

717053
Mei 2018

ZICHTBAARHEIDSANALYSE
HOLLANDSE KUST (NOORD)
KAVELS V EN VI

Ministeries van Economische
Zaken en Klimaat en
Infrastructuur en Milieu

Definitief



Duurzame oplossingen in
energie, klimaat en milieu

Postbus 579
7550 AN Hengelo
Telefoon (074) 248 99 40

Documenttitel	Zichtbaarheidsanalyse Hollandse Kust (noord) Kavels V en VI
Soort document	Definitief
Datum	Mei 2018
Projectnummer	717053
Opdrachtgever	Ministeries van Economische Zaken en Klimaat en Infrastructuur en Milieu
Auteur	Mike Muller en Maarten Jaspers Faijer, Pondera Consult
Vrijgave	Sergej van de Bilt, Pondera Consult

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Beschrijving van de locatie	1
1.3	Opzet en leeswijzer	3
2	Zichtbaarheid van windturbines	4
2.1	Inleiding	4
2.2	Zichtbaarheid en zichtbereik	4
2.3	Meteorologische zichtomstandigheden	10
2.4	KNMI-stations en onderling verschil	13
2.5	Hollandse Kust (noord): resultaten meteorologische zichtbaarheid	14
2.6	Horizontale beeldhoek en dominantie	16
2.7	Effectbepaling zichtbaarheid gecombineerd	20
3	Conclusie	23

1 INLEIDING

1.1 Inleiding

Zichtbaarheid speelt bij nagenoeg ieder windenergieproject een prominente rol. Door de omvang van windturbines vallen ze vaak op in het landschap, zeker in open landschappen als de kuststrook. Beoordelen van de zichtbaarheid en beoordelen van de invloed op het landschap is in objectieve zin lastig. Iedereen neemt immers subjectief waar. Om de zichtbaarheid van windturbines te objectiveren kan echter wel gekeken worden naar de vraag of turbines zichtbaar zijn vanaf een bepaalde locatie en zo ja, in welke mate.

Dit wordt gedaan door te kijken naar enerzijds de afstand tussen de turbine en de waarnemer en anderzijds door een statistische analyse te maken van de weersomstandigheden die de zichtbaarheid beïnvloeden.

In 2010 is reeds een uitgebreide studie naar zichtbaarheid en maatschappelijke aspecten van windturbines op de Noordzee gedaan.¹ In het kader van de zoektocht naar mogelijkheden voor windparken aan de rand van de twaalfmijlszone, heeft Rijkswaterstaat destijds opdracht gegeven voor dit onderzoek. In onderhavig document zal mede worden ingaan op de resultaten van de studie uit 2010. Deze resultaten zijn tevens gebruikt in de zichtbaarheidsanalyse die is uitgevoerd voor de kavelbesluiten van het windenergiegebied Borssele. Onderhavig onderzoek gaat in op de zichtbaarheid van de kavels V en VI voor windparken op zee voor de kust van Noord-Holland. Voor dit onderzoek wordt gekeken naar de zichtbaarheid van het windpark vanaf Zandvoort en Den Helder, alsmede enkele tussengelegen kustplaatsen. Deze kustplaatsen worden in Figuur 1.1 weergegeven.

1.2 Beschrijving van de locatie

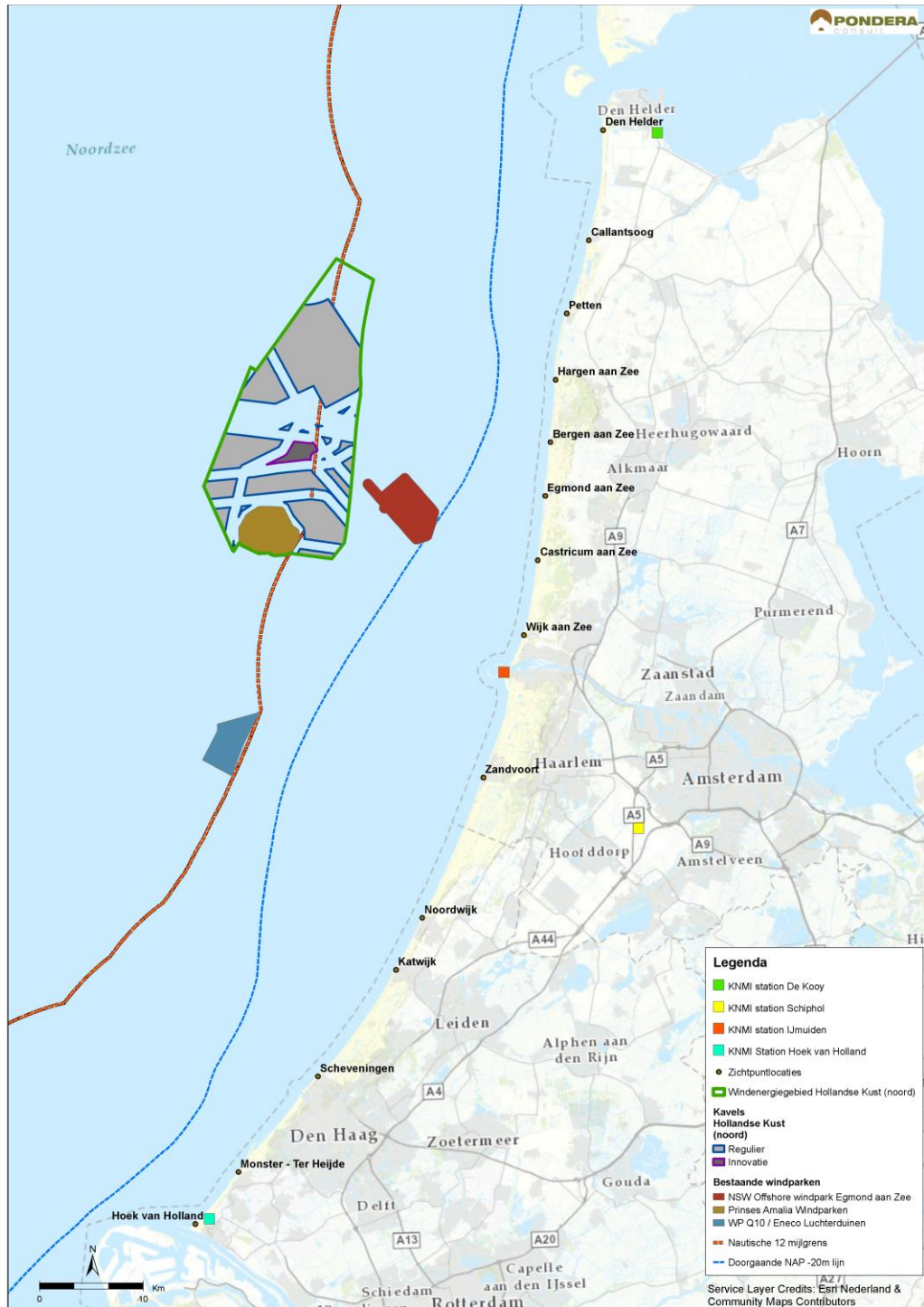
Het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat is voornemens een tweetal kavels uit te geven voor de realisering van een windpark in de Noordzee voor de kust van Noord-Holland, genaamd kavel V en VI, waarbij Kavel VI geldt als een innovatiekavel. Kavel V ligt op een afstand van circa 18,5 kilometer vanaf de dichtstbijzijnde kustplaatsen Hargen aan Zee, Bergen aan Zee, Egmond aan Zee en Castricum aan Zee (Figuur 1.1). Zoals te zien is in deze figuur ligt het innovatiekavel VI in het midden van het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) op minimaal 22,2 kilometer (12 nautische mijl) vanaf de kust. Omdat Kavel V dichterbij de kust ligt en kavel VI volledig is ingesloten door Kavel V, wordt er in dit rapport geen onderscheid gemaakt in de zichtbaarheid van het innovatiekavel, tenzij anders aangegeven.

Deze zichtbaarheidsanalyse is opgesteld in het kader van de m.e.r. In deze procedure worden verschillende alternatieven onderzocht: 95 turbines van 8 MW en 76 turbines van 10 MW. De alternatieven leiden allemaal tot een opgesteld vermogen van maximaal 760 MW. Voor de zichtbaarheid wordt hierbij gewerkt met een onder- en bovengrens van deze invulling. De ondergrens bestaat uit 95 turbines met een ashoogte van 107 meter en een rotordiameter van 164 meter (hierna alternatief 1 genoemd) en een bovengrens bestaande uit 76 windturbines

¹ Nierman et al, 2010; Beleving en Maatschappelijke aspecten zichtbaarheid windturbines Noordzee

met een ashoogte van 140,5 meter en een rotordiameter van circa 221 meter (hierna alternatief 2 genoemd). Tabel 1.1 geeft de kenmerken van de alternatieven weer.

Figuur 1.1 Ligging windenergiegebied Hollandse Kust (noord), bestaande windparken, KNMI meetstations en zichtlocaties



Tabel 1.1 Alternatieven invulling kavels

Alternatief	Turbinetype	Ashoogte (m)	Rotordiameter (m)	Tiphoogte (m)	Aantal turbines
Alternatief 1	8 MW	107,0	164	189	95
Alternatief 2	10 MW	140,5	221	251	76

Er zijn geen exacte coördinaten bekend van de turbine opstellingen. Opstellingen worden binnen het kavel bepaald door de ontwikkelaar van het windpark, nadat het kavelbesluit is genomen en binnen de eisen die het kavelbesluit aan de invulling van het kavel stelt. Voor de analyse worden de buitenranden van de kavelvlakken aangehouden als positie voor de dichtstbijzijnde windturbines, zodat geen onderschatting van de zichtbaarheid kan optreden.

1.3 Opzet en leeswijzer

Na dit inleidende hoofdstuk wordt in hoofdstuk 2 ingegaan op de zichtbaarheid van windturbines en de technische uitgangspunten en achtergronden die daarbij een rol spelen. Vervolgens worden de uitkomsten van de zichtbaarheidsanalyse besproken. Tot slot worden in hoofdstuk 3 conclusies getrokken.

2 ZICHTBAARHEID VAN WINDTURBINES

2.1 Inleiding

Zichtbaarheid is een ruim begrip en niet eenvoudig te bepalen. Het hangt van een aantal factoren af of iets zichtbaar is. Het menselijke oog heeft beperkingen. Hoewel we scherp kunnen zien en op grote afstand objecten kunnen onderscheiden, zijn er grenzen aan wat we kunnen waarnemen. Ook zijn er meteorologische omstandigheden die de zichtbaarheid beperken. Deze en andere beperkingen die van belang zijn om de term *zichtbaarheid* te begrijpen, worden in paragraaf 2.2 benoemd en toegelicht. In de daaropvolgende paragrafen worden deze begrippen verder toegelicht.

2.2 Zichtbaarheid en zichtbereik

De afstand waarop een object nog kan worden waargenomen wordt het zichtbereik genoemd. Dit bereik hangt van een viertal factoren af:

- de eigenschappen van het object;
- de kromming van de aarde (in relatie tot ooghoogte);
- de visus van het menselijk oog;
- de meteorologische omstandigheden.

Naast deze vier aspecten speelt de zogenaamde *horizontale beeldhoek* een rol in de mate waarin het windpark het beeld domineert.

In de volgende alinea wordt eerst de horizontale beeldhoek behandeld en in de paragrafen daarna worden de vier aspecten met betrekking tot zichtbereik verder toegelicht.

2.2.1 Horizontale beeldhoek

De horizontale beeldhoek is het aantal graden in horizontale zin dat het windpark beslaat in het beeld van de beschouwer, bijvoorbeeld een strandbezoeker. De horizontale beeldhoek heeft geen invloed op het zichtbereik. Het betreft alleen de meting van de breedte van het windpark in het beeld van de beschouwer, wanneer deze over de Noordzee uitkijkt. De breedte die het windpark in het beeld van de beschouwer inneemt, is mede bepalend voor de dominantie van het windpark in dat beeld. Dit is tot op een afstand van ongeveer 30 kilometer relevant². Buiten deze afstand neemt de zichtbaarheid van het windpark dermate af dat de horizontale beeldhoek van het windpark niet meer bepalend is voor de dominantie daarvan in het beeld van de strandbezoeker.

Voor het bepalen van het beeld van de strandbezoeker is uitgegaan van de mogelijke vrije horizon, wanneer deze op de grens van land en water staat. Door een cirkel met een straal van 30 kilometer te trekken om het punt van waarneming en deze als het ware af te snijden door de kustlijn, ontstaat het maximaal mogelijk beeld voor een vrije horizon voor de strandbezoeker. Onderzocht wordt in hoeveel graden van dit beeld het windpark zichtbaar is, vervolgens wordt een percentage van het totale beeld (cumulatie met andere windparken) gegeven.

² Nierman et al, 2010; Beleving en Maatschappelijke aspecten zichtbaarheid windturbines Noordzee

2.2.2 Eigenschappen van het object

De afmetingen, materiaal en kleur van elk object bepalen mede de zichtbaarheid ervan. Een groter object is beter zichtbaar dan een klein object, dat spreekt voor zich. Maar ook de kleur en het materiaalgebruik zijn van belang. Een lichtblauw of wit object valt minder op tegen een lichte achtergrond dan een donker object. Ook zal een object waarvan het materiaal weinig licht reflecteert (ofwel absorbeert), minder goed zichtbaar zijn³. De turbines zijn voorzien van een matte coating. Bovendien trekt een bewegend object extra aandacht, doordat een deel van de zenuwen in onze ogen extreem gevoelig is voor beweging⁴. Een draaiende windturbine valt daarom meer op dan bijvoorbeeld een radiomast van gelijke omvang.

2.2.3 Theoretische zichtbaarheid: kromming van de aarde en visus menselijk oog

Voordat het zichtbereik bepaald kan worden, dient de theoretische zichtbaarheid te worden berekend. Deze theoretische zichtbaarheid geeft aan tot op welke afstand de turbines zichtbaar zijn. Deze afstand geeft aan tot waar het object nog net niet uit het zicht wordt genomen vanwege de kromming van de aarde of niet meer waarneembaar is met het menselijk oog (de visus).

Kromming van de aarde

Doordat de aarde geen plat vlak is maar een bol, moet rekening gehouden worden met de curve van deze bol, ofwel de kromming van de aarde. Door de kromming van de aarde verdwijnen objecten achter de horizon naarmate de afstand tussen de waarnemer en het object groter wordt (zie schematische weergave in Figuur 2.1), ook wel kimduiking genoemd. Bij een waarneemhoogte van 1,6 m (ooghoogte), is dit effect merkbaar vanaf ongeveer 4,5 km. Verder weg zal steeds een groter deel aan de onderzijde van het object niet meer te zien zijn (x in Figuur 2.1).

De theoretische afstand waarop een object geheel zal verdwijnen is als volgt te berekenen:

$$x = \frac{r}{\sin \beta} - r$$

Waarin:

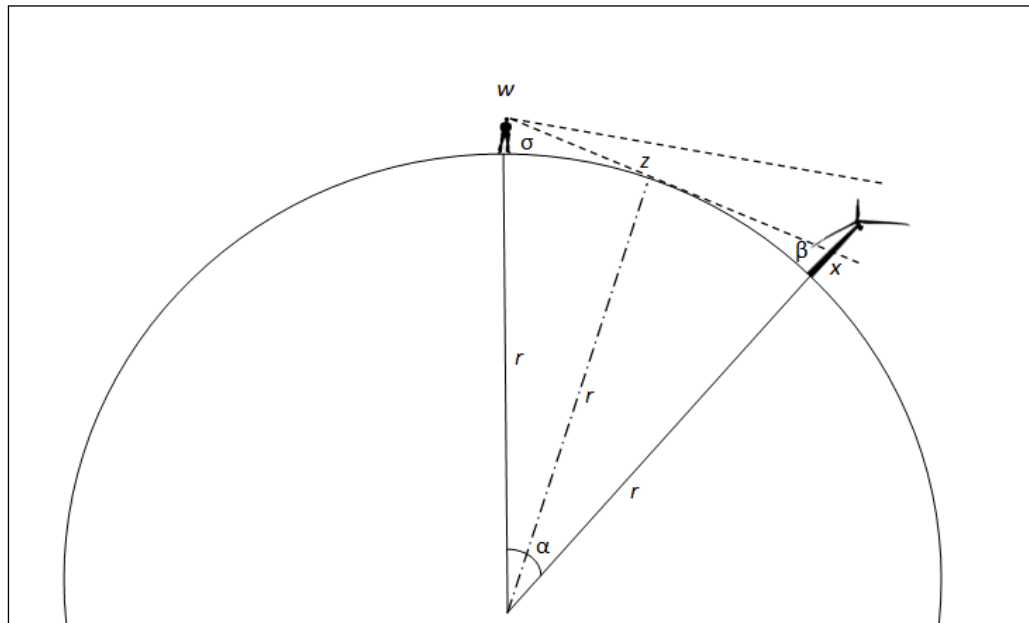
$$\alpha = \frac{d * 360^\circ}{2 \pi r} \quad \beta = 180^\circ - \alpha - \sigma \quad \sigma = \arcsin \left[\frac{r}{r + w} \right]$$

d	=	kijkafstand in m
r	=	straal van de aarde (6.378.000 m)
w	=	ooghoogte waarnemer (1,60 m)

³ Lörzing et al, 2007: zichtbaarheid van de Belle van Zuylen-toren

⁴ Martinez-Condo & Macknick, 2007: Venster op de Geest

Figuur 2.1 Schematische weergave kromming van de aarde en kimduiking (Bron: Lörzing et al, 2007)



In de Tabel 2.1 zijn enkele kernwaarden bij benadering weergegeven voor verschillende afstanden, waarbij opvalt dat het deel van de windturbine dat niet meer te zien is snel groter wordt naarmate de afstand toeneemt. Een windturbine met een tiphoogte van circa 250 meter (alternatief 2) is op een afstand van ongeveer 61 kilometer geheel aan het zicht onttrokken door dit effect bij een ooghoogte van 1,60 meter (strandbezoeker). Wanneer wordt waargenomen van een grotere hoogte (20 meter, bijvoorbeeld op een duin), is dit pas het geval na circa 72 kilometer.

Tabel 2.1 Verdwijnafstanden door kromming van de aarde

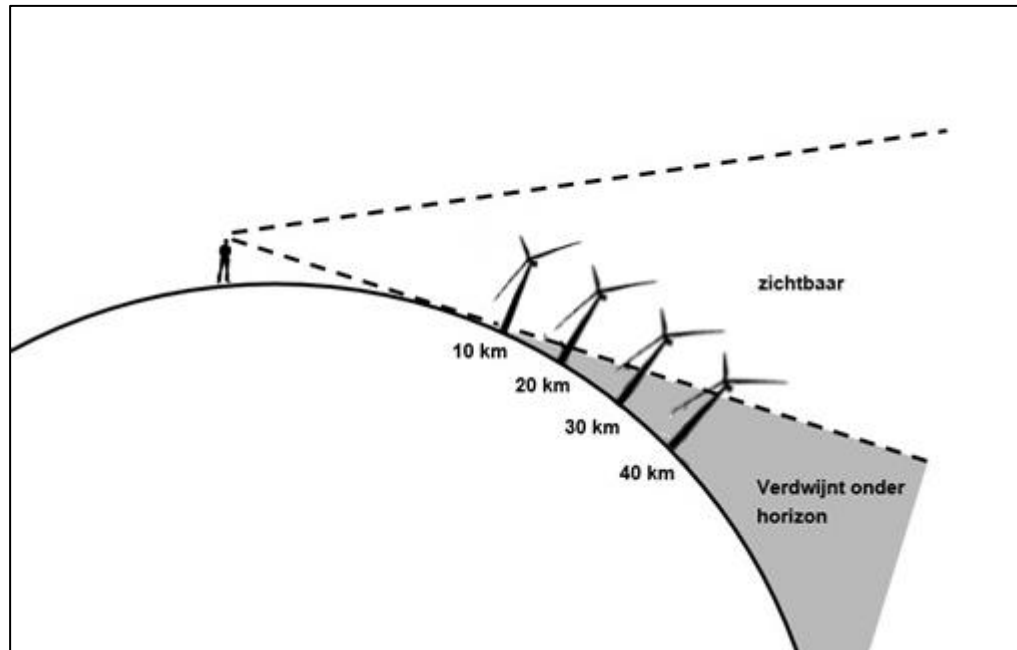
Afstand tot object	Deel niet meer zichtbaar	
	Ooghoogte: 1,60 meter	Ooghoogte: 20 meter
10 km	2 m vanaf aardoppervlak	0 m vanaf aardoppervlak
20 km	20 m vanaf aardoppervlak	2 m vanaf aardoppervlak
30 km	50 m vanaf aardoppervlak	15 m vanaf aardoppervlak
40 km	100 m vanaf aardoppervlak	45 m vanaf aardoppervlak
50 km	160 m vanaf aardoppervlak	100 m vanaf aardoppervlak
60 km	245 m vanaf aardoppervlak	155 m vanaf aardoppervlak

De verdwijnafstand uit Tabel 2.1 kan ook schematisch worden weergegeven, zie Figuur 2.2.

Voor kavel V geldt daarmee dat alternatief 1 (95 turbines) vanwege het effect van kimduiking op een afstand van 53 km volledig achter de horizon verdwijnt wanneer wordt waargenomen vanaf het strand op ooghoogte (1.60m). Voor alternatief 2 (76 grote turbines) is dit 61 km. Aangezien de turbines ook op het strand niet op 53 km afstand, maar op minimaal 18,5 km afstand staan worden de turbines niet aan het zicht onttrokken. In onderhavige situatie heeft de hoogte van

waarneming geen invloed op het 'achter de horizon verdwijnen' zijn van de turbines. De analyse gaat dan ook verder met de hoogte van waarneming vanaf het strand.

Figuur 2.2 Schematische voorstelling kimduiking en windturbines



Visus van het menselijk oog

Het menselijk oog is een zeer gevoelig instrument met een scherp waarnemingsvermogen. Om te bepalen wat het maximale zichtbereik is, moet rekening gehouden worden met de gezichtsscherpte ofwel 'visus' van het menselijk oog. Uit de literatuur kan worden afgeleid dat onder optimale omstandigheden (hoog contrast en goede lichtomstandigheden) het menselijk oog van een jong en gezond persoon, twee objecten van elkaar kan onderscheiden (middenin het blikveld) wanneer deze 0,3 boogminuten uit elkaar liggen⁵. Dit betekent dat een voorwerp van 1 m breed omgerekend nog zichtbaar is op 10 km. Een windturbinemast van bijvoorbeeld 4 m doorsnede kan dus theoretisch, bij optimale omstandigheden, op 40 km afstand nog worden onderscheiden van de achtergrond.

Echter niet alle onderdelen van de windturbine hebben een gelijke omvang en zijn dus op dezelfde afstand nog zichtbaar. De belangrijkste onderdelen van de turbine worden daarom onderscheiden, waarbij wordt uitgegaan van de afmeting van het onderdeel. In Tabel 2.2 en Tabel 2.3 worden deze afmetingen weergegeven. Deze afmetingen zijn veilig ingestoken, de afmetingen van enkele bestaande turbines zoals de Siemens Gamesa SG-8.0-167 DD van 8 MW en de Vestas V164-9.5 MW passen binnen de gepresenteerde afmetingen.

Waarneming tot op de theoretische zichtafstand is alleen mogelijk onder de meest optimale omstandigheden en zal in de praktijk vrijwel niet haalbaar zijn. Om een onderschatting te voorkomen worden deze getallen in deze studie wel gehanteerd (*worst case inschatting*).

⁵ Shang, H. and Bishop, I.D., 2000

Tabel 2.2 Afmetingen turbineonderdelen alternatief 1: 8 MW turbine

Turbineonderdeel	Afmeting onderdeel (m)	Op max. hoogte (m)	Maximaal zichtbaar tot (aantal km)
Mast (Maximale Ø)	8,0	107	80
Gondel (hoogte)	8,0	115	80
Rotorbladen (max. breedte)	6,0	140*	60
Rotortip	0,5*	189	5

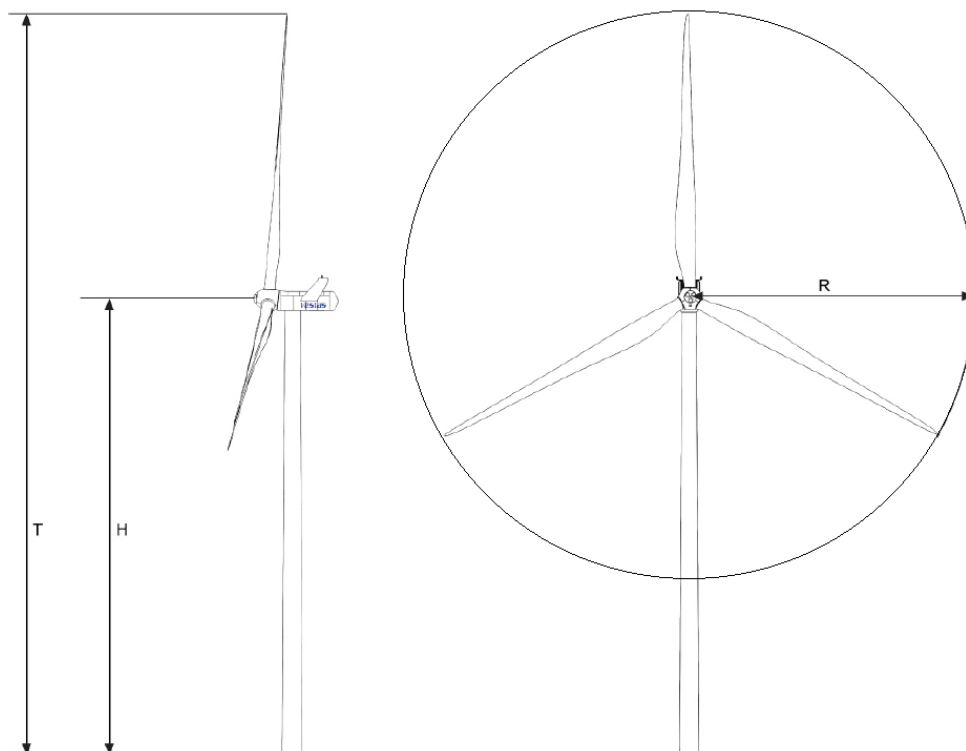
* De maximale breedte van het turbineblad zit op ongeveer 1/3 (33%) van het blad gereedeneerd vanuit de gondel, er is hier uitgegaan van een afstand van 40% (i.p.v. 33%) van een turbineblad gereedeneerd vanaf de gondel als worstcase

Tabel 2.3 Afmetingen turbineonderdelen alternatief 2: 10 MW turbine

Turbineonderdeel	Afmeting onderdeel (m)	Op max. hoogte (m)	Maximaal zichtbaar tot (aantal km)
Mast (Maximale Ø)	10,0	130	100
Gondel (hoogte)	10,0	140	100
Rotorbladen (max. breedte)	7,3	185*	73
Rotortip	0,5	251	5

* De maximale breedte van het turbineblad zit op ongeveer 1/3 (33%) van het blad gereedeneerd vanuit de gondel, er is hier uitgegaan van een afstand van 40% (i.p.v. 33%) van een turbineblad gereedeneerd vanaf de gondel als worstcase

Figuur 2.3 Schematische weergave tiphoogte, ashoogte en rotordiameter windturbine (bron: Vestas, 2011)



Er is ook onderzoek gedaan naar de werkelijke prestaties van het menselijk oog in relatie tot zichtbaarheid van windturbines⁶. Hieruit is gebleken dat bij extreem helder weer, op 25 km afstand, ongeveer 25 procent van de waarnemers een object nog herkende. Dit betrof turbines met een ashoogte van 50 meter en een rotordiameter van 52 meter.

Deze getallen zijn van belang bij het interpreteren van de zichtbaarheid. Tot een afstand van 5 km is het hele rotorblad zichtbaar en mag worden aangenomen dat een gemiddeld persoon dit zal kunnen waarnemen, echter daarna zal de zichtbaarheid afnemen, te meer omdat het contrast niet maximaal is. Een witte turbine tegen een blauwe achtergrond is goed zichtbaar, maar er is geen sprake van maximaal contrast. Dit contrast wordt in hoge mate bepaald door de (weers)omstandigheden, en deze zijn vrijwel nooit goed genoeg om de maximale theoretische zichtbaarheid ook daadwerkelijk te kunnen halen.

Conclusie theoretische zichtbaarheid van de turbines

Wanneer de kimduiking en de visus van het menselijk oog in acht worden genomen, is de theoretische zichtbaarheid van (onderdelen van) de turbines te berekenen. Hierbij wordt uitgegaan van de hoogte van de turbine en de afmetingen van de turbine-onderdelen. De theoretische zichtbaarheid van de windturbines van beide alternatieven wordt in Tabel 2.4 en Tabel 2.5 weergegeven.

Tabel 2.4 Theoretische zichtbaarheid turbine 8 MW (alternatief 1)

Turbineonderdeel	Afmeting onderdeel (m)	Theoretisch zichtbaar tot (km):
Mast (maximale Ø)	8,0	41*
Gondel (hoogte)	8,0	43*
Rotorbladen (max. breedte)	6,0	47*
Rotortip	0,5	5

* Kimduiking is hier leidend, anders was de theoretische zichtbaarheid vanwege de visus van het menselijke oog voor de mast en gondel 80 km en voor de rotorbladen 60 km.

Tabel 2.5 Theoretische zichtbaarheid turbine 10 MW (alternatief 2)

Turbineonderdeel	Afmeting onderdeel (m)	Theoretisch zichtbaar tot (km):
Mast (maximale Ø)	10,0	61*
Gondel (lengte, breedte, hoogte)	10,0	61*
Rotorbladen (max. breedte)	7,3	61*
Rotortip	0,5	5

* Kimduiking is hier leidend, anders was de theoretische zichtbaarheid vanwege de visus van het menselijke oog voor de mast en gondel 100 km en voor de rotorbladen 73 km.

Aangezien de windturbines van Kavel V op een afstand van minimaal 18,5 kilometer vanaf de kust komen te staan en maximaal circa 33 kilometer ver, kan worden geconcludeerd dat de mast, gondel en rotorbladen van iedere windturbine in de kavel *theoretisch* zichtbaar zijn vanaf de kust.

⁶ Bishop, et al, 2002: Determination of thresholds of visual impact: the case of wind turbines

2.3 Meteorologische zichtomstandigheden

De belangrijkste beperkende factor voor het zicht, naast de omvang van het object, zijn de meteorologische omstandigheden. Het zicht wordt vaak beperkt door (water)deeltjes in de lucht, welke de doorlaatbaarheid van de lucht verminderen en daarmee het zicht verkleinen⁷. Het KNMI meet voor circa 30 weerstations in Nederland de maximale zichtafstand per uur.

Figuur 2.4 Weerstations KNMI IJmuiden (links) en De Kooy (rechts) (Bron: KNMI, 2016)



In voorgaande zichtbaarheidsanalyses (bijvoorbeeld bij Hollandse Kust (zuid)) is gewerkt met de gegevens van KNMI stations IJmuiden (225), De Kooy (235), Hoek van Holland (330) en Schiphol (240) aangezien dit de meest dichtbij gelegen stations zijn (zie ook Figuur 1.1). Ook in deze zichtbaarheidsanalyse wordt gewerkt met de gegevens van deze stations. De volgende tabellen bevatten de langjarig gemiddelde percentages voor het optreden van verschillende zichtafstanden voor alle genoemde KNMI-stations.

Tabel 2.6 Langjarige jaarlijkse gemiddelde zichtafstand, KNMI station IJmuiden periode 1971-2002

Zichtafstand	Percentage van de tijd	Equivalent in aantal dagen
> 5 km	83 %	303
> 10 km	57%	207
> 20 km	20%	73
> 30 km	6%	23

Tabel 2.7 Langjarige jaarlijkse gemiddelde zichtafstand, KNMI station De Kooy periode 1955-2018

Zichtafstand	Percentage van de tijd	Equivalent in aantal dagen
> 5 km	81%	295
> 10 km	60%	218
> 20 km	28%	101
> 30 km	5%	20

⁷ KNMI (2012)

Tabel 2.8 Langjarige jaarlijkse gemiddelde zichtafstand, KNMI station Hoek van Holland periode 1971-2002

Zichtafstand	Percentage van de tijd	Equivalent in aantal dagen
> 5 km	88%	321
> 10 km	67%	243
> 20 km	31%	114
> 30 km	5%	20

Tabel 2.9 Langjarige jaarlijkse gemiddelde zichtafstand, KNMI station Schiphol periode 1955-2018

Zichtafstand	Percentage van de tijd	Equivalent in aantal dagen
> 5 km	83%	303
> 10 km	63%	231
> 20 km	36%	130
> 30 km	14%	50

Het equivalent in aantal dagen betreft het aantal dagen per jaar dat overeenkomt met het percentage van de tijd dat een object binnen de gegeven afstand onder de meteorologische omstandigheden zichtbaar is. Dit zijn echter jaargemiddelden, waarbij ook de (relatief) slechte dagen in de herfst en voorjaar zijn meegerekend. Om ook een beeld te schetsen van de voor de toeristische sector meest belangrijke tijd, de zomer, is een zelfde tabel gemaakt waarin alleen de data van de periode van 1 mei tot 1 oktober zijn meegenomen. Deze periode is gekozen op basis van het door de provincie Noord-Holland vastgestelde zwemseizoen. Dit is in de onderstaande tabellen weergegeven.

Tabel 2.10 Langjarige jaarlijkse gemiddelde zichtafstand zomerperiode (01/05 – 01/10), KNMI station IJmuiden (periode 1971-2002)

Zichtafstand	Percentage van de tijd	Equivalent in aantal dagen
> 5 km	89%	136
> 10 km	67%	102
> 20 km	25%	38
> 30 km	10%	15

Tabel 2.11 Langjarige jaarlijkse gemiddelde zichtafstand zomerperiode (01/05 – 01/10), KNMI station De Kooy (periode 1955-2018)

Zichtafstand	Percentage van de tijd	Equivalent in aantal dagen
> 5 km	89%	136
> 10 km	71%	108
> 20 km	37%	57
> 30 km	9%	13

Tabel 2.12 Langjarige jaarlijkse gemiddelde zichtafstand zomerperiode (01/05 – 01/10), KNMI station Hoek van Holland (periode 1971-2002)

Zichtafstand	Percentage van de tijd	Equivalent in aantal dagen
> 5 km	88%	135
> 10 km	66%	101
> 20 km	30%	46
> 30 km	5%	8

Tabel 2.13 Langjarige jaarlijkse gemiddelde zichtafstand zomerperiode (01/05 – 01/10), KNMI station Schiphol (periode 1955-2018)

Zichtafstand	Percentage van de tijd	Equivalent in aantal dagen
> 5 km	83%	127
> 10 km	63%	97
> 20 km	35%	53
> 30 km	13%	20

De zichtcijfers van het KNMI worden zowel op basis van visuele waarnemingen bepaald als ook berekend op basis van gemeten waterdeeltjes in de atmosfeer. Deze metingen worden zowel in de dag-periode als ook na zonsondergang uitgevoerd. Aangezien 's nachts voor het menselijk oog de zichtbaarheid sterk vermindert en bovendien mag worden aangenomen dat zeer beperkt mensen aanwezig zullen zijn op het strand, is ook een filter gemaakt voor het tijdstip van de dag. In de onderstaande tabellen wordt het percentage van de tijd dat een bepaalde zichtafstand mogelijk is weergegeven, waarbij alleen de gegevens van de zomerperiode, tussen 07.00 uur 's ochtends en 21.00 uur 's avonds worden gebruikt.

Tabel 2.14 Langjarig gemiddelde zichtafstand zomerperiode (01/05 – 01/10) tussen 7.00 's ochtends en 21.00 uur 's avonds, KNMI station IJmuiden periode 1971-2002

Zichtafstand	Percentage van de tijd tussen zonsopkomst en zonsondergang
> 5 km	89%
> 10 km	67%
> 20 km	26%
> 30 km	11%

Tabel 2.15 Langjarig gemiddelde zichtafstand zomerperiode (01/05 – 01/10) tussen 7.00 's ochtends en 21.00 uur 's avonds, KNMI station De Kooy (periode 1955-2018)

Zichtafstand	Percentage van de tijd tussen zonsopkomst en zonsondergang
> 5 km	91%
> 10 km	74%
> 20 km	42%
> 30 km	11%

Tabel 2.16 Langjarig gemiddelde zichtafstand zomerperiode (01/05 – 01/10) tussen 7.00 's ochtends en 21.00 uur 's avonds, KNMI station Hoek van Holland (periode 1971-2002)

Zichtafstand	Percentage van de tijd tussen zonsopkomst en zonsondergang
> 5 km	87%
> 10 km	64%
> 20 km	29%
> 30 km	6%

Tabel 2.17 Langjarig gemiddelde zichtafstand zomerperiode (01/05 – 01/10) tussen 7.00 's ochtends en 21.00 uur 's avonds, KNMI station Schiphol (periode 1955-2018)

Zichtafstand	Percentage van de tijd tussen zonsopkomst en zonsondergang
> 5 km	86%
> 10 km	67%
> 20 km	39%
> 30 km	16%

De percentages voor de zomerperiode en dagperiode verschillen, aangezien door de filtering de periode tussen 21:00 – 07:00 uur uit de dataset is verwijderd. De gemiddelde minimale zichtafstand gedurende de dagperiode wijkt gering af van de zichtafstand gedurende het gehele etmaal.

2.4 KNMI-stations en onderling verschil

In de analyse zijn de data van verschillende KNMI-stations gebruikt. Uit de resultaten blijkt dat er onderlinge verschillen bestaan in de percentages van de tijd waarop bepaalde minimale zichtafstanden zich voordoen. De percentages van de tijd waarop de zichtafstand minimaal 5 en 10 kilometer zijn, verschillen gering. Naar mate de minimale zichtafstanden toenemen, nemen de onderlinge verschillen in percentages van de tijd ook toe. Zo is het percentage van de tijd waarop een minimale zichtafstand van 20 kilometer optreedt bij station IJmuiden slechts 20% en is dit bij Station Hoek van Holland 31% van de tijd, gemeten over het hele jaar. Voor het station Schiphol is dit 36%. Het onderlinge verschil is het grootst tussen station Schiphol en de overige stations wanneer gekeken wordt naar het percentage van de tijd waarop een minimale zichtafstand van 20 kilometer optreedt. De data van station Schiphol geven hier een percentage van de tijd van 39% tijdens de zomerdagen overdag. Het station IJmuiden geeft hier 26%, het station De Kooy 42% en het station Hoek van Holland 29%.

Ligging en invloed van de omgeving

De ligging van de verschillende stations is in Figuur 1.1 weergegeven. Zoals te zien is in de figuur, liggen de KNMI-stations van IJmuiden, Hoek van Holland en De Kooy nabij de kust. Het station Schiphol is meer landinwaarts gelegen, waardoor andere omgevingsfactoren een grotere rol spelen. Daarnaast is zware industrie aanwezig in de nabije omgeving van de stations Hoek van Holland en IJmuiden. Het station de Kooy is georiënteerd op de Waddenzee en niet op de Noordzee, waar de offshore windparken worden gerealiseerd.

Om een gedegen uitspraak te kunnen doen over de zichtbaarheid van de windturbines in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) wordt in de volgende paragrafen gewerkt met de gemiddelde van de data van de vier KNMI stations. Hierin zijn de data van drie locaties nabij het strand samengevoegd met de data van een meer landinwaarts gelegen locatie (Schiphol). Dit is in Tabel 2.18 weergegeven.

Tabel 2.18 Gemiddelde van langjarige jaarlijkse gemiddelde zichtafstand zomerperiode (01/05 – 01/10) van 4 KNMI meetstations (overall periode 1955-2018)⁸

Zichtafstand	Percentage van de tijd (zomerperiode)	Percentage van de tijd alleen tussen zonsopkomst en zonsondergang (zomerperiode)
> 5 km	87%	88%
> 10 km	67%	68%
> 20 km	32%	34%
> 30 km	9%	11%

2.5 Hollandse Kust (noord): resultaten meteorologische zichtbaarheid

De resultaten van meteorologische zichtbaarheid worden gebruikt om te bepalen hoe zichtbaar Kavel V is. Op basis van de voorgaande analyses wordt voor Kavel V, die zich op minimaal 18,7 km uit de kust bevindt, de volgende getallen afgeleid voor meteorologische zichtbaarheid:

Tabel 2.19 Gemiddelde zichtbaarheid van Kavel V Hollandse Kust (noord) in de zomerperiode (mei t/m september) de gehele dag en overdag

Kavel	Zichtafstand	Percentage van de tijd (zomerperiode)	Omgerekend aantal dagen	Percentage van de tijd gedurende de dag in de zomerperiode
V	18,7 km	35%	53	37%

Deze getallen zijn van toepassing op een persoon die zich op het dichtstbijzijnde strand bevindt ten opzichte van het windpark (Castricum aan Zee, 18,7 km). Voor grotere afstanden nemen de percentages af.

Zo is de zichtbaarheid van Kavel V vanuit de meest ver gelegen zichtlocaties, Hoek van Holland en Monster – Ter Heijde (op meer dan 59 kilometer afstand), minder dan 0,1% van de tijd. Vanuit het dichterbij gelegen Zandvoort (circa 26 km afstand) is Kavel V, uitgaande van perfecte omstandigheden, gemiddeld 19% van de tijd zichtbaar in de zomerperiode. In Tabel 2.20 wordt het percentage van de tijd in de zomerperiode dat het windpark zichtbaar is vanaf verschillende kustplaatsen weergegeven. Hierbij moet worden opgemerkt dat afstanden van meer dan 30 kilometer als niet relevant kunnen worden beschouwd (zie paragraaf 2.2.1).

⁸ De langjarig gemiddelde zichtbaarheid behorende bij de verschillende zichtafstanden die in de tabellen 2.6 tot en met 2.17 zijn gepresenteerd wijken gering af van de cijfers die eerder in de zichtbaarheidsanalyses zijn gepresenteerd voor Hollandse Kust (zuid). Deze afwijking is een resultante van een aanpassing van de brongegevens, zoals een actualisatie van de data tot mei 2018. Het resultaat van deze aanpassing is dat de langjarig gemiddelde zichtbaarheid bij de verschillende zichtafstanden van Hollandse Kust (noord) maximaal 5% van de tijd minder zichtbaar zijn ten opzichte van Hollandse Kust (zuid).

In de tabel wordt tevens aangegeven welk gemiddeld percentage van de tijd per dag in de zomerperiode de windparken zichtbaar zijn. Dit percentage wordt tevens omgerekend naar de gemiddelde tijdsduur per dag. Dit betreft de gemiddelde totale tijdsduur per dag (niet een aaneengesloten periode) waarop het windpark zichtbaar is. Deze weergave betreft het resultaat van een berekening op basis van een langjarig gemiddelde, waardoor de daadwerkelijke tijdsduur waarop het windpark zichtbaar is per dag verschilt.

Tabel 2.20 Gemiddelde zichtbaarheid Kavel V in de zomerperiode (mei – oktober) over 4 KNMI Meetstations (overall periode 1955- 2016)

Locatie	Zicht-afstand (km)	Percentage van de tijd (zomerperiode)	Omgerekend aantal dagen	Percentage van de tijd gedurende de dag (07.00 – 21.00) in de zomerperiode
Hoek van Holland	65,0	0%	0	0% (< 1 min)
Monster – Ter Heijde	59,8	0%	0	0% (< 1 min)
Scheveningen	50,0	0%	1	0% (4 min)
Katwijk	40,1	2%	3	2% (20 min)
Noordwijk	35,7	3%	5	4% (37 min)
Den Helder	31,1	9%	14	11% (1 u 33 min)
Zandvoort	25,7	19%	29	21% (2 u 59 min)
Callantsoog	24,3	19%	30	22% (3 u 03 min)
Petten	20,1	32%	49	34% (4 u 44 min)
Wijk aan Zee	19,5	32%	49	34% (4 u 47 min)
Bergen aan Zee	18,8	35%	53	37% (5 u 11 min)
Hargen aan Zee	18,8	35%	53	37% (5 u 11 min)
Egmond aan Zee	18,8	35%	53	37% (5 u 11 min)
Castricum aan Zee	18,7	35%	53	37% (5 u 11 min)

De cijfers in deze tabel moeten met enige voorzichtigheid worden bekeken. Bij sommige locaties kan een kilometer verschil in afstand tot de kavel een relatief groot verschil maken in het percentage van de tijd dat de kavel zichtbaar is vanaf deze locatie. Dat verschil volgt uit de zichtbaarheidsgegevens die ontleend zijn aan vier verschillende meetstations. De exacte zichtlocaties (en dus de afstand tot de kavel) zijn enigszins arbitrair gekozen en dit kan dus enige invloed hebben op de uiteindelijke zichtbaarheidscijfers.

Kader 2.1 Vergelijking met zichtbaarheidsanalyse MER behorende bij Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee aanvulling Hollandse Kust.

In het milieueffectrapport dat is opgesteld voor de Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee aanvulling Hollandse Kust is tevens een zichtbaarheidsanalyse uitgevoerd. Ook in deze zichtbaarheidsanalyse wordt ingegaan op de periode van de tijd waarin windparken binnen de 10 NM tot 12 NM zone zichtbaar kunnen zijn. De bewerking van de dataset wijkt echter af van de bewerkingen zoals in onderhavige zichtbaarheidsanalyse is gepresenteerd. Ook is in de zichtbaarheidsanalyse van het MER gebruik gemaakt van de datasets van slechts drie KNMI meetstations. Al deze meetstations zijn ook in onderhavige analyse gebruikt, waarbij tevens gebruik is gemaakt van de dataset van het meetstation Schiphol.

De voornaamste afwijking ligt in het feit dat in de bewerkingen van de datasets voor de analyse in het MER alle maanden van het jaar zijn opgenomen. Ook hier wordt alleen de zichtbaarheid tijdens de dagperiode gebruikt. Voor de maanden mei tot en met juli zijn de uren van 6 tot 22 uur gebruikt, voor de maanden november tot en met januari zijn de uren van 9 tot 17 uur gebruikt, voor de overige maanden is een dag van 12 uur gehanteerd. In onderhavige analyse wordt de dagperiode van de voor het toerisme meest belangrijke periode aangehouden (1 mei – 1 oktober).

Aangezien de datasets van de drie KNMI meetstations niet veel van elkaar verschillen, is in de conclusie in het MER uitgegaan van het maximale zichtbaarheidspercentage van één van deze meetstations. In onderhavige analyse wordt deze data tevens gepresenteerd, maar berust de conclusie op de mediaan van deze drie meetstations, aangevuld met de onderling afwijkende dataset van het meetstation van Schiphol.

2.6 Horizontale beeldhoek en dominantie

De horizontale beeldhoek heeft geen invloed op het zichtbereik. Het betreft alleen de meting van de breedte van het windpark in het beeld van de beschouwer, wanneer deze over de Noordzee uitkijkt. De horizontale beeldhoek heeft alleen invloed op het beeld van de kustbezoeker wanneer objecten tot op 30 kilometer gelegen zijn. Hierdoor zijn de zichtlocaties in bijvoorbeeld Den Helder en Noordwijk (>30km) niet in deze analyse meegenomen.

In de onderstaande tabel is weergegeven hoe ver de kavels af liggen van verschillende zichtlocaties. Omdat kavel V altijd dichterbij ligt ten opzichte van het strand dan innovatiekavel VI worden alleen de zichtafstanden tot kavel V gepresenteerd. De punten van de zichtlocaties zijn te zien in Figuur 1.1.

Tabel 2.21 Zichtafstand tot Kavel V vanuit acht kustplaatsen

Locatie	Zichtafstand tot Kavel V (in km)
Callantssoog	24,3
Petten	20,1
Hargen aan Zee	18,8
Bergen aan Zee	18,8
Egmond aan Zee	18,8
Castricum aan Zee	18,7
Wijk aan Zee	19,5
Zandvoort	25,7

Vanaf alle genoemde zichtlocaties is kavel V op minder dan 30 kilometer afstand gelegen, waardoor voor deze locaties het gezichtsveld en de horizontale beeldhoeken worden bepaald. Deze zijn weergegeven in Tabel 2.22 hieronder. In Tabel 2.23 worden de beeldhoeken inclusief bestaande windparken (BWP) en Hollandse Kust (zuid) (HKZ) weergegeven. De gezichtsvelden met een straal van 30 kilometer en de zichtlijnen van de horizontale beeldhoek zijn weergegeven in bijlage 2.

Aanvullend is gekeken naar de dominantie van de windturbines in kavel V en VI bij een gezichtsveld van 120 graden.⁹ Wanneer de dominantie wordt berekend ten opzichte van een gezichtsveld van 120 graden, neemt het percentage van dominantie toe. Alhoewel het fysieke gezichtsveld van een mens 180 graden is en de mogelijk vrije horizon op zee breder is dan 120 graden, kan dit een maatstaf zijn indien de aanschouwer die uitkijkt over zee, de aandacht vestigt op de windparken. Het gezichtsveld wordt als het ware vernauwd. In onderstaande tabel worden de percentages zowel in dominantie bij een gezichtsveld van 120 graden (loodrecht op de kustlijn) als bij het daadwerkelijke gezichtsveld (van meer dan 120 graden) weergegeven.

Tabel 2.22 Gezichtsveld en horizontale beeldhoek kavel V

Locatie	Gezichtsveld	Beeldhoek Windpark	% van gezichtsveld	% van 120° gezichtsveld
Callantsoog	155°	21°	14%	18%
Petten*	174°	47°	27%	39%
Hargen aan Zee	171°	58°	34%	48%
Bergen aan Zee	170°	57°	34%	48%
Egmond aan Zee	167°	58°	35%	48%
Castricum aan Zee	165°	50°	30%	42%
Wijk aan Zee	142°	42°	30%	35%
Zandvoort	169°	12°	7%	10%

* Resultaten zijn inclusief kavel VI

Tabel 2.23 Horizontale beeldhoek Kavel V inclusief BWP en HKZ

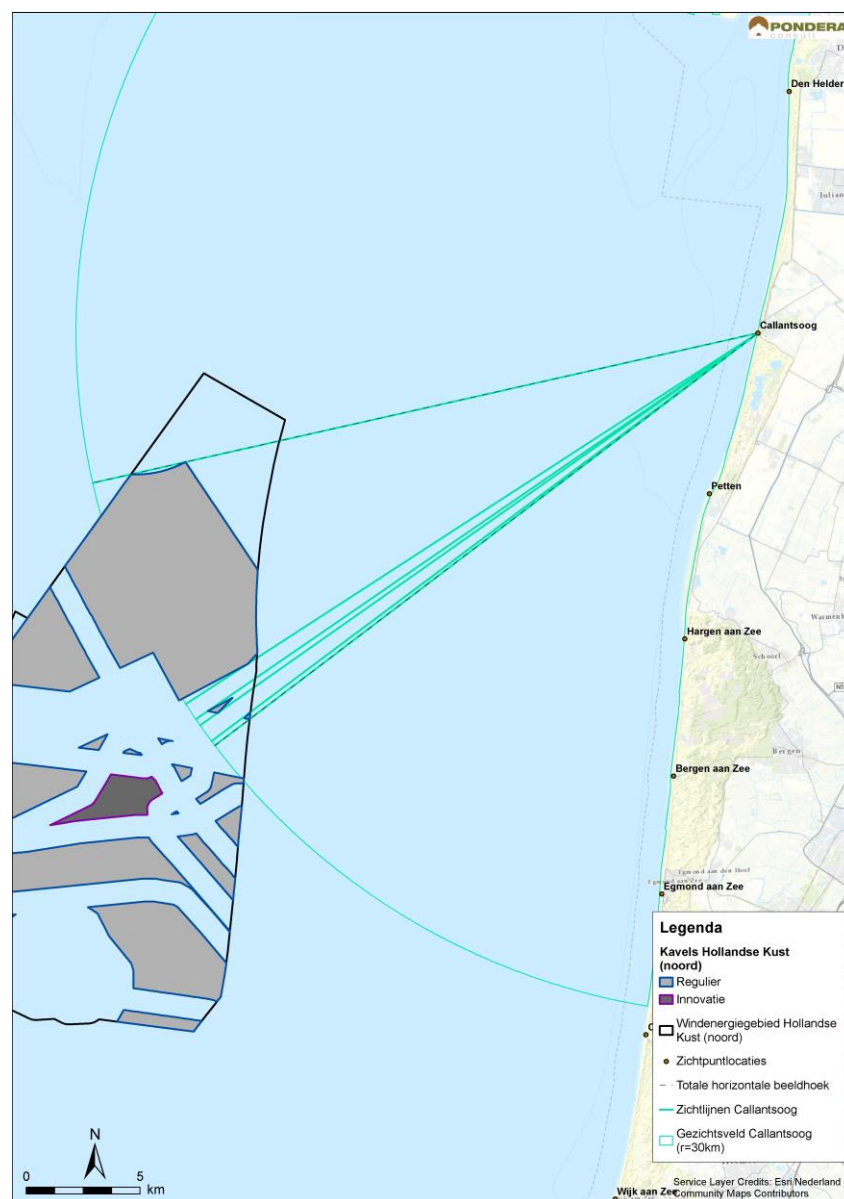
Locatie	Beeldhoek Windpark		% van gezichtsveld		% van 120° zichtveld
	Kavel V	Kavel V + BWP & HKZ	Kavel V	Kavel V + BWP & HKZ	Kavel V + BWP & HKZ
Callantsoog	21°	30°	14%	19%	25%
Petten*	47°	61°	27%	35%	51%
Hargen aan Zee	58°	71°	34%	42%	59%
Bergen aan Zee	57°	67°	34%	39%	56%
Egmond aan Zee	58°	62°	35%	37%	52%
Castricum aan Zee	50°	54°	30%	33%	45%
Wijk aan Zee	42°	55°	30%	39%	46%
Zandvoort	12°	71°	7%	42%	59%

* Resultaten zijn inclusief kavel VI

⁹ Advies van de Commissie voor de m.e.r. op de Notitie Reikwijdte en Detailniveau project.nr. 3228

Opgemerkt dient te worden dat bij de bepaling van de totale horizontale beeldhoek er alleen rekening is gehouden met kavels waar ook daadwerkelijk windturbines in kunnen worden geplaatst. Dit is te zien in de figuren in bijlage 2. De windturbines kunnen in de praktijk binnen de aangewezen kavelgebieden echter zo ver uit elkaar verwijderd staan, dat het voor een strandbezoeker niet of nauwelijks te onderscheiden is of turbines in twee verschillende losse gebieden staan of in één zelfde gebied. Daarom is er ook een berekening gedaan naar de totale beeldhoek, zonder rekening te houden met de verschillende deelgebieden in Kavel V en VI. Dit is geïllustreerd in Figuur 2.3. Dit kan worden beschouwd als de meest worst case situatie. De resultaten zijn gepresenteerd in de onderstaande tabellen .

Figuur 2.3 Voorbeeld totale horizontale beeldhoek



Tabel 2.24 Gezichtsveld en totale horizontale beeldhoek kavel V (ter vergelijking zijn de eerdere gemeten beeldhoeken ook in de tabel gezet in lichtgroen)

Locatie	Gezichtsveld	Beeldhoek Windpark	Totale beeldhoek Windpark	% van gezichtsveld	% van gezichtsveld	% van 120° gezichtsveld	% van 120° gezichtsveld
Callantsoog	155°	21°	24°	14%	16%	18%	20%
Petten*	174°	47°	48°	27%	28%	39%	40%
Hargen aan Zee	171°	58°	58°	34%	34%	48%	48%
Bergen aan Zee	170°	57°	60°	34%	35%	48%	50%
Egmond aan Zee	167°	58°	58°	35%	35%	48%	48%
Castricum aan Zee	165°	50°	50°	30%	30%	42%	42%
Wijk aan Zee	142°	42°	42°	30%	30%	35%	35%
Zandvoort	169°	12°	14°	7%	8%	10%	12%

* Resultaten inclusief kavel VI

Zoals te zien in Tabel 2.24 veranderen de beeldhoeken en dus het percentage van het gezichtsveld hierdoor niet of nauwelijks. In de onderstaande tabel is vervolgens aangegeven wat het betekent voor de resultaten wanneer alle bestaande en toekomstige windparken (HKZ) mee worden genomen bij het uitgangspunt van een totale beeldhoek, dus zonder rekening te houden met de verschillende deelgebieden.

Tabel 2.25 Gezichtsveld en totale horizontale beeldhoek Kavel V inclusief BWP en HKZ (ter vergelijking zijn de eerdere gemeten beeldhoeken ook in de tabel gezet in lichtgroen)

Locatie	Beeldhoek Windpark		% van gezichtsveld		% van 120° zichtveld	
	Kavel V + BWP	Kavel V + BWP	Kavel V + BWP	Kavel V + BWP	Kavel V + BWP	Kavel V + BWP
Callantsoog	30°	48°	19%	31%	25%	40%
Petten*	61°	62°	35%	36%	51%	52%
Hargen aan Zee	71°	71°	42%	42%	59%	59%
Bergen aan Zee	67°	71°	39%	42%	56%	59%
Egmond aan Zee	62°	63°	37%	38%	52%	53%
Castricum aan Zee	54°	54°	33%	33%	45%	45%
Wijk aan Zee	55°	57°	39%	40%	46%	48%
Zandvoort	71°	75°	42%	44%	59%	63%

* Resultaten inclusief kavel VI

Zoals te zien in Tabel 2.25 is de grootste verandering te zien in Callantsoog (toename van 25% naar 40% van het 120° zichtveld). Maar geconcludeerd kan worden dat deze analyse niet veel verandert aan de totale beeldhoeken vanuit overige zichtlocaties. Daarom wordt verder in deze analyse gebruik gemaakt van de kavelindeling zoals deze nu bekend is en de beeldhoeken die daarbij horen, dus met rekening te houden met de verschillende deelgebieden.

2.7 Effectbepaling zichtbaarheid gecombineerd

Naar aanleiding van voorgaande deelanalyses, wordt vervolgens gekeken naar het verschil tussen de alternatieven 1 en 2 en wordt er bepaald of deze van elkaar onderscheidend zijn.

Horizontale beeldhoek

De alternatieven zijn niet onderscheidend met betrekking tot de horizontale beeldhoek. Dit komt doordat in alle gevallen het uitgangspunt is gehanteerd dat de volledige kavel wordt gebruikt voor het plaatsen van de turbines. De horizontale beeldhoeken zoals aangegeven in de voorgaande paragraaf gelden voor beide alternatieven. Voor geen van de locaties is er sprake van dominantie in het daadwerkelijke gezichtsveld (>50%), dat georiënteerd is op zicht over de Noordzee als alleen Kavel V wordt beschouwd (zie Tabel 2.22). Het horizonbeslag van de windturbines vanuit de dichtstbijzijnde zichtlocaties Hargen aan Zee, Bergen aan Zee, Egmond aan Zee, Castricum aan Zee en Wijk aan Zee is tussen de 30% en 35% (en tussen de 33% en 42% inclusief de bestaande windparken en HKZ). Vanaf zichtpuntlocatie Zandvoort, dat verder weg ligt van Hollandse Kust (noord) ten opzichte van de genoemde locaties hiervoor, is er ook sprake van een groot horizonbeslag (42%). Dit komt met name doordat er vanaf die locatie meerdere andere windparken te zien zijn zoals OWEZ, Amalia, Luchterduinen en de nog niet gerealiseerde kavels van Hollandse Kust (zuid).

De aanvullende analyse, waarbij wordt gekeken naar de dominantie van de windturbines in kavel V en VI bij een gezichtsveld van 120 graden, geeft een ander beeld. In de analyse waarbij enkel rekening is gehouden met de komst van een windpark in Hollandse Kust (noord) is er geen sprake van dominantie vanuit elke beschouwde zichtlocatie (geen beschouwde locatie waar >50% van het gezichtsveld turbines zijn te zien), maar in cumulatie is dit wel het geval (zie Tabel 2.23). Wanneer Hollandse Kust (noord) wordt gebouwd en Hollandse Kust (zuid) en bestaande windparken er staan, dan kan er bij de zichtlocaties Petten, Hargen aan Zee, Bergen aan Zee, Egmond aan Zee en Zandvoort sprake zijn van dominantie.

Kromming van de aarde (kimduiking)

Voor beide alternatieven verdwijnt door de kimduiking een bepaald deel van het windpark achter de horizon. Uitgaande van de dichtstbijzijnde kustlocatie per kavel, ca. 18,5 kilometer, verdwijnt circa 15 meter van de windturbines vanaf het zeeniveau uit het zicht. De turbines worden in beide alternatieven dus niet geheel aan het zicht onttrokken vanaf de dichtstbijzijnde kustlocatie.

Op grotere afstanden treedt echter wel verschil op tussen de alternatieven. Het alternatief met 95 kleinere turbines wordt op een afstand van 53 km geheel aan het zicht onttrokken door kimduiking, ongeacht welke kavel wordt gekozen. Het alternatief met 76 grote turbines wordt op een afstand van 61 kilometer geheel aan het zicht onttrokken door kimduiking.

Visus menselijk oog

Het verschil in turbine-afmetingen tussen de alternatieven betekent een verschil van de theoretische zichtbaarheid van het windpark op zee. Grotere objecten zijn immers beter zichtbaar. Gelet op de theoretische zichtbaarheid is een verschil tussen de alternatieven aanwezig. Voor het alternatief met de kleinere turbines (alternatief 1) geldt een maximale theoretische zichtafstand van 80 km en voor de grote turbines (alternatief 2) is dit maximaal 100 km. Dit wordt in de praktijk echter nooit gehaald vanwege beperkingen door kimduiking en meteorologische omstandigheden.

In Tabel 2.26 worden de verschillen in theoretische zichtbaarheid tussen de alternatieven weergegeven.

Tabel 2.26 Alternatieven in relatie tot kimduiking tiphoogte en de visus

	Tiphoogte turbine (m)	Max. afmeting onderdelen (m)	Maximale verdwijnafstand door prestatie menselijke visus (km)	Maximale verdwijnafstand tiphoogte turbine door kimduiking (km)
Alternatief 1	189	8,0	80	53
Alternatief 2	251	10,0	100	61

Het breedste onderdeel bevindt zich niet op het hoogste punt van de turbine (tiphoogte). Hierdoor is de verdwijnafstand van de totale turbine door kimduiking niet bepalend voor de maximale zichtbaarheid, maar de verdwijnafstand van het onderdeel van de turbine dat nog waarneembaar is met de menselijke visus en niet verdwijnt door de kimduiking.

Het dikste gedeelte van de turbinebladen is in deze bepalend (max chord). Dit onderdeel van de turbines is nog waarneembaar met de menselijke visus en de verdwijnafstand van het onderdeel door kimduiking is groter dan de hoogte waarop het breedste onderdeel zich bevindt. Het breedste onderdeel van het turbineblad bevindt zich op circa 1/3 van de lengte het blad, nabij de gondel (nacelle). In de Tabel 2.27 is de breedte en hoogte van dit deel van het blad en de bijbehorende maximale zichtafstand van de turbines weergegeven.

Tabel 2.27 Alternatieven in relatie tot maximale zichtafstand

	Max breedte blad (m)	Hoogte van dikste deel turbineblad (max chord) (m)	Verdwijnafstand door prestatie menselijke visus (km)	Verdwijanafstand kimduiking hoogte onderdeel (km)	Maximale zichtafstand (km)
Alternatief 1	6,0	140	60	47	47
Alternatief 2	7,3	185	73	53	53

Belangrijkste verschil in zichtbaarheid tussen de alternatieven wordt daarmee veroorzaakt door de fysieke afmetingen van de turbines. Dit gaat echter met name een rol spelen op grotere afstanden (>47 km). De onderzochte ondergrens (kleinere turbines) zijn dan niet meer zichtbaar, terwijl de grote turbines wel zichtbaar zullen zijn (tot 53 km)¹⁰.

¹⁰ Indien de meteorologische omstandigheden het toelaten.

Meteorologische zichtbaarheid

Het verschil in turbine afmetingen speelt bij dit aspect geen rol, slechts de afstand tot de kust is leidend. Daarmee zijn alternatieven (kleinere en grote turbines) niet onderscheidend. Vanaf het dichtstbijzijnde punt langs de kust (Castricum aan Zee) is windenergiegebied Hollandse Kust (noord) maximaal 37% van de tijd (zomerperiode overdag) zichtbaar.

3 CONCLUSIE

Voor het kavelbesluit Hollandse Kust (noord) kavel V en innovatiekavel VI is een zichtbaarheidsanalyse gemaakt. Uit de analyse blijkt dat de kavels van Hollandse Kust (noord) zoals voorgenomen maximaal 35% of 58 graden van de horizon in beslag nemen. Dit zal waarneembaar zijn vanaf Egmond aan Zee en Hargen aan Zee. Wanneer de kavels van Hollandse Kust (zuid) en de bestaande windparken hieraan toe worden gevoegd, beslaan de windparken evengoed maximaal 42% van de horizon. Dit is het geval bij Hargen aan Zee en Zandvoort. Op andere kustlocaties is dit percentage kleiner. Wanneer de cumulatieve beeldhoek wordt bepaald ten opzichte van een gezichtsveld van 120° zijn de windparken vanaf de zichtlocaties Petten, Hargen aan Zee, Bergen aan Zee, Egmond aan Zee en Zandvoort dominant, wat betekent dat er meer dan 50% van het windpark in het zichtveld ligt.

Het windpark staat minimaal 18,5 kilometer uit de kust. Alternatief 2 (76 grote turbines) is theoretisch zichtbaar tot op een afstand van 53 kilometer, alternatief 1 (95 kleinere turbines) tot op een afstand van 47 kilometer (zie Tabel 2.27). De theoretische zichtbaarheid houdt echter geen rekening met de meteorologische omstandigheden. De meteorologische omstandigheden vormen de voornaamste beperkende factor in de zichtbaarheid van een windpark op zee.

Wanneer de meteorologische omstandigheden wel worden meegenomen in de analyse, blijkt dat een persoon die tijdens de dag of avond op een zomerdag aan het strand staat en onbelemmerd zicht heeft vanaf de plek met de kortste afstand tot Hollandse Kust (noord) (op 18,7 km), gedurende circa 37% (zie Tabel 2.19 en Tabel 2.20) van de tijd minimaal één windturbine van het windpark kan zien. Op deze afstanden speelt het onderzochte alternatief (grote of kleinere turbines) geen rol.

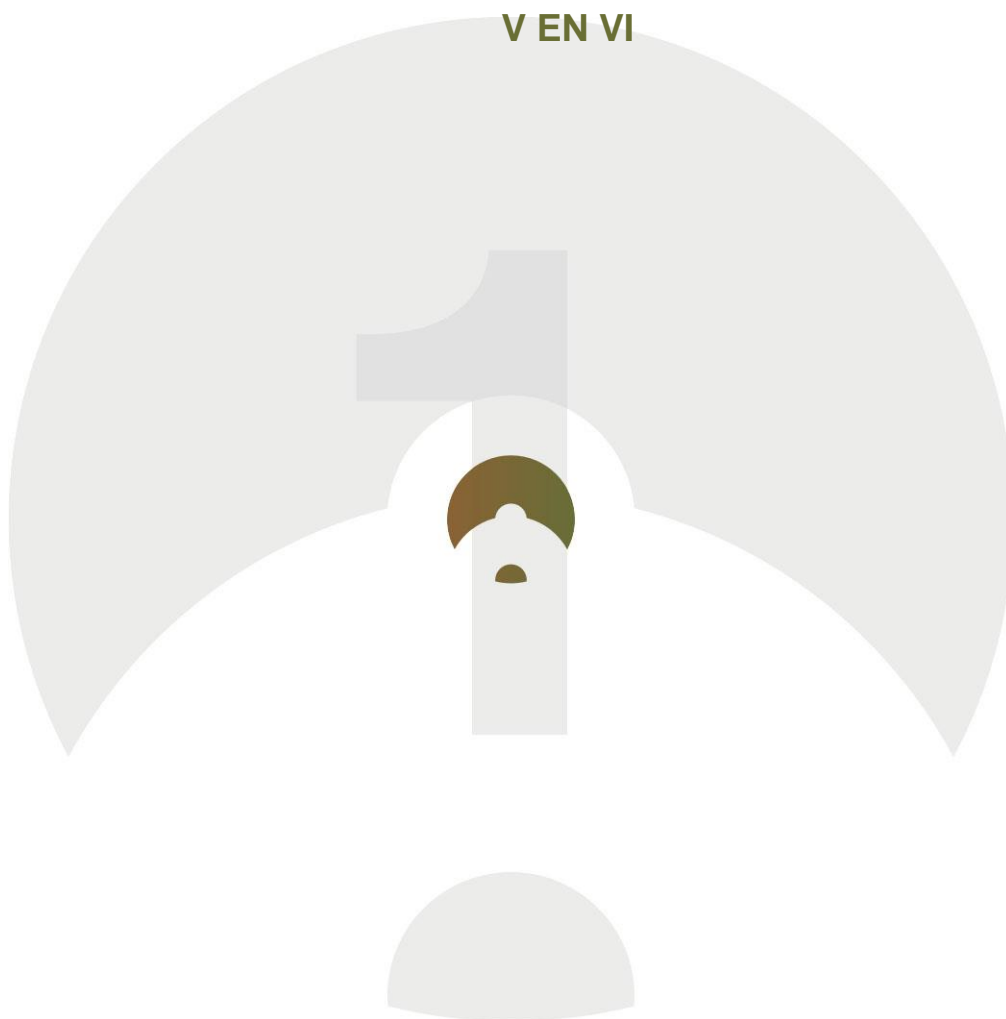
Deze percentages gelden voor de plek met de kortste afstand tot het windenergiegebied (Castricum aan Zee, Bergen aan Zee, Hargen aan Zee en Egmond aan Zee). Wanneer bijvoorbeeld vanuit badplaatsen die verder van de kavels zijn gelegen wordt gekeken, neemt dit percentage sterk af.

BIJLAGEN VAN BIJLAGE 10



BIJLAGE 1 VAN BIJLAGE 10: COORDINATEN KAVEL

V EN VI



COORDINATEN KAVEL V EN VI

De hoekpunten van kavel V en innovatiekavel VI in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) zijn weergegeven in de volgende tabel (conform coördinatenstelsel ETRS 1989 UTM Zone N31). Vanwege de presenteerbaarheid zijn alleen de bepalende hoekpunten gepresenteerd. In werkelijkheid zijn er namelijk veel meer hoekpunten, aangezien er bij diverse kabels gekromde grenzen (bochten) zijn en er oneindig veel hoekpunten zouden zijn. Dit is geïllustreerd in de figuren 1 en 2.

De dikgedrukte coördinaten behoren bij het innovatiekavel.

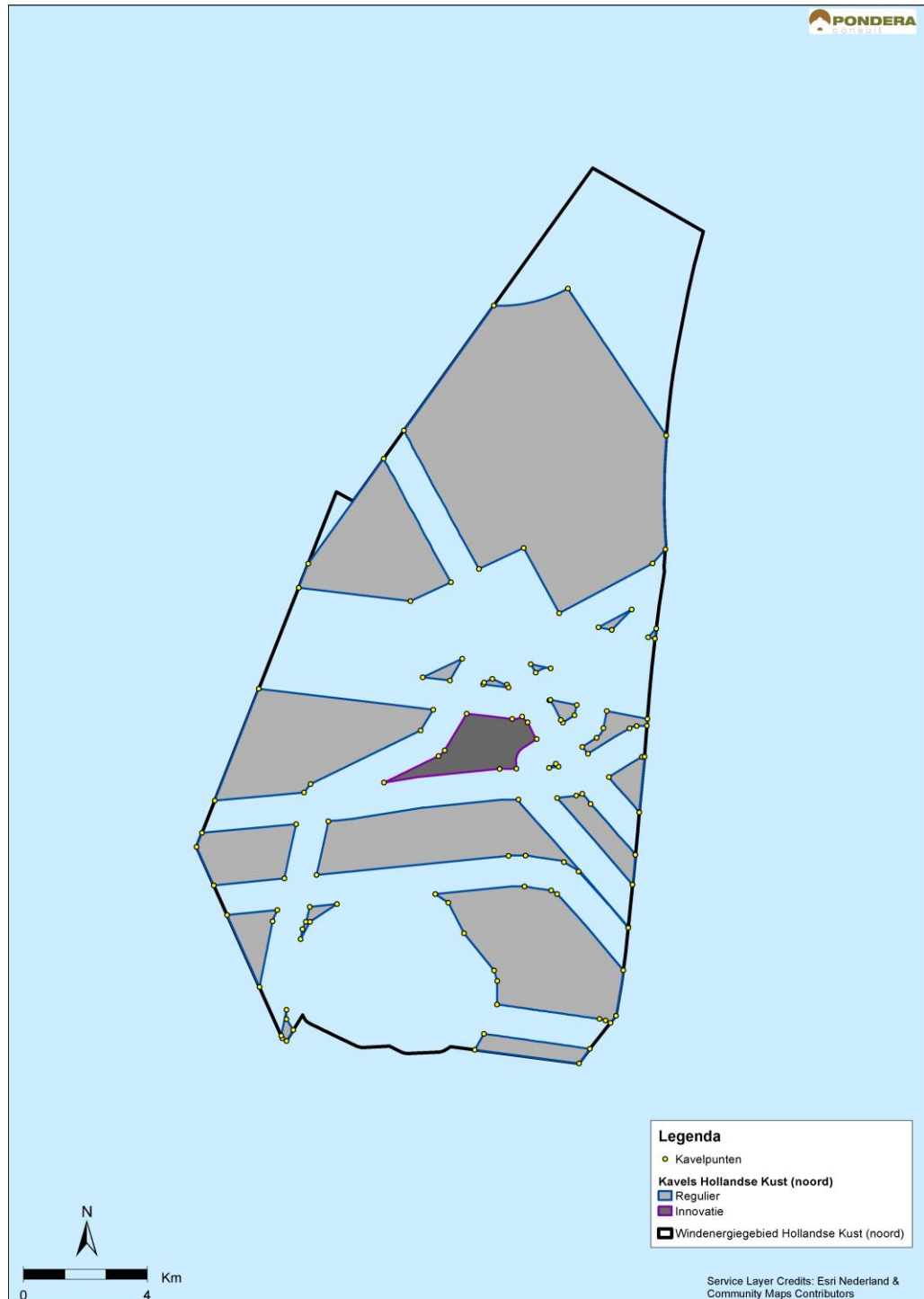
Hoekpunten kavel V en VI Hollandse Kust (noord)		
Punt	X	Y
1	584299,8371	5835942,847
2	583896,7286	5835273,494
3	580328,441	5833539,55
4	580120,7047	5833265,612
5	577230,987	5833001,235
6	578656,7272	5836614,632
7	587175,3937	5835715,974
8	587353,302	5835535,531
9	587651,4647	5834987,666
10	586993,878	5834035,836
11	586452,378	5834028,933
12	582709,311	5833584,676
13	584467,1117	5834438,847
14	584676,904	5834630,611
15	585381,6224	5835814,802
16	586854,1285	5835641,409
17	590972,1877	5832625,202
18	589988,3504	5833761,798
19	591057,0918	5834417,889
20	591140,6529	5834421,672
21	590616,7028	5828913,79
22	590613,7578	5828884,811
23	589007,6672	5830711,013
24	588533,6467	5831011,795
25	587288,0354	5831227,052
26	586737,9689	5831219,216
27	580527,4062	5830596,444
28	580909,8926	5832334,316
29	587057,1134	5833036,56

Hoekpunten kavel V en VI Hollandse Kust (noord)		
Punt	X	Y
30	590755,8919	5830283,449
31	588311,0748	5833083,084
32	588932,0984	5833161,095
33	589130,715	5833225,812
34	589400,0958	5832893,189
35	590849,2609	5831247,71
36	579481,5581	5830491,57
37	577199,6388	5830262,748
38	576641,4878	5831507,207
39	576819,9931	5831959,611
40	579863,6824	5832237,138
41	586362,9847	5826410,19
42	586375,3445	5827165,505
43	586271,8669	5827505,95
44	585300,0515	5828706,927
45	584792,7161	5829700,508
46	584366,9938	5829976,448
47	587254,6481	5830226,641
48	588118,7762	5830096,901
49	588317,8677	5829982,62
50	590457,7576	5827516,317
51	590216,5619	5826039,49
52	590039,8462	5825816,809
53	589880,243	5825892,466
54	589687,0484	5825938,161
55	579100,7051	5829096,636
56	578675,8567	5826971,359
57	577630,9969	5829300,988
58	579253,8472	5829463,721
59	585651,1844	5824942,133
60	585940,166	5825458,796
61	589374,5027	5824972,295
62	589025,0832	5824502,44
63	591846,7184	5844809,189
64	591816,8828	5841132,613
65	591406,7853	5840673,48
66	591403,7756	5840671,877
67	588380,3918	5839061,429
68	587231,2434	5841172,24

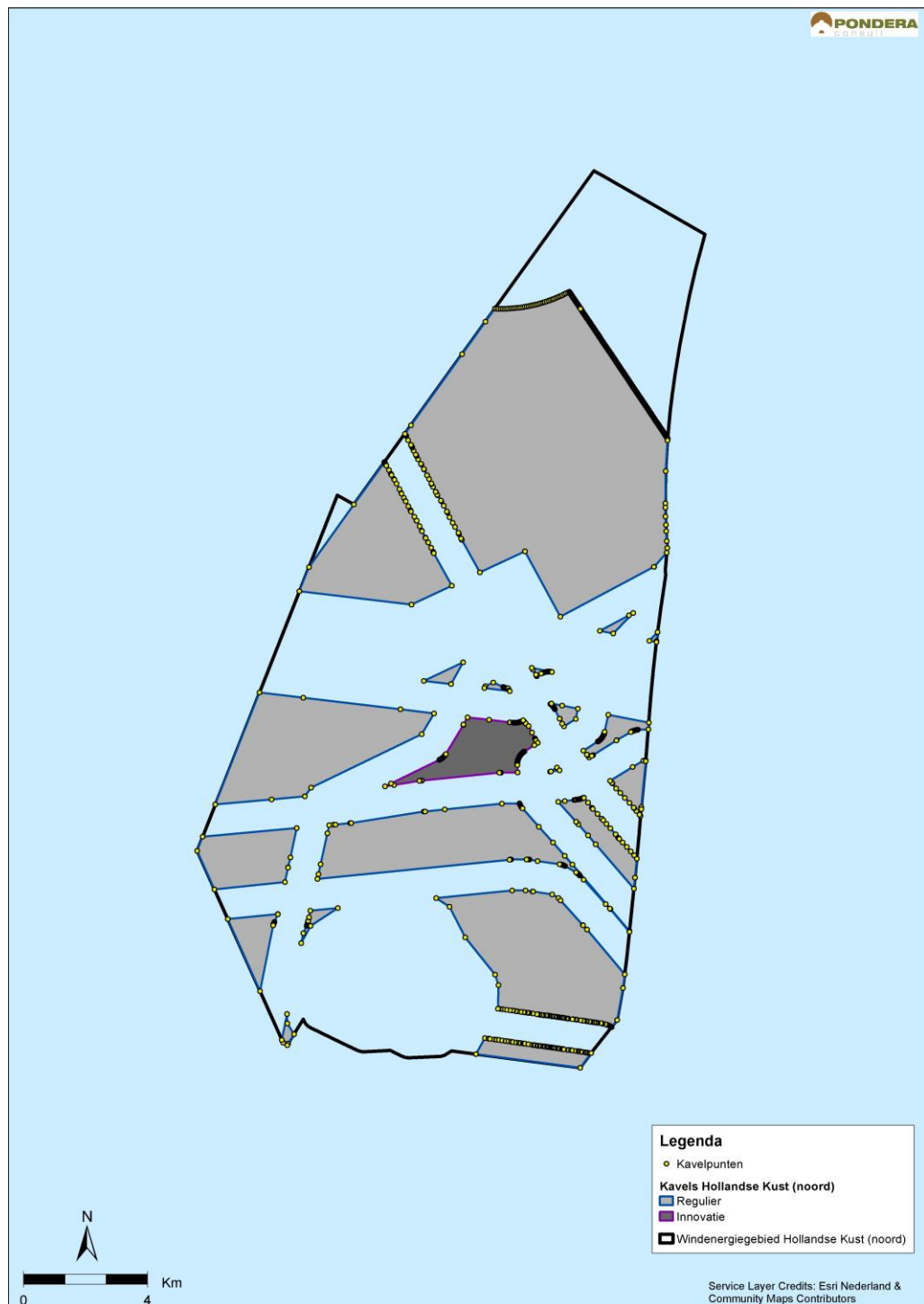
Hoekpunten kavel V en VI Hollandse Kust (noord)		
Punt	X	Y
69	585779,9636	5840491,758
70	583353,4588	5844968,653
71	586261,3318	5849008,383
72	588664,2389	5849557,283
73	588874,8182	5835762,8
74	588497,5144	5835523,014
75	588434,3249	5835612,833
76	588059,006	5836245,874
77	588091,7904	5836264,286
78	588945,2102	5836095,688
79	589310,6693	5834518,638
80	589125,1013	5834737,002
81	589588,6795	5835031,618
82	589809,6762	5835350,167
83	589926,0698	5835900,599
84	591235,9079	5835641,538
85	591219,0966	5835426,247
86	590887,3696	5835411,231
87	590655,5741	5835342,182
88	588354,8281	5834098,508
89	588049,7582	5834056,563
90	588269,6796	5834195,313
91	585922,0962	5836758,471
92	585955,5087	5836819,054
93	586212,8619	5836940,038
94	586688,8623	5836749,258
95	586741,1048	5836660,95
96	584872,9138	5840066,457
97	583566,9309	5839454,103
98	579947,1272	5839885,024
99	580254,0024	5840662,768
100	582699,0473	5844059,519
101	590085,7003	5838519,83
102	589651,9727	5838605,736
103	590727,5172	5839178,64
104	591481,4517	5838243,38
105	591255,981	5838288,038
106	591521,3776	5838560,461
107	588104,8701	5837281,081

Hoekpunten kavel V en VI Hollandse Kust (noord)		
Punt	X	Y
108	587617,5139	5837144,839
109	587457,4114	5837409,293
110	580006,1473	5828524,644
111	580069,5989	5828842,057
112	580180,7589	5829081,255
113	580303,5509	5829568,981
114	581187,6197	5829657,632
115	580313,0489	5829084,725
116	579773,7962	5825584,124
117	579552,9538	5825230,703
118	579419,6312	5825313,032
119	579381,246	5825398,616
120	579548,7726	5826236,657
121	579552,9465	5825929,613
122	585239,1219	5837587,441
123	584842,8618	5836885,264
124	583964,5633	5836989,821

Figuur 1: Kavelindeling en hoekpunten zoals hierboven gepresenteerd



Figuur 2: Kavelindeling en alle hoekpunten op basis van de geo-informatie



Coördinaten turbines alternatief met 95 x 8 MW kavel Hollandse Kust (noord)		
Punt	X	Y
1	578082,457	5829042,32
2	578668,866	5831369,58
3	582432,821	5831603,11
4	583309,892	5835094,64
5	585038,481	5832147,02
6	585612,036	5829508,97
7	586195,129	5831837,06
8	587351,777	5831527,09
9	588508,426	5831217,12
10	589381,366	5834709,68
11	590630,956	5830714,95
12	590827,884	5835564,18
13	589950,358	5827104,23
14	588937,686	5824658,02
15	590839,843	5833555,66
16	590142,175	5838728,9
17	587654,495	5837275,1
18	586225,928	5836821,57
19	584710,103	5837158,53
20	588589,974	5835934,97
21	579534,44	5825476,01
22	580566,302	5829378,34
23	588502,143	5826250,16
24	588792,54	5827414,49
25	589082,929	5828578,83
26	590867,016	5840619,35
27	591125,848	5841695,15
28	591415,579	5842859,65
29	591705,302	5844024,15
30	587344,399	5826560,4
31	587635,07	5827724,67
32	587925,733	5828888,93
33	589734,761	5841293,73
34	590028,843	5842457,14
35	590322,917	5843620,55
36	590616,983	5844783,96
37	590911,041	5845947,37
38	586477,947	5828034,75
39	586768,814	5829198,97
40	588235,713	5839985,43

Coördinaten turbines alternatief met 95 x 8 MW kavel Hollandse Kust (noord)		
Punt	X	Y
41	588526,078	5841149,77
42	588816,435	5842314,11
43	589106,784	5843478,46
44	589397,126	5844642,81
45	589687,459	5845807,15
46	589977,785	5846971,5
47	586778,191	5834165,15
48	587068,945	5835329,4
49	587372,739	5841458,91
50	587663,299	5842623,2
51	587953,853	5843787,49
52	588244,398	5844951,79
53	588534,936	5846116,09
54	588825,466	5847280,39
55	589115,988	5848444,69
56	585622,091	5834474,98
57	585913,118	5835639,16
58	586218,283	5841768,33
59	586509,118	5842932,55
60	586799,945	5844096,77
61	587090,765	5845261
62	587381,577	5846425,23
63	587672,381	5847589,46
64	587963,178	5848753,69
65	583589,743	5831293,08
66	583881,276	5832457,13
67	585063,828	5842077,74
68	585354,937	5843241,89
69	585646,039	5844406,05
70	585937,133	5845570,21
71	586228,219	5846734,37
72	586519,298	5847898,53
73	584494,508	5844714,73
74	584785,735	5845878,85
75	585076,956	5847042,98
76	583324,21	5840059,58
77	583615,749	5841223,63
78	580983,255	5830749,38
79	581275,413	5831913,27
80	582169,208	5840369,13

Coördinaten turbines alternatief met 95 x 8 MW kavel Hollandse Kust (noord)		
Punt	X	Y
81	582461,022	5841533,11
82	582752,827	5842697,09
83	580704,797	5834550,58
84	580996,998	5835714,46
85	581014,207	5840678,68
86	581306,295	5841842,59
87	579255,246	5833696,84
88	579547,798	5834860,63
89	579840,343	5836024,43
90	578098,6	5834006,8
91	578391,426	5835170,53
92	578684,245	5836334,25
93	577218,197	5830516,12
94	577511,255	5831679,78
95	582153,793	5835404,46

Coördinaten turbines alternatief met 76 x 10 MW kavel IV Hollandse Kust (noord)		
Punt	X	Y
1	577510,013	5831183,24
2	578783,047	5830842,1
3	581650,909	5831439,99
4	582616,232	5835280,53
5	583903,203	5840401,29
6	584517,437	5832038,22
7	585159,651	5834598,91
8	585789,81	5831697,24
9	590570,046	5830924,4
10	590079,609	5826466,16
11	588647,516	5826832,28
12	588966,91	5828113,06
13	590895,236	5841260,11
14	591213,927	5842541,07
15	591532,609	5843822,02
16	587374,148	5827173,51
17	587693,873	5828454,21
18	588013,589	5829734,9
19	589305,13	5840319,9
20	589624,247	5841600,75
21	589943,354	5842881,59
22	590262,452	5844162,44

Coördinaten turbines alternatief met 76 x 10 MW kavel IV Hollandse Kust (noord)		
Punt	X	Y
23	590581,541	5845443,3
24	586421,258	5828795,25
25	586714,893	5829982,67
26	587061,174	5831356,52
27	588035,077	5840660,3
28	588354,525	5841941,06
29	588673,964	5843221,83
30	588993,394	5844502,59
31	589312,814	5845783,36
32	589632,225	5847064,13
33	586431,361	5834258,1
34	586753,491	5835408,94
35	587086,072	5842281,06
36	587405,757	5843561,76
37	587725,434	5844842,47
38	588045,101	5846123,17
39	588364,759	5847403,88
40	588684,407	5848684,6
41	585526,906	5841374,11
42	585815,085	5842621,68
43	586135,187	5843902,28
44	586455,28	5845182,88
45	586775,364	5846463,49
46	587095,439	5847744,1
47	582923,612	5831098,93
48	583244,475	5832379,34
49	584671,401	5842991,67
50	584866,982	5844242,21
51	585187,323	5845522,75
52	585507,653	5846803,3
53	585827,975	5848083,84
54	582632,821	5840741,76
55	582953,69	5842022,17
56	581022,427	5834341,24
57	581343,765	5835621,53
58	581703,585	5842334,14
59	579427,949	5833402,12
60	579749,713	5834682,3
61	580071,468	5835962,49
62	578155,579	5833743,09

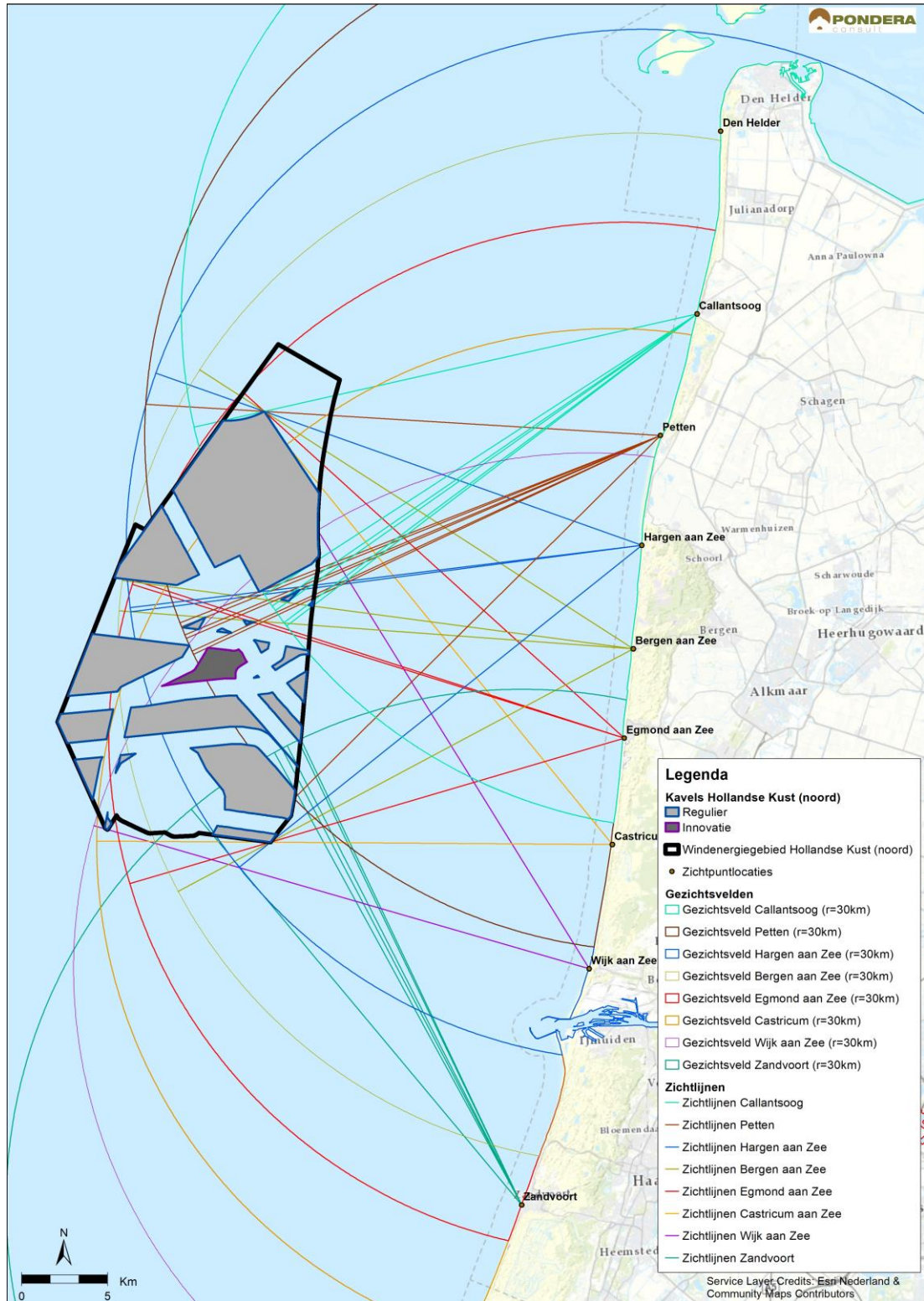
Coördinaten turbines alternatief met 76 x 10 MW kavel IV Hollandse Kust (noord)		
Punt	X	Y
63	578477,674	5835023,19
64	578799,76	5836303,29
65	588928,648	5824713,14
66	578530,012	5828638,26
67	590798,32	5833624,39
68	590522,663	5835529,88
69	588583,256	5835946,85
70	584699,423	5837102,02
71	580472,092	5829404,48
72	579572,481	5825576,35
73	586217,078	5836824,22
74	590046,806	5838678,61
75	586929,035	5825008,83
76	581362,44	5841082,23

**BIJLAGE 2 VAN BIJLAGE 10: GEZICHTSVELDEN EN
BEELDHOEKEN VANAF ZICHTLOCATIES**

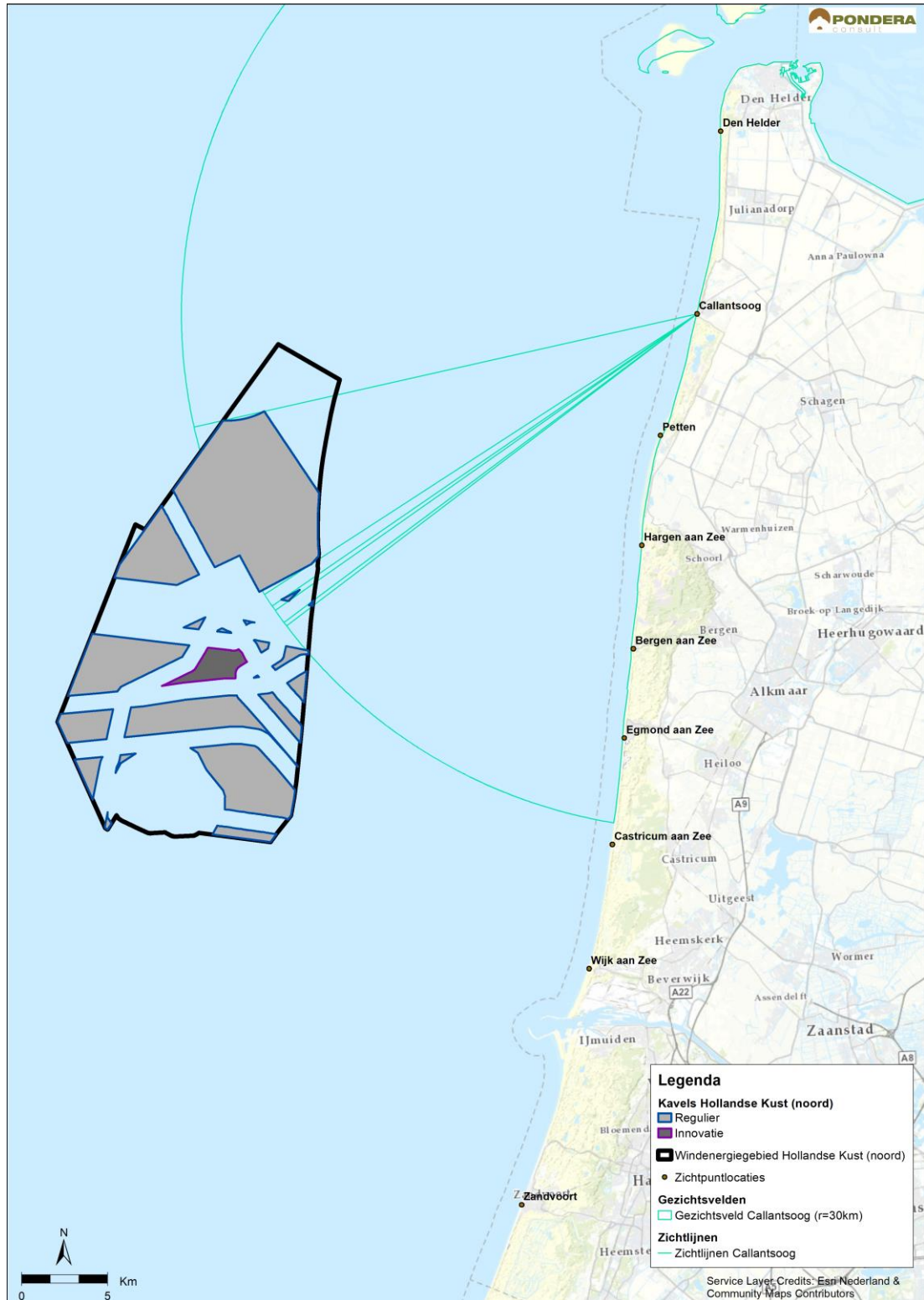


KAARTEN EXCLUSIEF CUMULATIE

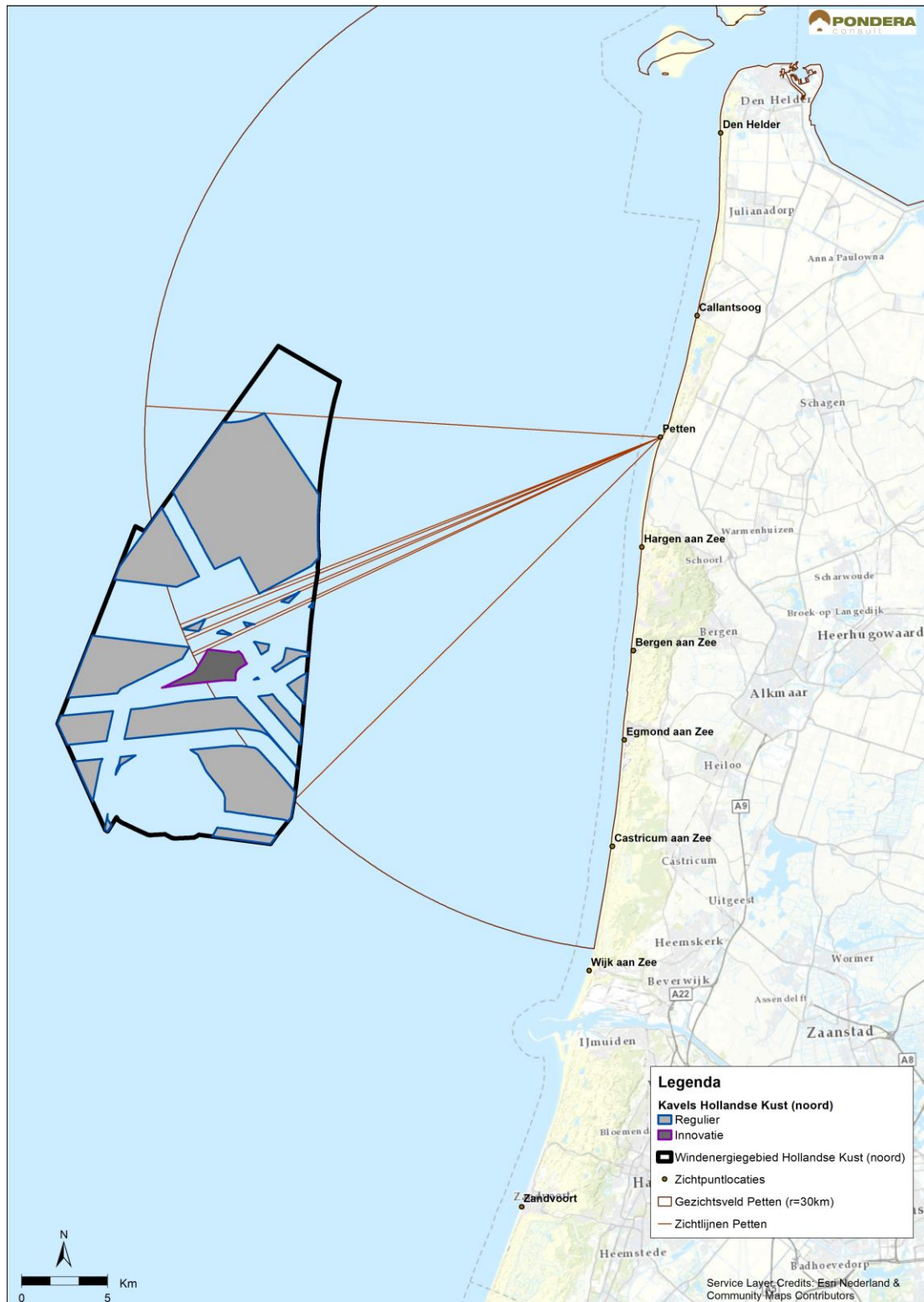
Totaalkaart gezichtsvelden en beeldhoeken vanaf zichtlocaties



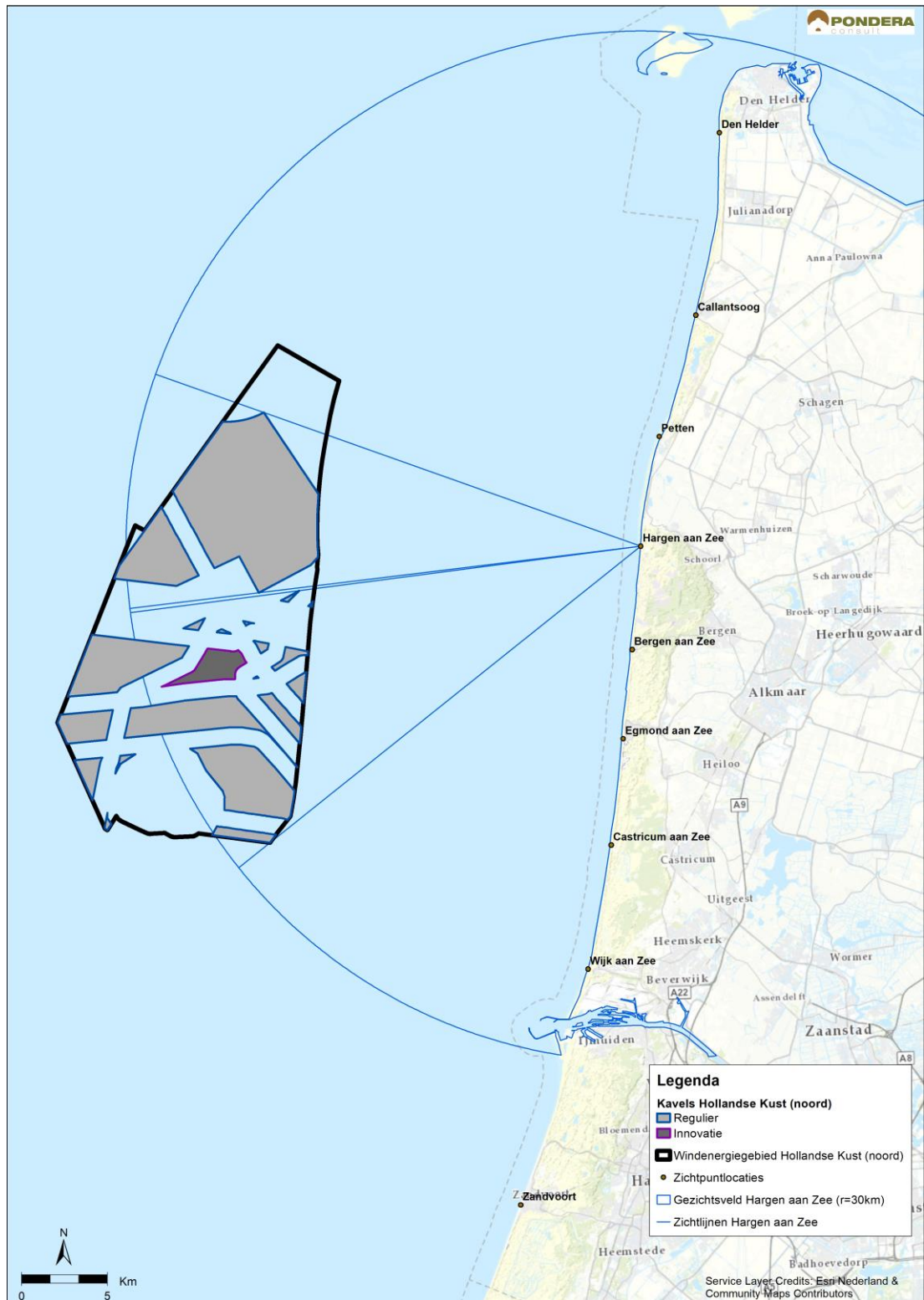
Gezichtsveld en beeldhoek vanaf zichtlocatie Callantsoog



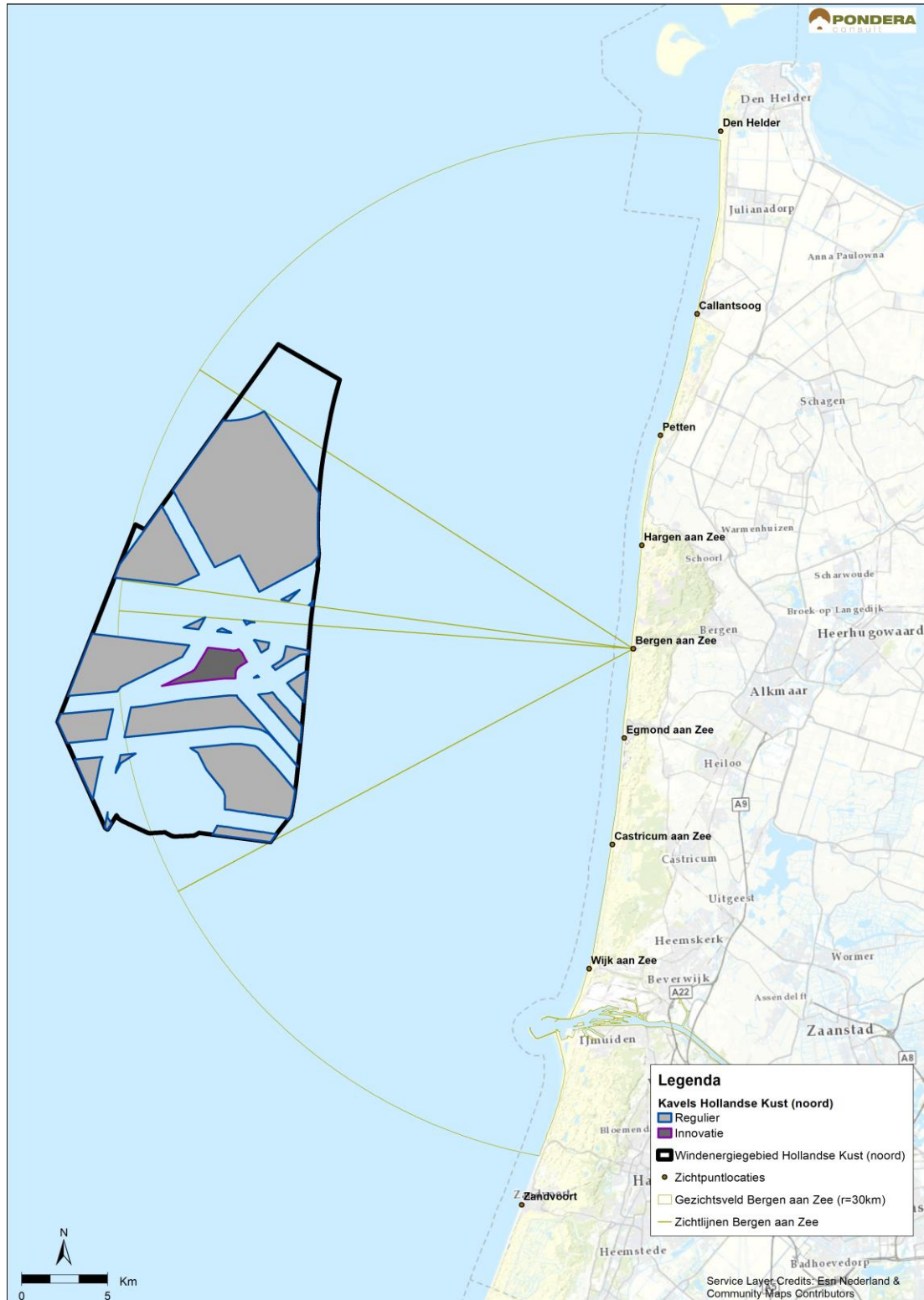
Gezichtsveld en beeldhoek vanaf zichtlocatie Petten



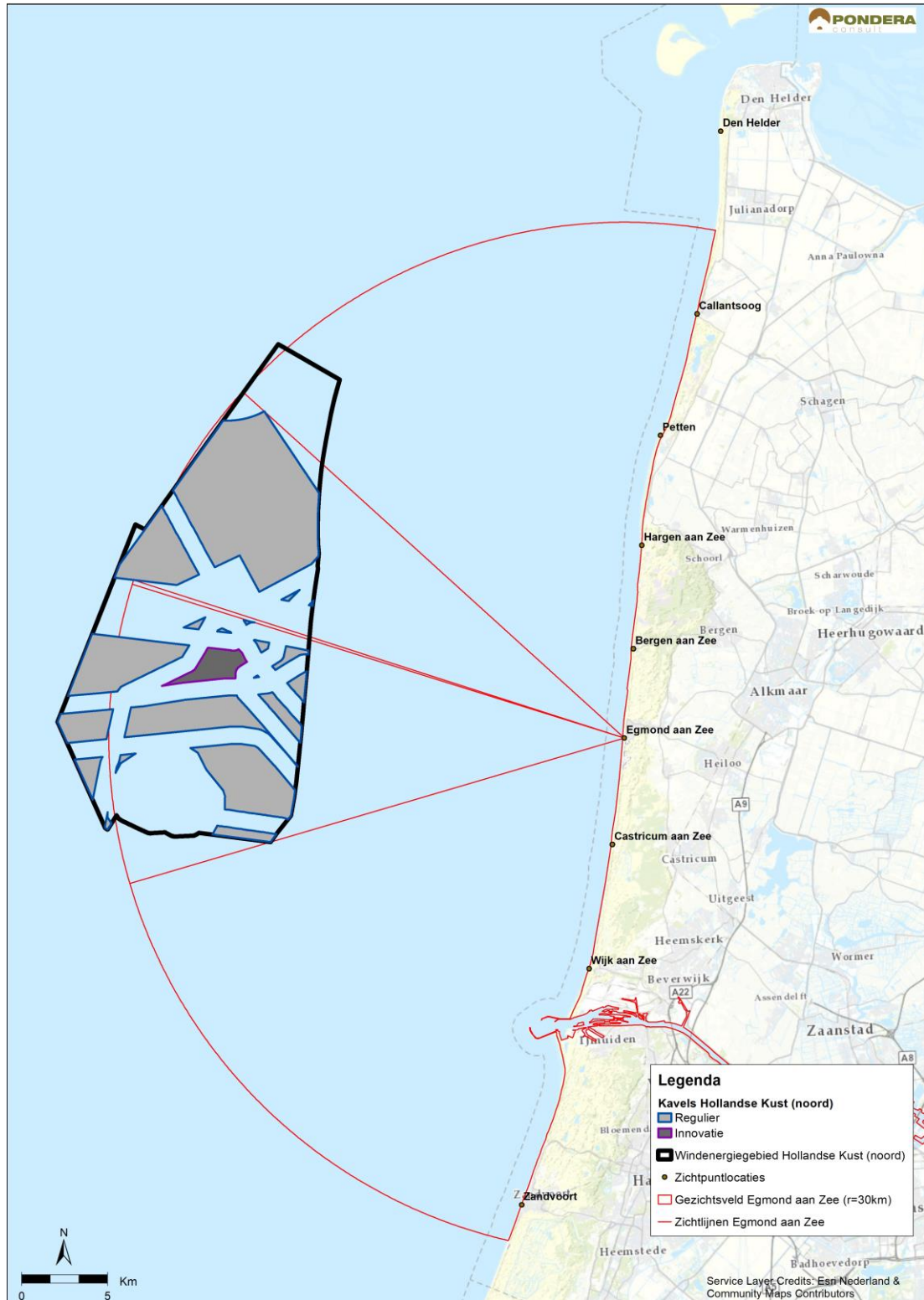
Gezichtsveld en beeldhoek vanaf zichtlocatie Hargen aan Zee



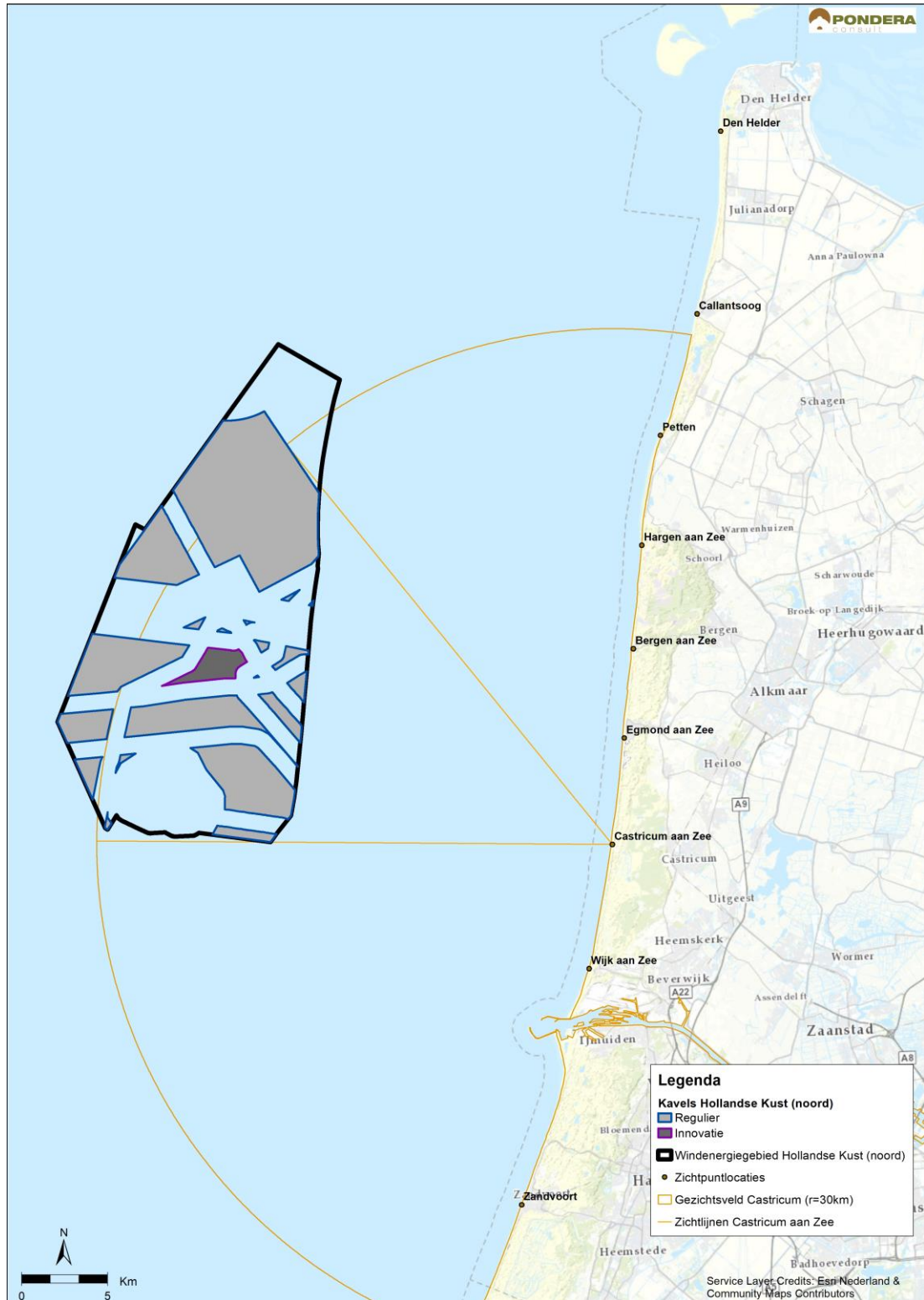
Gezichtsveld en beeldhoek vanaf zichtlocatie Bergen aan Zee



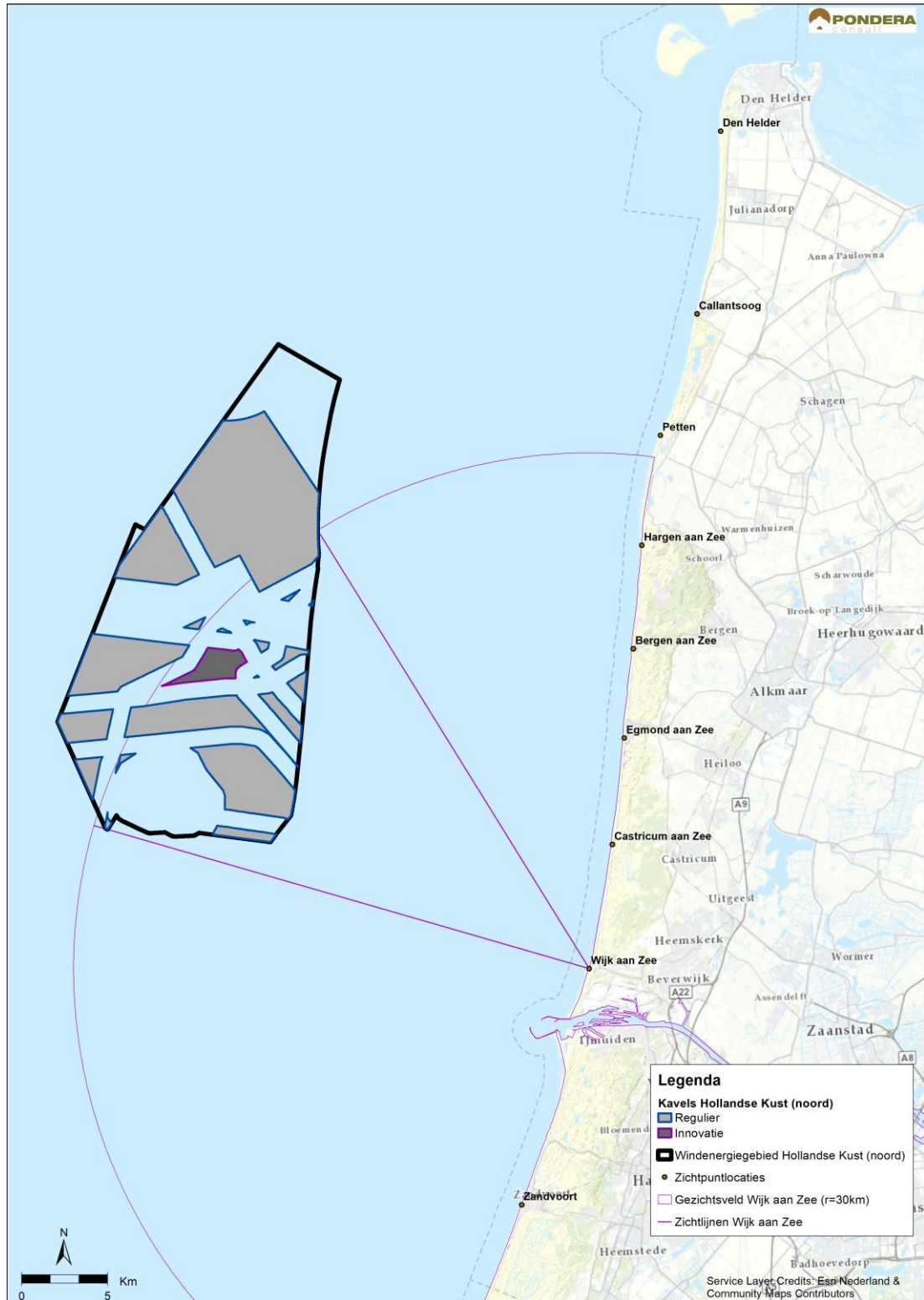
Gezichtsveld en beeldhoek vanaf zichtlocatie Egmond aan Zee



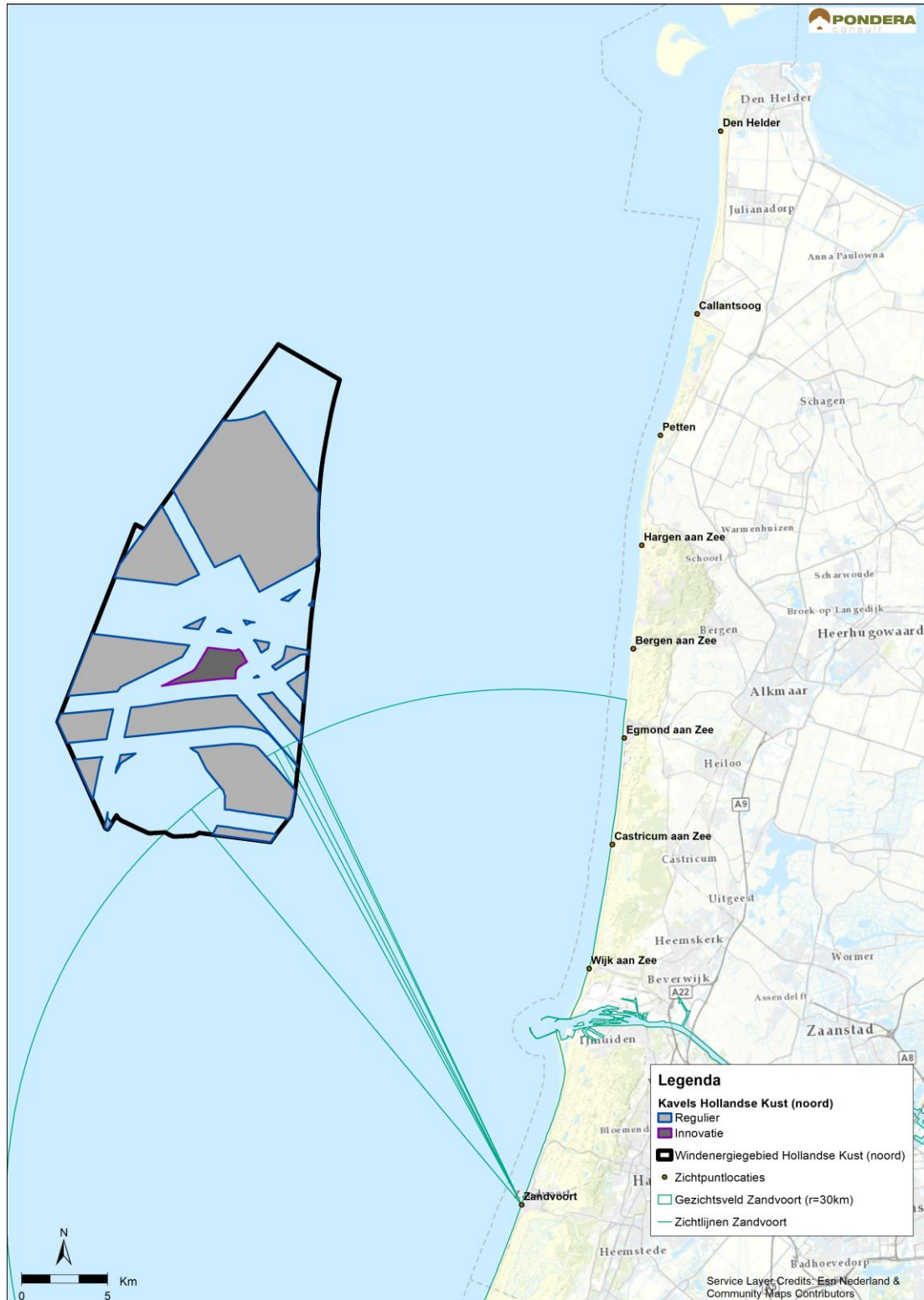
Gezichtsveld en beeldhoek vanaf zichtlocatie Castricum aan Zee



Gezichtsveld en beeldhoek vanaf zichtlocatie Wijk aan Zee

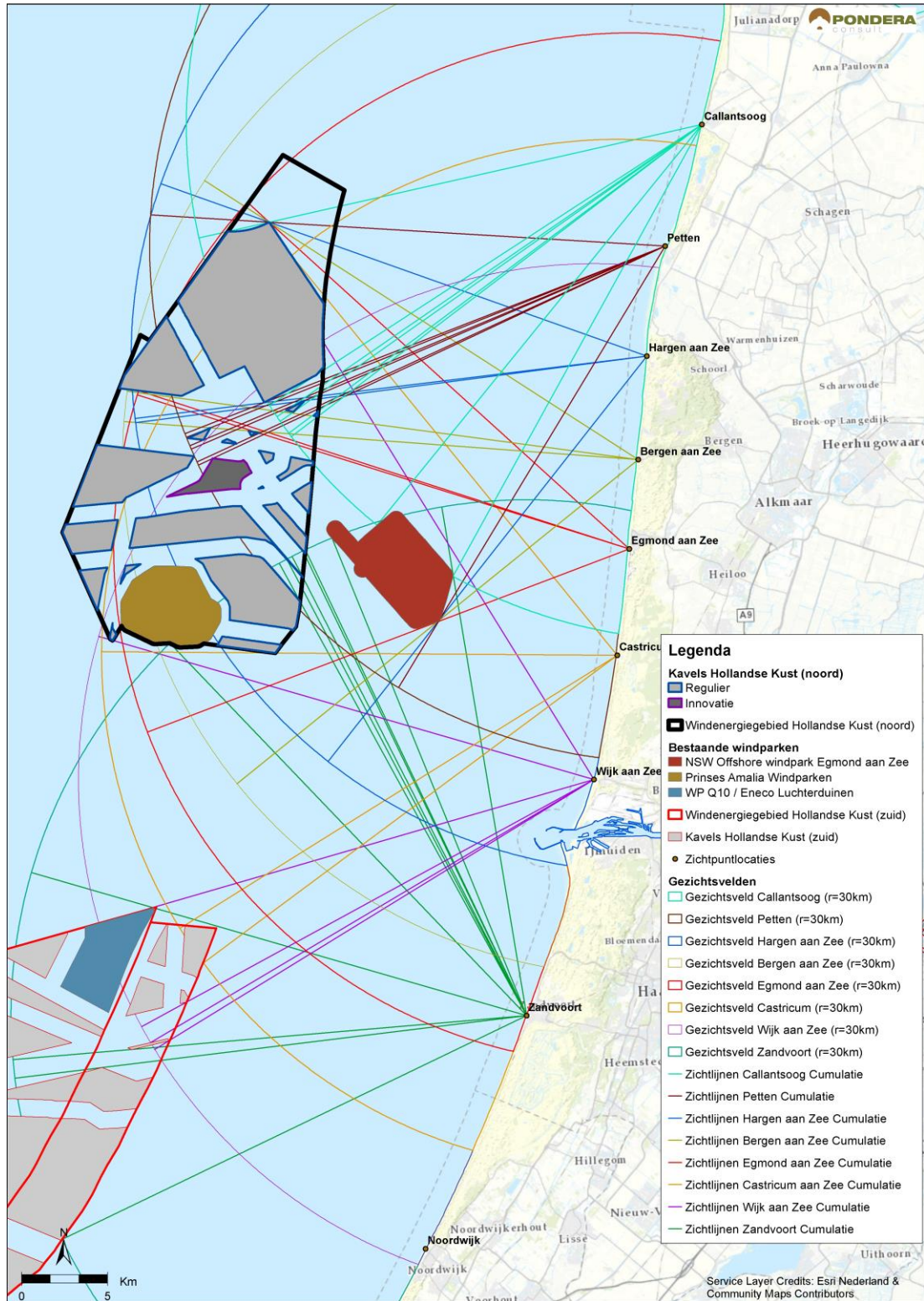


Gezichtsveld en beeldhoek vanaf zichtlocatie Zandvoort

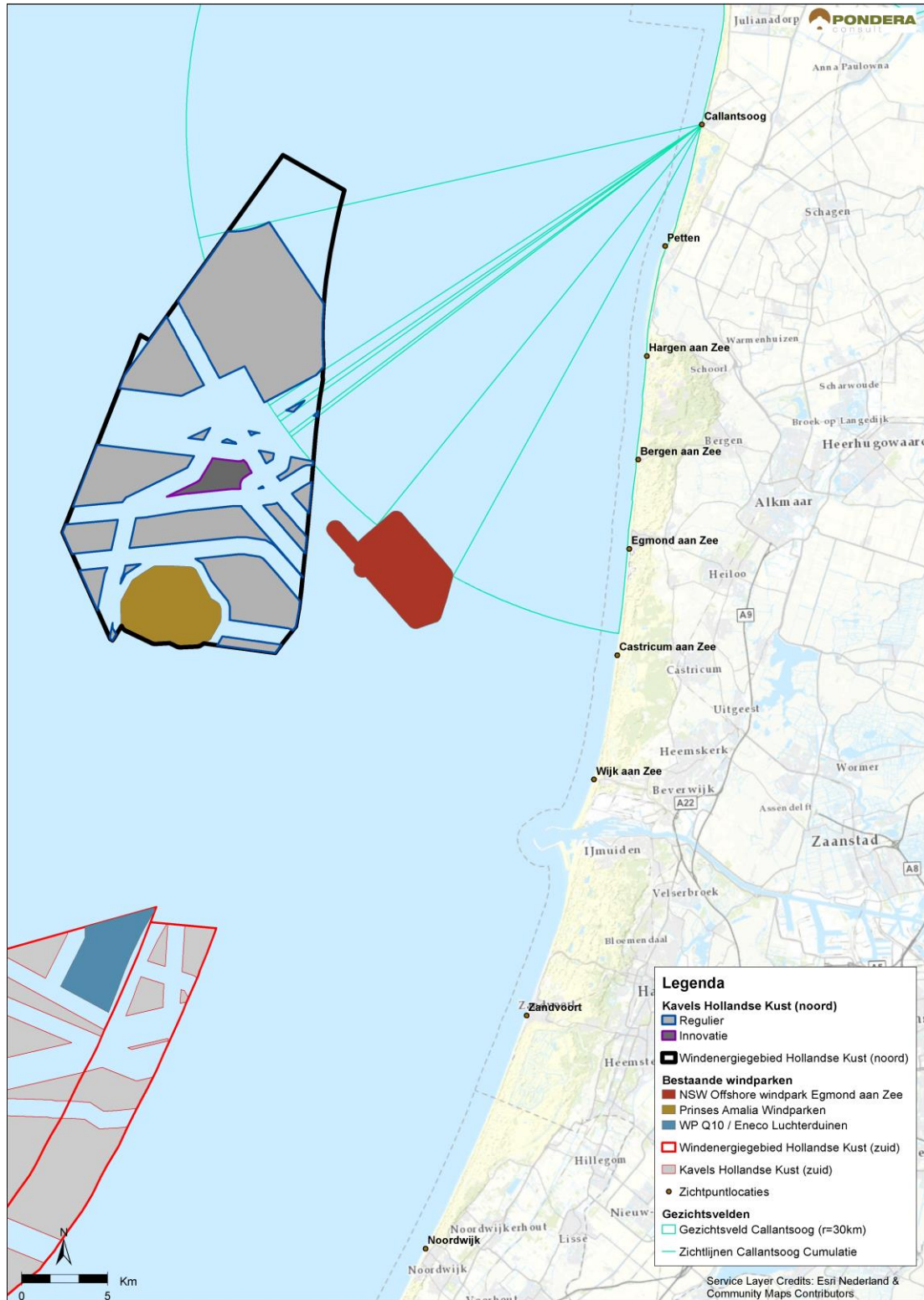


KAARTEN INCLUSIEF CUMULATIE

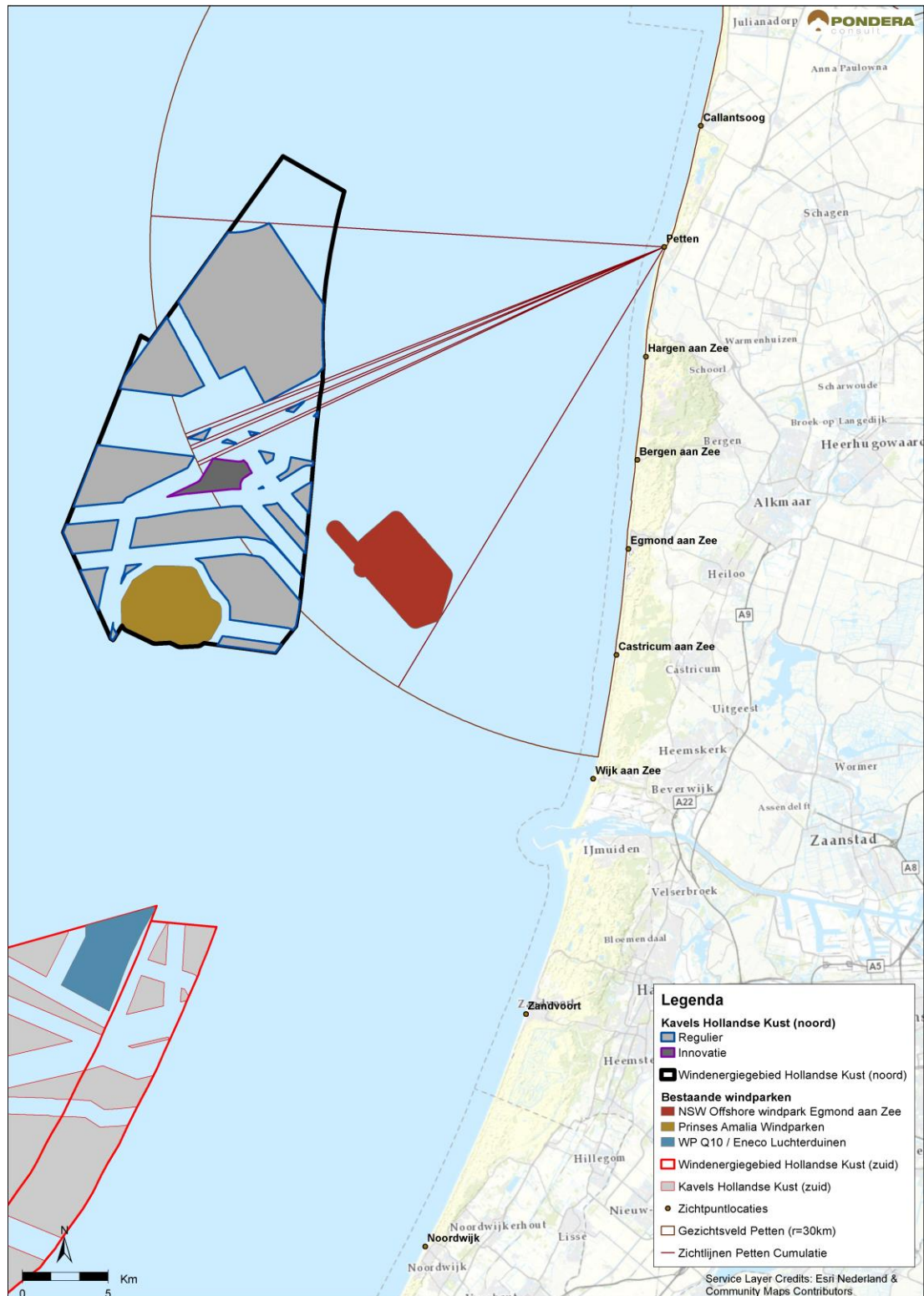
Totaalkaart gezichtsvelden en beeldhoeken vanaf zichtlocaties



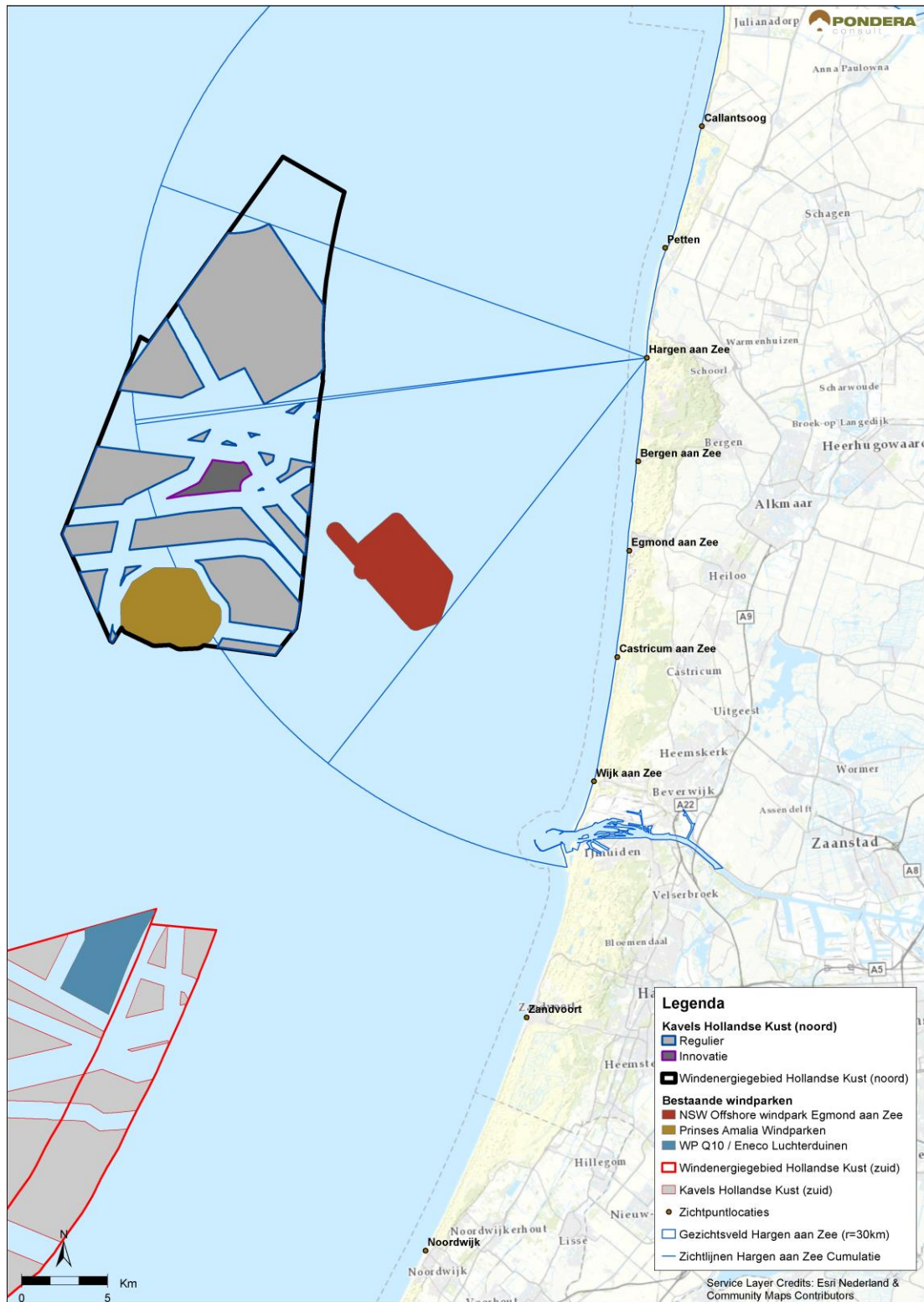
Gezichtsveld en beeldhoek vanaf zichtlocatie Callantssoog (incl. cumulatie)



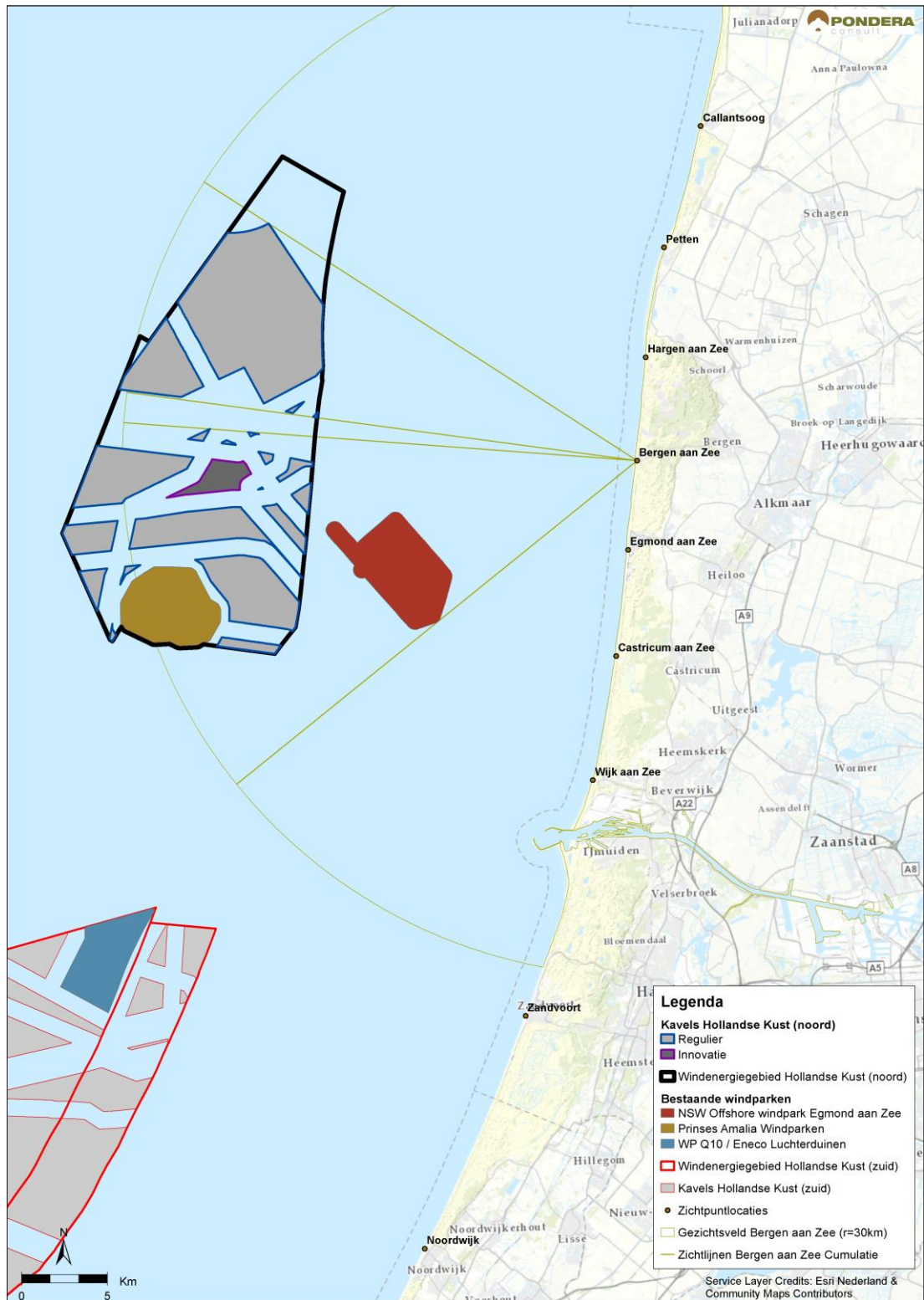
Gezichtsveld en beeldhoek vanaf zichtlocatie Petten (incl. cumulatie)



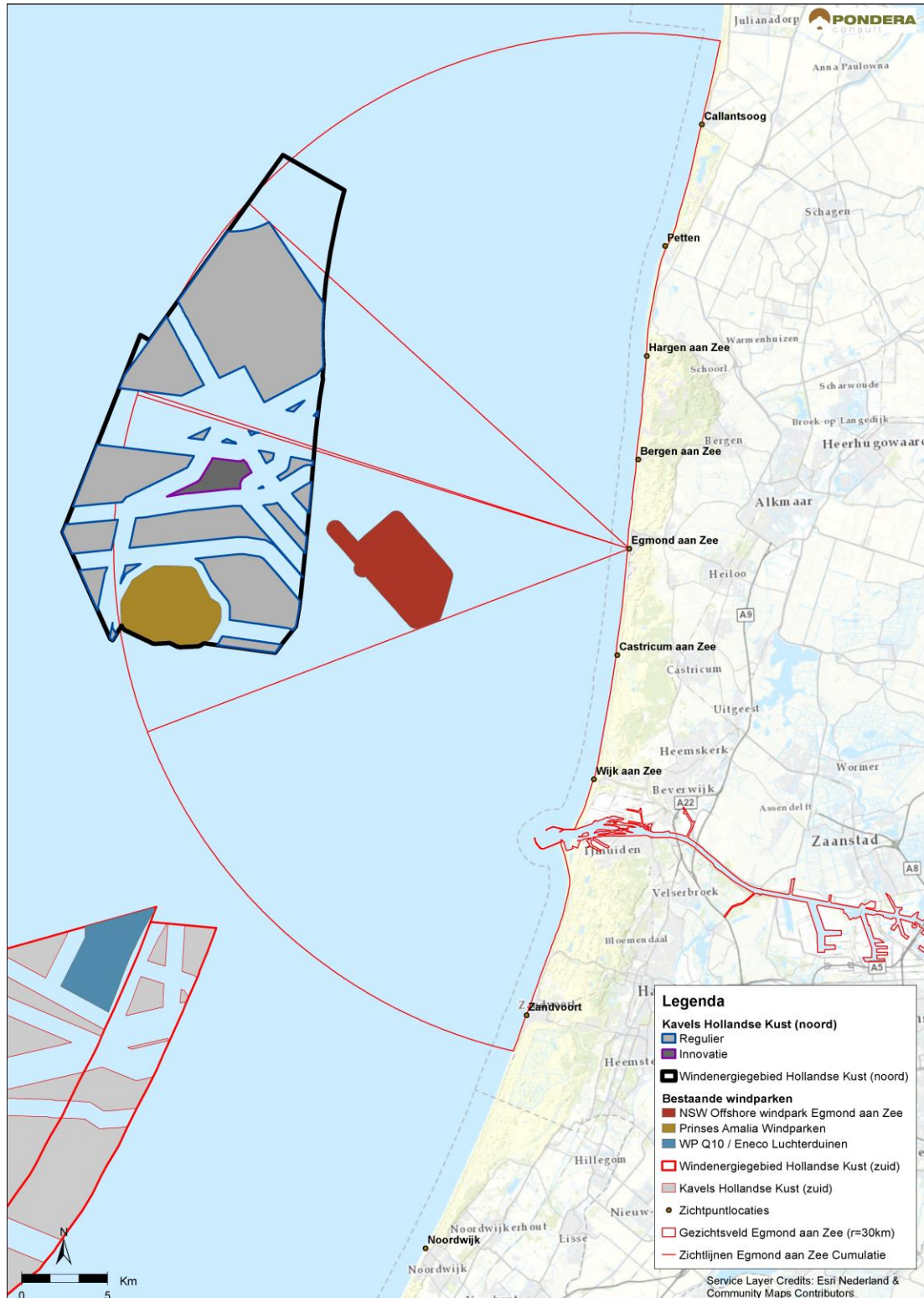
Gezichtsveld en beeldhoek vanaf zichtlocatie Hargen aan Zee (incl. cumulatie)



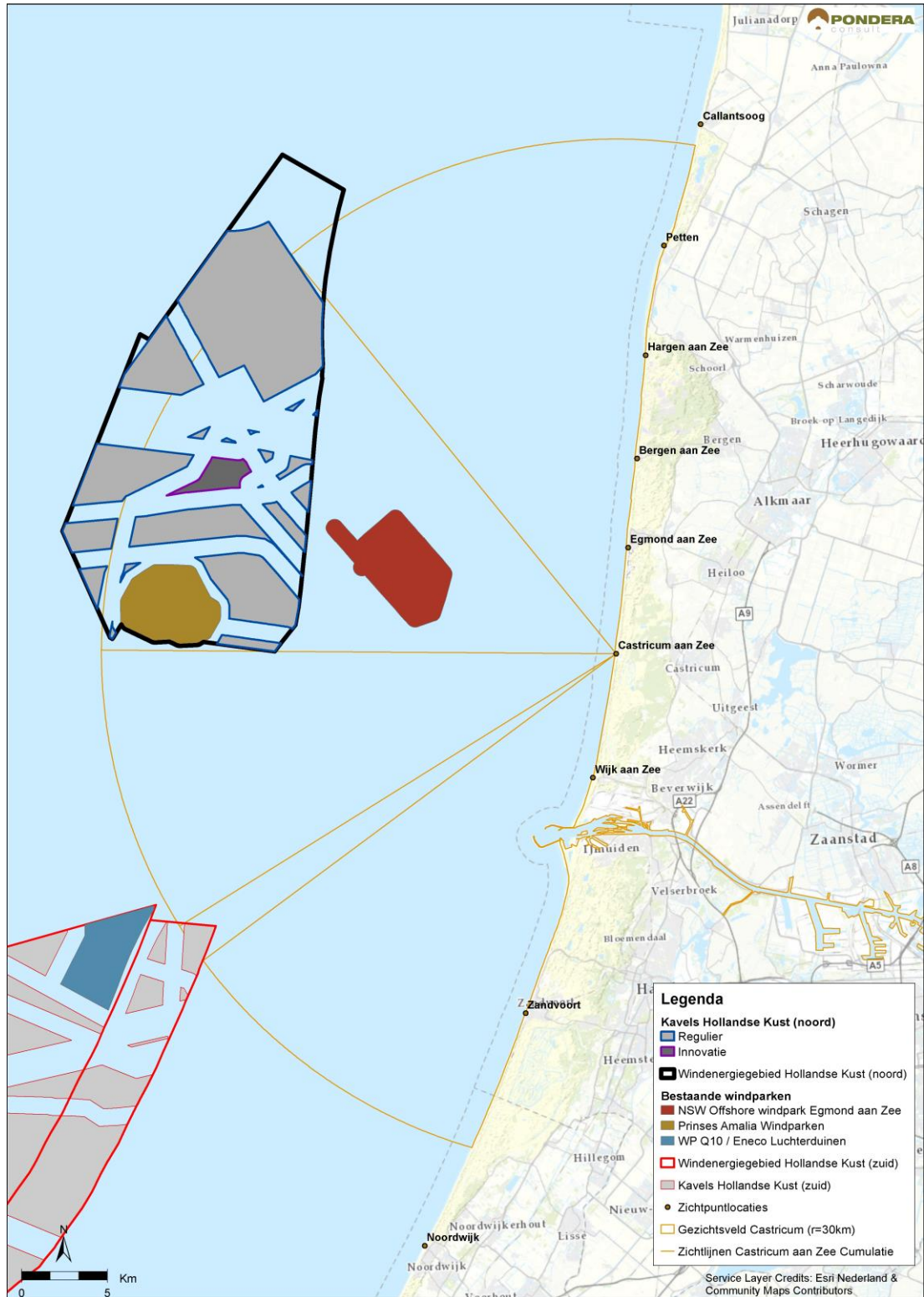
Gezichtsveld en beeldhoek vanaf zichtlocatie Bergen aan Zee (incl. cumulatie)



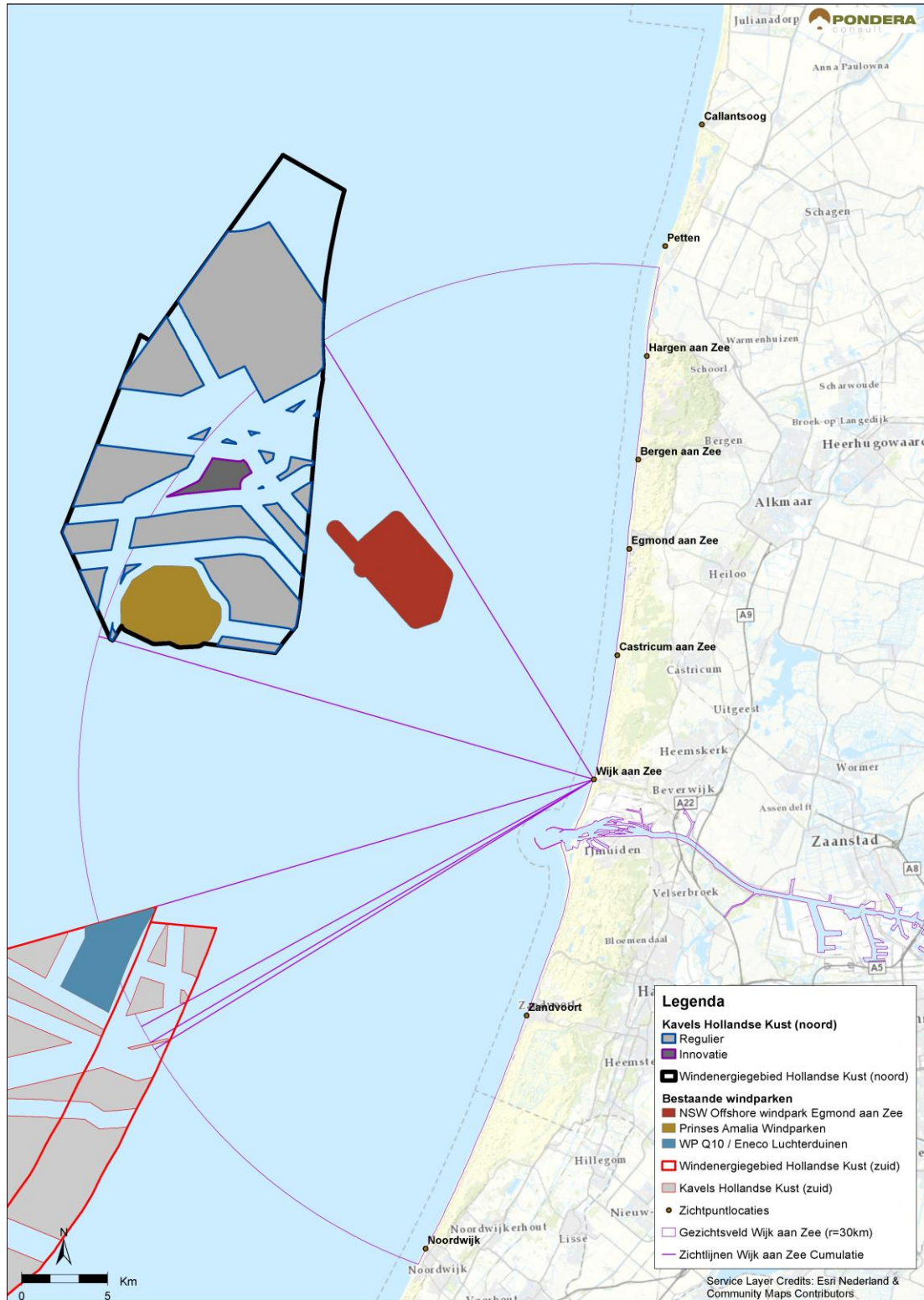
Gezichtsveld en beeldhoek vanaf zichtlocatie Egmond aan Zee (incl. cumulatie)



Gezichtsveld en beeldhoek vanaf zichtlocatie Castricum aan Zee (incl. cumulatie)



Gezichtsveld en beeldhoek vanaf zichtlocatie Wijk aan Zee (incl. cumulatie)



Gezichtsveld en beeldhoek vanaf zichtlocatie Zandvoort (incl. cumulatie)

