

Bijlage V – Aanvullend onderzoek vliegveiligheid en stopprotocol

Deze bijlage bundelt 3 rapportages van deskundig luchtvaartadviesbureau Adecs:

➤ Beoordelingsrapportage vliegveiligheid in relatie tot Windpark Beuningen (19 pagina's)

Een beoordelingsrapportage vliegveiligheid die onderzoekt of het gebruik van een passief radarsysteem geschikt is voor het detecteren van naderende en vertrekkende helikopters bij helihaven Vonk en tijdig naar idle brengen van de windturbines van WP Beuningen. Een passief radarsysteem heeft voor de detectie geen input nodig van de vliegers en helikopters (zoals een transpondersignaal). De conclusie is dat een dergelijk passief radarsysteem kan worden gebruikt (in een stopprotocol) om de vliegveiligheid rondom WP Beuningen en helihaven Vonk nader te borgen.

➤ Vliegveiligheidsanalyse Windpark Beuningen i.r.t. helihaven Vonk (4 pagina's)

Een veiligheidsanalyse die zich richt op naderende en vertrekkende helikopters vanaf of naar de helihaven Vonk. De conclusie is dat een stopprotocol eventuele ongewenste interacties tussen zogturbulentie en landende en vertrekkende helikopters voldoende kan mitigeren.

➤ Toelichting Stopprotocol (6 pagina's)

Een toelichting op het geformuleerde stopprotocol dat is voorgeschreven in en als bijlage is opgenomen bij de planregels. Het daadwerkelijke stopprotocol zit ook als bijlage bij deze toelichting.

Beoordelingsrapportage vliegveiligheid in relatie tot Windpark Beuningen

Colofon

Opdrachtgever	: Windpark Beuningen B.V.
Auteur(s)	: A.M. Jukema, C.E. Coutinho
Controle door	: R.C. van 't Veld
Datum	: 27 oktober 2025
Ons kenmerk	: wb251014rap/aJ/cC/kd
Versie	: 2.0
Opgesteld door	: Adecs Airinfra Consultants BV
Adres	: Castellum Gebouw A 2e etage Loire 196 2491 AM Den Haag
Telefoon	: +31 (0)85 00 711 00
E-mail	: info@airinfra.eu
Website	: www.airinfra.eu
KvK nummer	: 54629179

Zonder voorafgaande, schriftelijke toestemming van de opdrachtgever of Adecs Airinfra Consultants BV is het niet toegestaan deze uitgave of delen ervan te vermenigvuldigen of op enige wijze openbaar te maken.

1 Inleiding

Windpark Beuningen B.V. is bezig met het realiseren van een windpark nabij Beuningen. Het voornemen is om 5 windturbines te plaatsen. In de nabijheid van de voorgenomen locatie van het windpark bevindt zich een helihaven. Deze helihaven staat bekend als helihaven Vonk te Winssen. Van de 5 geplande windturbines bevinden de 3 meest westelijk geplande windturbines zich in een gebied waar hun zogturbulentie (verstoring van de vrije luchtstroom) impact kan hebben op de vliegveiligheid van naderend en vertrekkend helikopterverkeer. Dit effect treedt alleen op indien de windrichting zo is, dat de zogturbulentie in het verlengde van de windturbine, richting het naderingsgebied waait. Deze zogturbulentie interfereert niet met kruisend verkeer, naderend en vertrekkend verkeer van de helihaven ondervindt alleen dan mogelijk hinder wanneer de wind uit een bepaalde richting komt met een specifieke snelheid.¹

Om te voorkomen dat het naderend en vertrekkend helikopterverkeer dat conform de Luchthavenregeling Vonk te Winssen² gebruik mag maken van deze helihaven hinder ondervindt, dienen de windturbines tijdig naar idle gebracht te worden in voorkomende gevallen.

In deze notitie is onderzocht of het gebruik van een passief radarsysteem geschikt is voor het detecteren van helikopters en het tijdig naar idle brengen van de desbetreffende windturbines. Het advies is om een stopprotocol in te voeren om eventuele onwenselijke hinder zoals deze voorgaand is beschreven te voorkomen. De situatie zoals deze zal zijn na de invoering van het stopprotocol is beoordeeld in een veiligheidsanalyse. Uiteindelijk is het stopprotocol zelf beschreven in een separaat document, 'Toelichting Stopprotocol'³. Het stopprotocol zelf is een los document genaamd 'Stopprotocol'⁴.

Met de term "idlen" wordt in dit stopprotocol de situatie bedoeld waarbij de bladen van de windturbine in vaanstand worden gezet. Daardoor wordt er geen energie uit de wind onttrokken en ontstaat er geen zogturbulentie, en wordt derhalve geen stroom geproduceerd.

Om tot een antwoord te komen, zijn de volgende zaken onderzocht:

- De dimensies en karakteristieken van het toegestane vliegverkeer conform Luchthavenregeling Vonk te Winssen².
- De verwachte operationele vliegprocedures van het toegestane vliegverkeer conform de regeling.
- De werking van een passief radarsysteem met bijzondere aandacht voor:
 - De reactietijd van het systeem;
 - De detectie-resolutie;
 - De betrouwbaarheid van het systeem;
 - De protocollen van het radarsysteem.

¹ Adecs Airinfra Consultants. Onderzoek turbulentie nabij helihaven Winssen, eneco210903rap/wH/kd - 1.0, 16 september 2021

² Zie [Verordening "Luchthavenregeling Vonk te Winssen" | Lokale wet- en regelgeving](#). De regeling zoals deze gepubliceerd staat op [overheid.nl](#) is verlopen, de regeling bestaat echter in de provinciale wetgeving.

³ Adecs Airinfra Consultants. Toelichting Stopprotocol, wb251021not/cC/rV - 2.0, 27 oktober 2025.

⁴ Adecs Airinfra Consultants. Stopprotocol, wb251025not/cC/kd - 2.0, 27 oktober 2025.

2 Uitgangspunten

2.1 Wettelijk kader

Voor helihaven Vonk te Winssen is d.d. 23-03-2011 een luchthavenregeling vastgesteld². De regeling is vastgesteld door de Provinciale Staten van Gelderland en gepubliceerd in het provinciaal traktatenblad van 22 maart 2011. De Luchthavenregeling Vonk te Winssen is de huidige vergunde situatie en als uitgangspunt genomen voor deze rapportage. Daarnaast is ICAO Annex 14 Vol II (Heliports)⁵ van toepassing voor de inrichting van de helihaven en het bepalen van de obstakelvrije vlakken.

2.2 Ligging en dimensies van het Windpark Beuningen

Het geplande Windpark Beuningen bestaat uit 5 windturbines. Uit eerdere onderzoeken van Adecs is gebleken dat alleen de 3 meest westelijke windturbines zogturbulentie kunnen opwekken die het naderingspad van de helihaven kruist. Het betreft hier de windturbines 1, 2 en 3. De locaties van de windturbines en de maximaal vergunde dimensies (ashoogte, rotordiameter, tiphoogte), zijn weergegeven in tabel 1 en figuur 1.

Tabel 1 Locaties (rijksdriehoekcoördinaten – RD) en maximaal vergunde dimensies windturbines Windpark Beuningen. De hoogten zijn ten opzichte van het maaiveld.

Turbine nr.	RD X	RD Y	Ashoogte (m)	Rotordiameter (m)	Tiphoogte (m)
1	175.324	430.942	170	180	245
2	175.797	430.681	170	180	245
3	177.247	429.618	170	180	245
4	178.146	429.318	170	180	245
5	179.060	429.016	170	180	245



Figuur 1 Locatie helihaven Vonk en geplande windturbines.

⁵ International Civil Aviation Organization (ICAO), Annex 14 Volume II: Heliports, Fifth Edition, 2020.

2.3 Ligging helihaven

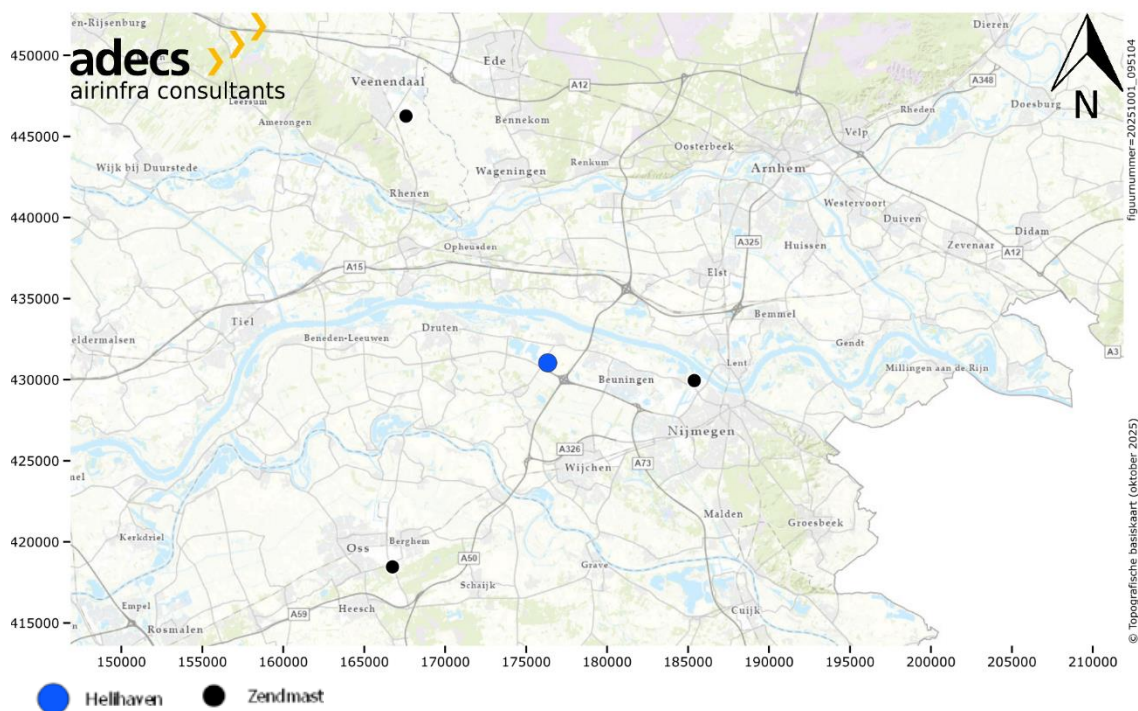
De helihaven Vonk te Winssen bevindt zich op Rijksdriehoek coördinaten RD X = 176.391 en RD Y = 431.102, is niet verhoogd aangelegd en heeft een grootte van 24 bij 24 meter inclusief het veiligheidsgebied, zie figuur 1.

2.4 Korte beschrijving passief radarsysteem en toepassing nabij Windpark Beuningen

Een passief radarsysteem gebruikt radiobronnen uit de omgeving om bewegende objecten te detecteren. Door het constante achtergrondsignaal te vergelijken met afwijkingen veroorzaakt door passerend verkeer in de opgevangen straling wordt verkeer zichtbaar. Dit in tegenstelling tot een actief radarsysteem dat zelf een radiosignaal uitzendt. Wanneer het uitgezonden signaal weerkaatst wordt door een object, kan het weer worden opgevangen door de radar en wordt een object (verkeer) zichtbaar. Het gebruik van passieve radar kent enkele technische voordelen ten opzichte van het gebruik van actieve radar. Zo hoeft er geen zendlicentie aangevraagd te worden omdat het radarsysteem zelf geen radiosignaal uitzendt. Ook veroorzaakt een passief radarsysteem dus geen extra achtergrondstraling in de omgeving. Zie Bijlage A voor een nadere beschrijving van een passief radarsysteem.

De werking van passieve radar is afhankelijk van de hoeveelheid achtergrondstraling die in een gebied aanwezig is, in de directe nabijheid van Beuningen zijn al 3 DVB-T2 zendmasten aanwezig. De zendmasten zijn ieder voorzien van 8 antennes. DVB-T2 is het signaal dat gebruikt wordt voor digitale televisie, het bevindt zich in het Ultra High Frequency (UHF) spectrum. Dit maakt het zeer geschikt voor radardetectie doeleinden. Signaalverlies is geen belangrijke factor bij de korte afstanden die hier worden gebruikt (1-100 kilometer). Er is weinig tot geen afbuiging van het signaal en de relatief korte golflengte van het signaal draagt bij aan de succesvolle detectie van relatief kleine objecten. De UHF-frequentieband is een drukke bandbreedte met veel alternatieve opties voor het selecteren van achtergrondstraling.⁶ Om de goede beschikbaarheid van dit type signaal te benadrukken is in een straal van 20 kilometer rondom het geplande windpark gezocht naar bronnen. Er zijn 24 sterke radiobronnen aanwezig verdeeld over 3 locaties⁴. Iedere locatie bestaat uit 8 radiobronnen. Deze locaties liggen nabij Nijmegen, Oss en Veenendaal, zie figuur 2.

⁶ Zie [wetten.nl - Regeling - Nationaal Frequentieplan 2014 - BWBR0035791](https://wetten.nl/Regeling-Nationaal-Frequentieplan-2014-BWBR0035791)



Figuur 2 Locatie helihaven en 3 nabijgelegen zendmastlocaties binnen een straal van 20 kilometer.

2.5 Protocollen passief radarsysteem

Wanneer er een object door het passieve radarsysteem gedetecteerd wordt, wordt dit signaal door de software van het systeem verwerkt. Het referentiesignaal wordt vergeleken met de gedetecteerde verstoring, iedere verstoring heeft een specifieke signatuur. Het systeem kan geprogrammeerd worden om alleen relevante signaturen te gebruiken om een actie te initiëren. De relevantie wordt bepaald door de signatuur van de dopplershift, deze is anders voor helikopters dan voor andere luchtvaartuigen. Verder bepaalt het systeem de richting en de hoogte van de helikopter. Dit gebeurt aan de hand van de radar cross-sectie (RCS) van het object en de dopplershift (verandering in frequentie in een waargenomen signaal wanneer een object beweegt t.o.v. een ontvanger) in het door het object afgekaatste signaal. De RCS die waargenomen wordt door een systeem hangt af van een aantal eigenschappen van het object. Ter indicatie van de mogelijkheden is de minimale waarde opgegeven door de firma Parasol opgezocht, deze detecteert alle bewegende objecten met een minimale RCS van 1 m².⁷ De RCS wordt kort toegelicht in Bijlage A, 'Detectie van objecten door een passief radarsysteem'.

Radiogolven kunnen gericht worden verzonden in een bepaalde richting of omnidirectioneel verzonden worden. Er zullen niet alleen door de lucht maar ook radiogolven over de grond of vlak boven de grond verspreid worden. Zodra een rotor begint te draaien, zal deze een verstoring in de radiogolven opleveren waardoor de helikopter als zodanig zichtbaar wordt voor het systeem. Het bepalen van de vliegrichting is echter pas mogelijk als de helikopter in beweging komt. Voor de activatie van het stopprotocol is alleen zichtbaarheid van de rotor voldoende. Proof of work is in ieder geval door één leverancier al geleverd. De mogelijkheid om een stationaire helikopter met een draaiende rotor te detecteren, is vastgesteld door de Deutsche Flugsicherung GMBH (DFS) tijdens de certificering van het systeem zoals dat geleverd wordt door de firma Parasol.⁸

⁷ Zie Parasol manual 1.2 PARASOL Functionality & Performance rev1.1

⁸ DFS_Parasol_Anerkennung Stufe II_BWP RK 21 WEA_2018-05-16_EN

2.6 Vliegverkeer en procedures

Om in het hoofdstuk analyse vast te stellen of er voldoende tijd is om de windturbine tot een standstil te brengen, dient er vastgesteld te worden met welke snelheden helikopters vliegen en welke procedures er gevolgd worden.

2.6.1 Gebruik helihaven

De volgens de Luchthavenregeling toegestane luchtvaartuigen die gebruik mogen maken van de helihaven bestaan uit de Robinson R44, Schweizer 300c of een gelijkwaardig type met een bronvermogen dat gelijk of minder is dan voorgenoemde helikopters, zie tabel 2.

Tabel 2 Toegestane luchtvaartuigen helihaven Vonk.

Helikoptertype	Bronvermogen
Robinson R44	245pk/193kW
Schweizer 300c	190pk/140kW
Vergelijkbare typen	≤245pk/193kW

Volgens de regeling is vastgesteld dat de helihaven maximaal 6 bewegingen per week mag accommoderen. Het theoretische maximum ligt dus op 312 bewegingen per jaar. Echter, het gebruik of doen gebruiken van de helihaven is alleen toegestaan onder Visual Meteorological Conditions (VMC). In de Nederlandse Aeronautical Information Publication⁹ staan de diverse luchtruimclassificaties beschreven, deze lopen van A tot en met G en kennen elk hun eigen gebruikslimitaties. Zoals blijkt uit de Nederlandse vliegkaart bevindt de helihaven zich in luchtruim categorie G.¹⁰ Daarmee is het gebruik van de helihaven alleen toegestaan wanneer het zicht minimaal 1,5 kilometer bedraagt en er geen bewolking onder de 500 voet aanwezig is.¹¹ Door het bestaan van een aantal niet vliegbare weken op basis van de meteorologische omstandigheden zal het praktische gebruik dan ook onder het theoretische maximum liggen.

2.6.2 Procedures vliegverkeer

De aan- en uitvliegroute richting de helihaven kent een zuidoostelijke route en een noordwestelijke route. Beide routes bieden de mogelijkheid om via obstakelvrije vlakken naar de helihaven toe te vliegen en weer te vertrekken. Het naderen van de helihaven kan gebeuren vanuit iedere richting en zal logischerwijs tussen 2000 voet en 500 voet plaatsvinden. Onder de 500 voet mag niet gevlogen worden en heel veel hoger dan 2.000 voet is niet wenselijk vanuit de optiek van de vlieger die zich voorbereidt op de nadering naar een landingsplaats¹².

Het gebruik van de helihaven splitst zich voor de passieve radar uit in 2 soorten gebruik. Een helikopter die geland is, kan zich enige tijd op de grond bevinden met draaiende motor en ingeschakelde rotor in afwachting van het in- en uitstappen van passagiers of laden of ontladen van goederen. Gedurende deze periode zal de helikopter zichtbaar zijn voor de passieve radar.

Wanneer de helikopter voor langere tijd op de grond staat, zal de motor uitgeschakeld worden en na rotorstilstand niet meer zichtbaar zijn voor het passieve radarsysteem. Wanneer de helikopter weer opgestart wordt, zal deze direct weer zichtbaar zijn, zie Bijlage A voor de nadere beschrijving van een passief radarsysteem.

⁹ Zie [AIS publications](#) , (EAIP, Enroute h1.2 visual flight rules 1 VFR criteria)

¹⁰ Aeronautical Chart ICAO 1:500.000, the Netherlands

¹¹ Regulation EU 2016/1185 SERA.5001 VMC visibility and distance from cloud minima

¹² Regulation EU 2016/1185 SERA.5005 visual flight rules (f)(2), zie [SERA5005 Visual flight rules](#).

2.6.3 Typen helikopter & vlieg- en opstartprocedure tijd

Op basis van de toegestane helikoptertypen wordt ten behoeve van de analyse voor de tijd tussen detectie van de helikopter en het passeren van het turbulente gebied achter de windturbine steeds gekozen voor de meest negatieve contributie van een type. De Robinson R44 is door het grotere motorvermogen het toestel met de grootste klimsnelheid en de hoogste kruissnelheid. Dit model zal worden gebruikt als basis voor analyse met betrekking tot horizontale vluchten. De Robinson R44 is representatief voor de bovenkant van zijn segment qua snelheden. Wat betreft procedures voor het opstarten, geldt dat de overige toestellen die conform de Luchthavenregeling Vonk te Winssen gebruik mogen maken van de helihaven een vergelijkbare tijd nodig hebben om alle procedures voor vertrek te doorlopen. Dit is terug te herleiden op de vergelijkbaarheid van de procedures die gevolgd moeten worden met betrekking tot het controleren van de systemen aan boord en het uitvoeren van de benodigde controles.¹³

De Schweizer 300c heeft daarbij een kleinere rotordiameter dan de Robinson R44, maar deze is nog altijd van ruim voldoende formaat om door de passieve radar opgemerkt te worden, zoals blijkt uit bijgevoegde analyse van een passief radarsysteem, zie Bijlage A. De Schweizer heeft een lagere kruissnelheid en een lagere maximale klimsnelheid. Zie tabel 3 voor een aantal van de bovengenoemde helikopter karakteristieken.

Tabel 3 Overzicht van helikoptertypes en basisspecificaties.

Type	Rotordiameter	Rotor oppervlak	Bronvermogen
Robinson R44	10,1 meter	78,54 m ²	245pk/193kW
Schweizer 300c	8,18 meter	52,54 m ²	190pk/140kW

¹³ Schweizer Pilot Flight Manual Schweizer S300C, Pilot Operating Handbook Robinson R44

3 Analyse

3.1 Aanpak

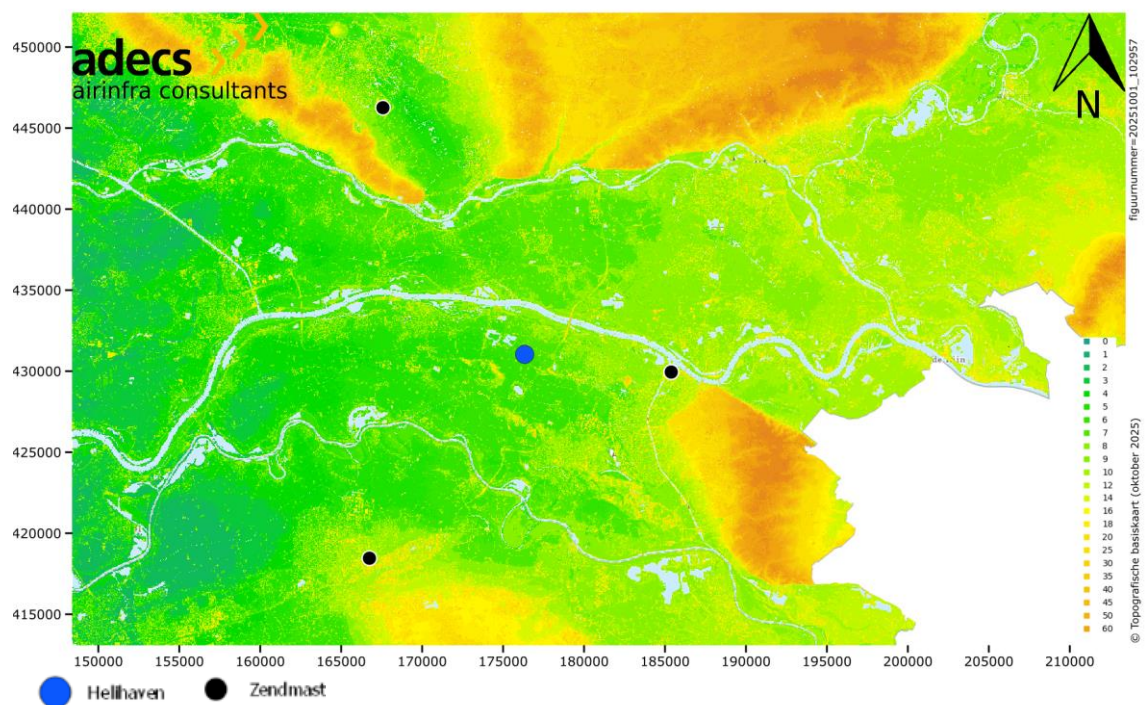
Om tot een analyse te komen van de tijd benodigd om een windturbine naar idle te brengen en een helikopter te laten passeren zijn de hierna volgende zaken geanalyseerd.

3.1.1 Radiogolven

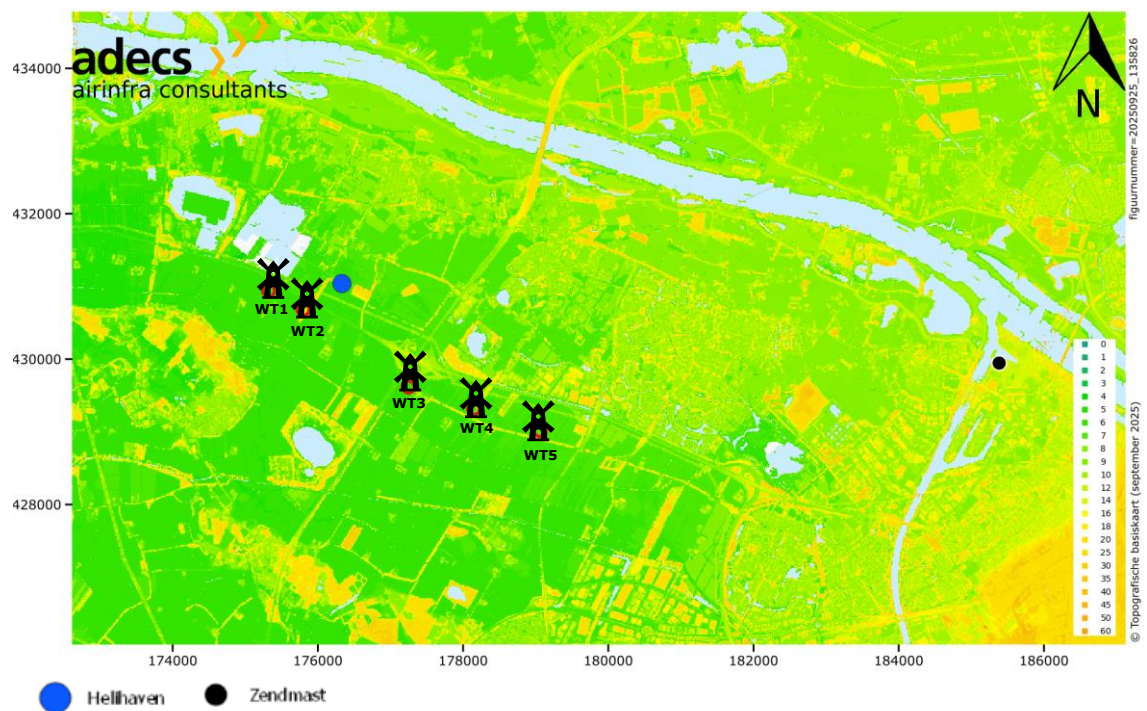
Een voorwaarde voor de detectie van objecten door passieve radar is dat een radiogolf verstoord wordt in het vrije pad dat deze aflegt door de atmosfeer. Wanneer grote objecten (uitgestrekte flatgebouwen, bergen) in de lijn tussen zender en ontvanger staan, kan het zijn dat er blinde vlekken ontstaan. Het risico van optreden van deze blinde vlekken geldt vooral laag bij de grond, hoe hoger je komt, hoe meer verspreide achtergrondstraling er beschikbaar is. Uit analyse blijkt dat er in de omgeving van helihaven Vonk te Winssen geen belemmeringen gevonden zijn voor de goede werking van het systeem. Daarbovenop kan passieve radar meerdere radiobronnen ingeleerd krijgen, zodat het systeem de best beschikbare bron kan kiezen om de omgeving mee te scannen. In de nabijheid van de helihaven zijn al meerdere geschikte bronnen, echter kan theoretisch een gebied tot 80 kilometer ver gebruikt worden om beschikbare radiobronnen te vinden. Zie figuren 3 en 4 voor de locaties van de helihaven, de meest nabij gelegen zendmasten en het windpark die zijn weergegeven op een hoogtekaart.¹⁴ De beschikbaarheid van meerdere bronnen geeft meerdere configuratiemogelijkheden, de plaatsing van de antennes van een systeem is zo niet gebonden aan 1 locatie.

Het detectiesysteem kijkt in een boog van 180 graden. Het systeem maakt gebruik van minimaal drie antennes die het achtergrondsignaal kunnen opvangen. Deze antennes dienen zo gepositioneerd te worden dat er binnen een hoek van 180 graden vanuit de ontvanger een zendbron zichtbaar moet zijn met daartussen gelegen de helihaven. Daarnaast moet een cirkel ontstaan rondom de helihaven zodat naderend verkeer ook zichtbaar is vanuit alle windrichtingen. Hiervoor is de logische plaatsing van de drie antennes, aan de rand van een denkbeeldige cirkel rondom de 5 windturbines met een radius van minimaal 11 kilometer rondom de helihaven. De antennes moeten minimaal 100 meter van elkaar verwijderd zijn om voldoende in staat te zijn om de beweging van een luchtvaartuig te trianguleren. In een alternatieve setup kan er ook met meer ontvangers gewerkt worden, de ontvangers kunnen dan aan de windturbines zelf geplaatst worden. Zo kan het systeem in een gebied van 360 graden kijken en zelfs het zoekgebied vergroot worden indien dat gewenst zou zijn.

¹⁴ De hoogtekaarten zijn afkomstig uit het Actueel Hoogtebestand Nederland: [AHN Viewer](#) | [AHN](#).



Figuur 3 Kaart van het grotere gebied rond Beuningen met daarin hoogtes, de 3 meest nabij gelegen zendmasten en de helihaven.



Figuur 4 Detailopname van het gebied rond de helihaven, voorzien van hoogtes, de voorgenomen locatie van de windturbines en de meest nabij gelegen zendmast.

3.1.2 Detectie

Het passieve radarsysteem kent een verwerkingstijd van ongeveer 400-800 milliseconden.¹⁵ De zoekparameter naar luchtvaartuigen kan vooraf ingesteld worden naar gelang de behoefte, zo kan het systeem diverse signatures herkennen aan de specifieke verstoring in het profiel van radiogolven. In een standaardconfiguratie is een radius van 12 kilometer zeer goed realiseerbaar.¹⁶

Tabel 4 Overzicht van kruissnelheden in vlucht en de tijd die nodig is om alle procedures voor vertrek te doorlopen per helikopter.

Helikopter	Kruissnelheid TAS (knopen)	Target opstarttijd
Schweizer 300c	88 ¹⁷	4:30 ¹³
Robinson R44	110 ¹⁷	4:30 ¹⁹

Het systeem voorziet in 2 detectiecategorieën, gronddetectie in het geval van starten en vertrekken van de helikopter en luchtdetectie tijdens het arriveren van de helikopter. In het geval van gronddetectie is vastgesteld¹⁸ dat het systeem een helikopter kan detecteren zodra de rotorbladen in beweging komen. Het draaien van de rotorbladen veroorzaakt een verstoring in de frequentie van het radiosignaal (dopplershift) dat de passieve radar monitort, de gemeten verstoring heeft een constant patroon doordat de helikopter zelf op dezelfde plek blijft staan. Eventuele verstoringen, veroorzaakt door bijvoorbeeld wegverkeer in de omgeving, kunnen softwarematig uitgefilterd worden omdat deze een hele andere signatuur hebben.

Na het starten van de motor van een helikopter dient deze warm te draaien en er dienen een aantal checks uitgevoerd te worden om te bepalen of alle systemen naar behoren werken. Ook in het geval de motor nog warm is, is er in de praktijk tijd nodig om te verifiëren of alle motor-parameters stabiliseren. Daarnaast zijn er controles die in de cockpit door de vlieger moeten worden uitgevoerd om zeker te zijn dat het toestel klaar is voor vertrek, de zorgvuldige uitvoer van deze procedures kost tijd. De tijd tussen het opstarten van de rotor en het eigenlijke vertrek is vastgesteld op 4:30 minuten^{13,19}.

De tijd benodigd voor het gecontroleerd naar idle brengen van een windturbine is vastgesteld op 1 minuut.²⁰ In idle onttrekt de windturbine geen energie meer aan de wind waardoor geen hinder veroorzakende zogturbulentie meer opgewekt wordt. Uit waarnemingen in de sector blijkt dat het afremmen tot idle in de praktijk in minder dan 1 minuut plaatsvindt gebruikmakend van een methode die niet leidt tot onaantvaardbare belasting van de windturbine ("gentle stop"). Door toch met 1 minuut te rekenen wordt de veilige kant gekozen.

Bij detectie van naderend verkeer in vlucht kijkt het passieve radarsysteem typisch naar een gebied tussen grond en 4.000 meter hoogte met een radius van maximaal 12 kilometer¹⁶. Uitgaande van de kruissnelheid van de Robinson R44, deze is relatief hoog voor de groep van helikopters met zuigermotoren, en de aangehouden tijd voor het gecontroleerd tot stilstand brengen van de windturbine is een detectierange te

¹⁵ Opgaaf Parasol tijdens een interview d.d. 1 oktober 2025.

¹⁶ Zie o.a. documentatie op [The True Solution for Dark Nights - Parasol GmbH & Co. KG](#).

¹⁷ De kruissnelheid TAS is een berekende waarde op basis van het performance hoofdstuk uit het POH, gecorrigeerd volgens ISA voor een doelhoogte van 1500 voet AMSL.

¹⁸ Certificering is uitgevoerd door de Deutsche Flugsicherung (DFS) als onderdeel van een goedkeuringstraject voor een ADLS systeem nabij een militair laagvlieggebied. [On-demand lighting on wind turbines: PARASOL receives accreditation from German Air Traffic Control \(DFS\) - Fraunhofer FHR](#)

¹⁹ Pilot Operating Handbook Robinson R44, ch. 4 Normal Operating Procedures

²⁰ Opgave door praktijk waarnemingen vanuit Eneco operators.

bepalen. Voor de snelheid wordt uitgegaan van een relatief hoge kruissnelheid (vaak zal met lagere snelheid gevlogen worden vanwege het gunstiger brandstofverbruik) van 110 knopen true airspeed (TAS) en wordt er gerekend met een rugwind van 10 knopen.

In het scenario voor de nadering wordt een zogeheten downwind procedure gevlogen. Hierbij positioneert de vlieger zich met rugwind parallel aan het landingspunt waarna een bocht gemaakt wordt zodat het toestel tegen de wind in vliegt en vanaf een vooraf bepaalde hoogte naar het landingspunt gevlogen wordt. Hierbij wordt relatief veel tijd gebruikt voor de eindnadering, omdat tijdens het zakken naar het landingspunt de snelheid terugloopt richting bijna 0 op het moment van landen. Voor de standaardberekeningen is van de volgende parameters uitgegaan:

- › De helikopter nadert op 1.500 feet met een grondsnelheid van 120kts. (110 TAS, 10 kts rugwind)
- › Daalvluchten richting de eindnadering worden ingezet met gelijke grondsnelheid en daalsnelheid van 500 feet per minute (fpm). In de praktijk neemt de grondsnelheid af door atmosferische effecten, hier wordt niet voor gecorrigeerd.
- › De eindnadering wordt ingezet op 300 feet waarbij de snelheid geleidelijk terugloopt van 70kts naar 10 kts voor de landing.

3.2 Vervliegen zogturbulentie

Het is algemeen bekend dat in het pad achter een windturbine door het draaien van de bladen een gebied ontstaat van turbulente lucht. Deze zogturbulentie verplaatst zich van de windturbines af met een iets lagere snelheid dan de heersende windsnelheid. Dit wordt veroorzaakt doordat de windturbine een deel van de windenergie gebruikt om in beweging te komen. Daarbij wordt aangenomen dat, zodra de windturbine idled, het turbulente volume lucht zich weer met de heersende windsnelheid verplaatst in het verlengde van de draairichting van de windturbine. Dit komt doordat er geen energie meer door de windturbine aan de luchtmassa onttrokken wordt.

3.2.1 Dissipatie-effecten

Daarnaast vindt dissipatie plaats van het turbulente volume lucht, gedurende de dag warmt het aardoppervlak op door instraling van zonne-energie, dit veroorzaakt een opwarming en stijging van lucht vanaf vlak boven het aardoppervlak. Dit staat bekend als dagelijkse gang en veroorzaakt onstabiele in het onderste deel van de atmosfeer. Deze onstabiele veroorzaakt vermenging van luchtlagen wat natuurlijke turbulentie veroorzaakt, deze turbulentie zal helpen om de door de windturbine veroorzaakte zogturbulentie verder af te laten nemen. De afname van de windsnelheid achter de turbine is een maat voor de hoeveelheid turbulentie, door het afnemen van de aanjager van de turbulentie en door de dissipatie-effecten bouwt de turbulentie af na het stoppen van de windturbine. Daardoor zal de relatieve afname van het snelheidsverschil in de wind beginnen te verminderen, de ervaren turbulentie zal dus afnemen.

Behalve dat het turbulente gebied verwaaid nadat de windturbine tot stilstand is gekomen spelen er nog een aantal effecten. In de sterk vereenvoudigde analyse hier gebruikt voor het verdwijnen van de zogturbulentie wordt niet gecorrigeerd voor deze extra effecten. Daarmee wordt bewust de veilige kant gekozen in de analyse. Wanneer wel gecorrigeerd wordt voor deze effecten zal de tijd die nodig is om de turbulentie te laten oplossen lager uitvallen.

3.2.2 Analyse tijd en afstand zogturbulentie

Onder de juiste voorwaarden (windrichting en snelheid) verplaatst de zogturbulentie zich in het verlengde van de windturbine in de richting van het naderingspad. Een naderende of vertrekkende helikopter zal pas

mogelijke hinder ondervinden wanneer deze het pad kruist van de zogturbulentie. Om vast te stellen of er een risico bestaat op het ondervinden van hinder moet uitgerekend worden hoeveel tijd er zit tussen detectie van de helikopter, het naar idle brengen van de windturbine en het verwaaien van de zogturbulentie in vergelijking met het moment dat de helikopter dit gebied zal passeren. Wanneer de afname van de wind (deficit) groter is dan 1,8 m/s seconde ontstaat er mogelijk hinderlijke turbulentie voor een vlieger tijdens de nadering op de helihaven. Als veiligheidsmarge wordt er echter als ondergrens een deficit van 1,6 m/s aangehouden. De nadere uitleg over het zog en de veiligheidsmarges is te vinden in bijlage B.

Tabel 5 geeft de waardes weer voor het rode scenario (>1,8 m/s deficit), het scenario waarbij het deficit geacht wordt storende turbulentie op te kunnen wekken.

Tabel 5 Zogturbulentie dissipatietijden rode scenario.

WT	Afstand windturbine tot naderingspad in meter	Minimale wind waarbij een 1,8 m/s deficit optreedt	Dissipatie in seconden
WT1	780	-	-
WT2	650	7,5 m/s	87
WT3	730	-	-

Tabel 6 geeft de waardes weer voor het oranje scenario (1,6 – 1,8 m/s) waarbij het veilige scenario aangehouden wordt om mogelijke turbulentie die verstorend kan zijn voor de helikopter uit te sluiten.

Tabel 6 Zogturbulentie dissipatietijden oranje scenario.

WT	Afstand windturbine tot naderingspad in meter	Minimale wind waarbij een 1,6 m/s deficit optreedt	Dissipatie in seconden
WT1	780	7,5 m/s	104
WT2	650	6,5 m/s	100
WT3	730	8,5 m/s	86

3.2.3 Analyse benodigde tijd voor veilig gebruik helihaven

Vertrek

Op basis van de tabel 5 en tabel 6 wordt de tijd vastgesteld die nodig is tussen detectie van de helikopter en het naar idle brengen van de windturbine om de vliegveiligheid tijdens de nadering van de helihaven te waarborgen. De benodigde tijd voor vertrekkend verkeer bestaat uit de volgende onderdelen in willekeurige volgorde:

- › het pad van de zogturbulentie wordt gekruist vlak na vertrek;
- › helikopter opstartprocedure tijd;
- › vliegtijd van take-off naar de locatie van mogelijke zogturbulentie;
- › radardetectietijd;
- › windturbine idle tijd;
- › zogdissipatietijd.

Tabel 7 geeft een overzicht van de tijden en afstanden die nodig zijn om te bepalen hoeveel tijd er over is tussen detectie en het vastgestelde moment van passeren van het pad van de zogturbulentie achter de windturbine.

Tabel 7 Zogdissipatie versus passeertijden vertrek.

WT	Afstand helihaven tot kruising zog	Dissipatie zog in seconden	Tijd tot idle in seconden	Tijd in seconden van detectie tot passeren kruising 70kts	Tijd over in seconden
WT1	650 m	104	60	288	124
WT2	102 m	100	60	274	114
WT3	890 m	86	60	294	148

Er is hier geen correctie voor wind gedaan, helikopters vertrekken zoveel mogelijk tegen de wind in, dus de gevlogen grondsnelheid zal in de praktijk lager liggen, dit maakt dat er meer tijd nodig zal zijn om het kruispunt met de zogturbulentie te bereiken.

Aankomst

De benodigde tijd voor aankomend verkeer bestaat uit de volgende onderdelen in willekeurige volgorde:

- › radardetectietijd;
- › windturbine idle tijd;
- › zogdissipatietijd;
- › vliegtijd tussen het moment van detectie van de helikopter en het kruisen van het mogelijk zog van de windturbine.

Tabel 8 Zogdissipatie bij aankomst.

WTG	Afstand tot helihaven bij passeren zog	Detectie Vliegtijd van 11 km -> 300voet	300 voet tot kruising zog in sec	WT naar idle	Dissipatie zog in seconden	Tijd over in seconden
WT1	650 m	209	50	60	104	95
WT2	102 m	209	92	60	100	141
WT3	890 m	209	48	60	56	111

Detectie vindt plaats op 11 kilometer vanaf de helihaven in een cirkel eromheen. Voor de berekening van de vliegtijd van het moment van detectie is 120 kts aangehouden, waarbij het toestel op 11 kilometer van de helihaven gedetecteerd wordt om vervolgens voorbij de helihaven te vliegen met rugwind en een dalende bocht in te zetten voor de eindnadering naar de helihaven vanaf 300 voet met een lineair teruglopende snelheid van 70 kts naar 10 kts. Ook hier geldt dat helikopters tegen de wind in naderen, dus de gevlogen snelheid zal in de praktijk lager liggen, resulterend in meer tijd om de zogturbulentie te laten verwaaien.

3.3 Inzetbaarheid

De betrouwbaarheid en de praktische inzet van het passieve radarsysteem bepalen in grote mate het succes van het beheersen van het risico op ongewenste interactie met zogturbulentie. Om een inschatting te maken van de betrouwbaarheid is het belangrijk om te kijken naar onderhoudsintervallen, slijtageden en waar mogelijk een 'proof of work'. Hierbij speelt een grote rol dat dit soort systemen onafhankelijk van de operatie van een windmolenpark onderhouden kan worden, dit vermijdt de noodzaak van complexe planning.

3.3.1 Betrouwbaarheid

Een passieve radar werkt met antennes welke typisch eens per jaar een controle ondergaan. Het gebrek aan roterende delen maakt het systeem erg betrouwbaar. De verwachte levensduur van dit soort systemen is 20 - 25 jaar volgens opgaaf van fabrikanten. Daarmee is de lifecycle vergelijkbaar met die van een windturbine. Uit een eerste analyse van het gebruik van een vergelijkbaar systeem in noord-Duitsland blijkt dat het systeem voor meer dan 99% van de tijd werkzaam is. De software updates die noodzakelijk zijn voor de goede werking van het systeem kunnen buiten de kritische bedrijfstijd ingepland worden zodat onnodig uitschakelen van het systeem vermeden kan worden.

3.3.2 Redundancy

De inzet van de passieve radar zal met behulp van een stopprotocol gekoppeld worden aan de beheerssystemen van de windturbines. Alleen op de momenten dat de wind uit de richting waait, met een voldoende snelheid, die maakt dat het pad van de zogturbulentie achter de windturbine de aanvliegroute van de helihaven kruist dient de windturbine naar idle gebracht te worden. Met een te verwachten uptime van 99% tegen een langjarig gemiddelde van 4,2 gebruiksdagen per kalenderjaar²¹ van de helihaven is de kans van systeemfalen dat samenvalt met het gebruik van het stopprotocol extreem klein.

Onderdeel van het document '*Toelichting Stopprotocol*'²² is een tabel waaruit blijkt wanneer het stopprotocol in werking dient te treden. De status van een passief radarsysteem is uit te lezen in realtime voor een operator. De operator van het windturbinepark zal in geval van een faalmelding van het passieve radarsysteem op basis van de tabel alsnog kunnen ingrijpen door de windturbine via een commando stil te zetten indien de omstandigheden daarom vragen. Daarmee is het systeem voldoende voorzien van een procedure om de beschikbaarheid in geval van falen te garanderen.

²¹ Gebaseerd op een totaal van 100 vliegbeweging (circa 50 vluchten) in 12 jaar over de periode 2011-2022, volgens opgave logboek helihaven Vonk te Winssen.

²² Adecs Airinfra Consultants. Toelichting Stopprotocol, wb251021not/cC/rV – 2.0, 27 oktober 2025.

4 Conclusie

Passieve radar is een onafhankelijk werkend systeem waarmee luchtvaartuigen in real time gevolgd kunnen worden, zonder tussenkomst van een transpondersignaal, binnen een vastgesteld gebied. Daarmee is de vlieger geen factor van belang meer in de detectie van het luchtvaartuig. Grote voordelen van een passief radarsysteem zijn vooral de eenvoudige werking ervan met weinig slijtagedelen en de mogelijkheid om door de signatuur van de gedetecteerde verstoring in radiosignalen te herkennen om wat voor luchtvaartuig het gaat. De eenvoudige installatie en het huidige gebruik bij Duitse windparken, waar een betrouwbaarheid van meer dan 99% gerealiseerd wordt, maken passieve radarsystemen tot de geschikte keuze voor detectie. Daarmee is er inmiddels door een fabrikant proof of work geleverd in een vergelijkbare gebruikscasus. Door de zeer snelle verwerking van signalen is het systeem zeer goed te gebruiken voor het aanleveren van een stopsignaal voor een windturbine.

Op basis van de analyse van het concept passieve radar, de karakteristieken van het toegestane helikopterverkeer en de omgevingsfactoren wordt het volgende geconcludeerd. De installatie van een systeem dat gebruik maakt van passieve radar om een stopprotocol in werking te laten treden, om geautomatiseerd een helikopter te herkennen en een windturbine naar idle te brengen, kan succesvol geïnstalleerd worden. Daarmee kan het gebruikt worden voor het Windpark Beuningen ter borging van de vliegveiligheid, binnen het toegestane gebruik van helihaven Vonk te Winssen zoals beschreven in de regeling². Samenvattend:

- › Het gebruik van een passief radarsysteem wordt al succesvol in de praktijk toegepast. Het systeem zoals dat van de firma Parasol is daar een voorbeeld van.
- › Er is een ruim voldoende aanbod van geschikte radiobronnen in de directe omgeving. Binnen een straal van 20km bevinden zich in ieder geval al 24 DVB-T2 radiobronnen.
- › Na analyse van operationele procedures van de toegestane helikopter types en de tijd die nodig is voor radardetectie wordt de conclusie getrokken dat er voldoende tijd is om de windturbines naar idle te brengen en de mogelijk aanwezige zogturbulentie in het naderingsgebied te laten dissiperen.
- › Met de invoering van het stopprotocol (en de toelichting daarop in het document 'toelichting Stopprotocol'), blijkt uit dit document en het onderzoek 'veiligheidsanalyse Windpark Beuningen i.r.t. helihaven Vonk' dat de eventueel aanwezige risico's resulterend uit de plaatsing van de windturbines in de nabijheid van de helihaven Vonk voldoende gemitigeerd kunnen worden. Daarmee zijn er uit het oogpunt van vliegveiligheid geen bezwaren tegen de plaatsing van de windturbines.

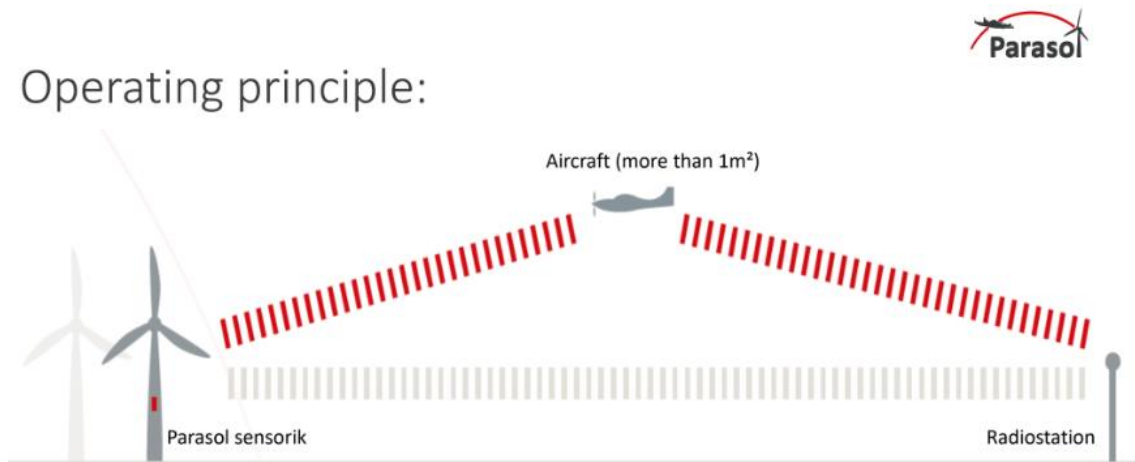
Bijlage A Technische beschrijving en werking passief radarsysteem

A.1 Actieve en passieve radarsystemen

Actieve radarsystemen werken op basis van het uitzenden van radiogolven die vervolgens worden teruggekaatst door objecten. Aan de hand van de uitgezonden radiogolven en de teruggekaatste radiogolven kan de locatie van een object bepaald worden. In tegenstelling tot een actief systeem zendt een passief radarsysteem niet zelf radiogolven uit, maar maakt het gebruik van de in de omgeving aanwezige radiogolven. Het passief radarsysteem meet deze achtergrondstraling en zoekt actief naar verstoring in het beeld van de achtergrondstraling. De achtergrondstraling kan bijvoorbeeld veranderen wanneer een nieuw object zich door de gemonitorde omgeving begeeft. Dit object wordt zogenoemd 'verlicht' door de achtergrondstraling en zendt een deel van de ontvangen achtergrondstraling weer uit. Uit de verstoring van de achtergrondstraling die het object veroorzaakt, kan vervolgens informatie gewonnen worden over de locatie, snelheid en het type van het object. Om deze informatie te verkrijgen is het nodig dat de uitgezonden straling van het object op meerdere locaties wordt gemeten. De ontvangen signalen, zowel achtergrond als van het object, worden op basis van een softwaremodel vergeleken en geduid.

A.2 Detectie van objecten door een passief radarsysteem

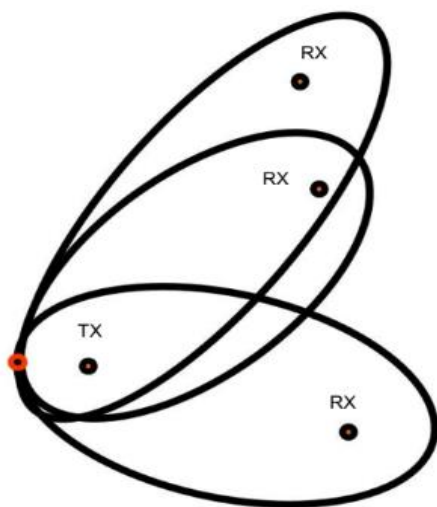
Het Parasol systeem is een zogenoemd passief radarsysteem. Het systeem bestaat uit minimaal 3 ontvangers, de achtergrondbronnen 'de zenders' en een signaal verwerkingsunit. Het gebruikt de achtergrondstraling afkomstig uit in de omgeving aanwezige radiobronnen, zoals TV- en GSM-masten. Het systeem meet de tijd die het duurt voor een radiosignaal van een aanwezige radiobron om de ontvangers te bereiken en vergelijkt deze met de tijd die het duurt om een door het object gereflecteerde signaal te ontvangen, zie figuur 3.



Figuur 3 Schematische werking passief radarsysteem. Het systeem vergelijkt de tijd die een radiosignaal nodig heeft om van de bron naar de sensor (grijs) te reizen met de tijd die een radiosignaal nodig heeft om van de bron naar het object en van het object naar de sensor te reizen. Uit de karakteristieken van het gereflecteerde signaal van het object wordt vervolgens informatie gewonnen over de karakteristieken van het object, zoals positie, snelheid en type.

Om de positie en snelheid van het object te bepalen zijn minstens 3 ontvangers en 1 bron nodig. Iedere ontvanger kan op basis van de ontvangen achtergrondsignalen in combinatie met de door het object gereflecteerde signalen de positie van het object op een ellipsoïde bepalen. Wanneer er minstens 3 ontvangers zijn die de door het object afgebogen signalen ontvangen, en er dus ook 3 ellipsoïde zijn

waarop de positie van het object bepaald is, kan de exacte positie van het object bepaald worden aan de hand van de intersectie van de 3 ellipsoïde, zie Figuur 4.



Figuur 4 Schematische positie bepaling van object aan de hand van intersectie ellipsoïde. In de figuur zijn de ontvangers aangegeven met RX, de bron met TX en de positie van het object met een rode stip. De positie van de rode stip is het snijpunt van de 3 ellipsoïde, waarbij iedere ellipsoïde gegenereerd wordt door een bron, ontvanger en object triplet.

Of het systeem daadwerkelijk een object kan detecteren heeft te maken met de radiodoorsnede (RCS) van het object en de sterkte van de achtergrondstraling. De RCS is afhankelijk van de fysieke karakteristieken van het object, bijvoorbeeld het materiaal, de dimensies en vorm van het object. Daarbij geldt dat hoe harder het materiaal, hoe groter het object en meer beweging er is, des te sterker de waarneming wordt. De sterkte van de achtergrondstraling is afhankelijk van de sterkte van de radiobronnen in de omgeving.

De fabrikant heeft de karakteristieken aangegeven wat betreft de detectiegevoeligheid van het systeem. Wanneer er zich een DVB-T2 (digitale televisie) radiobron binnen een afstand van 80 kilometer van de ontvanger bevindt, kan het systeem een object waarnemen met een RCS van 1m^2 dat zich op een afstand van 12 kilometer of minder van de ontvanger bevindt.

Tabel 8 Karakteristieken voor detectie voor het Parasol systeem.

Minimale vereiste systeem voor detectie	Waarde
RCS	1m^2
Afstand tot transmitter	80km
Maximale afstand van object tot ontvanger	12km

In de omgeving van Windpark Beuningen bevinden zich binnen een straal van 20 kilometer de volgende radiobronnen, zie figuur . In de figuur staan de sterkste radiobronnen weergegeven die gebruikt kunnen worden door het Parasol systeem. De sterkste aanwezige radiobronnen zijn de volgende:

- Nabij Nijmegen op 7 kilometer afstand ten noordwesten van luchthaven Vonk staan op een locatie 8 DAB/ DVB-T2 zenders²³.

²³ [Overzicht van DAB en DVB-T2 zenders in Nederland | Publicatie | Rijksinspectie Digitale Infrastructuur \(RDI\)](#)

- › Nabij Oss op 15 kilometer afstand ten zuidoosten van luchthaven Vonk staan op een locatie 8 DAB/ DVB-T2 zenders.
- › Nabij Veenendaal op 18 kilometer afstand ten noordwesten van luchthaven Vonk staan op een locatie 8 DAB/ DVB-T2 zenders.

Deze zendmasten vallen dus ruim binnen de maximale afstand van 80 kilometer tussen zender en ontvanger voor het Parasol systeem. Daarnaast zijn deze 3 locaties al goed voor 24 radiobronnen. Wanneer er een uit valt, kan er nog gebruik worden gemaakt van de overige. Passieve radarsystemen kunnen gebruik maken van diverse beschikbare bronnen van radiostraling²⁴. De voorkeur wordt gegeven aan digitale signalen vanwege de kracht van de signalen.

²⁴ Griffiths, H.D.; Baker, C.J. (2022). [*An Introduction to Passive Radar, Second Edition*](#). Artech House radar library. Artech House. [ISBN 978-1-63081-841-8](#)

Bijlage B

De kortste afstand tussen een windturbine en het in- en uitvliegp pad is als uitgangspunt genomen. In dit scenario duurt de afname van de zogturbulentie gezien de afstand tot de windturbine en de restwaarde van het deficit het langst. Deze waarde is vermeld in tabel 5 en tabel 6. Uit het document 'toelichting stopprotocol' blijkt dat het risico op verstoring door turbulentie optreedt vanaf een deficit (afname van de windsnelheid door werking van de windturbine) van 1,8 m/s. De berekening hier baseert zich op de laagste windsnelheid waarbij een deficit optreedt van 1,8 m/s, dit resulteert in de langst mogelijke tijd om de turbulentie te laten verwaaien. In tabel 5 en tabel 6 staan de tijden in seconden vermeld die de turbulentie nodig heeft om tot voorbij het kruispunt van de turbulentie en het vliegp pad van de helikopter te waaien. De kortste afstand geeft de krachtigste turbulentie en geeft daarmee het negatiefste scenario.

NOTITIE

Den Haag, 27 oktober 2025

Betreft : Veiligheidsanalyse Windpark Beuningen i.r.t. helihaven Vonk
Ons kenmerk : wb251015not/cC/kd
Versie : 3.0
Opdrachtgever : Windpark Beuningen B.V.
Auteur(s) : C.E. Coutinho
Controle door : R.C. van 't Veld

Adres:

Castellum
Gebouw A | 2e etage
Loire 196
2491 AM | Den Haag

+31 (0)85 00 711 00
info@airinfra.eu
www.airinfra.eu

Inleiding

Nabij Beuningen is de plaatsing van 5 windturbines voorzien. Deze windturbines staan in de nabijheid van de helihaven Vonk te Winssen. Deze helihaven beschikt over een luchthavenregeling welke haar gebruik duidelijk definieert en daarmee ook behoorlijk beperkt. Van de 5 windturbines die voorzien zijn in het park zijn de 3 meest westelijk gelegen windturbines onder bepaalde omstandigheden met hun zog gericht op de naderingsgebieden van de helihaven. Uit onderzoek van Adecs¹ blijkt dat er onder bepaalde voorwaarden zogturbulentie ontstaat die mogelijk kan interfereren met het veilige gebruik van de helihaven. Onder deze omstandigheden zal er een stopprotocol geactiveerd worden om de interactie van een naderende of vertrekkende helikopter van de helihaven Vonk met een eventuele zogturbulentie te voorkomen.

Deze veiligheidsanalyse richt zich nadrukkelijk alleen op naderende en vertrekkende helikopters vanaf of naar de helihaven Vonk. Uit de plaatsing van windturbines ontstaan geen andere veiligheidsrisico's in relatie tot de helihaven die gemitigeerd dienen te worden. De situatie zoals deze beoordeeld wordt, is beschreven in de documenten "*Beoordelingsrapportage vliegveiligheid in relatie tot Windpark Beuningen*"², "*Toelichting Stopprotocol*"³, en "*Stopprotocol*"⁴.

Toelichting stopprotocol Windpark Beuningen

Windturbines veroorzaken een zog aan de benedenwindse zijde waarbinnen turbulenties en snelheidsveranderingen plaatsvinden. Ten aanzien van deze snelheidsveranderingen (speed deficits) is er voor operatie in de nabijheid van gebouwen en testrun faciliteiten onderzoek gedaan naar de maximaal toelaatbare windsnelheden, deze kunnen gebruikt worden als norm voor een veilige operatie. Uit dat onderzoek is een als conservatief omschreven zevenknopencriterium vastgesteld. De maximale speed deficit zou op grond van deze studies niet meer dan 7 knopen = 3,6 meter per seconde mogen zijn (bij meer dan 3,6 meter per seconde worden de verwachte effecten mayor). Dit zevenknopenonderzoek is uitgevoerd voor grote luchtvaart "The difference in wind velocity perpendicular to the aircraft over a short interval may not exceed 7kts"⁵. Bij grotere windsnelheidsveranderingen neemt de werklust voor vliegtuigen onaanvaardbaar toe.

¹ Adecs Airinfra Consultants. Onderzoek turbulentie nabij helihaven Winssen, eneco210903rap/wH/kd - 1.0, 16 september 2021

² Adecs Airinfra Consultants. Beoordelingsrapportage vliegveiligheid in relatie tot Windpark Beuningen, wb251014rap/aJ/cC/kd - 2.0, 27 oktober 2025.

³ Adecs Airinfra Consultants. Toelichting Stopprotocol, wb251021not/cC/rV - 2.0, 27 oktober 2025.

⁴ Adecs Airinfra Consultants. Stopprotocol, wb251025not/cC/kd - 2.0, 27 oktober 2025.

⁵ Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum - Air Transport Safety Institute (NLR-ATSI). Wind turbines near airports, NLR-TR-2016-204, mei 2016.

Kleine luchtvaart is gevoeliger voor turbulentie-effecten. Op grond van de geringere omvang en het lagere gewicht van kleine luchtvaart is door NLR-ATSI in een studie voor luchthaven Teuge dit criterium aangescherpt voor kleine luchtvaart⁵, deze zijn voor het stopprotocol geadopteerd en omgerekend naar meter per seconde. Windsnelheidsverandering en te verwachten effecten:

- › Voor meer dan 3,6 m/s dreigen fatale effecten (hazardous).
- › Van 1,8 tot 3,6 m/s: majeure effecten, ongewenste toename werkbelasting vlieger.
- › Van 1 tot 1,8 m/s: mineure effecten, kleine verstoring die werkbelasting acceptabel zullen verhogen.
- › Minder dan 1 m/s: verwaarloosbare effecten.

Dit verklaart de keuze voor de grens van 1,8 m/s als criterium. Indien de windsnelheidsverandering meer dan 1,8 m/s is, kunnen ongewenste effecten optreden, zoals een verhoogde belasting van de vlieger tijdens een start of landing. Hierbij dient aangetekend te worden dat helikopters minder gevoelig zijn voor turbulenties dan vliegtuigen met vaste vleugels. Door het kleinere vleugeloppervlak van een helikopter (rotorbladen versus een vaste vleugel) is de belasting (druk per eenheid oppervlakte) hoger bij een rotor.

Met de term "idlen" wordt in dit stopprotocol de situatie bedoeld waarbij de bladen van de windturbine in vaanstand worden gezet. Daardoor wordt er geen energie uit de wind onttrokken en ontstaat er geen zogturbulentie, en wordt derhalve geen stroom geproduceerd.

Toelichting eenheid van risico

Een risico wordt bepaald door 2 hoofdcomponenten en deze met elkaar te vermenigvuldigen. De eerste component is de waarschijnlijkheid van het plaatsvinden van het voorval. De terminologie is in het Engels aangehouden in verband met de standaardisatie van de gebruikte methode. De International Civil Aviation Organisation (ICAO) stelt wereldwijd normen voor het uitvoeren van risicoanalyses, deze worden onder andere beschreven in ICAO Doc 9859 Safety Management Manual⁶. Hiervoor worden 5 categorieën aangehouden:

Probability	Meaning	Value
Frequent	Occurs frequently	5
Occasional	Occurs infrequently	4
Remote	Occurs rarely	3
Improbable	No known occurrences	2
Extremely improbable	Almost inconceivable to occur	1

De tweede component is de ernst van de uitkomst van het voorval. Ook hier geldt dat de terminologie het Engels volgt.

Severity	Meaning	Value
Catastrophic	Aircraft destroyed/multiple casualties	A
Hazardous	Large reduction in safety margins, workload exceeds limit of crew capability, might result in serious injury or major damage	B
Major	Significant reduction in safety margins, workload results in reduction of operational abilities, might result in injury or a serious incident	C
Minor	Nuisance the crew, airframe may reach its operating limitations. May result in a minor incident.	D
Negligible	Few consequences/no serious consequences	E

⁶ International Civil Aviation Organization (ICAO), Doc 9859 Safety Management Manual, Fourth Edition, 2018.

Geïdentificeerde bedreigingen voor de veiligheid (hazards)

Als gevolg van het plaatsen van de windturbines nabij de helihaven Vonk zijn er de onderstaande bedreigingen voor de vliegveiligheid geïdentificeerd. Per situatie wordt er een inschatting van de kans dat die situatie zich voordoet (probability) en de ernst van het gevolg (severity) gegeven. In deze veiligheidsanalyse wordt ervanuit gegaan dat het stopprotocol ingevoerd is bij gelijktijdige operatie van de 3 meest westelijk gelegen windturbines en de helihaven.

1. Verminderde obstakelafstand tijdens de nadering met een windturbine door turbulentie – 1D

De windturbines bevinden zich buiten de obstakelvrijevlakken die de aanvliegroute richting de helihaven definiëren. Dit moet gecombineerd worden met de specifieke vergunning voor het gebruik van de helihaven Vonk. Deze mag alleen overdag onder zichtvliegomstandigheden gebruikt worden, daardoor is er altijd zicht op obstakels in de omgeving van de helikopter. Gezien de afstand van de windturbine tot het naderingspad en de beschikbare dissipatietijd door het stopprotocol, is een onacceptabel verhoogde werkdruk voor de vlieger geen significante factor hier.

Probability: extremely improbable

Severity: minor

2. Plotselinge toename van de werkdruk door zogturbulentie als gevolg van de windturbine – 2D

Het optreden van zogturbulentie vindt alleen plaats in een beperkt window van windrichting en snelheid. Wanneer dit window optreedt, treedt er een stopprotocol in werking dat de windturbine naar idle brengt. De tijd tussen detectie van een helikopter, het vertragen naar idle van een windturbine en het dissipiëren van de zogturbulentie maakt de kans op het ondervinden van zogturbulentie extreem klein.

Probability: improbable

Severity: minor

3. Verlies van controle door incorrecte werking van het detectiesysteem – 1E

In de zeer beperkte gevallen dat het detectiesysteem niet werkt is er een scenario waarmee geborgd dat er alsnog vertraging tot idle van de windturbine(s) voorzien wordt. Dit systeem wordt als zeer solide beoordeeld. Naast de dubbeling van procedures, is er door de aard van het gebruik van de helihaven altijd visuele confirmatie mogelijk door de vlieger van de vertraging van het draaien van de rotorbladen van de windturbine. Hiermee is de kans op ongewenste interactie met zogturbulentie door systeemfalen extreem klein.

Probability: extremely improbable

Severity: negligible

		Severity				
		Catastrophic A	Hazardous B	Major C	Minor D	Negligible E
Probability	Frequent 5	5A	5B	5C	5D	5E
	Occasional 4	4A	4B	4C	4D	4E
	Remote 3	3A	3B	3C	3D	3E
	Improbable 2	2A	2B	2C	2D (2)	2E
	Extremely improbable 1	1A	1B	1C	1D (1)	1E (3)

Toelichting tabel

Rode vlakken: Het risico tijdens de vliegoperatie is onacceptabel groot. Eerst moet er actie ondernomen worden om de risico's te verkleinen alvorens de operatie hervat kan worden.

Oranje vlakken: Operatie is mogelijk mits er voldoende mitigerende maatregelen genomen worden om de veiligheid te vergroten. Deze maatregelen dienen vervolgens gemonitord te worden.

Groene vlakken: Operatie is veilig mogelijk, er zijn geen aanvullende mitigaties nodig.

Conclusies

Met het invoeren van het stopprotocol is de kans op het ontstaan van ongewenste interactie tussen zogturbulentie en landende en vertrekkende helikopters voldoende gemitigeerd. Daarmee zijn alle voorziene risico's in het groene deel van de tabel te plaatsen. Uit de plaatsing van windturbines ontstaan geen andere veiligheidsrisico's in relatie tot de helihaven die gemitigeerd dienen te worden.

Er zijn met de invoering van het stopprotocol geen belemmeringen vanuit de optiek van vliegveiligheid voor naderingen of vertrekken van en naar de helihaven Vonk na plaatsing van de windturbines van het Windpark Beuningen.

NOTITIE

Den Haag, 27 oktober 2025

Betreft : Toelichting Stopprotocol
Ons kenmerk : wb251021not/cC/rV
Versie : 2.0
Opdrachtgever : Windpark Beuningen B.V.
Auteur(s) : C.E. Coutinho
Controle door : R.C. van 't Veld

Adres:

Castellum
Gebouw A | 2e etage
Loire 196
2491 AM | Den Haag

+31 (0)85 00 711 00
info@airinfra.eu
www.airinfra.eu

Toelichting op het stopprotocol voor het laten idlen van windturbines op Windpark Beuningen ten behoeve van startende en landende helikoptervluchten op de helikopterstart- en landingsplaats van helihaven Vonk te Winssen.

Beschrijving

Conform het Bestemmingsplan mag het Windpark Beuningen pas in werking worden gesteld wanneer onderhavig stopprotocol actief is. In deze beschrijving van het stopprotocol wordt de toelichting gegeven op de werking van het stopprotocol. De situatie zoals deze beoordeeld wordt, is beschreven in de documenten "*Beoordelingsrapportage vliegveiligheid in relatie tot Windpark Beuningen*"¹, "*Stopprotocol*"², en "*Veiligheidsanalyse Windpark Beuningen i.r.t. helihaven Vonk*"³.

Windpark Beuningen zal, zolang de helihaven aan de Betenlaan 3 in Winssen in gebruik is, worden voorzien van een detectiesysteem, te weten een passief radarsysteem, dat luchtvaartuigen, waaronder helikopters, autonoom kan detecteren. Wanneer het systeem een helikopter detecteert binnen het surveillancegebied, onder de voorwaarden beschreven in dit stopprotocol, dan zal (zullen) vervolgens de desbetreffende windturbine(s) naar idle gebracht worden. De 3 meest westelijk gelegen windturbines kunnen zogturbulentie opwekken die mogelijkwerwijs interfereert met het naderingsgebied van helihaven Vonk. In het stopprotocol is een veiligheidsmarge opgenomen ten opzichte van het winddeficit (afname van de windsnelheid door energieonttrekking aan de wind door de windturbine) dat versturende turbulentie kan veroorzaken.

Met de term "idlen" wordt in dit stopprotocol de situatie bedoeld waarbij de bladen van de windturbine in vaanstand worden gezet. Daardoor wordt er geen energie uit de wind onttrokken en ontstaat er geen zogturbulentie, en wordt derhalve geen stroom geproduceerd.

Techniek

In de windbranche is ruime ervaring met het (tijdelijk) laten idlen van windturbines, mede om potentieel onwenselijke en gevaarlijke situaties te kunnen voorkomen. Via sensoren die op de windturbine zitten kunnen relevante meteorologische gegevens verzameld worden, zoals windsnelheid, windrichting, en luchtvochtigheid. Deze gegevens kunnen vervolgens gebruikt worden om te bepalen of de windrichting en snelheid binnen het werkgebied van dit stopprotocol vallen. Het proces bestaat uit onderstaande 3 stappen:

¹ Adecs Airinfra Consultants. Beoordelingsrapportage vliegveiligheid in relatie tot Windpark Beuningen, wb251014rap/aJ/cC/kd – 2.0, 27 oktober 2025.

² Adecs Airinfra Consultants. Stopprotocol, wb251025not/cC/kd – 2.0, 27 oktober 2025.

³ Adecs Airinfra Consultants. Veiligheidsanalyse Windpark Beuningen i.r.t. helihaven Vonk, wb251015not/cC/kd – 3.0, 27 oktober 2025.

Toelichting Stopprotocol (wb251021not/cC/rV - 2.0), 27 oktober 2025

- › Meten
- › Marges
- › Monitoren

Deze stappen zijn hieronder nader toegelicht.

Metten: middels sensoren op de windturbine wordt gemeten hoe hard het waait (gemiddelde over de afgelopen periode van enkele minuten) en uit welke windrichting de wind komt. Data kunnen worden aangeleverd via het Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)-systeem.

Marges: Op basis van de onderzoeksresultaten van Adecs Airinfra Consultants⁴ is bekend onder welke omstandigheden er een potentieel risico op versturende turbulentie in het naderingspad van helihaven Vonk ontstaat als gevolg van de werking van de windturbine(s). Deze omstandigheden zijn voor elk van de 3 westelijke windturbines weergegeven in figuren 1,2 en 3 van dit stopprotocol.

Er is nog geen definitieve keuze gemaakt voor de te plaatsen windturbine. Dit stopprotocol is tot stand gekomen door voor 6 verschillende typen windturbines de deficiten te analyseren. Voor iedere windsnelheid waarbij de diverse windturbines werkzaam zijn is het deficit vergeleken, waarbij steeds het grootste deficit gekozen is. Op deze manier is er een worstcasescenario ontstaan dat gebruikt is voor het uitvoeren van de analyses.

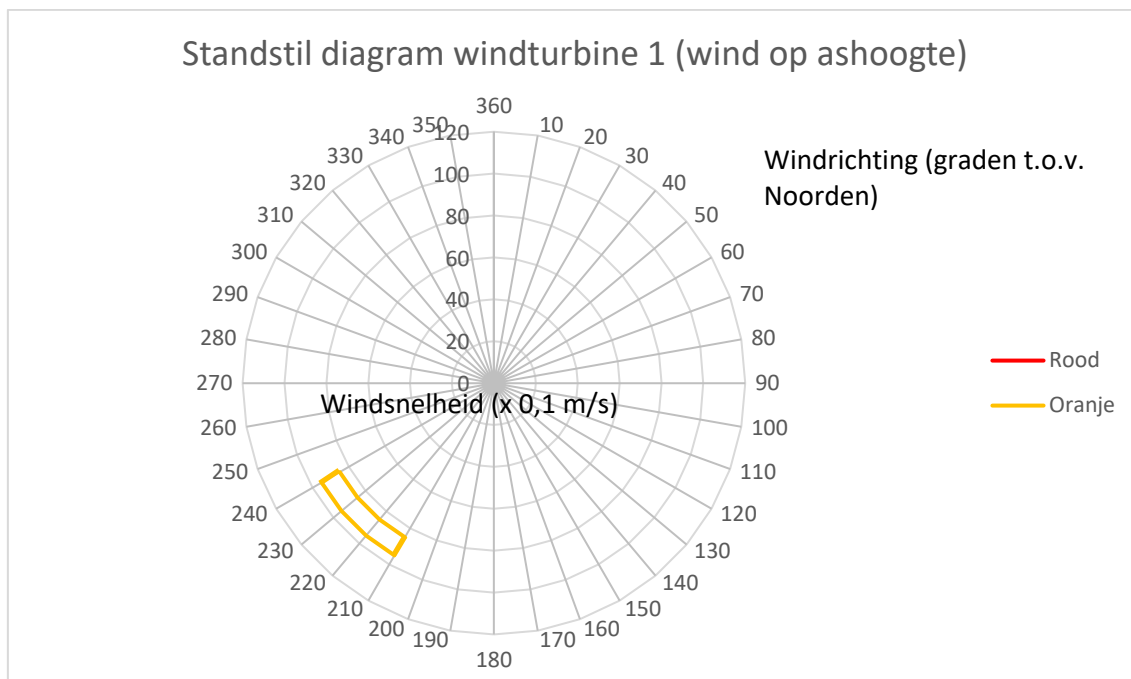
In figuur 1 tot en met figuur 3 zijn pooldiagrammen weergegeven met daarin de windsnelheden en richtingen waarvoor een turbine naar idle gebracht moet worden in geval een helikopter landt of start. Deze marges zijn voor respectievelijk de 1^e, 2^e en 3^e windturbine vanuit het westen gezien en op basis van de windturbines in tabel 1. Voor alle windsnelheden in deze figuren geldt dat dit de windsnelheid op ashoogte is.

Tabel 1 Geanalyseerde windturbines als input voor dit stopprotocol.

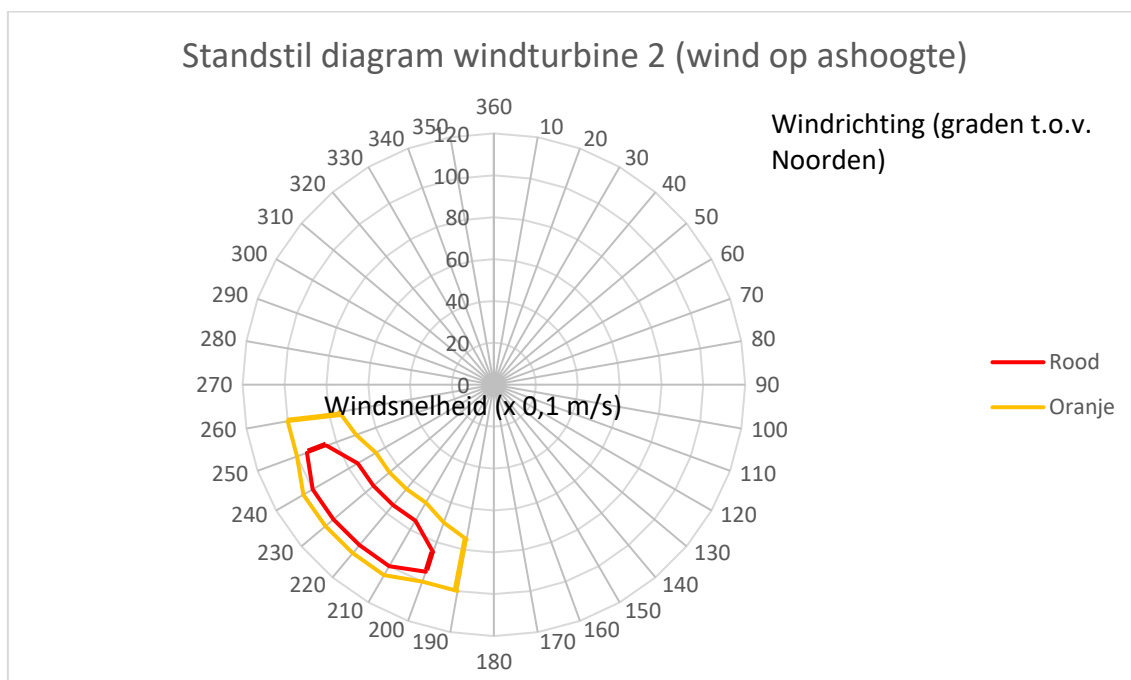
Windturbine	Rotordiameter (m)
Nordex N175	175
Nordex N163	163
Siemens gamesa SG170	170
Vestas V172-7.2	172
Vestas V150-6.0	150
Enercon E175	175

Bij iedere windrichting en windsterkte hoort een punt in het pooldiagram. Indien het punt zich in het gebied binnen de oranje lijn bevindt, is de speed deficit groter dan 1,6 m/s; dan zitten de condities in het gebied van de zogenaamde veiligheidsmarge (oranje scenario, deficit >1,6m/s <1,8m/s). Indien er ook een gebied binnen rode lijnen zit, dan is de speed deficit groter dan 1,8 m/s en is er een potentieel risico voor de vliegveiligheid (scenario rood, deficit >1,8m/s). Let wel, hoewel voor windturbine 1 en windturbine 3 geldt dat er geen sprake is van potentiële interferentie met de vliegveiligheid (een rood scenario), is op basis van de veiligheidsmarge een oranje scenario opgenomen in het stopprotocol, zie figuur 1 en figuur 3.

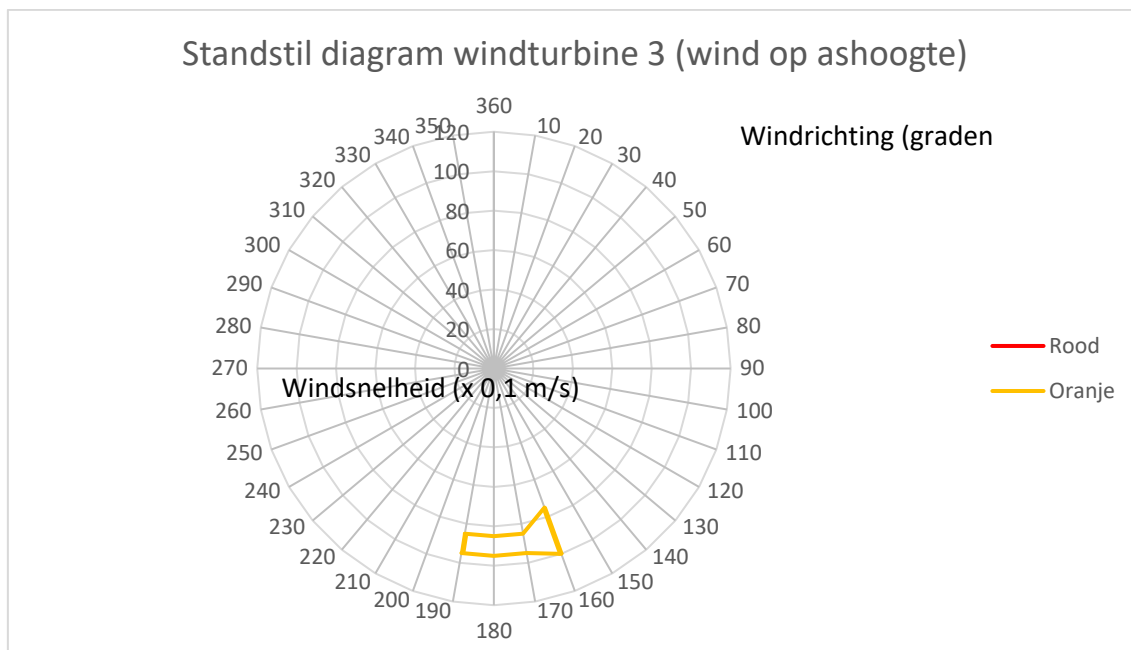
⁴ Adecs Airinfra Consultants. Onderzoek turbulentie nabij helihaven Winssen, eneco210903rap/wH/kd - 1.0, 16 september 2021



Figuur 1 Veiligheidsintervallen ten behoeve van het stopprotocol. Stopprotocol is op basis van de grootste deficiten van 6 windturbines. Rood scenario: speed deficit meer dan 1,8 m/s, oranje scenario speed deficit tussen 1,6 en 1,8 m/s. Daarbuiten bestaat er geen kans op mogelijke risicovolle interferentie.



Figuur 2 Veiligheidsintervallen ten behoeve van het stopprotocol. Stopprotocol is op basis van de grootste deficiten van 6 windturbines. Rood scenario: speed deficit meer dan 1,8 m/s, oranje scenario speed deficit tussen 1,6 en 1,8 m/s. Daarbuiten bestaat er geen kans op mogelijke risicovolle interferentie.



Figuur 3 Veiligheidsintervallen ten behoeve van het stopprotocol. Stopprotocol is op basis van de grootste deficiën van 6 windturbines. Rood scenario: speed deficit meer dan 1,8 m/s, oranje scenario speed deficit tussen 1,6 en 1,8 m/s. Daarbuiten bestaat er geen kans op mogelijke risicovolle interferentie.

Samenvattend zijn deze figuren weergegeven in tabel 2, waarbij per windturbinelocatie aangegeven is onder welk bereik van windrichting en windsnelheid er sprake is van het rode of oranje scenario. De windturbine moet dan dus naar idle gebracht worden tijdens het opstijgen of landen van een helikopter van helihaven Vonk. Voor alle situaties dat de windrichting en de windsnelheid buiten deze ranges liggen, is er geen sprake van interferentie met de vliegveiligheid van door de windturbine veroorzaakte zogturbulentie.

Tabel 2 Samenvattend overzicht van het bereik van windrichting en windsnelheid waarbij per windturbine een scenario van toepassing is.

Windturbine	Scenario Rood		Scenario Oranje	
	Windrichting	Windsnelheid ashoogte (m/s)	Windrichting	Windsnelheid op ashoogte (m/s)
WT1	-	-	210° - 240°	8,5 - 9,5
WT2	200° - 250°	7,5 - 10	190° - 260°	6,5 - 10,5
WT3	-	-	160° - 190°	7,5 - 10,0

Monitoren: Wanneer het detectiesysteem onverhoopt niet naar behoren functioneert, wordt er een melding gegenereerd in de controlekamer van Windpark Beuningen, hier vindt 24/7 monitoring plaats. Een operator kan vervolgens op basis van de tabellen voor de stopsenario's in Bijlage A bepalen wanneer er ingegrepen moet worden om een windturbine uit voorzorg naar idle te brengen.

Faalkansen

Ondanks de verwachte hoge betrouwbaarheid van het detectiesysteem, is er een voorziening voor het geval het systeem niet werkzaam is. In dat geval ontstaat er mogelijkwerwijs een scenario waarin de windturbines niet automatisch naar idle gebracht zullen worden, voor dit scenario moet het systeem failsafe zijn:

- › Er mag gevlogen worden volgens de regeling en het detectiesysteem werkt niet: de operator van Windpark Beuningen kan met behulp van de stopscenario's uit Bijlage A bepalen of er 1 of meer windturbines uit voorzorg naar idle gebracht moet worden.
- › Er kan niet gevlogen worden: wanneer het weer dusdanig is dat er geen sprake is van zicht vliegomstandigheden (VMC)⁵ of het is buiten de daglichtperiode (UDP)⁶ dan hoeft de windturbine ook niet uit voorzorg naar idle gebracht te worden.
- › Wanneer het SCADA-systeem niet werkzaam is, worden de windturbines hoe dan ook uitgeschakeld.

Er zijn op basis van bovenstaande inputs 32 relevante scenario's geïdentificeerd. Daarvan zijn er 3 waarin de windturbines (preventief) naar idle gebracht dienen te worden om mogelijk ongewenste turbulentie tijdens de eindnadering (of vertrek) op de helihaven te voorkomen, zie tabel 3. Zie Bijlage A voor de relevante scenario's waarin de windturbine juist wel en juist niet naar idle gebracht moeten worden.

De beschrijvingen van de 3 scenario's waarin de windturbines (preventief) naar idle gebracht dienen te worden zijn als volgt:

- › Voor 2 van de 3 scenario's (grijs) moeten de windturbines preventief naar idle worden gebracht, aangezien de radar defect is en de windsensor aangeeft dat er risico is op onwenselijke turbulentie.
- › In het laatste van de 3 scenario's (groen) werkt alles naar behoren en detecteert de radar een luchtvaartuig in het monitoringsgebied en blijkt uit de gegevens van de windsensor dat er zich een rood of oranje scenario voordoet. In dat geval brengt het systeem de betrokken windturbine automatisch naar idle.

Tabel 3 De 3 scenario's waarvoor de windturbines (preventief) idle gemaakt moeten worden. Een 1 betekent 'ja' een 0 betekent 'nee'.

Binnen UDP	VMC	Radardetectie actief	Heli in monitoringsgebied	Risico op onwenselijke turbulentie	Stop
1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1

⁵ Of er is sprake is van VMC kan worden vastgesteld door de actuele meteorologische gegevens te bekijken. Het KNMI publiceert deze op haar website, [KNMI - Vliegveldwaarnemingen Nederland - \(AUTO\) METAR](#). De waarnemingen op vliegveld Deelen (EHDL) en vliegveld Volkel (EHVK) zijn representatief voor het weer nabij de helihaven Vonk.

⁶ In het Nederlandse AIP wordt voor iedere dag in het jaar vastgesteld op welke tijdstippen UDP aanvangt en eindigt. Zie [eAIP THE NETHERLANDS](#).

Bijlage A Stopscenario's

Van de 32 geanalyseerde scenario's zijn er 3 scenario's waarin de windturbines (preventief) naar het idle toerental gebracht moeten worden, zie tabel 4.

Tabel 4 Scenario's idlen van de windturbines. Een 0 staat voor 'nee' een 1 voor 'ja'.

Binnen UDP	VMC	Radardetectie actief	Heli in monitoringsgebied	Risico op onwenselijke turbulentie	Stop
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	0	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	0	0
1	0	1	1	1	0
1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	0	0
1	1	1	0	1	0
1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1

NOTITIE

Den Haag, 27 oktober 2025

Betreft : Stopprotocol
Ons kenmerk : wb251025not/cC/kd
Versie : 2.0
Opdrachtgever : Windpark Beuningen B.V.
Auteur(s) : C.E. Coutinho
Controle door : R.C. van 't Veld

Adres:

Castellum
Gebouw A | 2e etage
Loire 196
2491 AM | Den Haag

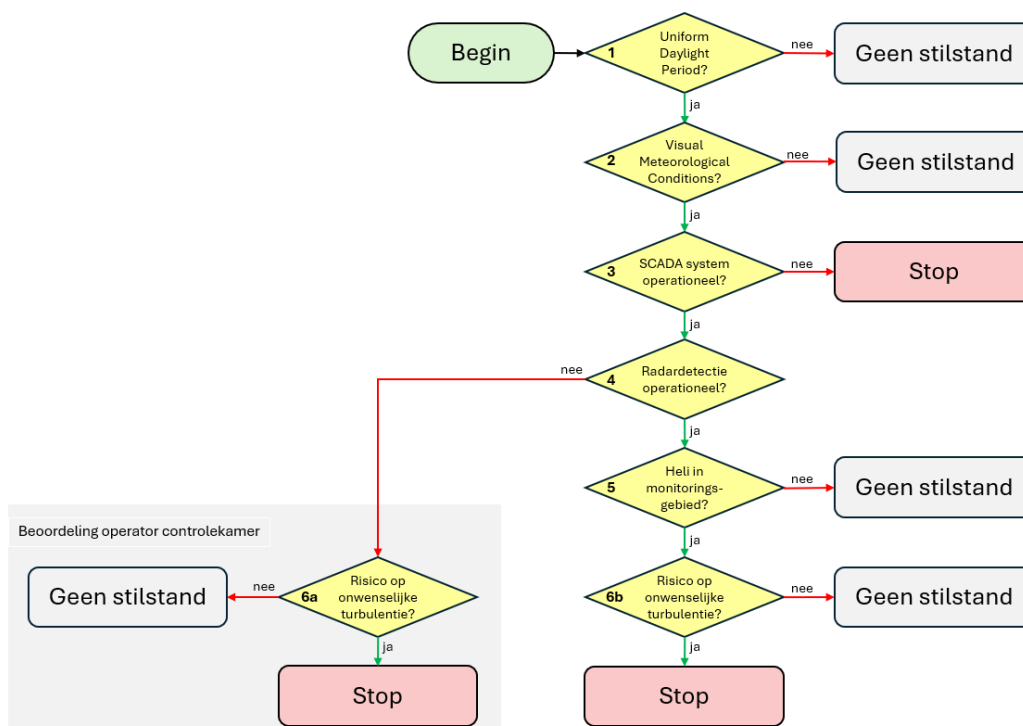
+31 (0)85 00 711 00
info@airinfra.eu
www.airinfra.eu

Stopprotocol

De rotorbladen van windturbines 1, 2 en 3 van Windpark Beuningen worden in de vaanstand gezet (idle) indien bij het doorlopen van onderstaand stroomschema voor de betreffende windturbine een veld 'Stop' wordt bereikt. In de vaanstand wordt geen energie aan de wind onttrokken, waardoor er geen zogturbulentie ontstaat. Er vindt tevens geen stroomproductie plaats.

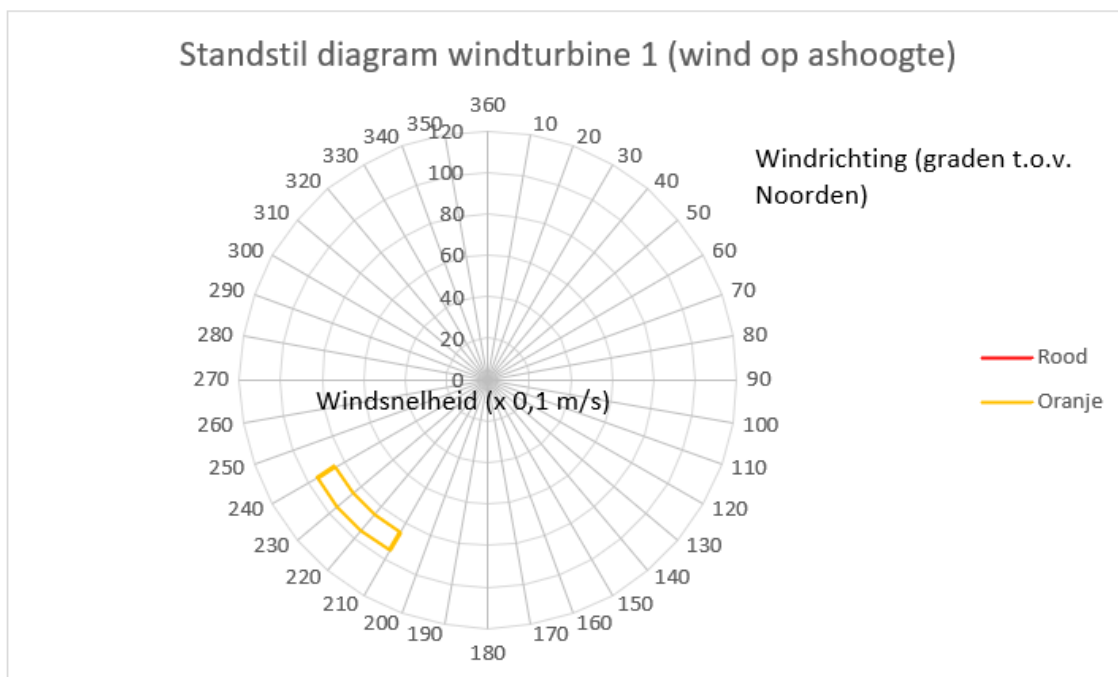
Verzameling van realtime gegevens voor dit protocol vindt plaats met behulp van het SCADA-systeem waarmee de windturbines zijn uitgerust. Met dat systeem worden de windturbines automatisch gemonitord en bestuurd.

Monitoring vindt automatisch en computergestuurd plaats, met uitzondering van de situatie dat het radar detectiesysteem niet operationeel is. In dat geval kunnen de windturbines enkel doordraaien indien uit een beoordeling van de operator van het windpark blijkt dat er geen risico is op onwenselijke turbulentie. Zie onderstaand voor een schematische weergave van het stopprotocol.

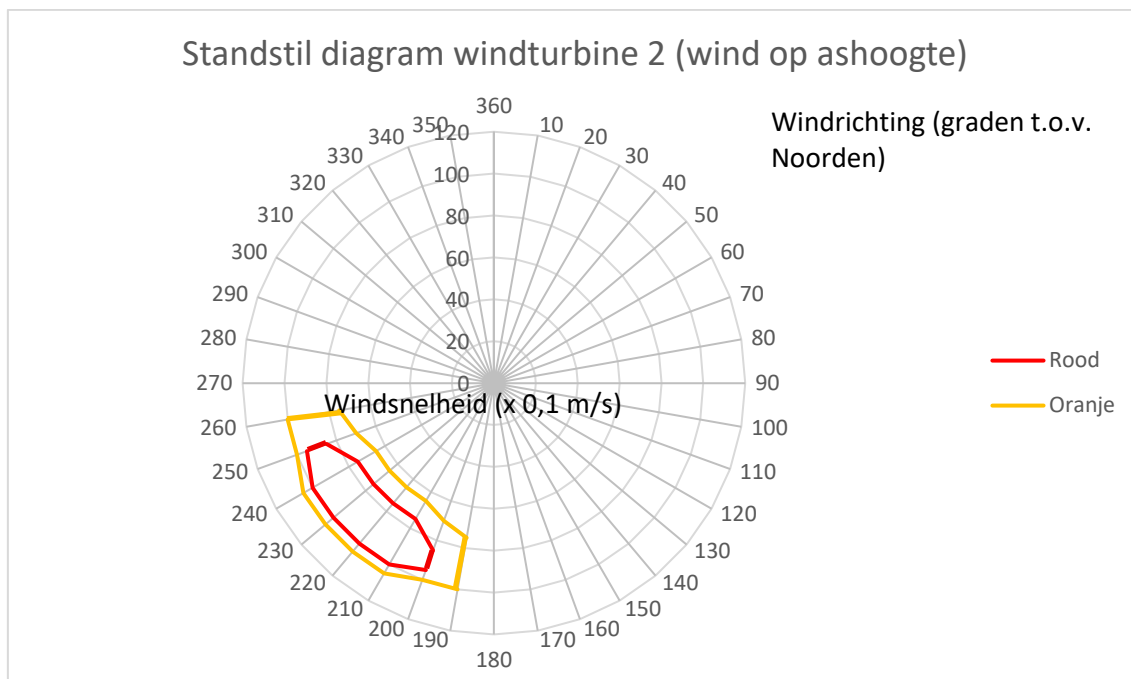


Stap 6a en 6b Stopprotocol

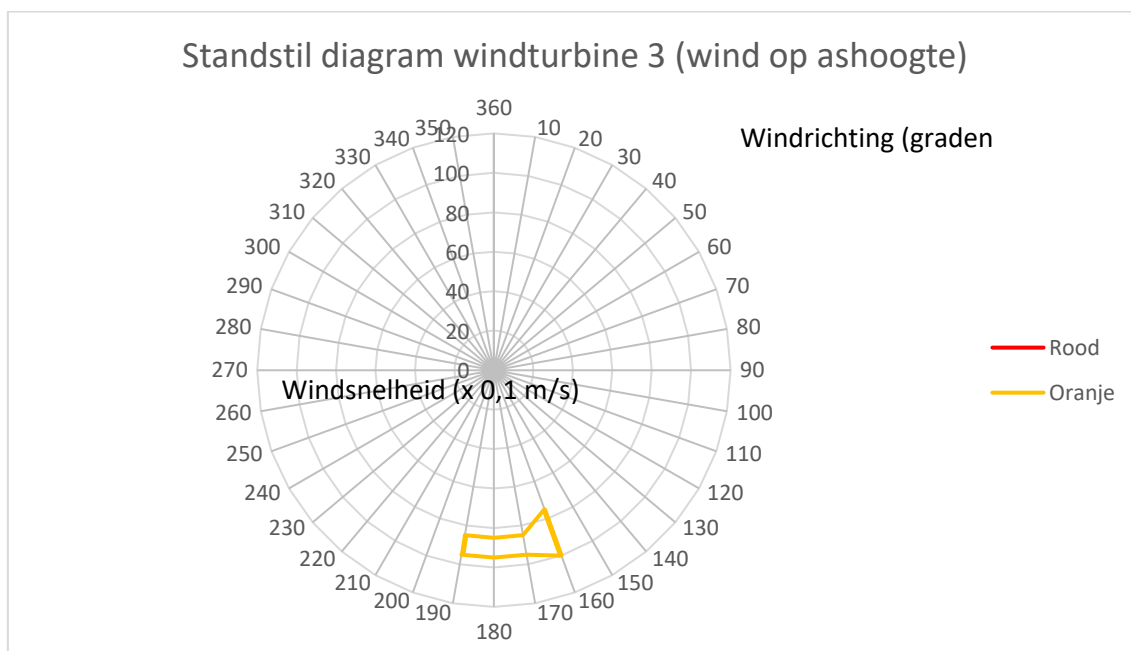
Voor windturbines 1, 2 en 3 is berekend bij welke windsnelheid en windrichting onwenselijke zogturbulentie in het naderingsgebied van de helihaven niet is uitgesloten (rode contour/veiligheidsmarges binnen oranje contour). Binnen dit bereik kan er sprake zijn van een risico op onwenselijke zogturbulentie waardoor voor de betreffende windturbine een 'Stop' plaatsvindt, als deze stap in het protocol wordt bereikt.



Figuur 1 Veiligheidsintervallen ten behoeve van het stopprotocol. Stopprotocol is op basis van de grootste deficiten van 6 windturbines. Rood scenario: speed deficit meer dan 1,8 m/s, oranje scenario speed deficit tussen 1,6 en 1,8 m/s. Daarbuiten bestaat er geen kans op mogelijke risicovolle interferentie.



Figuur 2 Veiligheidsintervallen ten behoeve van het stopprotocol. Stopprotocol is op basis van de grootste deficiten van 6 windturbines. Rood scenario: speed deficit meer dan 1,8 m/s, oranje scenario speed deficit tussen 1,6 en 1,8 m/s. Daarbuiten bestaat er geen kans op mogelijke risicovolle interferentie.



Figuur 3 Veiligheidsintervallen ten behoeve van het stopprotocol. Stopprotocol is op basis van de grootste deficiten van 6 windturbines. Rood scenario: speed deficit meer dan 1,8 m/s, oranje scenario speed deficit tussen 1,6 en 1,8 m/s. Daarbuiten bestaat er geen kans op mogelijke risicovolle interferentie.