



Joint Fact Finding

Windpark Spuisluis en helihaven IJmuiden

Joint Fact Finding

Windpark Spuisluis en helihaven IJmuiden

Colofon

Opdrachtgever : Eneco en Windpark IJmond
Bestemd voor : mevr. A. Melchers en de heer D. Spiering
Auteur(s) : ir. H.B.G. ten Have en ir. W.B. Haverdings
Datum : 15 december 2016
Kenmerk : eneco161214.rap/hH/kd

Opgesteld door : Advanced Decision Systems Airinfra BV
Adres : Bagijnhof 80
Plaats : 2611 AR Delft
Telefoon : +31 (0)15 - 215 00 40
E-mail : info@adecs-airinfra.nl
Web : www.adecs-airinfra.nl
KvK nummer : 08092107

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

Afkortingen en symbolen

RD	Rotordiameter
ILT	Inspectie Transport en Leefomgeving
VVGL	Verklaring voor Veilig gebruik Luchtruim
LHB	Luchthavenbesluit
GSP	Groningen Seaports
CAP	Civil Aviation Authority
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
NLR-ATSI	Nationaal Lucht- en Ruimtevaartcentrum, Air Transport Safety Institute
Nordex	Windturbine fabrikant
Eneco	Afkorting van energie en communicatie; leverancier van stroom en gas
MW	Megawatt, een miljoen watt
kWh	Kilowattuur, eenheid van energie

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding.....	5
2 Uitgangspunten.....	9
3 Gegevens	11
4 Aanpak en verwerking gegevens.....	13
4.1 Geografische gegevensverwerking.....	13
4.2 Weerregistratie gegevensverwerking	14
4.3 Helikopterregistratie verwerking.....	18
4.4 Windturbine gegevensverwerking	22
4.5 Verwerken geografische gegevens met de windrichting	23
5 Resultaten.....	25
5.1 Maatregelmogelijkheden	25
5.2 Operationeel.....	28
5.2.1 Operationele praktijk: voor hoeveel turbines?	28
5.2.2 Operationele praktijk: de echte wind.....	31
6 Conclusies en aanbevelingen.....	33
7 Leemte in kennis	34
8 Referenties.....	35
Bijlage A Stopprotocol	36
Bijlage B Stop protocol	40

Samenvatting

De gemeente Velsen wil energieneutraal zijn en heeft jaren terug Windpark IJmond benaderd om windparken binnen de gemeentegrenzen te realiseren. Sinds 2012 is Windpark IJmond een samenwerking met Eneco aangegaan om de realisatie van een windpark in de regio IJmond te versterken. Tijdens de ontwikkeling is de locatie aan de noordkant van het Noordzeekanaal, ter hoogte van de Spuisluis, in beeld gekomen. Op deze locatie wil men Windpark Spuisluis realiseren. Windpark Spuisluis bestaat uit 6 turbines opgesteld op een lijn die ruwweg west oost loopt parallel aan de sluizen (zie figuur 2). Een aandachtspunt voor deze locatie is echter de aanwezigheid van de helihaven die door het Loodswezen IJmuiden gebruikt wordt voor het ophalen en afzetten van loodsen voor de scheepvaart. Bij de productie van energie ontstaat turbulentie, snelle veranderingen in windsnelheid en windrichting, achter de turbines als gevolg van het draaien van de bladen. De veiligheid van aan- en uitvliegende helikopters zou ten gevolge van de turbulenties die door de windturbines ontstaan in het gedrang kunnen komen.

Nationaal en internationaal zijn er geen regels ten aanzien van de positionering van windturbines ten opzichte van vliegroutes teneinde een veilige vluchtuitvoering te garanderen. Door het ontbreken van inzicht in de effecten en nationaal en internationaal vastgelegde benodigde afstanden tussen windturbines en helikopters houdt het bevoegd gezag (de provincie) momenteel een mogelijk voorzichtige afstand aan van vijf maal de rotordiameter aan (5RD), daarbij wordt geen rekening gehouden met de windsnelheid, uitsluitend met de windrichting.

Uit fenomenologisch onderzoek is bekend dat er drie verschijnselen een rol spelen. Een tipwervelbuis direct achter de windturbine, een snelheidsdeficit direct stroomafwaarts van de turbine en een toenemende turbulentie nog verder stroomafwaarts. Hiervan is het snelheidsdeficit achter de turbine de meest significante (ref 8). In onderstaande analyses zijn op basis van dit snelheidsdeficit de risico's en effecten daarvan verder onderzocht.

Voor de grens tussen acceptabele turbulentie en te risicovolle turbulentie voor kleine luchtvaart is een snelheidsdeficit van 1,8 m/s als criterium gevonden. Indien de windsnelheidsverandering meer dan 1,8 m/s is, kunnen ongewenste effecten worden verwacht, te denken aan effecten die de piloot extra belasten bij een start of landing. Dit criterium is door NLR-ATSI (Nationaal Lucht- en Ruimtevaartcentrum, Air Transport Safety Institute) afgeleid van het zevenknopencriterium voor grote luchtvaart. Het 1,8 m/s criterium is voor (gemotoriseerde) kleine luchtvaart opgesteld. Helikopters zijn echter minder gevoelig voor turbulenties dan toestellen met een vaste vleugel.

Van de turbinefabrikant Nordex, Eneco, Loodswezen en KNMI-website zijn relevante data verkregen en gecombineerd. De gegevens betroffen geografische informatie, vluchtregistraties, windgegevens en operationele informatie van helikopters en van windturbines. Daarmee zijn de aantallen benodigde turbinestops berekend indien te risicovolle effecten op de vluchtuitvoering met helikopters langs de vliegroute moeten worden voorkomen (snelheidsverandering van meer dan 1,8 m/s). Dit aantal is vergeleken met het aantal dat verwacht mag worden bij toepassing van het alternatieve 5

rotordiameter criterium, waarbij de turbine wordt stilgezet indien het toestel vliegend langs de route binnen 5 rotordiameters aan de achterzijde van de windturbine komt.

Uitgangspunt voor de berekeningen is een turbine die op de geplande afstand van de vliegroute is gepositioneerd en die gedurende de gehele helikopterpassage een potentieel risico vormt, zoals de tweede turbine vanuit het westen gerekend. Later is beschouwd in welke mate de berekening voor alle zes turbines maatgevend is.

Uit berekeningen blijkt dat bij toepassing van het windsnelheidsveranderingscriterium van 1,8 m/s voor de turbines het aantal stops kan worden gehalveerd vergeleken met het 5RD-afstandscriterium dat uitsluitend de windrichting meeneemt (circa 15% ten opzichte van circa 30%). Voor de twee meest westelijk gelegen turbines gelden de in de tabel 1 genoemde aantallen en percentages. Voor de derde turbine geldt dat de aantallen stops gereduceerd kunnen worden met circa 50% indien niet voor alle turbines hetzelfde stopcriterium wordt toegepast, maar op de turbine toegesneden waarden. Voor de vierde turbine geldt dat deze in dat geval vrijwel niet stilgezet zal hoeven te worden (enigszins afhankelijk van de turbine die wordt geplaatst, de 3 of 3,6 MW). De overige twee windturbines, de meest oostelijke, hoeven niet te worden gestopt voor de helikopterbewegingen.

De exacte tabellen met windrichtingen en windsnelheden is niet voor alle turbines in detail uitgewerkt. Naar verwachting draait de eerste turbine over twee tot drie jaren. Het is mogelijk dat in de tussentijd nog aanpassingen aan de positie van de af- en aanvliegroutes noodzakelijk blijken, of dat de posities van de turbines toch nog worden aangepast, of dat de turbines van een iets ander type zullen zijn. Voor de onderlinge verschillen van de in dit rapport berekende effecten zal dat niet veel effect hebben, echter voor een optimale afregeling van de standstilregeling is dit wel van belang. Zodra de exacte posities en typespecificaties bekend zijn, kan voor iedere turbine een optimaal standstilcriterium (combinaties van windrichting en windsnelheid) worden vastgelegd aan de hand van de speed deficit criteria die in het stopprotocol de toestanden groen (veilig), oranje (zekerheidsgebied) rood (niet veilig) aangeven. Daarbij zal in ieder geval de speed deficit van 1,8 m/s de overgang van oranje naar rood aangeven (zie ook Bijlage A voor stopprotocol).

Tabel 1 Aantal stops per maatregel en per windturbine op basis van 157 helikoptervluchten per jaar.

Maatregel	3 MW-windturbine		3,6 MW-windturbine	
	Aantal stops	%	Aantal stops	%
5RD-maatregel	46,2	29,5%	46,2	29,5%
Op basis turbinedata: Max minor impact	22,4	14,3%	23,3	14,8%
Op basis turbinedata: Max minor impact en compacte marge windsterkte	32,9	20,9%	29,0	18,5%
Op basis turbinedata: Max minor impact en ruime marge windsterkte	43,0	27,4%	36,8	23,4%

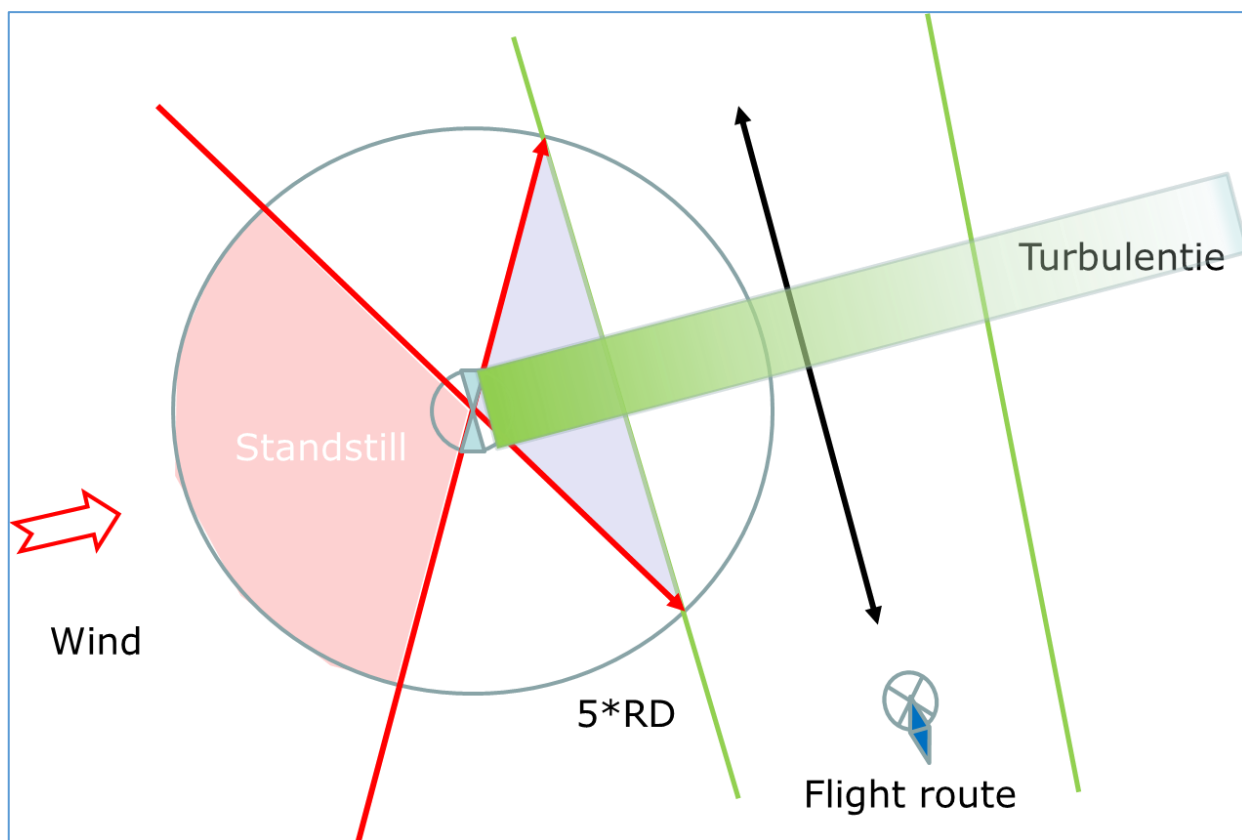
1 Inleiding

De gemeente Velsen wil energieneutraal zijn en heeft jaren terug Windpark IJmond benaderd om windparken binnen de gemeentegrenzen te realiseren. Sinds 2012 is Windpark IJmond een samenwerking met Eneco aangegaan om de realisatie van een windpark in de regio IJmond te versterken. Tijdens de ontwikkeling is de locatie aan de noordkant van het Noordzeekanaal, ter hoogte van de Spuisluis, in beeld gekomen. Op deze locatie wil men Windpark Spuisluis realiseren.

Een aandachtspunt voor deze locatie is echter de aanwezigheid van de helihaven die door het Loodswezen IJmuiden gebruikt wordt voor het ophalen en afzetten van loodsen voor de scheepvaart. Bij de productie van energie ontstaat turbulentie, snelle veranderingen in windsnelheid en windrichting, achter de turbines als gevolg van het draaien van de bladen. De veiligheid van aan- en uitvliegende helikopters zou ten gevolge van de turbulenties die de windturbines produceren in het gedrang kunnen komen. Door het ontbreken van inzicht in de effecten en nationaal en internationaal vastgelegde benodigde afstanden tussen windturbines en helikopters houdt het bevoegd gezag (de provincie) momenteel een mogelijk voorzichtige afstand aan van vijf maal de rotordiameter aan (5RD).

Indien de windrichting zodanig is dat de lijn vanuit de turbine naar de route in de windrichting eerder met de route snijdt dan met de 5RD-cirkel dan dient de turbine bij het uitvoeren van een vlucht langs de route te worden stilgezet gedurende de periode dat het betreffende routedeel dat binnen de 5RD-cirkel ligt wordt gevlogen. Deze maatregel is gedefinieerd voor twee turbines dicht bij de heliport Eemshaven (ref 1).

Dit is stilistisch in figuur 1 weergegeven.



Figuur 1 5 RD-criterium en de bijbehorende windrichtingen waarvoor standstill wordt toegepast voor een veilige passage langs de vliegroute.

Deze maatregel komt voort uit een voorbehoud dat door de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) in de Verklaring voor Veilig gebruik Luchtruim (VVGL) is en zal worden opgenomen: "mocht uit de praktijk toch blijken dat er in bepaalde gevallen onaanvaardbare turbulentie ontstaat, er maatregelen genomen worden zodanig dat de vlucht veilig uitgevoerd kan worden."

De onderbouwing bij de 5 maal rotordiameter gegeven in de reactie op de zienswijzen LHB GSP is door het ontbreken van onderbouwende gegevens en criteria noodgedwongen mager.

Uit referentie 1 volgt: "Naar aanleiding van deze zienswijze hebben wij in relatie tot zog/turbulentie van windturbines een nadere afweging gemaakt. Wij hebben ons hierbij, naast een beoordeling van de situatie ter plaatse, nader gebaseerd op het volgende:

- › De "Policy and Guide Lines on Wind Turbines" van de Civil Aviation Authority (CAP 784), waarin wordt geconcludeerd dat op een afstand van meer dan 5RD de snelheden in het zog zich hersteld hebben tot 90% van de vrije windstroom (red: voor turbines met een RD van 30 meter) en dat voor de effecten van windturbines met een rotordiameter groter dan 30 meter verder onderzoek nodig is.
- › Een onderzoek (van ATN Nooitgedacht B.V. in opdracht van de provincie Drenthe, rapport 16-R-243 d.d. 18 april 2016), naar de effecten van windturbines nabij de helikopterluchthaven te

Emmer-Compasuum. Op basis van diverse bronnen en expert judgement wordt hierin uitgegaan van een minimale separatie van circa 5RD.

- › *Het oordeel van een ten tijde van de besluitvorming voor dit luchthavenbesluit beoogde exploitant.*
- › *Ervaringen met op korte afstanden van heliport Amsterdam gelegen windturbines: op een afstand van ca. 300 meter ten westen van de heliport en een afstand van ca. 200 meter van de zuidelijke vliegroute staan (red: 2) windturbines met een as-hoogte van 83 meter en een rotordiameter van 90 meter (bron: dhr. H. Leenknecht, ODG-Noord-Holland). De heliport is al jaren in werking zonder problemen met turbulentie/zog van deze windturbines (bron: dhr. R. Haring, Heli Holland).*
- › *Criteria voor onderlinge afstanden tussen windturbines in verband zog/turbulentie. In de verkennende windstudie Eemshaven (Pondera, 29 maart 2013) is hiervoor op basis van algemeen geaccepteerde en in de praktijk bewezen ontwerpregels een onderlinge afstand van minimaal 4RD aangehouden, waarachter het vrije windveld voldoende is hersteld. Alhoewel een verband naar effecten op helikopters niet zonder meer te trekken is, kunnen we wel vaststellen dat vanwege zog en turbulentie op de technische integriteit en opbrengst van windturbines boven deze afstand geen significante effecten worden verwacht.*
- › *Expert-judgement van een ervaren helikopterpiloot die veel offshore-vluchten maakt (red. statement was ter vergadering 200 meter)”.*

Waarbij overigens alleen de eerste twee argumenten een keuze voor de 5RD onderbouwen, waarbij op beide valt af te dingen, en de andere argumenten zelf aangeven dat 5RD een conservatieve keuze is. Inmiddels uitgevoerde proefvluchten geven aan dat op 100 meter afstand bij windsnelheid 5 m/s (lage windsnelheid) geen problemen zijn ondervonden, anders dan dat de turbulentie is opgemerkt.

Er is dus behoefte aan een onafhankelijk onderzoek naar het werkelijke effect van turbulentie ten gevolge van windturbines op helikopters. In dat kader heeft Eneco het initiatief genomen om een gezamenlijk feitenonderzoektraject, ook wel Joint Fact Finding genoemd, te starten. Doel van dit traject is om met alle betrokkenen tot een gemeenschappelijk document te komen waarin de relevante feiten voor de effecten van turbulentie door windturbines in het algemeen en/of specifiek voor de locatie Windpark Spuisluis worden opgenomen. In het beslistraject rond de realisatie van het windpark kan dit document dan de te maken keuzes onderbouwen.

Het doel van de Joint Fact Finding is daarmee, indien verantwoord en mogelijk:

1. Het identificeren van bekende en ontbrekende kennis ten aanzien van turbulentie veroorzaakt door windturbines en het risico daarvan voor de (helikopter)luchtvaart, en daarmee de onzekerheden.

Met hulp van het resultaat van 1:

2. Het minimaliseren van de hinder voor helikoptervluchten.
3. Het beperken van turbinestilstand ter waarborging van de vliegveiligheid.
4. Het daarmee minimaliseren van de turbineverliezen door stilstand.
5. Ondersteuning leveren bij de specificatie van een stilzetprotocol en stilzetalgoritme op basis van de gevonden feiten.
6. Het specificeren van een zodanig algoritme dat dit ruimte biedt voor aanpassing, daarmee ruimte biedend voor maatregelen indien de praktijk weerbarstig blijkt.

Het laatste punt is belangrijk aangezien het de verwachting is dat de ILT het volgende standpunt zal innemen: *dat een en ander theoretisch wordt aangetoond, wil niet zeggen dat dit praktisch ook uitvoerbaar is.*

Met deze facts finding streven we ernaar om zoveel mogelijk facts vast te stellen, teneinde de theoretische onzekerheden te verkleinen.

“De enige regelgeving waaraan ILT vooralsnog toetst in het kader van de VVGL is dat de in- en uitvliegrichting obstakelvrij is. Het voorbehoud zal zijn dat, mocht uit de praktijk toch blijken dat er in bepaalde gevallen onaanvaardbare turbulentie ontstaat, er maatregelen genomen worden zodanig dat de vlucht veilig uitgevoerd kan worden.”

2 Uitgangspunten

N Nationaal en internationaal zijn er uitgebreide voorschriften die toegepast moeten teneinde vliegroutes van en naar luchthavens op voldoende afstand van obstakels te houden (ref 2) en om obstakels voor de luchtvaart aan te duiden, beide om de veiligheid van de luchtvaart te garanderen (ref 1, 2). Dit gebeurt voor hoge objecten als turbines voornamelijk door verlichting en kleurstellingen. Uitgebreide informatie daarover is te vinden op de website van de rijksoverheid (ref 1).

Echter nationaal en internationaal zijn er geen regels ten aanzien van de positionering van windturbines ten opzichte van de aan en uitvliegvlieg routes teneinde een veilige vluchttuitvoering te garanderen in verband met de turbulentie die achter de windturbines ontstaat.

Uit fenomenologisch onderzoek is bekend dat er drie verschijnselen een rol spelen. Een tipwervelbuis direct achter de windturbine, een snelheidsdeficit direct stroomafwaarts van de turbine en een toenemende turbulentie nog verder stroomafwaarts. Hiervan is het snelheidsdeficit achter de turbine de meest significante vanwege de relatief korte afstand ten opzichte van de windturbine (ref 8). In onderstaande analyses zijn op basis van dit snelheidsdeficit de risico's en effecten daarvan verder onderzocht.

Windturbines veroorzaken een zog aan de benedenwindse zijde waarbinnen turbulenties en snelheidsveranderingen plaatsvinden. Ten aanzien van deze snelheidsveranderingen (speed deficits, of wake deficits) is alleen voor gebouwen en testrun faciliteiten onderzoek gedaan naar de maximaal toelaatbare snelheden. 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"* (ref 6). Bij grotere windsnelheidsveranderingen neemt de workload voor piloten onaanvaardbaar toe. Kleine luchtvaart is gevoeliger voor turbulentie-effecten. Op grond van de veel geringere omvang en gewicht van kleine luchtvaart is door NLR-ATSI in een studie voor luchthaven Teuge dit criterium aangescherpt voor kleine luchtvaart (ref 6), deze zijn hier geadopteerd en omgerekend naar m/s:

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 piloot
- Van 1 tot 1,8 m/s: mineure effecten
- Minder dan 1 m/s: verwaarloosbare effecten

In het vervolg is voor de grens tussen acceptabele turbulentie en te risicovolle turbulentie de grens tussen mineure en majeure effecten, dus 1,8 m/s, als criterium genomen. Indien de windsnelheidsverandering meer dan 1,8 m/s is, kunnen ongewenste effecten worden verwacht, te denken aan effecten die de piloot extra belasten bij een start of landing.

Deze criteria zijn voor (gemotoriseerde) kleine luchtvaart opgesteld. Helikopters zijn minder gevoelig voor turbulenties dan vliegtuigen met vaste vleugels, een onderbouwing daarvoor kan worden gevonden in ref 8. *“Door de hoge rotorbladbelasting van de helikopter in vergelijking met de vleugelbelasting van een vliegtuig en doordat de responsie omgekeerd evenredig is met de rotorbladbelasting, zal de gevoeligheid van een helikopter voor een gust minder zijn dan die van vergelijkbare vliegtuigen. Hoe hoger de rotorbladbelasting, des te minder de helikopter door een verstoring wordt beïnvloed. Deze beschouwing, gecombineerd met de bestaande gust limiet voor vliegtuigen (red. hier de speed deficit), kan daarom als degelijk uitgangspunt worden genomen voor de bepaling van de veilige afstand tot de windturbine.”*

Voor helikopters is voor operaties op zee op platforms (zoals boorplatforms) vastgelegd dat de deviatie in de verticale luchtsnelheid (een maat voor de verticale luchtsnelheidsverandering) niet meer mag zijn dan 1,75 m/s. Deze waarde geeft indirect verdere onderbouwing voor de keuze van 1,8 m/s. Een verdergaande onderbouwing van het criterium voor acceptabele turbulentie vanuit de praktijk blijft een belangrijke aanbeveling.

3 Gegevens

Voor de in deze rapportage opgenomen berekeningen en analyses is gebruik gemaakt van een grote hoeveelheid verzamelde gegevens:

Windroosgegevens

De windroosgegevens zijn bepaald op basis van uurdata voor de meetpost IJmuiden gedownload van de KNMI-website (ref 7).

De bestanden geven voor ieder uur de volgende gegevens:

- › Windrichting (voor iedere 10 graden)
- › Windsnelheid (eenheid 0.1 m/s)
- › Jaar/dag/maand/uur
- › Periode 01-10-1991 tot 01-10-2016 (de meest recente 25 jaar)

Helikoptervluchtregistratie

Van het Loodswezen zijn de vluchtregistraties op de start- en landingsplaats ontvangen over de afgelopen 2 jaar, het bestand bevat als belangrijkste parameters:

- › Start/landing
- › Jaar/dag/maand/uur

Aanvullende informatie

- › Heli-inzet is bij lage windsnelheid evenredig met aantal loodsbewegingen (deze toestellen vliegen naar ver uit de kust gelegen schepen die daar al een loods nodig hebben).
- › Heli-inzet boven 10 a 11 m/s loodsbewegingen vinden dan (als ze plaatsvinden) alleen plaats met helikopters.

Windturbine turbulentiegegevens

Van de turbinefabrikant Nordex zijn de speed deficit waarden op as-hoogte achter de turbine ontvangen als functie van de heersende windsterkte en op verschillende afstanden achter de turbine. Waardes op andere hoogtes zijn lager, deze waardes zijn derhalve worstcaseverwachtingen.

De waarden zijn berekend voor betreffende turbines met hulp van een softwareprogramma dat door de fabrikant is gevalideerd op de berekende resultaten.

Het bestand bevat als belangrijkste parameters:

- › Snelheidsverandering (berekend in < .1 m/s)
- › Afstand tot turbine (200 – 800 m, stap 50 m)
- › Windsnelheid (0 – 25 m/s, stap 0.5 m/s)

Windturbines schakelen boven 8 m/s terug qua rotatiesnelheid en leveren daardoor bij hogere windsnelheden steeds minder turbulentie.

Geografische data

Van en via Eneco en provincie Noord-Holland zijn de volgende geografische gegevens ontvangen:

- › Toekomstige posities van de turbines.
- › De positie van de helikopter start- en landingsplaats
- › De plaats en hoogtes van de veiligheidsvlakken (hoogtevlakken)

De hoogtevlakken zijn nieuw ten opzichte van de huidige in gebruik zijnde vlakken. De huidige vlakken zijn nog op basis van een stijgingspercentage van 4% opgesteld. De nieuwe zijn opgesteld ten behoeve van het nieuwe luchthavenbesluit voor de start- en landingsplaats op basis van een stijgingspercentage van 12,5%. Huidige en toekomstige helikopters en helikopteroperaties moeten kunnen voldoen aan de eisen behorende bij deze hoogtevlakken om van de start- en landingsplaats gebruik te kunnen/mogen maken.

Turbinegegevens

- › De betreffende turbines zijn afkomstig van Nordex.
- › Het betreft de typen N117-3000 (3MW) en N117-3600 (3,6MW).
- › De fysieke afmetingen van beide typen zijn identiek.
- › De as-hoogte is afhankelijk van de toe te passen torenhoogte en wordt 120 meter.
- › De rotordiameter is 117 m, waarmee de hoogste tiphoogte 178,5 meter is, laagste tiphoogte 61,5 meter is.
- › Startuptijd is circa 10 minuten en de stoptijd bedraagt 2 minuten.
- › De powercurves van de turbines verschillen, in het rapport is gebruik gemaakt van de powercurve van 3 MW (ref 9).
- › Het functioneel venster waarbinnen de turbines werkzaam zijn (niet stilstaan) ligt tussen 2 en 25 m/s.



4 Aanpak en verwerking gegevens

De geografische gegevens (positie van turbines en vliegroutes/veiligheidshoogtevlakken) zijn op een achtergrondkaart geplaatst, zodat de afstanden van de turbine tot de vliegroutes voor verschillende windrichtingen opgemeten kan worden.

De windroosgegevens zijn van de KNMI-website gedownload en samengevoegd tot het gewenste 25 jaarbestand.

De helikopterregistraties zijn verwerkt en voor iedere helikopterbeweging gekoppeld aan het bijbehorende weerbeeld op basis van de startgegevens van de bij elkaar behorende start- en landingsvlucht. Alleen de startvluchten zijn verder verwerkt, omdat altijd één van de twee vluchten langs de turbines zal plaatsvinden en het verschil tussen de landings- en starttijd gemiddeld 5 minuten is met uitschieters naar 10 minuten. Aangenomen is dus dat het weer tussen landing en start niet zodanig verandert dat een omkering van de landing/startrichting plaatsvindt.

De helikopterinzet is gemodelleerd naar windsterkte, waarna op basis van de windrichting en windsnelheidsverdeling een helikopterinzetroos is gegenereerd zowel voor de totale helikopterinzet als voor de helikopterinzet per windsnelheid.

De helikopterinzetroos voor de totale helikopterinzet is van toepassing voor de 5RD-maatregel zoals gedefinieerd. De helikopterinzetroos per windsnelheid is nodig voor de analyse van de mogelijke reductie van de standstilmaatregel op basis van een maximaal speed deficit.

Van de turbinefabrikanten is de speed deficit ontvangen als functie van de afstand tot de windturbine en als functie van de windsnelheid. Daaruit is afgeleid voor welke afstanden welke windsnelheden nog een te hoog speed deficit zou hebben. Bij die afstanden en windsnelheden is vervolgens bepaald welke windrichtingen dan een rol kunnen spelen. Afhankelijk van de toe te passen marge, of de gewenste eenvoud van de maatregel levert dat na integratie de verwachte aantallen helikopterbewegingen waarvoor een standstil van de turbine noodzakelijk zou zijn.

Uit de gegevens van de turbinefabrikant, de verwachte snelheden van de helikopters, de verwachte verval tijd van de turbulentie en een marge is de standstiltijd van de turbine bepaald (opbrengsten tijdens afremmen en opstarten zijn verwaarloosd). Vervolgens is gebruik gemaakt van de powercurve van de turbine om te bepalen hoeveel opbrengst verloren gaat bij een helikopterpassage bij een bepaalde windsterkte. Integratie over alle bewegingen geeft het verwachte vermogensverlies. Middels een aanname ten aanzien van de opbrengst per kWh is daaruit het verlies per jaar en per helikopterbeweging te bepalen voor de verschillende gedefinieerde maatregelen.

4.1 Geografische gegevensverwerking

De geografische gegevens zijn op een achtergrondkaart gezet. De 6 windturbines staan vrijwel parallel aan de aan- en uitvliegroute van en naar het oosten (figuur 2). Daar de turbines een rotordiameter van 117 meter krijgen is $5 \text{ RD} = 585 \text{ meter}$. Op de kaart is goed te zien dat de vliegroute alleen binnen 5RD van de eerste 4 turbines valt. Naar verwachting (indien de 5RD-regeling voldoende is) is voor de laatste 2 meest oostelijke turbines in ieder geval geen stilstandregeling noodzakelijk.



Figuur 2 Ligging turbines (rood) en hoogtevlakken/vliegroutes (in oranje-bruin). In de figuur zijn de 5RD-cirkels rond de turbines opgenomen (groen) en een hulplijn die de verlengde begrenzing van het hoogtevlak voor naderingen uit en starts naar het oosten.

Uit de geografische situatie wordt verwacht dat winden uit de noordelijke richtingen mogelijk problemen veroorzaken.

Vanuit een geografische weergave is het mogelijk om bij verschillende windrichtingen de afstand van de turbine tot de vliegroutes op te meten. Bij het opmeten is steeds rekening gehouden met de afmetingen van het zog. Voor het zog is aangenomen dat de vorm ervan een cilinder is met als cylinderas de as-hoogte van de turbine en als doorsnede de rotordiameter. Voor de afstand van turbine naar de route is steeds zo gecorrigeerd dat de cilinder het hoogtevlak nog juist raakt.

4.2 Weerregistratie gegevensverwerking

De weergegevens zijn van de KNMI-website gedownload (ref 7). We maken gebruik van de uurgegevens, voor de betreffende periode zijn meerdere bestanden nodig. De bestanden zijn samengevoegd, waarna de gegevens van 01-10-1991 tot en met 01-10-2016 zijn geselecteerd voor verdere verwerking.

De registraties zijn gebruikt om de windroos samen te stellen, zowel voor alle windsterktes als voor individuele windsterktes. De registraties zijn ook gebruikt om weergegevens te koppelen aan de helikopterregistraties (zie paragraaf 4.3).

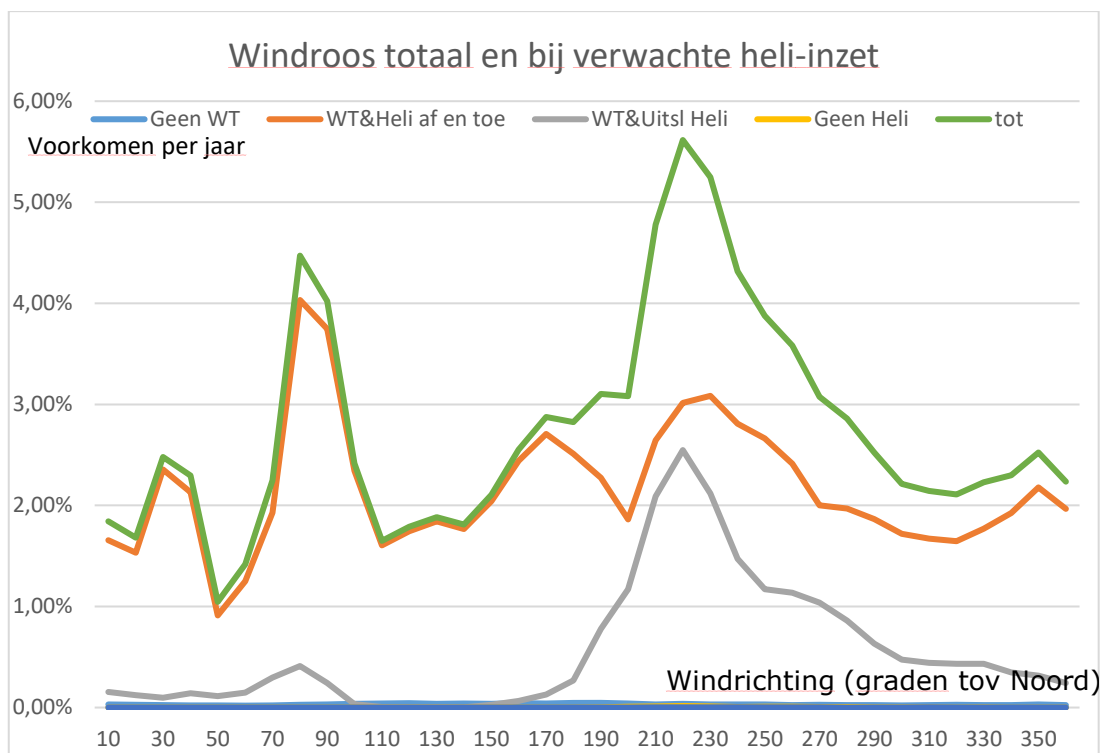
De gegevens zijn verwerkt in een pivottabel waarbij de windrichting tegen de windsnelheid is uitgezet, daarbij is het aantal uren bepaald dat het betreffende weerbeeld van toepassing was. De resulterende tabel is uitgezet in een pooldiagram, waarbij het relatief voorkomen van het weerbeeld is uitgezet naar de windrichting.



Figuur 3 Windroos. Het voorkomen van een windrichting als functie van de windrichting uitgezet in een pooldiagram. 0=360 graden is Noord.

De hoofdwindrichting is zuidwestelijk. Uit de geografische situatie kan verwacht worden dat winden uit de noordelijke richtingen mogelijk problemen veroorzaken. De windroosverdeling is gunstig voor de te verwachten impact van de windturbulentie op helikopterinzet, immers, het grootste deel van de tijd is de turbulentie bij deze windroos van de vliegroute af gericht.

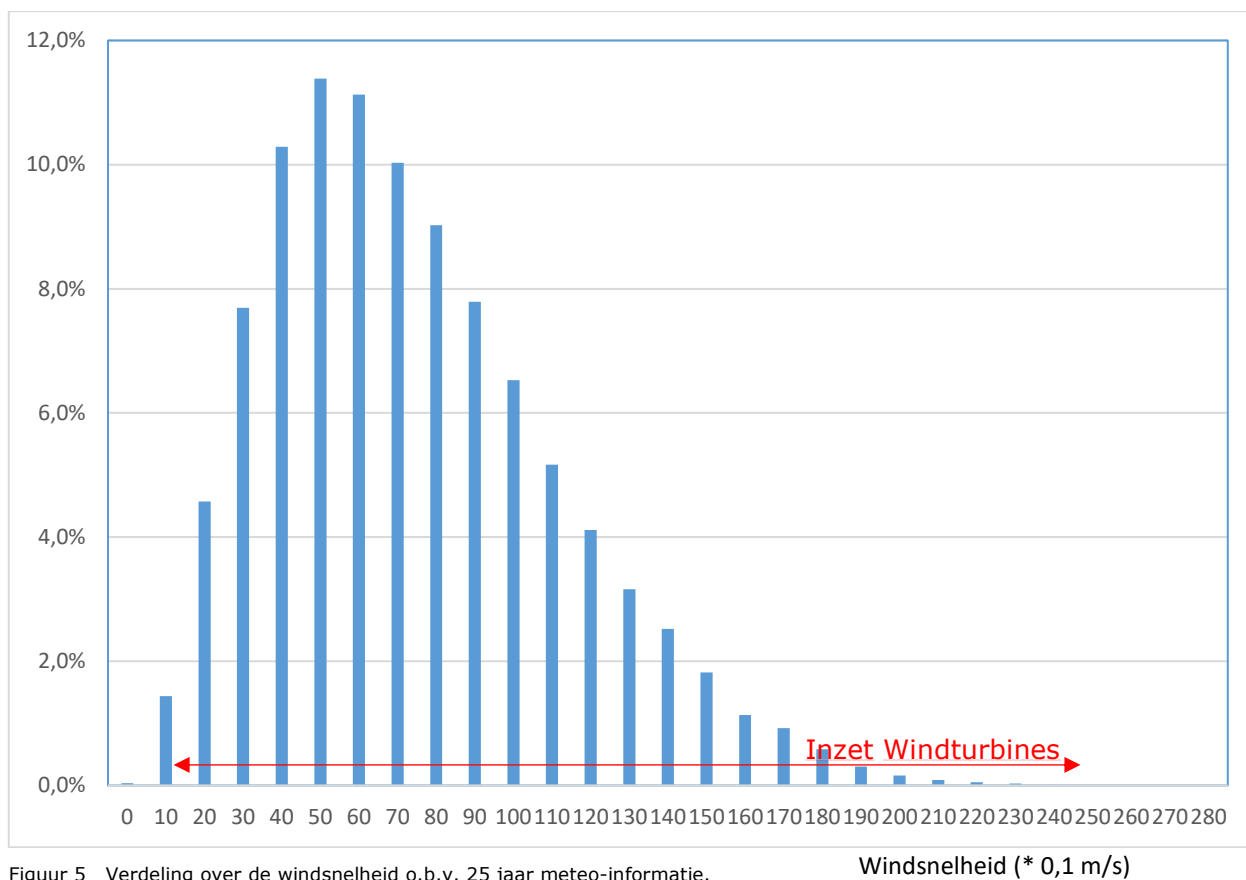
Dezelfde figuur, het voorkomen van een windrichting als functie van de windrichting, is ook in een klassieke xy-grafiek uitgezet, dit zowel voor alle windsnelheden in groen, als voor de windsnelheden waarbij heli-inzet voor de lange afstand gebruikelijk is (0-10 m/s) in oranje, als voor de windsnelheden waarbij alle loodsbewegingen die er zijn per helikopter gaan (meer dan 10 m/s) in grijs.



Figuur 4 Windroos van het voorkomen van een windrichting als functie van de windrichting. De groene grafiek geeft het voorkomen ongeacht de windsterkte (zie ook figuur 3). De oranje lijn geeft het voorkomen bij windsnelheden kleiner dan 10 m/s waarbij incidenteel helikopters worden ingezet. De grijze lijn geeft het voorkomen bij windsnelheden die zo groot zijn dat loodsbewegingen per helikopter moeten worden uitgevoerd. Blauw geeft de windrichtingen voor de windsnelheden waarbij helikopters niet kunnen vliegen en de turbine niet kan draaien.

Opvallend in de figuren is dat de windroosverdeling voor de windsnelheden boven de 10 m/s (grijs) anders verdeeld is dan die voor onder de 10 m/s (oranje). Als gevolg hiervan kan het verwacht worden dat het aantal heli-inzetten bij hoge windsnelheid voornamelijk bij winden uit een west-zuidwest-zuid richting plaatsvindt. Aangezien we kunnen verwachten dat voornamelijk winden uit meer noordelijke richting problemen kunnen opleveren, betekent dit dat het percentage loodsbewegingen waarvoor problemen zouden kunnen ontstaan wordt beperkt door de windrichtingverdeling.

Figuur 5 geeft een verdeling van de windsnelheden over 25 jaar. De windsnelheid van 5 m/s is de meest voorkomende. De windturbines draaien in het interval tussen 2 en 25 m/s, deze zijn dus vrijwel altijd inzetbaar. Boven de 10 m/s worden de loodsbewegingen altijd met de helikopter uitgevoerd, omdat dan de loodsboten niet meer voldoende veilig kunnen worden gebruikt. Uit de figuur blijkt dat het voorkomen van deze windomstandigheden snel afnemen boven de 10 m/s.



Figuur 5 Verdeling over de windsnelheid o.b.v. 25 jaar meteo-informatie.

4.3 Helikopterregistratie verwerking

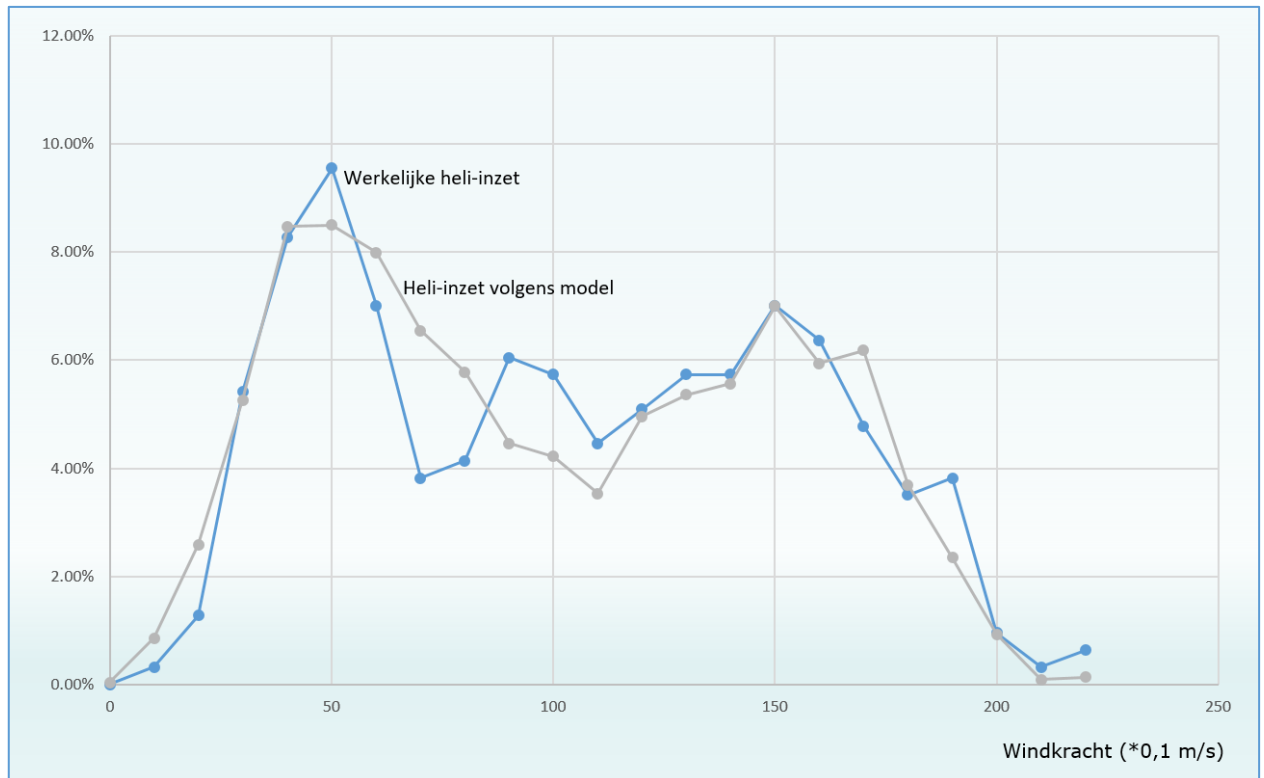
Figuur 6 geeft de aantallen helikopterbewegingen naar windsnelheid voor de laatste 2 jaar. Uit de figuur zijn de twee helikopterinzet bepalende elementen terug te herkennen. De helikopters die naar ver weg gelegen schepen vliegen, vliegen ongeacht de windsnelheid verdeeld over het jaar, dat geeft de piek bij 5 m/s. De inzet van helikopters bij hoge windsnelheid (boven de 10 m/s) wordt in toenemende mate bepaald door de windsnelheid, dat geeft een maximum in de helikopterinzet rond de 15 à 16 m/s, waarna dit weer sterk afneemt boven de 17 m/s omdat die omstandigheden weinig voorkomen. Het aantal loodsbewegingen neemt sterk af bij hoge windsterktes, daar dan de risico's toenemen om de schepen naar en uit de haven te manoeuvreren, er wordt dan gewacht op beter weer.



Figuur 6 Aantal helikopterbewegingen per windsnelheid (=windkracht) voor 2014-2016.

Een verdeling van helikopterinzet naar windrichting blijkt er, naar verwachting, niet te zijn. De inzet volgt de windroosverdeling.

Teneinde de verdeling van helikopterbewegingen naar windsnelheid te kunnen toepassen op het weer van de laatste 25 jaar is de functie gemodelleerd.



Figuur 7 Aantal helikopterbewegingen per windsnelheid (=windsnelheid) voor 2014-2016.

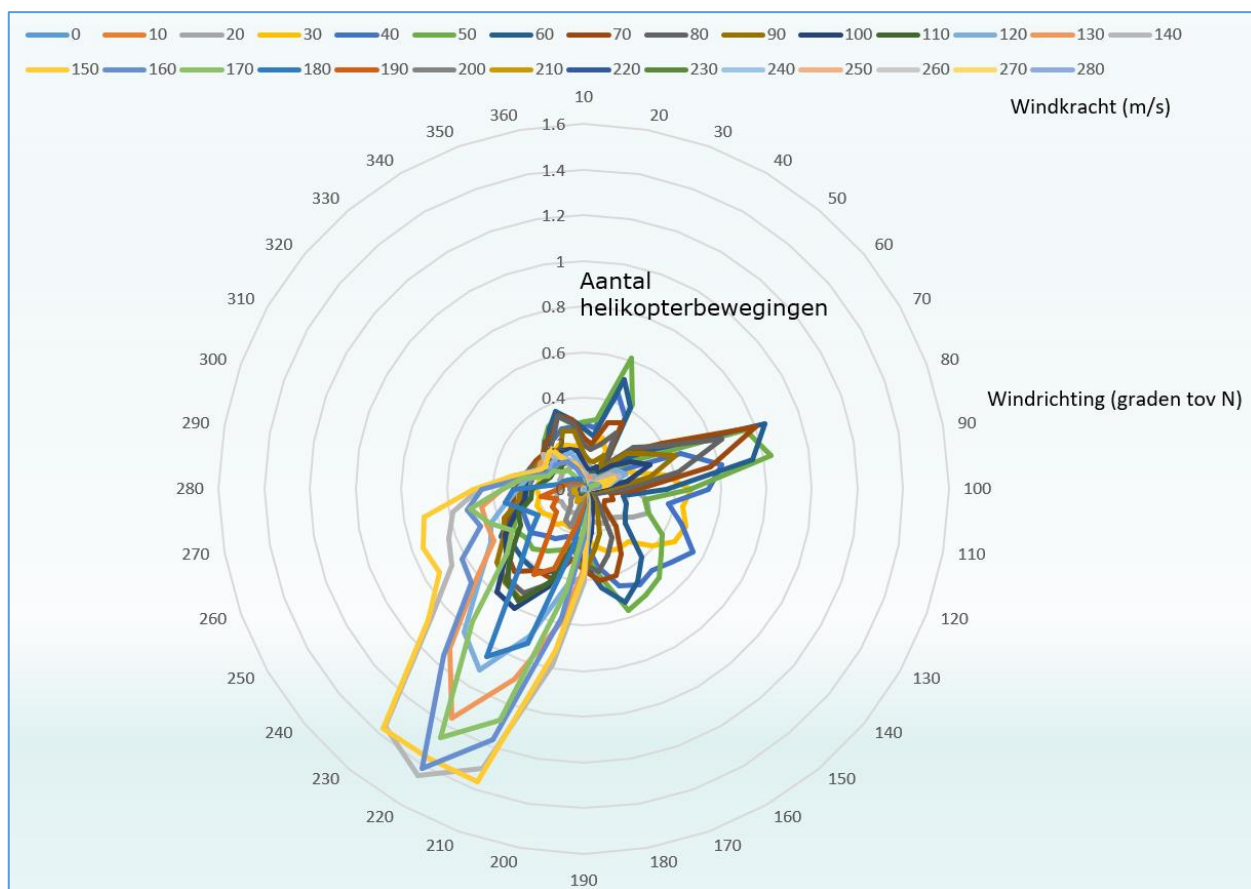
Figuur 7 laat de verdeling van de helikopterinzet zien naar windsnelheid over de laatste 2 jaar, uitgaande van de modelfunctie en uitgaande van de registraties.

Indien de helikopterinzet naar windrichting (gemiddelde over 25 jaar) wordt uitgezet in een pooldiagram ontstaat de helikopterinzetroos, zie figuur 8. Deze wijkt uiteraard af van de windroos, dat komt doordat de hogere windsterktes (meer dan 10 m/s) meer uit zuidwestelijke richting komen en doordat de inzet van helikopters voor circa 50% bij die hogere windsterktes plaatsvindt. De overige 50% van de helikopterinzet volgt de windroos. Per saldo betekent dit inderdaad dat, indien vluchten bij wind uit noordelijke richtingen mogelijk last hebben van turbulenties, dat deze dan minder vaak voorkomen dan de windroos suggereert. De helikopterinzetroos geeft het beeld voor helikopterinzet bij iedere windrichting.



Figuur 8 Helikopterinzetters. Aantal helikopterbewegingen per windrichting voor de periode 2014-2016.

Het is op dezelfde wijze mogelijk om de helikopterinzetters per windsnelheid te bepalen. Deze informatie hebben we in het vervolg nodig, omdat zal blijken dat de mogelijke hinder van turbulentie afhankelijk is van de combinatie windrichting en windsnelheid. Figuur 9 geeft een beeld van het betreffende resultaat.

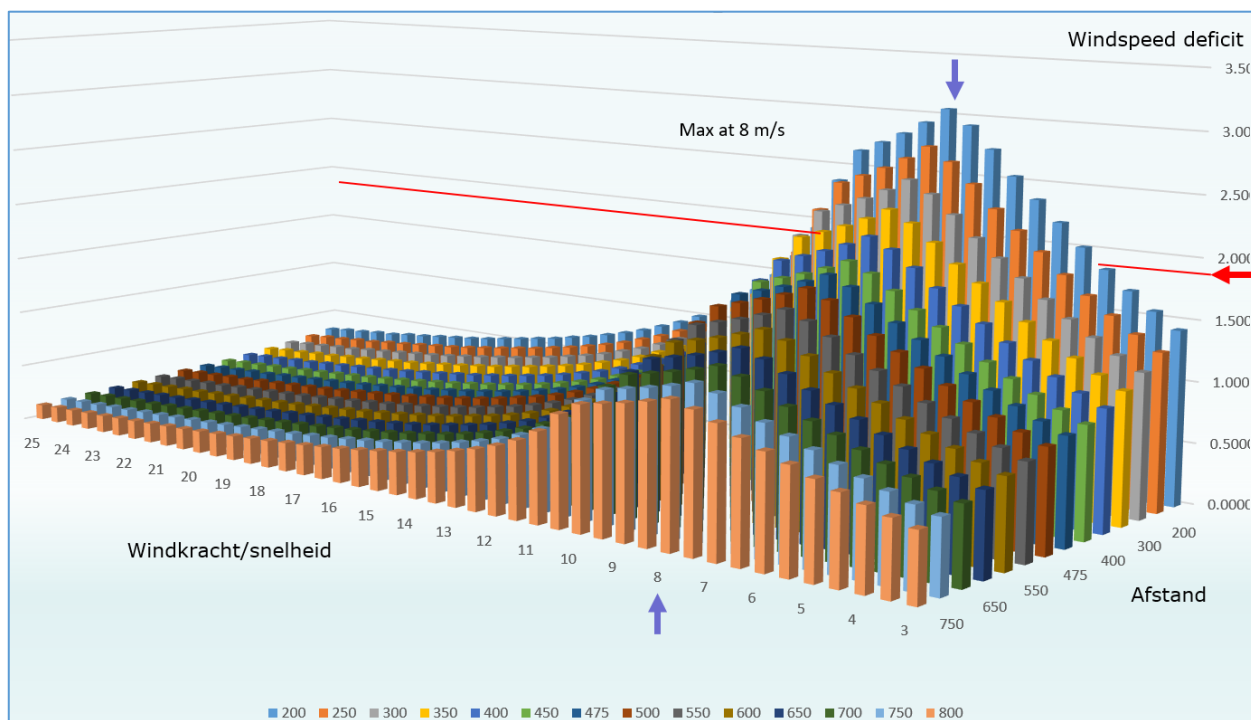


Figuur 9 Aantal helikopterbewegingen naar windrichting en per windsnelheid(=windkracht) voor de periode 2014-2016.

4.4 Windturbine gegevensverwerking

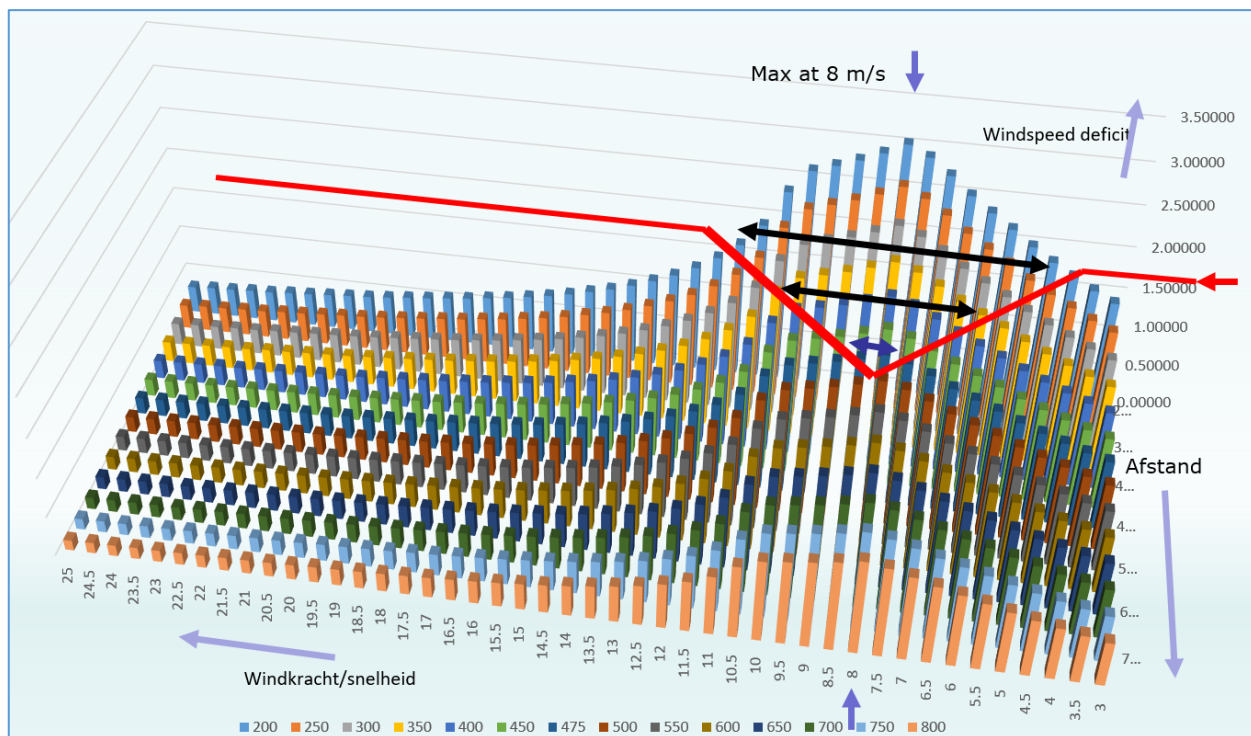
De windturbinegegevens bevatten de speed deficit voor de twee turbinetypen voor afstanden tot de turbine op as-hoogte (circa 120 meter voor de gewenste turbines) van 200 tot 800 meter met stappen van 50 meter voor de windsterktes van 3 tot 25 m/s. Voor andere hoogtes ligt de speed deficit lager. Deze gegevens zijn opgenomen in figuur 10.

De figuur geeft langs de y-as de afstand van de turbine in meters, langs de x-as de windsterkte in m/s en langs de z-as de speed deficit (op as-hoogte) in m/s. De speed deficit zou niet groter moeten worden dan 1,8 m/s om majeure effecten te vermijden. De figuur laat duidelijk zien dat de speed deficit afneemt als functie van de afstand tot de turbine. Wat de figuur ook laat zien is dat de speed deficit sterk afhankelijk is van de windsterkte.



Figuur 10 Snelheidsverschil (windspeed deficit) op as-hoogte achter een 3MW-windturbine als functie van de afstand en windsnelheid(=windkracht) (Bron: Nordex)

De rode lijn (vlak) in figuur 10 en figuur 11 geeft de grens weer tussen mineure en majeure effecten (1,8 m/s). De maximale waarden worden voor een windsnelheid van 8 m/s gevonden op alle afstanden achter de as van de turbine. Voor lage windsterktes en hoge windsterktes worden geen majeure effecten verwacht.



Figuur 11 Snelheidsverschil (windspeed deficit) op as-hoogte achter een 3MW-windturbine als functie van de afstand en windsnelheid (=windkracht) (Bron: Nordex)

Zwarte pijlen in figuur 11 geven de bandbreedte in windsnelheid weer waarvoor op een bepaalde afstand majeure effecten kunnen worden verwacht.

Voor lage windsterktes wordt geen impact verwacht evenals voor hoge windsterktes. Dat laatste is het gevolg van het terugregelen van het toerental van de turbine boven een windsnelheid van circa 8 m/s (3 MW), hierdoor neemt de speed deficit achter de turbine steeds verder af bij hogere windsterktes.

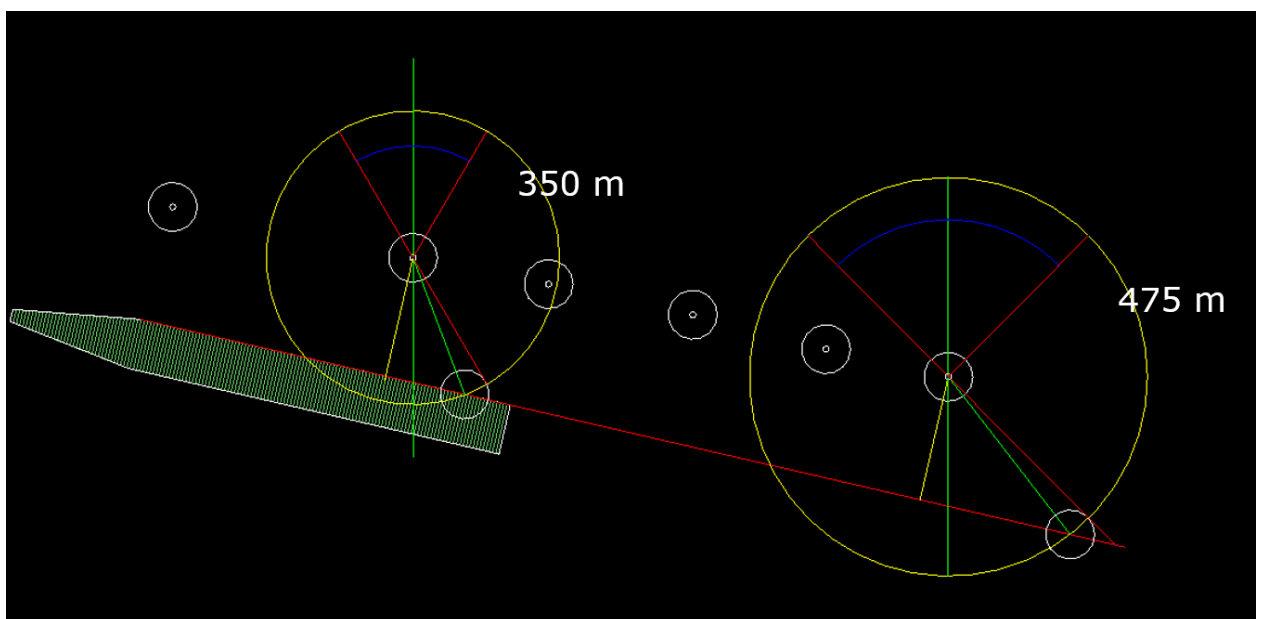
De maximumwaarde voor de 3 MW-turbine wordt gevonden voor 8,0 m/s (voor de 3,6 MW-turbine ligt deze iets hoger op 8,5 m/s). Voor deze maximumwaarde heeft de turbulentie impact tot op een afstand van circa 475 meter (voor 3,6 MW is die afstand circa 500 meter) achter de windturbine. Op kortere afstanden achter de turbine hebben meer windsnelheden potentieel impact op de helikopters die passeren. Of een bepaalde windsnelheid dus impact heeft op de helikopter die achter een turbine langs vliegt is afhankelijk van de afstand tot de turbine.

4.5 Verwerken geografische gegevens met de windrichting

De afstand van de turbine tot de vliegroute wordt behalve door de geografie ook bepaald door de windrichting. In sommige richtingen zal de turbulentie nooit de vliegroute raken, maar in andere windrichtingen wel, vanwege de korte afstand tussen turbine en vliegroute.

De afstand tot de turbine wordt bepaald door de geografische posities van de turbines en de ligging van de veiligheidsvlakken en daarmee vliegroute enerzijds en de windrichting anderzijds.

In figuur 12 wordt dat schematisch weergegeven voor 2 verschillende afstanden tot de turbine (de turbines staan vrijwel parallel aan de vliegroute). Voor een afstand van 350 meter zijn er duidelijk minder windrichtingen waarvoor de vliegroute binnen die afstand komt dan voor 475 meter. Echter voor de afstand van 350 meter zijn er meer windsterktes die een impact hebben, terwijl voor 475 meter afstand maar een klein aantal windsterktes impact heeft. Voor de 3 MW-turbine bijvoorbeeld heeft op 475 meter een windsnelheid van 8 m/s impact, maar daarbij hoort wel een groot aantal windrichtingen, op 350 meter heeft ook een windsnelheid van 6,5 m/s nog net impact, maar daarvoor geldt wel een heel beperkt windrichtingenbereik. Zo is voor iedere windsnelheid de afstand tot de turbine en daarmee het windrichtingenbereik waarvoor een impact kan worden verwacht verschillend.



Figuur 12 Schematisch overzicht van de ligging van de windturbines ten opzichte van de vliegroute.

De blauwe boog geeft het windrichtingenbereik aan dat een rol speelt. Binnen die windrichtingen dient de windsnelheid zo groot te zijn dat op de getekende afstand nog juist een impact op de helikopterpassage langs de vliegroute kan worden verwacht.

Praktisch betekent dit voor de standstilregeling: bij iedere windrichting hoort een minimale afstand tot de vliegroute en daarmee een windsterkte-interval (zwarte pijl in figuur 11) waarbinnen de turbulentie te sterk kan worden.

Voor iedere afstand in stappen van 50 meter is het windrichtingenbereik bepaald zodat de turbulentiecilinder nog juist raakt aan de veiligheidsvlakken. Vervolgens is voor iedere windsterkte de helikopterinzet roos geïntegreerd over de windrichtingen die impact hebben op de vliegroute. Dat levert de verwachte aantallen helikopterbewegingen die impact ondervinden van de windturbine turbulenties.

5 Resultaten

5.1 Maatregelmogelijkheden

Om de veiligheid van de helikopters zo goed mogelijk te waarborgen is het mogelijk om de turbines te stoppen gedurende de passage van een helikopter. Daarvoor zal een protocol worden ontwikkeld, zodat de turbines op verzoek op het juiste moment gestopt zijn. Belangrijk onderdeel daarin is het algoritme dat vaststelt of er sprake is van een verhoogd risico zodat gewenst is om de turbine te stoppen.

Het is de vraag in welke mate deze stops moeten plaatsvinden. Daarvoor stellen we voor om het hiervoor aangenomen, onderbouwde en toegepaste criterium van een maximale windsnelheidsverandering (speed deficit) van 1,8 m/s te gebruiken. Een overschrijding hiervan heeft potentieel een verstoring van de besturing tot gevolg hetgeen tot een aanzienlijke verzwaring van de werkbelasting voor de piloot aanleiding kan geven.

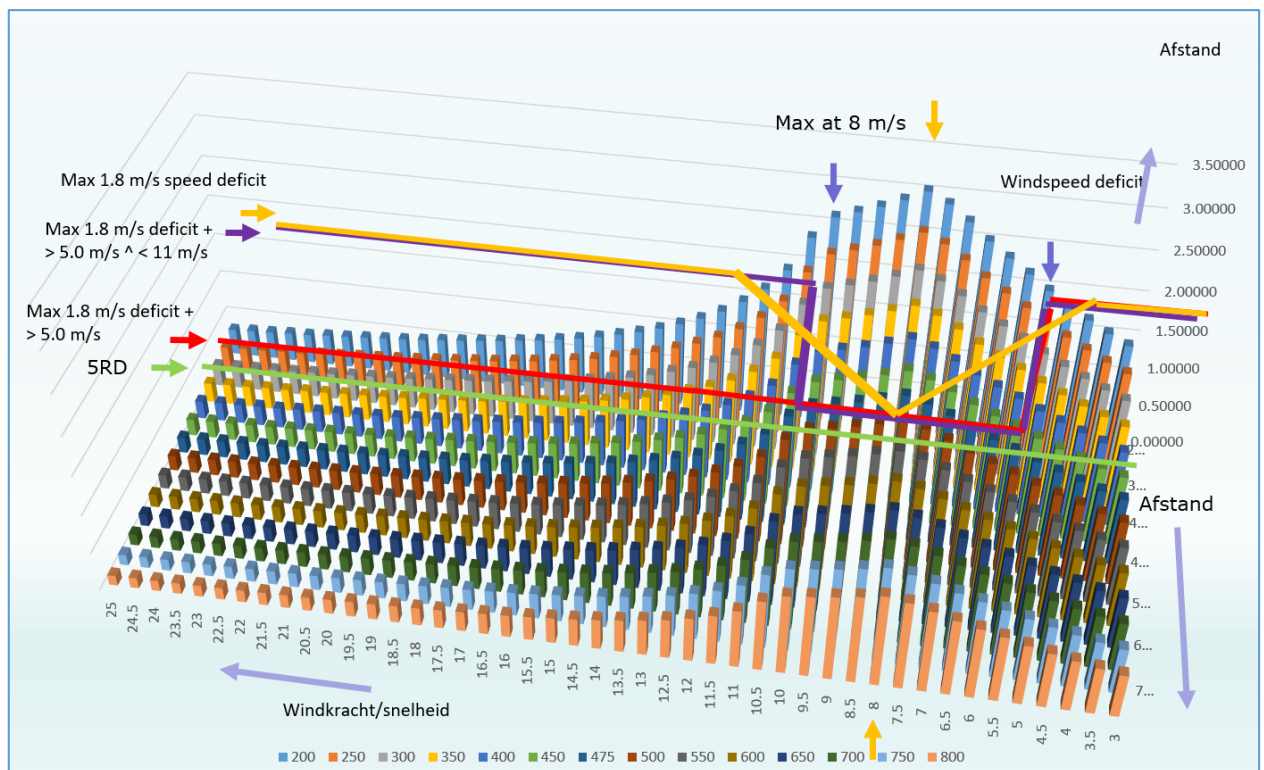
Enigszins onduidelijk blijft in welke mate dit voldoende is, of mogelijk te streng.

Indien de maximale speed deficit wordt toegepast, is het nog even de vraag hoe we die gaan toepassen. Het is prima mogelijk om de zeer gedetailleerde specificatie per windrichting en windsterkte te gebruiken, maar er kan ook voor wat vereenvoudigde versies worden gekozen.

In onderstaande figuur 13 zijn enkele mogelijkheden geschetst samen met het criterium 5 RD.

Varianten:

1. De max minor effect variant: bij iedere windrichting wordt gekeken op welke afstand de vliegroute ligt en of er windsterktes zijn waarvoor het speed deficit ter plaatse van de vliegroute boven de 1,8 m/s komt. Zo ja dan is een stop nodig bij de helikopterpassage.
2. Max minor met een compacte marge op de windsterkte. Er wordt vastgesteld wat de maximale afstand is waarbij nog een impact mogelijk is met het bijbehorende windroosinterval (voor een grote afstand is het windroosinterval groter). Er wordt vastgesteld welke minimale windsterkte nodig is om op de kortste afstand naar de route nog een impact te geven. Vervolgens wordt ook vastgesteld wat de maximale windsterkte is waarop nog problemen kunnen ontstaan voor de minimale afstand. Daarna wordt voor alle windomstandigheden die qua richting in het vastgestelde richtinginterval liggen en een windsterkte hebben tussen de vastgestelde minimale en maximale waarde de turbine gestopt bij een helikopterpassage.
3. Idem variant 2. Nu wordt de maximale windsterkte verwaarloosd, bij alle windsterktes boven de minimale waarde wordt de turbine stilgezet.
4. De 5RD-variant. Voor alle windrichtingen waarvoor de vliegroute binnen de afstand van 5 RD ligt wordt de turbine stilgezet.



Figuur 13 Het speed deficit voor een 3 MW-turbine op as-hoogte als functie van de afstand tot de turbine en de heersende windsterkte. Mogelijke maatregeldefinities op basis van het criterium dat een speed deficit van meer dan 1,8 m/s moet worden vermeden. Genoemde maatregelen zijn gespecificeerd in de paragraaftekst.

De varianten geven oplopend een strengere eis voor het stopzetten van de turbine en geven een idee van het aantal per jaar benodigde turbinestops.

Bij de berekening van het noodzakelijk aantal stops moet worden bedacht dat bij landingen uit het westen ook een stop noodzakelijk is omdat het in dat geval mogelijk is dat de helikopter een doorstart moet maken, langs de turbines in oostelijke richting. Uit de windroos en de ligging van de aan- en uitvliegroutes blijkt dat dit 31% van het totaal aantal landingen betreft.

Tabel 2 geeft een samenvatting van de per variant te verwachten aantallen stops, uitgaande van 157 helikoptervluchten per jaar. Middels de percentages is ook voor een toename in het aantal bewegingen te berekenen in hoeverre dat effect heeft op het benodigde aantal stops.

Tabel 2 Aantal stops per maatregel en per windturbine op basis van 157 helikoptervluchten per jaar.

Maatregel	3 MW-windturbine		3,6 MW-windturbine	
	Aantal stops	%	Aantal stops	%
5RD maatregel	46,2	29,5%	46,2	29,5%
Op basis turbinedata: Max minor impact	22,4	14,3%	23,3	14,8%
Op basis turbinedata: Max minor impact en compacte marge windsterkte	32,9	20,9%	29,0	18,5%
Op basis turbinedata: Max minor impact en ruime marge windsterkte	43,0	27,4%	36,8	23,4%

In de minst strenge variant is het aantal noodzakelijke stops circa 15% van het aantal vluchten. In de 5RD variant is het circa 30% van het aantal vluchten. De andere twee varianten scoren daartussenin. De variant 3 lijkt qua stopscore op de 5RD variant.

Voor de 3 MW-turbine beschikken we over de powercurve waarin de verwachte vermogensopbrengst is uitgezet naar de windsterkte. Indien we deze gegevens gebruiken voor stops (waarbij we rekening houden met de windsterkte die de stop noodzakelijk maakte) dan is het verwachte vermogensverlies door de stops te berekenen indien we weten hoe lang de turbine stil moet staan.

Als eerste inschatting is hiervoor een half uur per vlucht geschat, dat bevat de tijd om de turbine te stoppen (2 minuten), de tijd om weer op te starten (10 minuten), de tijd voor het wegebben van het turbine-effect (enkele minuten, grotendeels overlappend met de turbinstop), de tijd voor de passage van de helikopter (1-3 minuten voor de 1.500 meter langs de turbines met 30-90 km/h) en een marge.

Tabel 3 geeft een schatting van het mogelijke vermogensverlies. De niet met de windsterkte rekening houdende maatregel 5RD is het duurst, vooral omdat bij veel voorkomende geringe windsterktes wordt gestopt. Naarmate er meer rekening wordt gehouden met de windsterkte neemt het totale verlies af en het verlies per stop toe. Dat laatste weegt ruim op tegen de afname van het aantal stops.

Tabel 3 Schatting van het vermogensverlies voor een 3 MW-windturbine en 157 vluchten per jaar.

Maatregel	3 MW-windturbine		Vermogensverlies	
	Aantal stops	%	Kwh	Kwh/vlucht
5RD maatregel	46,2	29,5%	34.060	737
Op basis turbinedata: Max minor impact	22,4	14,3%	17.030	759
Op basis turbinedata: Max minor impact en compacte marge windsterkte	32,9	20,9%	23.580	717
Op basis turbinedata: Max minor impact en ruime marge windsterkte	43,0	27,4%	29.000	675

5.2 Operationeel

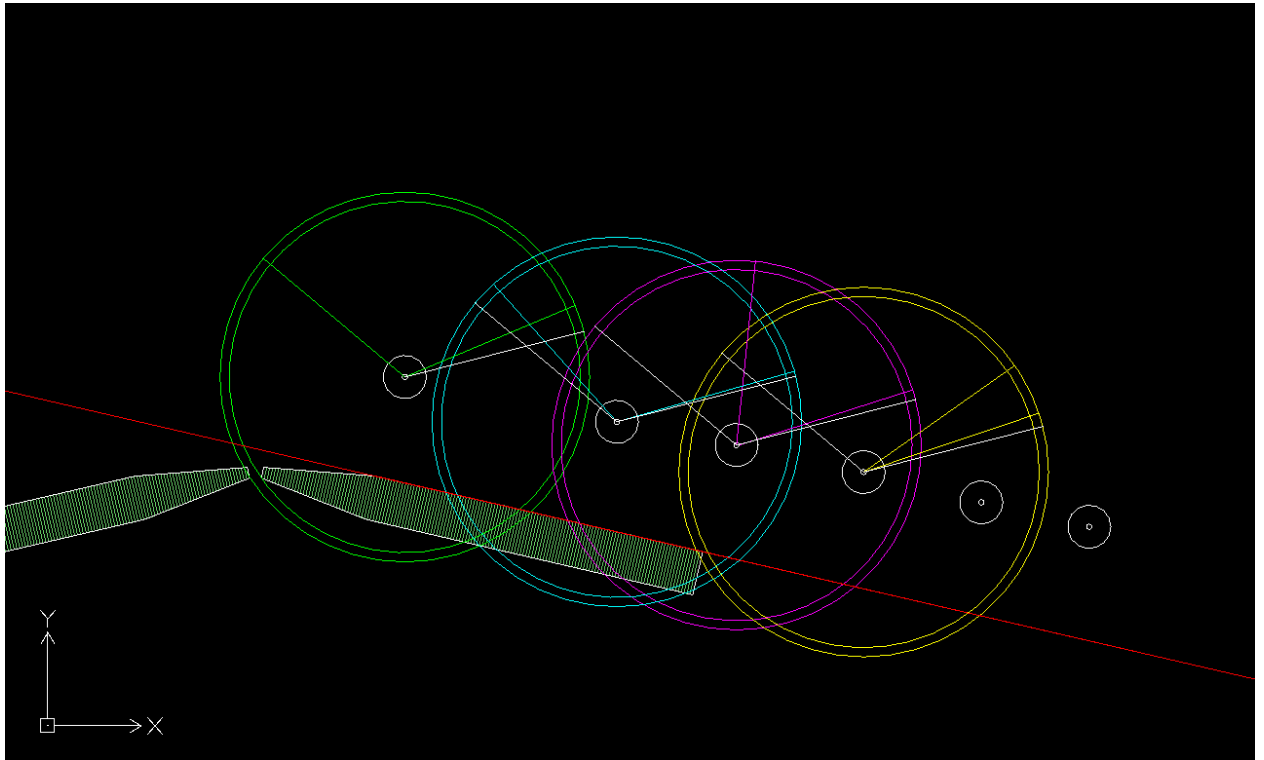
Het onderzoek is uitgevoerd op basis van registraties uit het verleden en verdelingen van verkeer en kansen. In de praktijk kan het echter zo zijn dat het net even anders uitpakt dan dat er op basis van de registraties en verdelingen verwacht zou worden. Daarnaast is het aantal stops berekend voor het geval de turbine effect heeft op de gehele helikopterpassage. In de praktijk ligt mogelijk een deel van de vliegroute te hoog of te laag of te ver om een stop noodzakelijk te maken. Om daar een inschatting van te maken zijn in de volgende paragrafen inschattingen gegeven van de situatie per windturbine, maar ook een inschatting van het effect van de wind in de praktijk.

5.2.1 Operationele praktijk: voor hoeveel turbines?

In de berekeningen wordt uitgegaan van een reeks turbines die op een vaste afstand van een oneindig doorlopende vliegroute staan. Er is geen rekening gehouden met de beperkte lengte van de hoogtevlakken en het iets schuin toelopen van de vlakken dicht bij het heli-platform.

Uit de windturbinedata en het wind speed deficit criterium van 1,8 m/s volgt dat de maximale afstand waarop turbulentie-effecten een rol spelen voor de beide bekeken turbines iets verschillen. Voor de 3 MW-turbine is deze 475 meter, voor de 3,6 MW-turbine 500 meter.

Met de posities van de turbines en de werkelijke ligging en vorm van het veiligheidsvlak zijn de windrichtingintervallen bepaald voor de cirkels met een straal van 500 meter (de worstcasesituatie, in figuur 14 zijn dit de grootste cirkels).



Figuur 14 Specifieke situatie windturbines en vliegroute voor Windpark Spuisluis.

De windrichtingintervallen worden gegeven door de gekleurde wigvormige lijnen vanuit de positie van de turbines. Het in de berekeningen toegepaste windrichtinginterval is middels een witte wig ook voor iedere turbine ingetekend. Dan blijkt dat voor de meest westelijke turbines het relevante windrichtinginterval (gekleurd) vrijwel identiek is aan de doorgekende uitgangspunten (wit). Voor de derde turbine geldt dat het windrichtinginterval ongeveer wordt gehalveerd (paars ten opzichte van wit), terwijl voor de vierde turbine nauwelijks een windrichtinginterval overblijft (geel ten opzichte van wit) waarvoor bij een relevant windsterkte-interval de turbine moet stoppen.

Hieruit volgt dat er valt te winnen als per turbine de hoeken voor de windrichtingintervallen worden vastgesteld waarvoor bij relevante windsterkte moet worden gestopt.

Een eenvoudige schatting stelt dat de winst dan voor de derde turbine 50% zal zijn, en voor de vierde turbine vrijwel 100%. Voor de eerste en tweede windturbine is het windrichtinginterval ongeveer gelijk aan het interval dat in de berekeningen al is meegenomen.

Indien ervoor wordt gekozen om de vier turbines op gelijke wijze aan te sturen, zal dat volgens de windrichtingintervallen moeten gebeuren die in het voorliggende onderzoek zijn gebruikt zodat alle gekleurde wiggen binnen de witte wiggen liggen.

Voor alle turbines kan een aparte tabel met windrichtingen en windsterkte-intervallen worden opgesteld, waarmee de impact van de helikopterbewegingen op het aantal stops voor de derde turbine

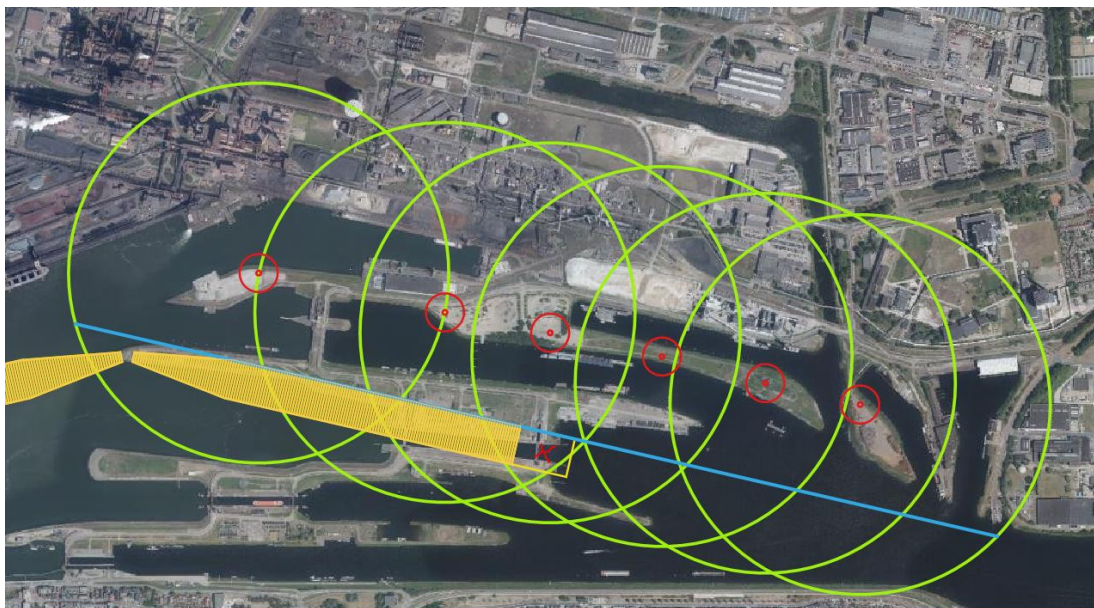
met orde 50% kan afnemen, terwijl naar verwachting de vierde turbine vrijwel nooit meer zal hoeven te stoppen.

In het geval er geen 3,6 MW-turbines worden geplaatst, maar 3 MW-turbines is de conclusie vrijwel identiek. De vierde turbine hoeft dan zeker niet te worden gestopt, aangezien de maximale impactafstand voor die turbine maar 475 meter is.

In het geval de 5 RD-methode toegepast zal worden, zullen de vier meest westelijke turbines geregeld gestopt moeten worden bij wind uit noordelijke richting. De windintervallen kunnen ook in dat geval voor de derde en vierde turbine wat worden beperkt. Voor de derde turbine eveneens met circa 50%, voor de vierde turbine zal het aantal stops hoger liggen.

De exacte tabellen met windrichtingen en windsnelheden zijn niet voor alle turbines in detail uitgewerkt. Naar verwachting draait de eerste turbine over enkele jaren. Het is mogelijk dat in de tussentijd nog aanpassingen aan de positie van de af- en aanvliegroutes noodzakelijk blijken, of dat de posities van de turbines toch nog worden aangepast, of dat de turbines van een iets ander type zullen zijn. Voor de onderlinge verschillen van de in dit rapport berekende effecten zal dat niet veel effect hebben, echter voor een optimale afregeling van de standstilregeling is dit wel van belang. Zodra de exacte posities en typespecificaties bekend zijn kan voor iedere turbine een optimaal standstilcriterium (combinaties van windrichting en windsnelheid) worden vastgelegd aan de hand van de speed deficit criteria die in het stopprotocol de toestanden groen (veilig), oranje (zekerheidsgebied) rood (niet veilig) aangeven. Daarbij zal in ieder geval de speed deficit van 1,8 m/s de overgang van oranje naar rood aangeven (zie ook Bijlage A voor stopprotocol).

Aan het einde van het hoogtevlak is de vlieghoogte minimaal 157 meter, in de voorgaande berekeningen is aangenomen dat het toestel dan hoog genoeg is om buiten de turbulentie-invloed van de turbines te zijn. In de praktijk zullen helikopters op 157 meter al wegdraaien. Het toestel is dan flink boven de ashoogte (117 meter), de speed deficit op deze hoogte zal flink lager zijn dan die op ashoogte. Het hoogste turbinepunt, de tiphoogte (ashoogte plus een halve rotordiameter), is 178,5 meter. Indien we de worst case speed deficit (gevonden op ashoogte) zouden willen doortrekken tot tiphoogte dan moeten we het hoogtevlak doortrekken tot de laatste hoogte. Het effect hiervan is dat voor de speed deficitberekeningen het vlak 172 meter langer wordt (zie figuur 15). Het verlengde hoogtevlak ligt dan verder in de afstandcirkels (ook de 5 RD-cirkels) van de tweede, derde en vierde turbine, waardoor de marges (de gekleurde wiggen) voor de derde en vierde turbine zullen toenemen ten opzichte van de getekende in figuur 14. Bij het definitief opstellen van de begrenzingen voor de oranje en rode scenario's voor de turbines (zie Bijlage A) zal bekeken worden of aanvullende informatie beschikbaar is en of deze verlenging in de definitie van de begrenzingen wordt meegenomen. Of deze verlenging van de hoogtevlakken nodig is voor de definitie van de rode en oranje scenario's zal vervolgens gedurende de evaluatie van het stop protocol een aandachtspunt zijn.



Figuur 15 Indien we niet uitgaan van de standaard veiligheidsvlakken maar deze doortrekken tot een hoogte van 178,2 meter.

5.2.2 Operationele praktijk: de echte wind

In de voorgaande theoretische beschouwingen is de wind een constante en de windrichting eveneens. De wind is echter niet constant en varieert soms sterk in kracht en richting. Moeten we daarmee rekening houden in het stilzetprotocol, en zo ja hoe?

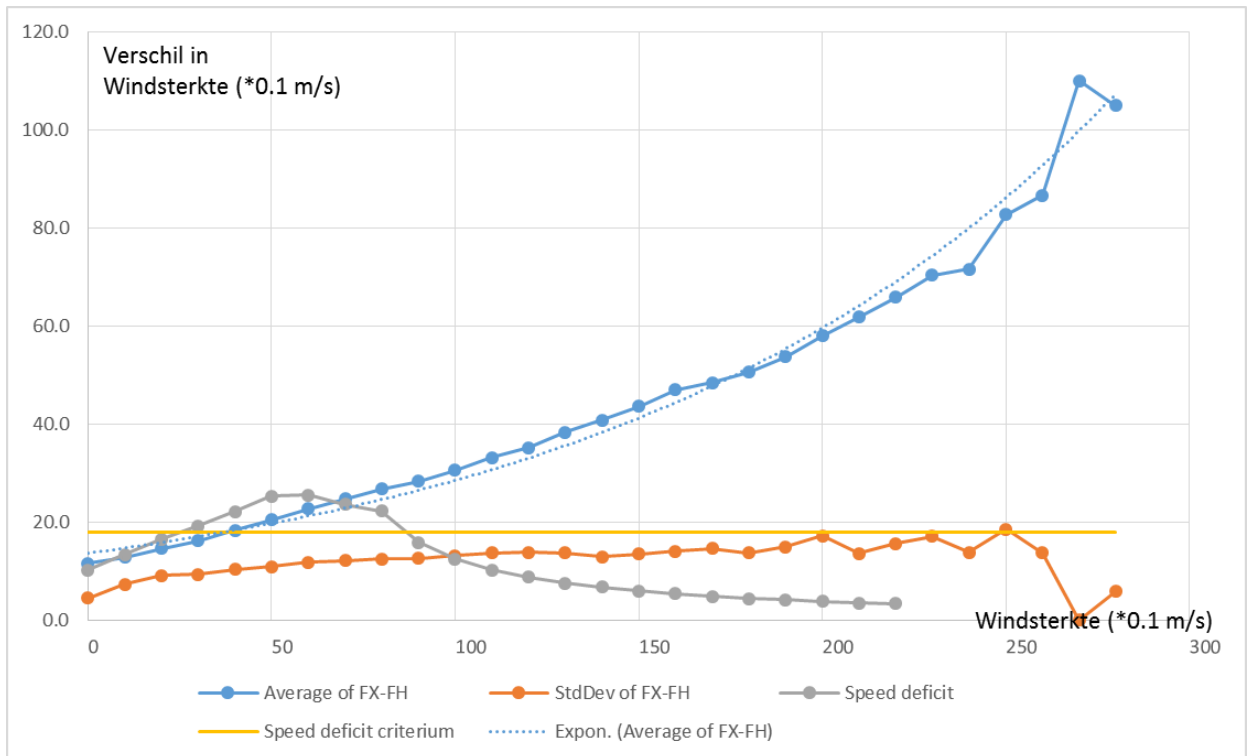
Er zijn altijd windvlagen, en die nemen flink toe met de heersende windsterkte. Ter illustratie hiervan is dat voor de afgelopen 25 jaar in figuur 16 gezet. Daarin staan de maximale windsterktes gedurende een uur als verschil met de uurgemiddelde windsterkte, uitgezet tegen die uurgemiddelde windsterkte. Er is altijd sprake van windvlagen, ieder uur en hierop wordt dan ook geanticipeerd in de vluchtvoorbereiding.

De impact van die vlagen op de turbulentie door de turbine zal waarschijnlijk zeer beperkt zijn, doordat de windsterkteveranderingen worden gedempt door de turbine. Voor de hogere windsterktes zijn de windsterktes van de vlagen al snel veel hoger dan de te verwachten windsterkteverandering veroorzaakt door de turbine.

Middels het criterium 1,8 m/s zal de windsnelheidsverandering door de turbine vanaf windsterktes van 2,5 m/s kleiner zijn dan de maximale windvlagen die bij een willekeurige gemiddelde windsterkte mogen worden verwacht. Voor deze lage windsterktes is de speed deficit in de praktijk voor de beschouwde twee turbines altijd lager dan 1,8 m/s.

Het totaaleffect van snelheidsveranderingen door de turbine en door windvlagen is lastiger in te schatten. In het algemeen zullen de veranderingen in ruwweg dezelfde richting plaatsvinden, maar mogelijk wel met een onderlinge vertraging. In hoeverre de snelheidsveranderingen elkaar kunnen versterken of juist verzwakken is niet te voorspellen.

Indien ervoor wordt gezorgd dat de speed deficit onder de 1,8 m/s blijft, zal naar verwachting de impact van de vlagen zelf op helikopters voor lage windsterktes vergelijkbaar zijn met de impact op helikopters door de turbulentie achter de turbine voor de twee beschouwde turbines. Vanaf circa 10 m/s is de impact van vlagen ruim 2x zo groot als die van de beschouwde windturbines. Dat loopt snel verder op doordat de speed deficits afnemen en de windvraagsterktes sterk toenemen.



Figuur 16 Waargenomen maximale windsterkte gedurende het waarnemingsuur van de gemiddelde windsterkte minus de gemiddelde windsterkte (uurwaarde) en de standaarddeviatie in de waargenomen verschillen (laatste 25 jaar). Daarnaast is de worst case speed deficit ingetekend voor de 3,6 MW-turbine en het 1,8 m/s speed deficit criterium.

6 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van het 1,8 m/s speed deficit criterium en de gegevens van turbinefabrikanten is het mogelijk om per turbine en turbintype een standstiltabel te maken die aangeeft bij welke combinaties van windrichting en windsterkte een turbine moet worden stilgezet.

Op basis hiervan is het naar verwachting mogelijk om het aantal noodzakelijke stand-stils ten opzichte van het 5RD-criterium te halveren.

Er zijn geen goede redenen te noemen om het 1,8 m/s criterium niet zo exact mogelijk te volgen, (dus om niet de andere doorgerkende varianten toe te passen) maar aangezien de waarde 1,8 m/s in het 1,8 m/s criterium maar beperkt is onderbouwd moet het voorzichtig worden gehanteerd. Het is van belang om al bij een lagere waarden een waarschuwing te geven. Tevens verdient het aanbeveling om de standstil zo in te richten dat indien ervaringen leren dat bij lagere waarden, lees meer windrichtingen en windsterktes een standstil gewenst is, het standstiltool dat kan ondersteunen.

In Bijlage A is dit standstiltool verder uitgewerkt voor het 1,8 m/s criterium, waarbij een waarschuwingmarge van 0,2 m/s is gehanteerd. Indien de speed deficit boven de 1,6 m/s komt wordt een waarschuwing gegenereerd, boven de 1,8 moet de turbine zeker worden stilgezet.

Naast de standstiltabel (een grafisch voorbeeld ervan is opgenomen in Bijlage A) zal een standstil protocol nodig zijn teneinde verantwoordelijkheden af te stemmen.

Het wordt aanbevolen om een monitoring op te zetten met de helikopteroperator teneinde gedurende langere tijd te volgen wat de werkelijke impact van de turbines op de helikopters is. Waarschijnlijk kan daarvoor informatie uit de helikoptervluchtregistratie worden gebruikt en beschikt de turbinefabrikant over de benodigde gedetailleerde windrichting en windsterktegegevens. Daarmee kan wellicht na verloop van tijd worden bekeken of de regelingen van een standstilprotocol voldoende zijn, of moeten worden bijgesteld. Het is ook goed mogelijk dat wordt geconstateerd dat de maatregelen veel te ver gaan en dat een aanpassing mogelijk is. Op basis hiervan kan in de toekomst een betere risico-inschatting worden opgesteld, niet alleen bij helikopter start- en landingsplaatsen in de buurt van windturbines maar ook voor andere helikopteroperaties rond windturbines.

7 Leemte in kennis

Hoewel er de nodige indicaties zijn dat het speed deficit criterium van 1,8 m/s een goede beschrijving is voor de overgang tussen mineure impact en majeure mogelijke impacts ten gevolge van windturbine turbulentie, is hiervoor nog geen diepgaand onderzoek uitgevoerd. Nadere onderzoeken op dit terrein worden geadviseerd.

Naast dit criterium is er een verschil tussen de uitgevoerde onderzoeken naar de effecten bij stabiele windsterktes en de praktijk waarin continu windvlagen voorkomen. In welke mate turbulenties door windturbines bijdragen aan de natuurlijke variatie in windsnelheden is daarbij mogelijk zeer relevant.

8 Referenties

1. [https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2016/11/15/informatiebladen-windturbines-over-markering-en-obstakellichten-op-windmolens-in-verband-met-luchtvaartveiligheid-\(mede-voor-helikopters\)](https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2016/11/15/informatiebladen-windturbines-over-markering-en-obstakellichten-op-windmolens-in-verband-met-luchtvaartveiligheid-(mede-voor-helikopters)).
2. ICAO Annex 14. Volume 2 (Heliports) 4th edition 2013.
3. LUCHTHAVENBESLUIT HELIPORT EEMSHAVEN, Provincie Groningen, 6 juli 2016, Zaaknr.: 636159
4. NOTA ZIENSWIJZEN EN REACTIES Verordening Luchthavenbesluit heliport Eemshaven Behoort bij het besluit van provinciale staten van Groningen d.d. 6 juli 2016, Zaaknr.: 636159 Corr. nr.: 2016-32734
5. Criteria for obstacle induced wind disturbance at Amsterdam Airport Schiphol. AMOFSG/9-SN No.25, Montreal 26-30 sep 2011. Presented by Jan Sondij.
6. Wind turbines near airports. P.J. van der Geest NLR-ATSI.
7. KNMI data. www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/uurgegevens, meetpost 225, IJmuiden.
8. Offshore windturbinezog en veilige helikopteroperaties. NLR-CR-2016-266. November 2016. R.J.J. Bakker.
9. Nordex turbine data. http://www.thewindpower.net/turbine_en_614_nordex_3000.php.

Bijlage A Stopprotocol

Voorstel voor de buitenwerkingstelling van windturbines voor startende en landende helikoptervluchten op de helikopterstart- en landingsplaats van het Loodswezen te IJmuiden.

Overeenkomst

Er zal een overeenkomst worden opgesteld waarin de werking van het product om de windturbines te stoppen en de procedures in detail worden afgestemd.

Onderstaand worden de onderdelen aangevoerd die in de overeenkomst worden opgenomen en die waar nodig nog verder worden uitgewerkt.

Het Loodswezen zorgt ervoor dat in het doorlopen van de start- en landingsprocedure van de helikopters de juiste stappen worden doorlopen en de stopknop op het juiste moment wordt ingedrukt. Met Eneco zal geëvalueerd worden of alles loopt zoals het moet lopen. In het begin vraagt dit extra aandacht van partijen.

Na verloop van tijd kan bekeken worden of alle parameters in de praktijk juist blijken te zijn en of het nodig is om zaken aan te passen. De eisen kunnen zwaarder of lichter worden.

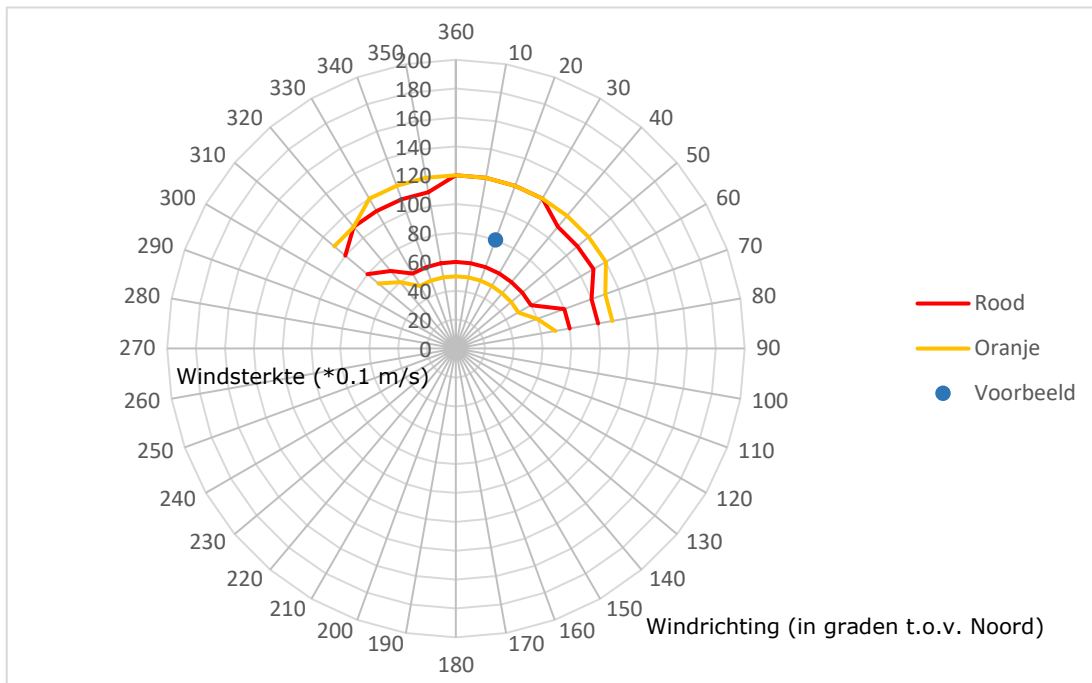
Techniek

In de windbranche is ruime ervaring met het stopzetten van windturbines, zodat bijvoorbeeld gevaarlijke situaties voorkomen worden. Aanleidingen voor het moeten stopzetten zijn verschillend, bijvoorbeeld in verband met de vorming en afworp van ijs op een windturbine of in verband met de slagschaduw op het huis van een bewoner, of om de geluidsbelasting te reduceren. De techniek kan ook voor het veilig laten passeren van helikopters toegepast worden. Het bedrijf Topwind heeft een methode ontwikkeld om in te kunnen grijpen. Het huidige systeem kan aangepast worden aan de gewenste situatie in IJmuiden. Het proces bestaat uit vier stappen.

Meten: 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.

Marges: Op basis van de onderzoeksresultaten van Adecs Airinfra is bekend in welke omstandigheden er een gevaarlijke situatie ontstaat. In het groene scenario is er geen gevaar, de windrichting en windsterkte zijn buiten het gevaarlijke interval. In het oranje scenario is er officieel nog geen gevaar. We hebben dit scenario ingericht om veiligheidsmarges in te bouwen. De veiligheidsmarge gaat in bij een speed deficit van 1,6 m/s (er is gekozen voor 1,8 m/s – 10%, dit kan naar aanleiding van ervaringen worden aangepast). In het rode scenario is er teveel kans op turbulentie. Dit geldt momenteel voor een speed deficit van 1,8 m/s.

De intervallen en marges zijn weergegeven in het onderstaande pooldiagram.



Figuur 17 Veiligheidsintervallen ten behoeve van windturbinebesturing. Geoptimaliseerd voor 3,6 MW-turbine op 300 meter terzijde van vliegroute helikopters. Rood scenario: speed deficit meer dan 1,8 m/s, oranje scenario speed deficit tussen 1,6 en 1,8 m/s. Daarbuiten groen scenario.

Bij iedere windrichting en windsterkte hoort een punt in de figuur. Bijvoorbeeld de blauwe stip geeft de situatie dat de windsterkte 8 m/s is en de windrichting 20 graden. Indien de stip zich in het gebied tussen de twee oranje lijnen bevindt is de speed deficit groter dan 1,6, dan is minimaal het oranje scenario van toepassing. Indien de stip ook in het gebied tussen de twee rode lijnen zit (zoals hier het geval is) dan is de wind deficit groter dan 1,8 m/s en is het scenario rood van toepassing.

Dit diagram behoort bij een turbine van 3,6 MW voor de 2^e turbine gezien vanuit het westen (per turbinetype en positie is het oranje en rode scenariogebied anders. Voor deze positie en dit turbinetype wordt voor de in dit rapport bekeken situatie en typen de worst case gevonden. Voor de andere turbines kunnen kleinere rode en oranje gebieden worden toegepast.

Alle turbines die invloed kunnen hebben op de vliegveiligheid worden apart gemonitord. In een rode en oranje situatie kunnen de helikopterpiloten of het Loodswezen de stopknop indrukken.

Melding: Het systeem kan eventueel zo worden ingericht dat het Loodswezen een melding krijgt zodra er een oranje of rode situatie ontstaat of wanneer de risico's weer afnemen en we in een groen scenario terecht komen. Dit kan per email of sms doorgegeven worden.

Monitoren: middels het dashboard van de app of website kunnen de helikopterpiloten en het Loodswezen zien wat de werkomstandigheden zijn. Op het dashboard is onder andere zichtbaar welk scenario van kracht is.

Werking

Er wordt een app gebouwd of een website gereed gemaakt. De eerste drie à vier windturbines (vanaf het westen) worden waarschijnlijk meegenomen in de montering (het exacte aantal hangt samen met type, positie van de turbines en ligging van de hoogtevlakken bij ingebruikname turbines). Het Loodswezen en de piloot kunnen via de computer, een tablet of een telefoon het dashboard bekijken en de daaraan gekoppelde stopknop bedienen. Zodra er een oranje of rood scenario in werking is getreden kan het Loodswezen of de helikopterpiloot door middel van een stopknop de windturbines die de verstoring veroorzaken buiten bedrijf stellen.

Bij het indrukken van deze stopknop zal er gelijktijdig een timer starten voor de tijd die nodig is om de turbines te passeren. De tijdsperiode zal eerst in de praktijk worden getimed en daarna aan ervaringen getuned. De turbines zullen na het bereiken van de timerperiode automatisch worden vrijgegeven waarna de turbines weer opstarten. Voor het Loodswezen en de helikopterpiloot is het mogelijk om ze te 'snoozen', waardoor de timer opnieuw gaat lopen.

Het Loodswezen krijgt permanent de beschikking over de volgende statusmeldingen via het dashboard:

- › Bedrijfsstatus: "turbines in bedrijf"
- › Bedrijfsstatus: "turbines buiten bedrijf door timer"
- › Timer: "aflopende timer status in minuten"
- › Wind: "windrichting"
- › Wind: "windsnelheid"

Faalkansen

Er zijn diverse scenario's te bedenken waarin de stopknop niet te bedienen is, daarvoor moet het systeem fail safe zijn:

- › De website/app werkt niet: bij een start of landing kan gebeld worden met het bedrijfsvoeringcentrum van Eneco. Zij zijn 24/7 bereikbaar en kunnen de windturbines op afstand uitschakelen en inschakelen.
- › De sensoren die de windsnelheid en -richting meten zijn stuk: deze sensoren zijn zo essentieel voor de goede werking van de windturbine, dat de windturbine stil gezet wordt zodra er een signaal ontbreekt. Monteurs zullen de sensoren vervangen en testen voordat deze windturbine weer in gebruik wordt genomen.
- › Er is geen communicatie tussen de piloot en het Loodswezen: er mag niet gevlogen worden.
- › Er komt een onverwachte vlucht die niet in de planning is opgenomen: indien dit voorkomt, bijvoorbeeld omdat er een noodstop gemaakt moet worden, is dat minimaal twee minuten van tevoren bekend bij het Loodswezen.

Planning

Het exacte type windturbine is bekend na het doorlopen van een aanbesteding. Rond de zomer/het najaar 2018 is bekend welk model gebouwd wordt. De exacte stoptijden en opstarttijden en de exacte windrichting/windsnelheid stilstandtabellen kunnen dan worden vastgesteld.

In de komende jaren zal aanvullende informatie uit onderzoeken beschikbaar komen die gebruikt kan worden om de definitieve tabellen vast te stellen. Naar verwachting zal meer onderzoek naar windturbineturbulentierisico's beschikbaar komen. Ook kan een beslissing genomen worden over de manier waarop de hoogtevlakken worden gebruikt voor het opstellen van de tabellen (zie ook 5.2.1).

De komende twee jaar zullen er verbeteringen plaatsvinden in de techniek en de software. Gedacht wordt verder dat de windturbines in de oranje en rode scenario's automatisch stilgezet kunnen worden indien een helikopter de 2-minutenzone in vliegt. Aangezien er straks trackers op de helikopters aanwezig zijn, is dit technisch wellicht ook haalbaar.

Mogelijk kan dit worden gecombineerd met een automatisch vluchtregistratiesysteem, zodat vluchttuitvoering, vluchtgegevens en de bijbehorende wind- en turbinedata kunnen worden geregistreerd. Ook dit zal altijd veilig moeten werken.

Bijlage B Stop protocol

Proposal for the protocol used to stop the wind turbines for helicopters departing from and/or arriving at the helispot used by the Loodswezen in IJmuiden, the Netherlands.

Agreement

An agreement shall be drafted describing in detail the procedures and the product needed to stop the wind turbines.

In the following text issues are mentioned that need to be included in the agreement and that need further detailing.

Additional steps in the departure and arrival procedure of the helicopters at the helispot will have to be made and in the right order and at the right moments. The Loodswezen will take care for this.

The Loodswezen shall evaluate the protocol with Eneco. Especially in the startup period this will ask for attention by both parties.

After some introduction periods the protocol will be reviewed to see if all parameters are correct. If necessary, these can be adapted. This might mean that the criterion can be decreased or must be increased.

Technology

In wind turbine industry, there is a lot of experience with turbine steering. Turbines can for example be stopped to avoid potentially dangerous situations such as icing, to avoid shadows on houses or to avoid noise loads. This technique can also be used to offer safe passage for helicopters. The company Topwind developed such a turbine steering system. The system can be adapted for the requirements at IJmuiden. The steering has four steps:

Measuring: With help of sensors on the wind turbines the wind speed (average value over a period of some minutes) and the wind direction can be measured.

Margins: Based on the research of Adecs Airinfra it is known for what circumstances a potentially dangerous situation could arise. In the green scenario, there is no danger. In the red scenario, there is a potential danger. Officially there is no danger in the orange scenario, but we adopted some margins around the dangerous circumstances to warn users.

The safety margin starts at a speed deficit of 1.6 m/s (we choose for 1.8 m/s – 10 %, this criterion can be adapted, based on experiences or new insights in the coming years).

The dangerous interval and safety margins are shown in the diagram in figure 18.

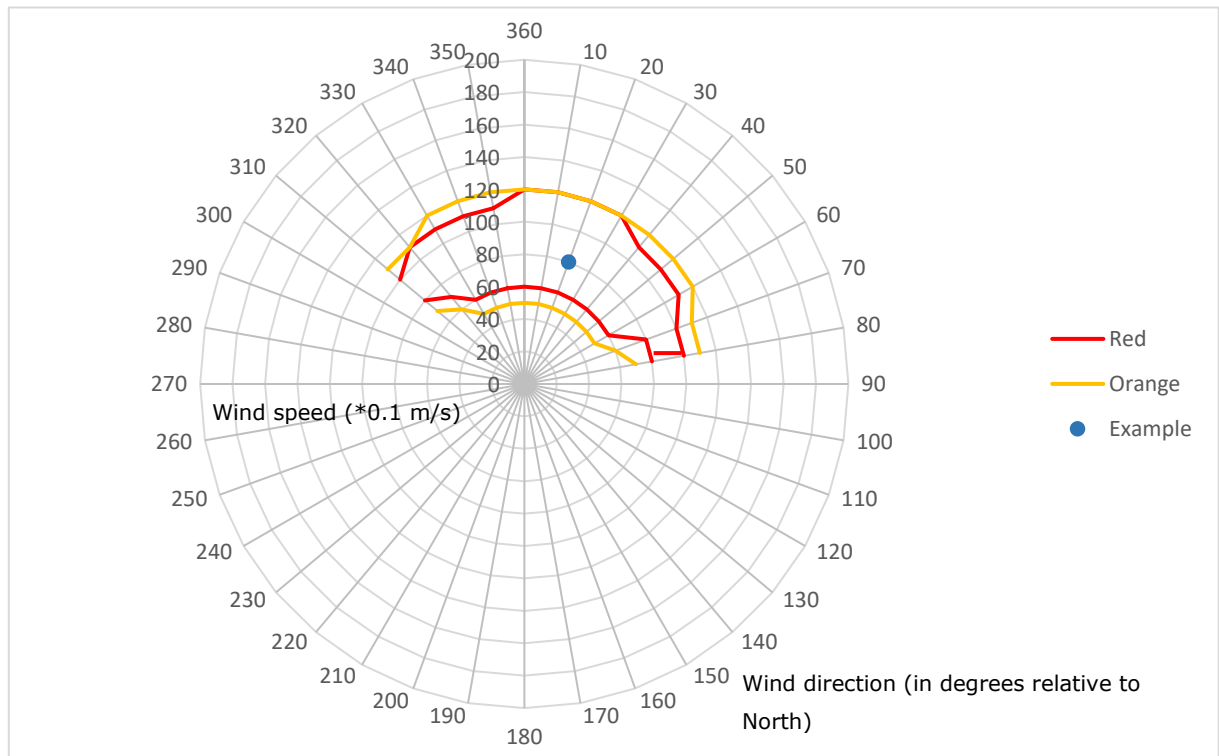


Figure 18 Safety areas for turbine steering. Diagram is optimized for 3.6 MW-turbine 300 m from the helicopter flight route. Red scenario: speed deficit is more than 1.8 m/s. Orange scenario: speed deficit between 1.6 and 1.8 m/s.

For each wind direction and wind speed there is a point in the diagram. The blue dot for example stands for a wind speed of 8 m/s and a wind direction of 30 degrees (from North). If the dot is in between the orange lines, then the speed deficit is larger than 1.6 m/s, and at least the orange scenario is in place. If the dot is also between the red lines than the red scenario is.

The diagram shown belongs to a turbine of 3.6 MW at the position of the 2nd turbine seen from the west. For each turbine type and position the orange and red scenario area will differ. For this position and this turbine type the worst situation is found with respect to the possible impact of the turbine on flights. For the other turbines, smaller areas can be defined and used.

All turbines can be individually steered. In a red or orange scenario helicopter pilots or Loodswezen can stop the (relevant) turbines.

Feedback: The system can be adapted so that it sends the Loodswezen a message if an orange or red situation is imminent, when the risks decline and when the circumstances are green. This could be done by email or sms.

Monitoring: With help of a dashboard build in an app or website helicopter pilots or the Loodswezen can evaluate the circumstances and see in what scenario they are.

Process

An app or website including a dashboard will be made available. It is likely that the first 3 or 4 wind turbines (seen from the west) need to be included in the monitoring (exact number depends on type, exact position and the position of the safety areas for the helispot).

Loodswezen or the pilot can inspect the dashboard and use the stop button. As soon as the scenario is orange or red the stop button will stop the relevant turbines (some might be green).

Pushing the button will start a timer. As soon as a predefined period has passed the turbines will start automatically. The period needs to be timed and tuned in practice.

Loodswezen and pilots can snooze the startup in pressing the stop button again, resetting the timer. The Loodswezen will continuously be informed about:

- › Status turbines: in use
- › Status turbines: stopped due to timer
- › Timer: indicator of number of minutes left before startup
- › Wind: wind direction
- › Wind: wind speed

Failures

There are a number of scenarios that prevent the use of the stop button possible, for those the system needs a fall back:

- › The app/website is not functional: For departures or arrivals the turbine management center of Eneco can be called. It is 24/7 available. Turbines can be stopped on request.
- › The wind speed or wind direction sensor can be defect. These now ever are essential for the turbines. Therefore, it will always result in a turbine stop to repair the sensors. This problem is not very likely as all the turbines have these sensors.
- › There is no communication possible between pilot and Loodswezen: the helispot cannot be used.
- › An unexpected flight, for example due to an emergency landing: it will be known at least 2 minutes in advance at Loodswezen, so the turbines can be stopped in time.

Planning

The exact type of wind turbine will be known after the bidding. Around the summer/autumn of 2018 it is known exactly what type will be build. Also, the exact stop and start time needed will be known, exact stand still tables (see figure 18) can be drawn.

In the next years improvements might take place that can be used to define the tables. Additional information with respect to turbine turbulence risk might become available. Also, the use of the risk area definition to define of the orange and red scenario can be decided on (also see 5.2.1).

Also, it might be possible to stop turbines automatically if helicopters are within some flight minutes' distance of the helispot. Helicopters will soon have trackers, so this might be achievable.

Maybe the tracking can be combined with an automated flight registration system that will register flight data, flight track and wind circumstances.

However: it will be important that this automated system operates safely.



Bagijnhof 80
2611 AR Delft
T 015 - 215 00 40
info@adecs-airinfra.nl
www.adecs-airinfra.nl