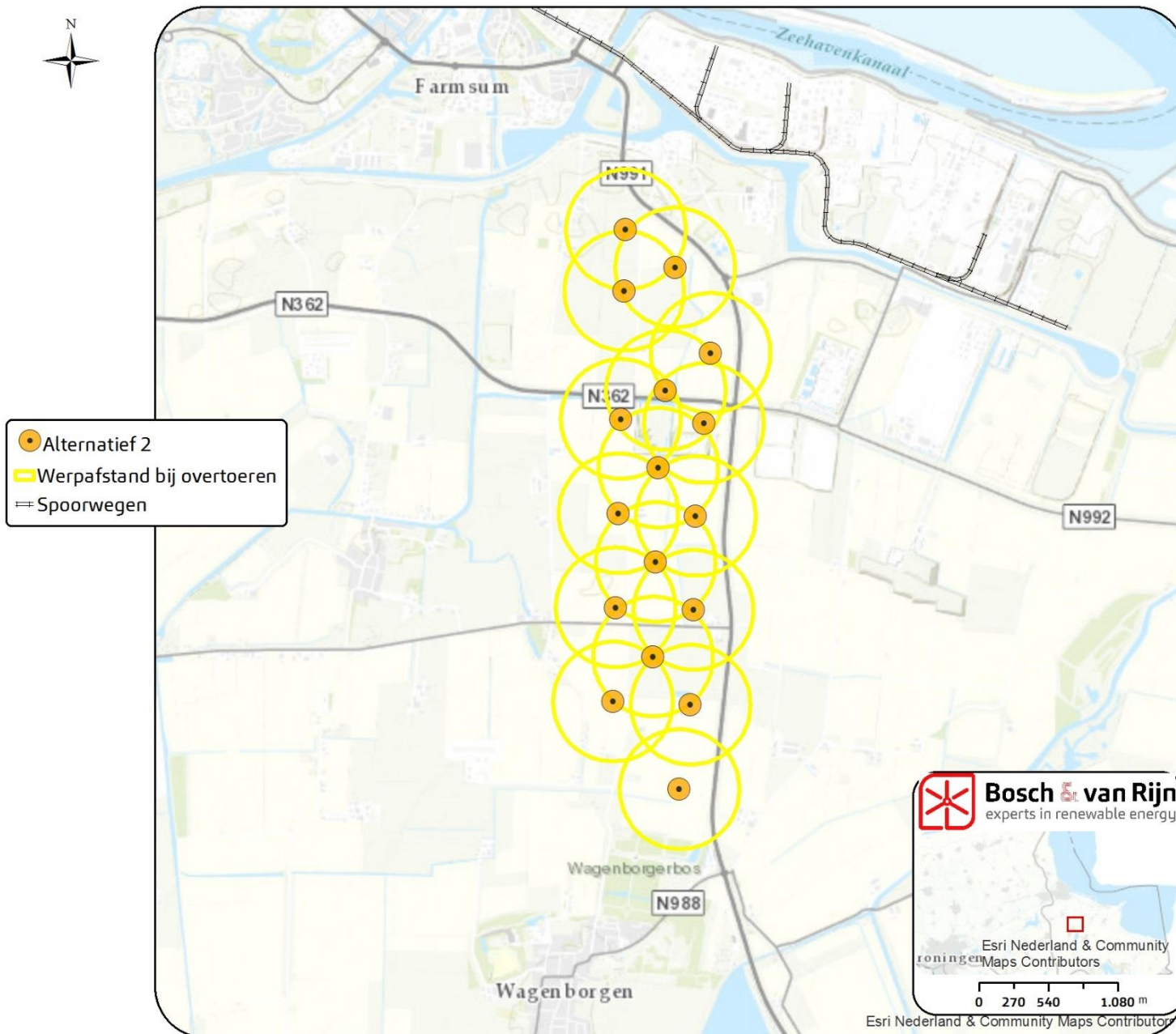
Esri Nederland & Community
Maps Contributors

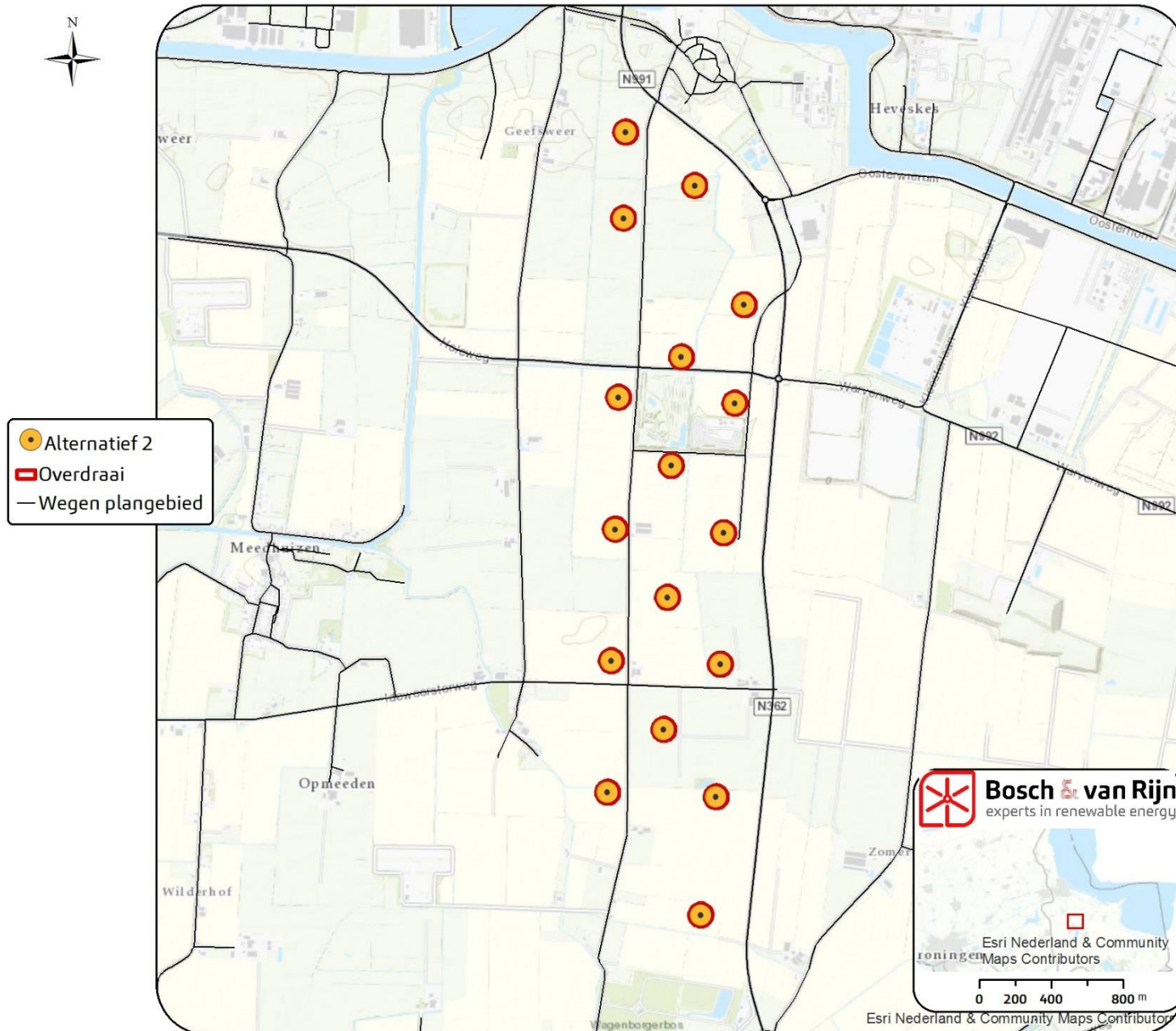
0 215 430 860 m

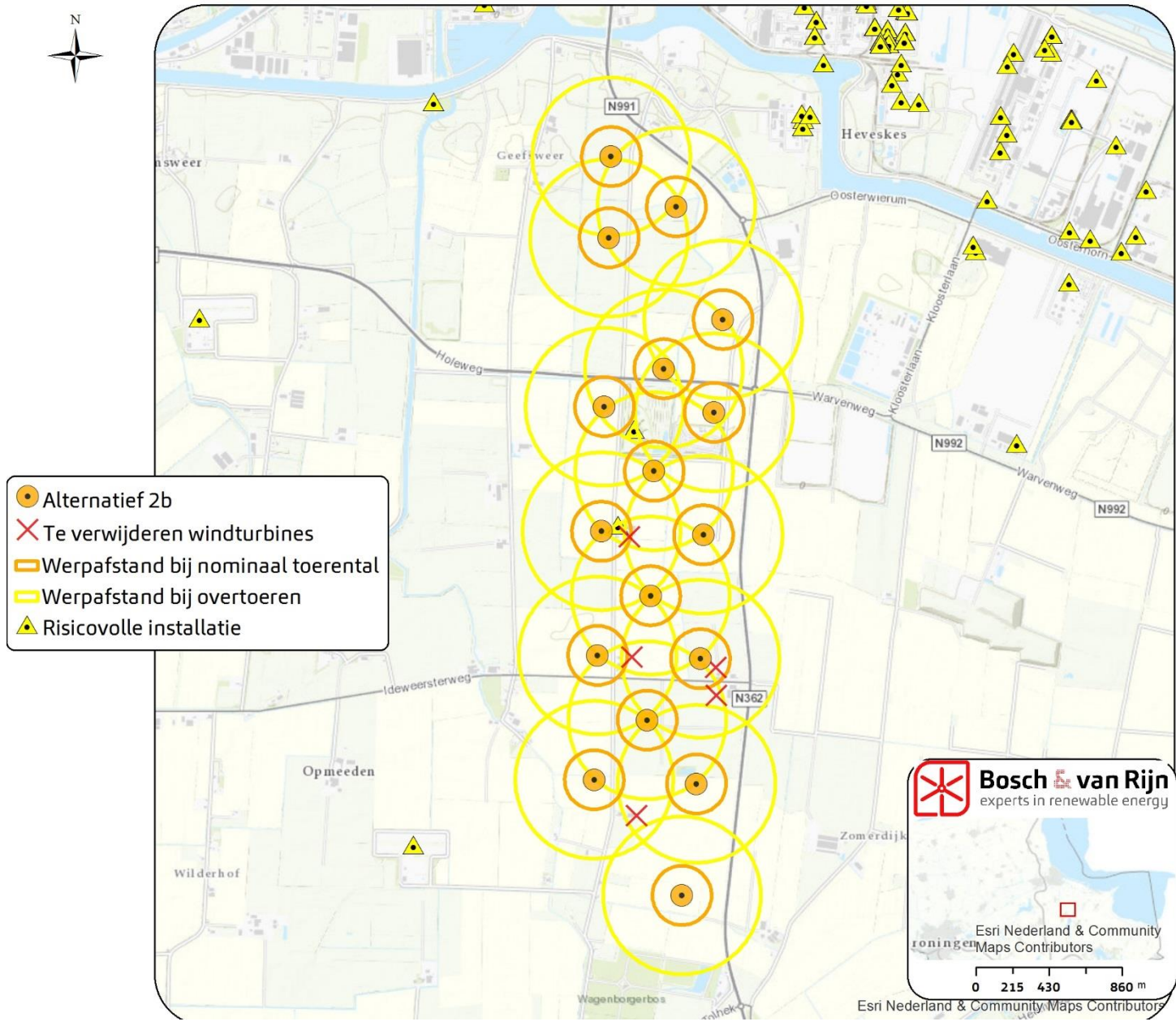












Bijlage C Berekening werpafstand

2.1 Ballistisch model zonder luchtkrachten

2.1.1 Bewegingsvergelijking

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

H : hoogte rotoras [m]

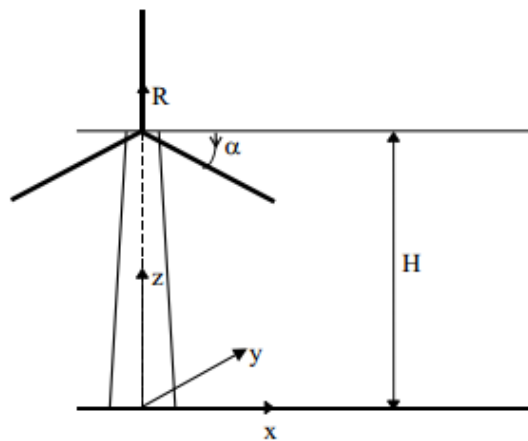
Ω : toerental van de rotor [rad/s]

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

α : azimuthhoek [rad]

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

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



Figuur 1: Overzicht parameters in ballistisch model

De bewegingsvergelijking voor het zwaartepunt is nu

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

Met de beginvoorwaarden

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

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

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

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

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

Substitutie van (2.1.4) in (2.1.3) geeft voor een bepaald toerental de afgelegde afstand, r , als functie van de azimuthoek 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 azimuthoek 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 azimuthoek waarbij bladbreuk optreedt. Met de aanname dat de azimuthoek 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 azimuthoeken op een bepaalde plek terecht kunnen komen, via de hoge baan of via de lage baan. Bij de numerieke uitwerking zal hiermee rekening moeten worden gehouden.

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

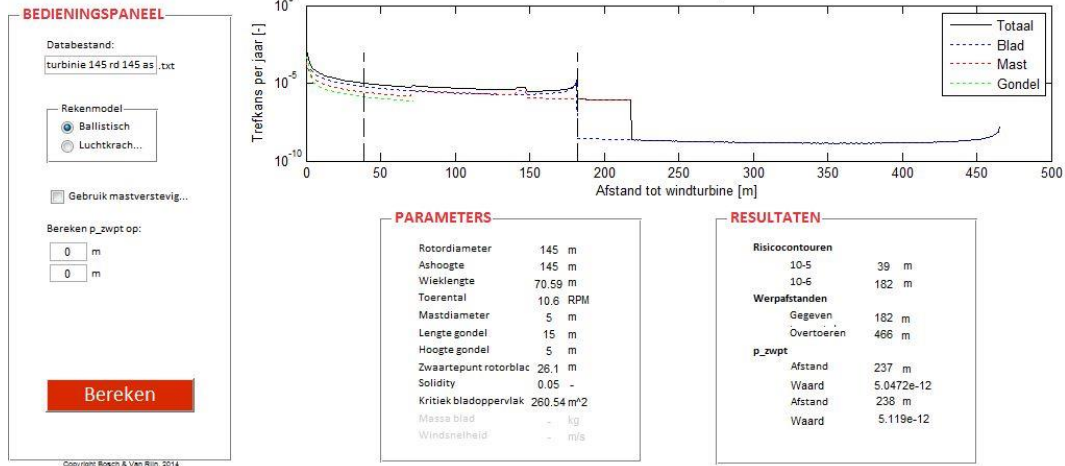
$$f_{ZWPT}(x, y; \Omega) = f_{ZWPT}(r; \Omega) = \frac{1}{2\pi} f_R(r; \Omega) \quad (2.1.9)$$

Bijlage D Werpafstanden turbinetype

Referentietype 145 ashoogte en 145 rotordiameter

BladeThro

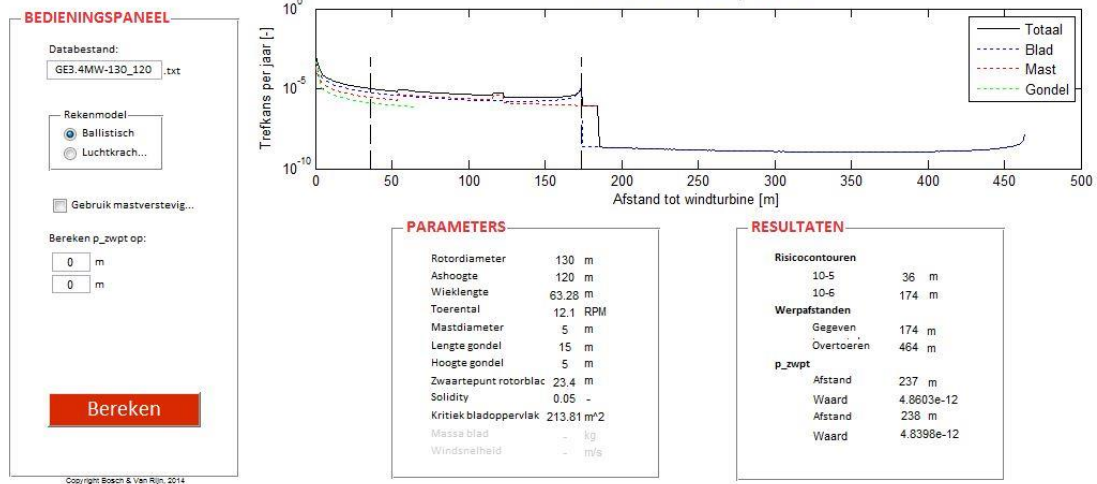
Rekenmodel voor externe veiligheid van windturbines volgens het Handboek Risicozonering



GE-130 145 ashoogte en 130 rotordiameter

BladeThro

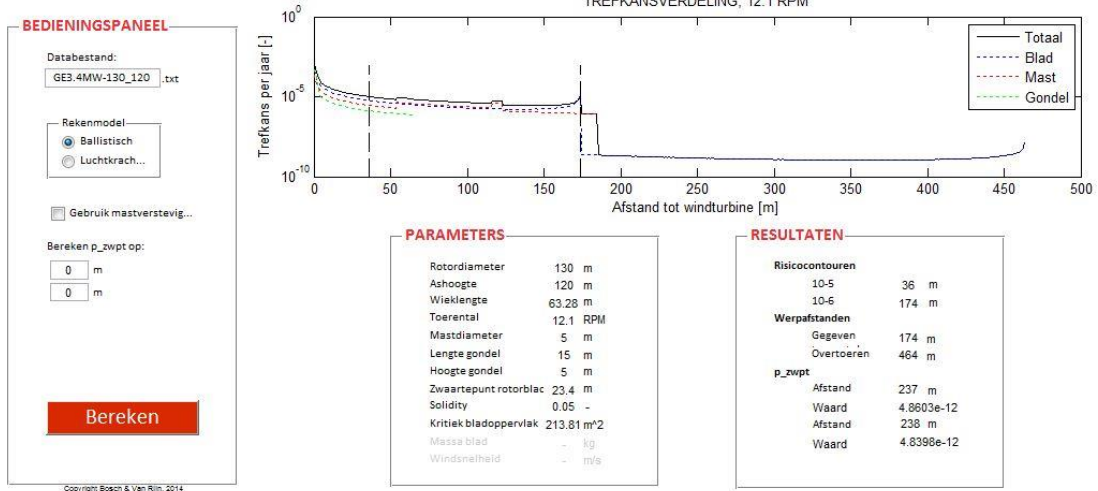
Rekenmodel voor externe veiligheid van windturbines volgens het Handboek Risicozonering



GE-130 120 ashoogte en 130 rotordiameter

BladeThro

Rekenmodel voor externe veiligheid van windturbines volgens het Handboek Risicozonering



Bijlage E (beperkt) Kwetsbare objecten

Kwetsbare objecten

- a) woningen, woonschepen en woonwagens, niet zijnde woningen, woonschepen of woonwagens als bedoeld in onderdeel b, onder a;
- b) gebouwen bestemd voor het verblijf, al dan niet gedurende een gedeelte van de dag, van minderjarigen, ouderen, zieken of gehandicapten, zoals:
 - 1. ziekenhuizen, bejaardenhuizen en verpleeghuizen;
 - 2. scholen, of
 - 3. gebouwen of gedeelten daarvan, bestemd voor dagopvang van minderjarigen;
- c) gebouwen waarin doorgaans grote aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zijn, waartoe in ieder geval behoren:
 - 1. kantoorgebouwen en hotels met een bruto vloeroppervlak van meer dan 1500 m² per object, of
 - 2. complexen waarin meer dan 5 winkels zijn gevestigd en waarvan het gezamenlijk bruto vloeroppervlak meer dan 1000 m² bedraagt en winkels met een totaal bruto vloeroppervlak van meer dan 2000 m² per winkel, voorzover in die complexen of in die winkels een supermarkt, hypermarkt of warenhuis is gevestigd, en
- d) kampeer- en andere recreatieterreinen bestemd voor het verblijf van meer dan 50 personen gedurende meerdere aaneengesloten dagen;

Beperkt kwetsbare objecten

- a) 1°.verspreid liggende woningen, woonschepen en woonwagens van derden met een dichtheid van maximaal twee woningen, woonschepen of woonwagens per hectare, en 2°.dienst- en bedrijfswoningen van derden;
- b) kantoorgebouwen, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- c) hotels en restaurants, voorzover zij niet kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- d) winkels, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- e) sporthallen, sportterreinen, zwembaden en speeltuinen;
- f) 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

© Bosch & Van Rijn 2016

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