

Sportpaleis Alkmaar

Onderzoek invloed nieuw sportpaleis op
windvang van Robonsbosmolen



Lijst met aanpassingen

Versie	Datum	Beschrijving van de wijziging	Herzien	Vrijgegeven door
01	11/03/2026	Eerste uitgave	AL	BdV

Document Status:

Definitief

Datum: 11-03-2026

Sweco Nederland B.V.
Onderwerp

Handelsregister 30129769
Windonderzoek Sportpaleis
Alkmaar

Projectnummer

51036583

Gecontroleerd door

.....
A. de Loor

Klant

Gemeente Alkmaar

Auteur

Maarten Doolhoff

Datum

11-03-2026

Vrijgegeven door

.....
B. de Vries

Versie

01

Documentreferentie

51036583e000.docx

Inhoudsopgave

1	Introductie	4
2	Onderzoeksdoel	5
3	Uitgangspunten	6
	3.1 Geometrie.....	6
	3.2 Windklimaat.....	8
	3.3 Windklimaat.....	9
	3.4 CFD modellering	11
4	Resultaten	12
5	Conclusie.....	13
6	Referenties	14

Bijlage A
 Bijlage B
 Bijlage C

1 Introductie

Aan de rand van Alkmaar bevindt zich een poldermolen genaamd de Robonsbosmolen. Deze historische molen is thans in gebruik als woning, maar is tevens beschermd als monument. Dit houdt in dat er volgens de normen binnen een straal van 400 m rond de molen rekening dient te worden gehouden met het realiseren van hindernissen zoals bebouwing, grondwerken, en beplanting, ook wel de molenbiotoop genoemd.

Ten zuidzuidwesten van de Robonsbosmolen, op een afstand van ongeveer 400 m en daarmee net op de grens van de molenbiotoop, is het sportpaleis van Alkmaar aanwezig. De gemeente Alkmaar is voornemens het sportpaleis te vernieuwen. Derhalve is op verzoek van de gemeente Alkmaar middels Computational Fluid Dynamics (CFD) simulaties onderzocht of het vernieuwen van het sportpaleis invloed zal hebben op de luchtaanstroom van de Robonsbosmolen.

Een CFD-simulatie geeft inzicht in de te verwachten luchtstromingen, rekening houdend met verschillende fysische verschijnselen. Bij een dergelijke simulatie wordt een geometrie voorzien van een rekengrid waarbinnen de massa-, energie- en impulsbalansen worden opgelost.

2 Onderzoeksdoel

Het doel van de onderhavige studie is om het effect van het nieuwe sportpaleis op de luchtstroming richting de wieken van de Robonsbosmolen te onderzoeken.

Het theoretische aantal uur waarbij de Robonsbosmolen operationeel kan zijn is voor zowel de huidige situatie als een conceptuele toekomstige situatie berekend.

Door middel van CFD-simulaties is nabij de wieken van de molen de windfactor berekend. De windfactor is een verhouding van de lokale windsnelheid ten opzichte van een referentiesnelheid. Hiermee wordt onafhankelijk van de luchtsnelheid het verschil in het aanstroomprofiel van de lucht inzichtelijk gemaakt.

Middels de berekende windfactor is het aantal uur per jaar berekend waarbij de molen operationeel kan zijn. Voor de Robonsbosmolen is aangenomen dat een windsnelheid van 1,6 m/s (5,8 km/h of 2 Bf) of hoger vereist is om operationeel te kunnen zijn, wat in lijn ligt met andere historische windmolens waarvoor een vergelijkbaar onderzoek door ons is uitgevoerd. Als de windsnelheid 10,8 m/s (39 km/h of 6 Bf) is, zal de windsnelheid te hoog zijn en zullen de wieken van de molen moeten stoppen met draaien (1).

Het sportpaleis bevindt zich ten zuidzuidwesten van de Robonsbosmolen. Er wordt aangenomen dat alleen wind uit zuidzuidwestelijke richting, waarbij het sportpaleis stroomopwaarts ligt t.o.v. de molen, een invloed kan hebben op de windvang van de Robonsbosmolen. Derhalve zijn vijf zuid en zuidwestelijke windrichtingen (windrichting 170, 180, 190, 200, en 210) onderzocht met CFD simulaties.

3 Uitgangspunten

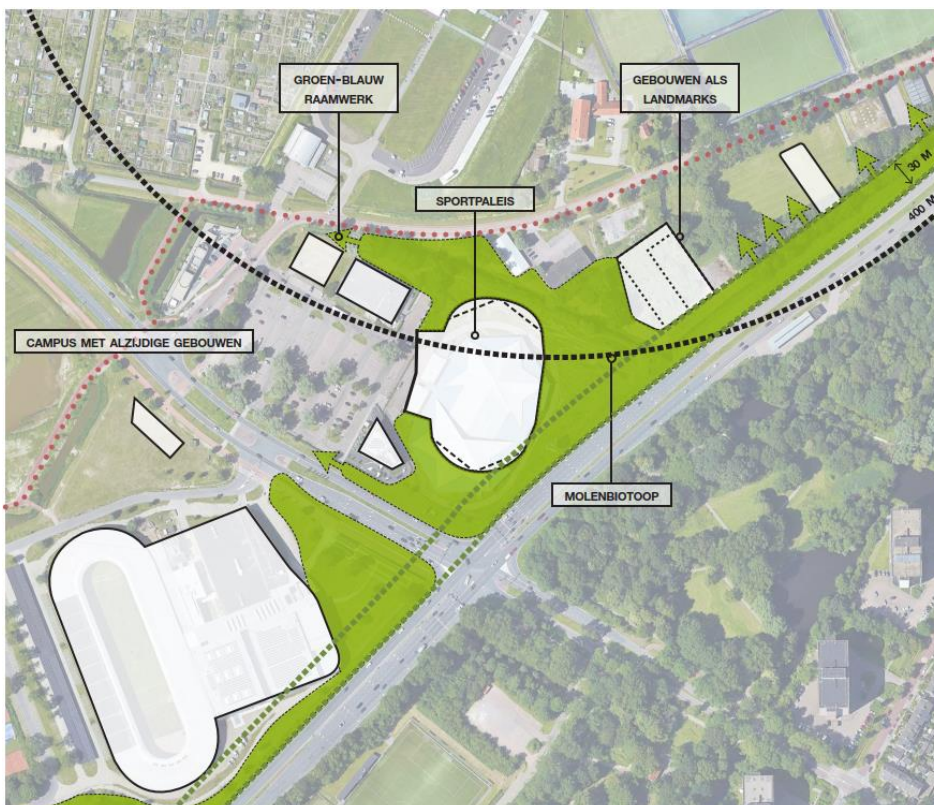
3.1 Geometrie

De Robonsbosmolen bevindt zich aan de rand van Alkmaar. Het huidige sportpaleis ligt ten zuidwesten van de molen en heeft een maximale hoogte van circa 18m.

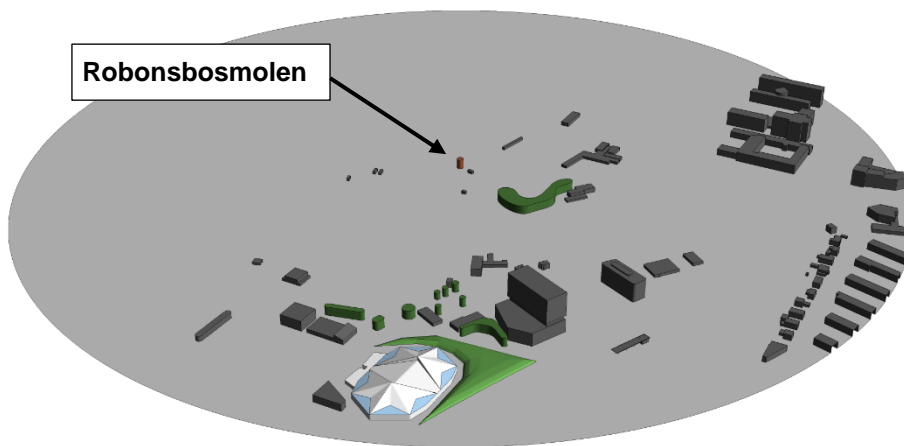
Voor het nieuwe sportpaleis is nog geen ontwerp gemaakt. Binnen dit onderzoek wordt daarom uitgegaan van afmetingen die stedenbouwkundig worden toegestaan. Derhalve is een hoogte van 20m toegepast. Voor de locatie is uitgegaan van de figuur zoals weergegeven op pagina 6 in de stedenbouwkundige kaders, ontvangen op 03-02-2026, tevens weergegeven in Figuur 1.

Het CFD-model van een groot deel van de omgeving zijn gebaseerd op een door P.A.M. Teunissen Architectenbureau BV aangeleverde 3D SAT-model (1923_3D_windmolenonderzoek). De rest van de omgeving en het huidige sportpaleis is gereconstrueerd aan de hand van 3Dbag (2). Relevante vegetatie is ook opgenomen in het model.

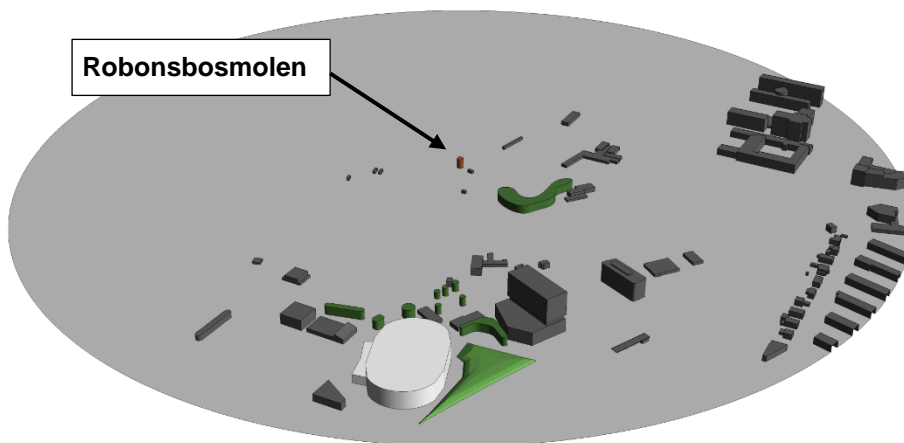
Het CFD model van de huidige en toekomstige situatie staan weergegeven in respectievelijk Figuur 2 en Figuur 3.



Figuur 1: Toekomstige locatie sportpaleis.



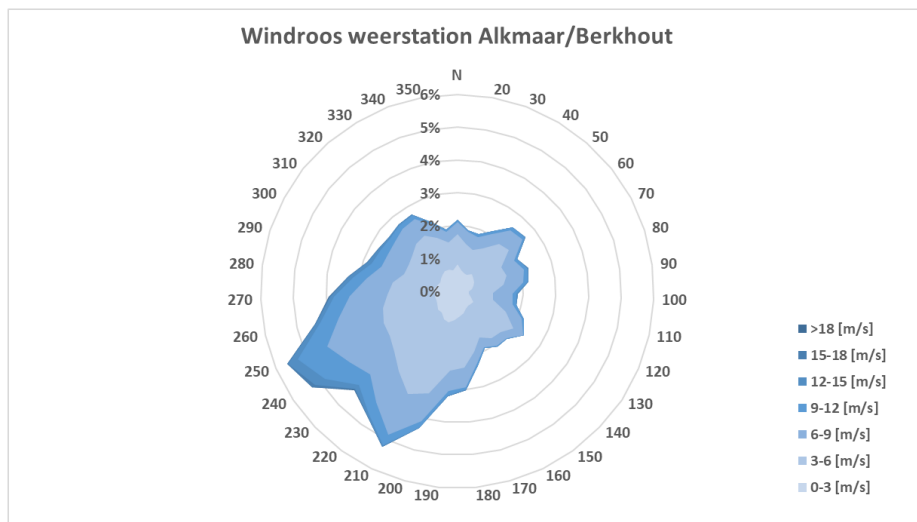
Figuur 2: 3D CFD model van de huidige situatie.



Figuur 3: 3D CFD model van de toekomstige situatie.

3.2 Windklimaat

Het windklimaat is gebaseerd op uurgemiddelde windsnelheden voor het weerstation Alkmaar/Berkhout over de jaren 2003 – 2023. De winddata is verkregen via het KNMI (3). Het percentage dat een windrichting per jaar voorkomt staat weergegeven in de windroos in Figuur 4.



Figuur 4: Windroos weerstation Alkmaar/Berkhout, volgens NPR 6097.

Het sportpaleis ligt ten zuidzuidwesten van de Robonsbosmolen. Er wordt aangenomen dat alleen wind uit het zuidzuidwesten, waarbij het sportpaleis stroomopwaarts ligt t.o.v. de molen, een invloed kan hebben op de windvang van de Robonsbosmolen. Derhalve zijn voor vijf zuid en zuidwestelijke windrichtingen (windrichting 170, 180, 190, 200, en 210) onderzocht met CFD simulaties.

Uit de windroos valt af te lezen dat gemiddeld gezien, voor 18,2% per jaar, wind uit de windrichtingen 170 t/m 210 komt. Dat komt overeen met 1591 uur per jaar.

Het aantal uren wind per windrichting en de windsnelheid hebben effect op het aantal operationele uren. Middels de in de CFD berekende windfactor (verhouding van de lokale windsnelheid ten opzicht van een referentiewindsnelheid) wordt het aantal operationele uren van de windmolen berekend.

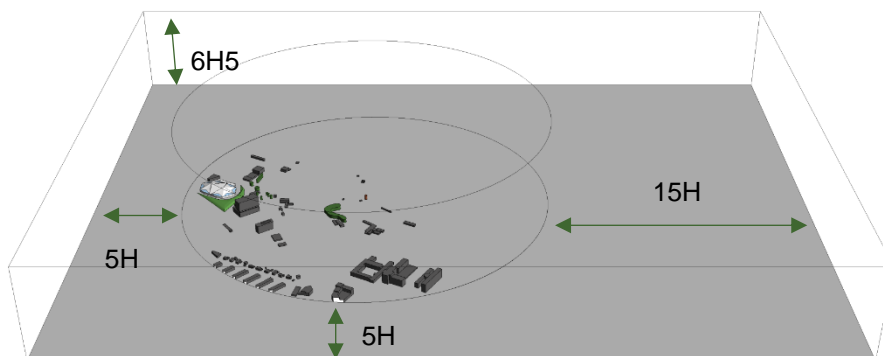
3.3 Windklimaat

De windsnelheid is afhankelijk van de hoogte boven het maaiveld. Ter hoogte van het maaiveld is de windsnelheid lager door de invloed van bebouwing en begroeiing. De mate van invloed wordt beschreven door de ruwheidslengte (4). De ruwheidslengte voor het gebied ten zuiden van de Robonsbosmolen is vastgesteld op 1,6 m (stedelijk gebied). Het windprofiel dat behoort bij een ruwheidslengte van 1,6 m is opgegeven aan alle buitengrenzen van het CFD model.

Rondom de gemodelleerde bebouwing is een winddomein geplaatst. Aan de randen van dit winddomein wordt het windprofiel opgegeven. In het winddomein wordt het windprofiel behouden door volumetrische bronnen van momentum en turbulentie, afgestemd op de betreffende ruwheidslengte.

Door de buitengrenzen van het CFD model op afstand van het gebied van interesse te plaatsen wordt een zo realistisch mogelijke windstroom in het interessegebied berekend. De afmetingen van het winddomein worden bepaald op basis van de hoogte (H) van het hoogste gebouw. De randen van het winddomein bevinden zich ten minste op 5H vanaf de rand van het gemodelleerde gebied. De totale hoogte van het domein is 6H. Het effect van de buitengrens van het CFD model is stroomafwaarts van grotere invloed en is daarom op 15H geplaatst.

Het winddomein om het gemodelleerde gebied heen is weergegeven in Figuur 5 en kan worden gezien als een digitale windtunnel.



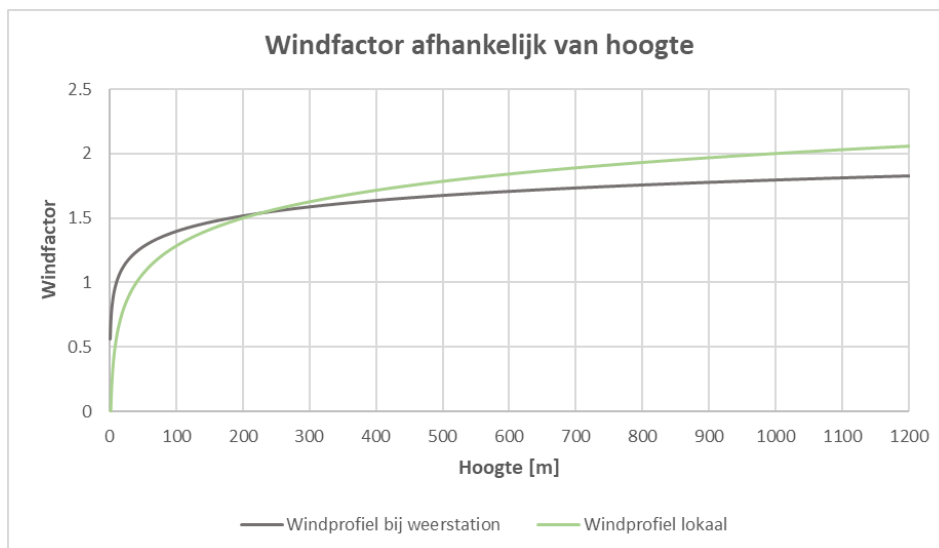
Figuur 5: Winddomein om het gemodelleerde gebied heen, ten behoeve van het windprofiel (digitale windtunnel).

Aan de hand van de referentiewindsnelheid, referentiehoogte en ruwheidslengte kan het windprofiel worden opgesteld. Het windprofiel wordt berekend met onderstaande logaritmische vergelijking en staat als windfactor profiel weergegeven in Figuur 6. Let op dat in het windprofiel al rekening is gehouden met het verschil in omgeving tussen de data van het meetstation (Alkmaar/Berkhout) en het gemodelleerde gebied met bijbehorende ruwheidslengte.

$$v_{wind} = v_{ref} \cdot \left(\frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_0}\right)} \right)$$

Waar,

v_{wind}	Windsnelheid	[m/s]
v_{ref}	Referentiesnelheid	[m/s]
z	Hoogte boven de grond	[m]
z_0	Ruwheidslengte	[m]
z_{ref}	Referentiehoogte	[m]



Figuur 6: Toegepast windprofiel.

3.4 CFD modellering

De simulaties zijn uitgevoerd met behulp van het software pakket ANSYS CFX versie 2024 R1.

Er is een 3D model gecreëerd van het gebied rondom de Robonsbosmolen en het sportpaleis. Vervolgens is het model opgedeeld in een grote hoeveelheid rekencellen. De standaard differentiaalvergelijkingen voor de stroming van fluïda worden voor elke cel opgelost. In Tabel 1 staan de belangrijkste toegepaste randvoorwaarden beschreven.

Parameter	Beschrijving
Cel type	Hybride, combinatie van hexaëders, tetraëders, piramides en prismalagen
Cel grootte	Dynamisch, variërend tussen 0,025 tot 1,0 m in de omgeving (vlakken) groeiend met een factor 1,2 tot maximaal 10 m in het vrije volume
Aantal cellen	Huidige situatie: 27,5 miljoen Toekomstige situatie: 26,8 miljoen
Simulatie type	Steady state
Convergentie criteria	RMS maximaal $1 \cdot 10^{-4}$
Tijdstap	2,5 s
Aantal iteraties	1000
Fluidum	Lucht met constante eigenschappen
Turbulentiemodel	RANS, RNG Kappa Epsilon model
Wanden	Glad met stilstaande lucht (no slip)
Grondvlak (gemodelleerd gebied)	Ruw met stilstaande lucht (no slip)
Randen winddomein	Snelheids- en turbulentieprofiel
Ruwheid winddomein	Gemodelleerd door toepassing van volumetrische bronnen voor momentum en turbulentie net boven het maaiveld
Bomen	Volumetrische weerstandscoefficiënt van $0,25 \text{ m}^{-1}$ (5) (conservatieve aanname)

Tabel 1: CFD modellering eigenschappen.

4 Resultaten

Voor vijf zuid- en zuidwestelijke windrichtingen is het aantal theoretische netto operationele uren van de Robonsbosmolen per jaar berekend voor de huidige situatie en de toekomstige situatie.

In bijlage A en B zijn, middels figuren, de resultaten per windrichting en situatie weergegeven.

In bijlage C wordt het berekende theoretische netto draai uren per windrichting weergegeven.

Zoals eerder beschreven in hoofdstuk 3.2 komt voor 18,2% per jaar, wind uit de windrichtingen 170 t/m 210. Dat houdt in dat voor 1591 uur per jaar de wind beïnvloed kan worden door het sportpaleis.

De resultaten laten zien dat in de huidige situatie voor 92,5% (1472 uur) van de tijd, de wind uit deze windrichtingen een snelheid betreft waardoor de molen operationeel kan zijn. In de toekomstige situatie bevat voor 90,7% (1442 uur) van de tijd de wind uit deze windrichtingen, een snelheid waardoor de molen operationeel kan zijn. In Tabel 2 is het verschil in operationele uren per windrichting weergegeven tussen beide situaties.

De resultaten laten daarmee zien dat het nieuwe sportpaleis zorgt voor een reductie aan theoretisch beschikbare draaiuren van 0,34% op jaarbasis bij wind uit de beschouwde windrichtingen. In uren uitgedrukt komt dat neer op een potentiële vermindering van 30 uur.

Let op, in dit onderzoek wordt geen rekening gehouden met andere parameters zoals temperatuur, tijdstip, neerslag etc. Er wordt dus uitgegaan van theoretisch beschikbare uren waarbij de gemiddelde windsnelheid zodanig is dat de molen kan draaien.

Windrichting	Verskil in theoretische netto operationele draai uren.	Verskil in theoretische netto operationele draai uren.
	Uitgedrukt in uren [h]	Uitgedrukt als percentage van de totale uren in een jaar [%]
170	0,8	0,01%
180	-0,6	-0,01%
190	14,0	0,16%
200	13,4	0,15%
210	2,3	0,03%
Totaal	29,9	0,34%

Tabel 2: Verschil in theoretische netto operationele draai uren.

De tabel laat verder zien dat dit verschil voornamelijk te wijten is aan wind vanuit windrichtingen 190 en 200 graden. Zoals ook te zien op de stroomlijncijfers in de bijlage, zorgt het nieuwe sportpaleis ervoor dat de wind vanuit deze richting wordt afgebogen en/of iets meer wordt afgeremd ten opzichte van de huidige situatie.

5 Conclusie

Aan de rand van Alkmaar bevindt zich een poldermolen genaamd de Robonsbosmolen. Deze historische molen is thans in gebruik als woning, maar is tevens beschermd als monument. Dit houdt in dat er volgens de normen binnen een straal van 400 m rond de molen rekening dient te worden gehouden met het realiseren van hindernissen zoals bebouwing, grondwerken, en beplanting, ook wel de molenbiotoop genoemd.

Ten zuidzuidwesten van de Robonsbosmolen, op een afstand van ongeveer 400 m en daarmee net op de grens van de molenbiotoop, is het sportpaleis van Alkmaar aanwezig. De gemeente Alkmaar is voornemens het sportpaleis te vernieuwen. Derhalve is op verzoek van de gemeente Alkmaar middels Computational Fluid Dynamics (CFD) simulaties onderzocht of het vernieuwen van het sportpaleis invloed zal hebben op de luchtaanstroom van de Robonsbosmolen.

Het doel van de onderhavige studie is om het effect van het nieuwe sportpaleis op de luchtstroming richting de wieken van de Robonsbosmolen te onderzoeken.

Door middel van CFD-simulaties is nabij de wieken van de molen de windfactor berekend. Middels de berekende windfactor is het aantal uur per jaar berekend waarbij de molen operationeel kan zijn en er een windsnelheid voorkomt die binnen de operationele grenswaardes van de Robonsbosmolen ligt. Het theoretische aantal uur waarbij de Robonsbosmolen operationeel kan zijn is voor zowel de huidige situatie als een conceptuele toekomstige situatie berekend.

Het sportpaleis bevindt zich ten zuidzuidwesten van de Robonsbosmolen. Er wordt aangenomen dat alleen bij wind, waarbij het sportpaleis stroomopwaarts ligt t.o.v. de molen, een invloed kan hebben op de windvang van de Robonsbosmolen. Derhalve zijn voor vijf zuid en zuidwestelijke windrichtingen (windrichting 170, 180, 190, 200, en 210) onderzocht met CFD simulaties.

Voor het nieuwe sportpaleis is nog geen ontwerp gemaakt. Binnen dit onderzoek wordt daarom uitgegaan van afmetingen die stedenbouwkundig worden toegestaan. Derhalve is een hoogte van 20m toegepast.

De resultaten laten zien dat het nieuwe sportpaleis een zeer kleine invloed heeft op de luchtaanstroom richting de wieken. Het nieuwe sportpaleis zorgt voor een zeer kleine reductie aan theoretisch beschikbare draai uren van 0,34% op jaarbasis bij wind uit de beschouwde windrichtingen. In uren uitgedrukt komt dat neer op een potentiële vermindering van 30 uur. De grootste invloed van het nieuwe sportpaleis wordt ondervonden bij wind uit windrichtingen 190 en 200 graden.

Let op, in dit onderzoek wordt geen rekening gehouden met andere parameters zoals temperatuur, tijdstip, neerslag etc. Er wordt dus uitgegaan van theoretisch beschikbare uren waarbij de gemiddelde wind snelheid zodanig is dat de molen kan draaien.

6 Referenties

1. Wind en Windrichting. [Online] Stichting Molen de Doornboom. <https://www.doornboom.nl/index.php/help-de-molenaar/wind-en-windrichting/>.
2. 3Dbag. *3Dbag viewer*. [Online] 9 September 2025. <https://3dbag.nl/>.
3. Uurgegevens van het weer in Nederland. [Online] KNMI. <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/uurgegevens>.
4. Troen, Ib en Petersen, Erik Lundtang. *Roughness Classes and Roughness Length Table in "European Wind Atlas"*. Risoe , Denmark : Risoe National Laboratory, 1991. ISBN 87-550-1482-8.
5. *Modeling vegetation in Wind Engineering wind tunnel studies*. Gromke, C. Shanghai, China : The Seventh International Colloquium on Bluff Body Aerodynamics and Applications (BBAA7), 2012.

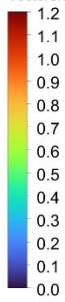
Bijlage A

CFD simulatie resultaten per windrichting voor de huidige situatie

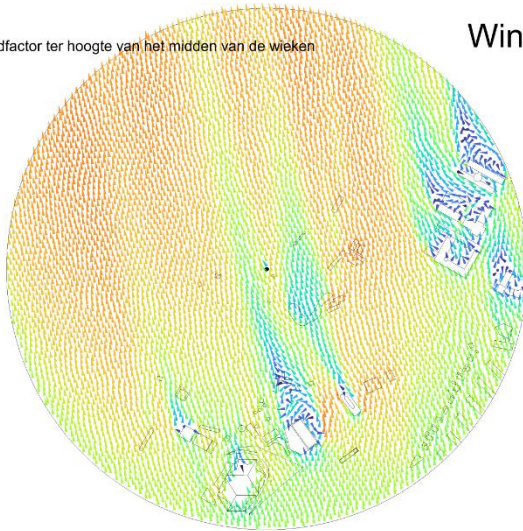
Op de volgende pagina's worden de CFD-simulatieresultaten per windrichting weergegeven. Voor elke onderzochte windrichting is het volgende weergegeven:

- Snelheidsvectoren gekleurd met windfactor
- Bovenaanzicht van een contour gekleurd met het aantal uren per jaar dat de molen kan draaien
- Bovenaanzicht van een contour gekleurd met het aantal uren per jaar dat de molen moet stoppen
- 3D aanzicht van stroomlijnen teruggetrokken vanaf de molen gekleurd naar de windfactor

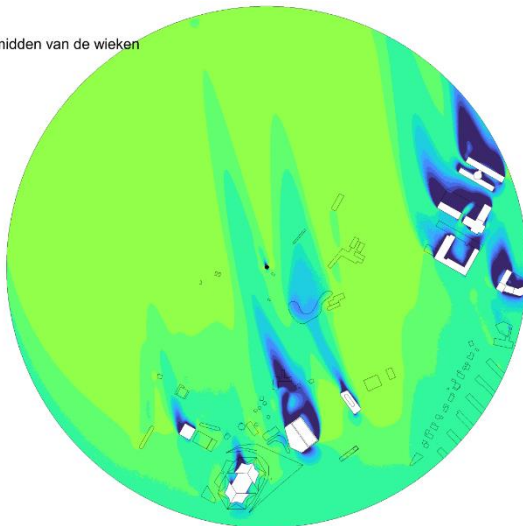
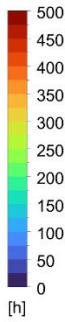
AV WF
Vectoren gekleurd naar de windfactor ter hoogte van het midden van de wieken



Windrichting = 170



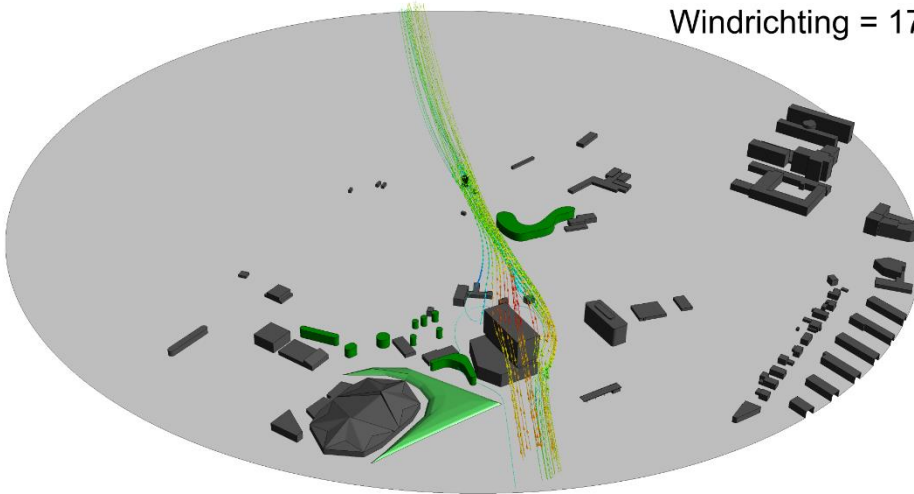
AV Draai
Draai uren ter hoogte van het midden van de wieken



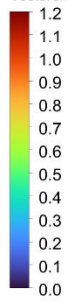
AV Stop
Stop uren ter hoogte van het midden van de wieken
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
[h]



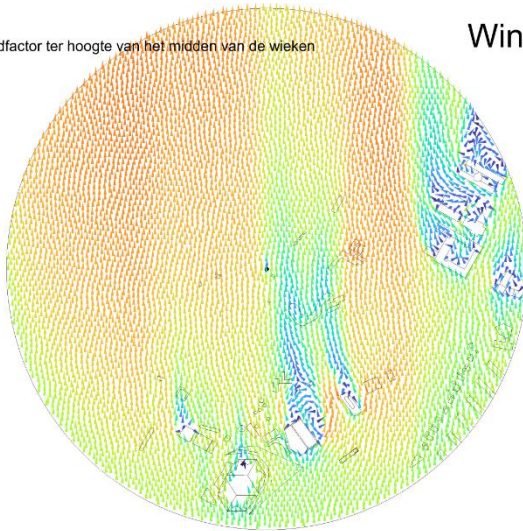
Windrichting = 170



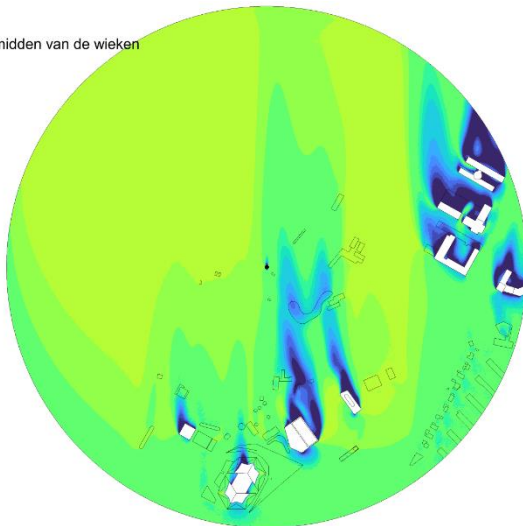
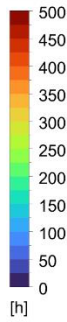
AV WF
Vectoren gekleurd naar de windfactor ter hoogte van het midden van de wieken



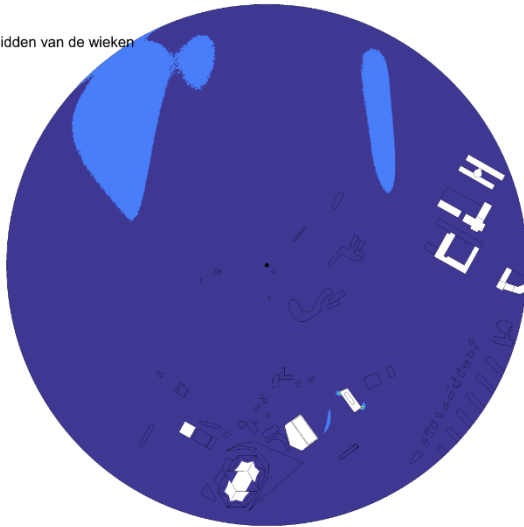
Windrichting = 180



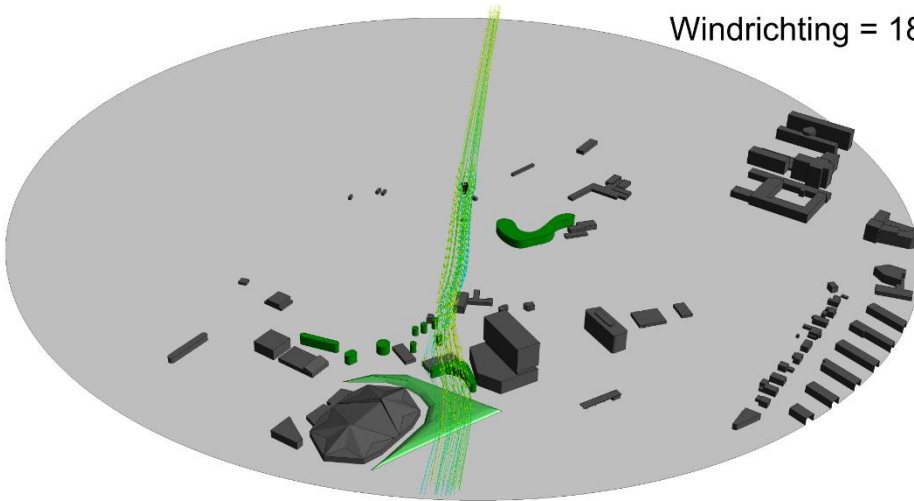
AV Draai
Draai uren ter hoogte van het midden van de wieken



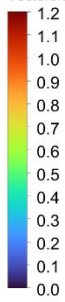
AV Stop
Stop uren ter hoogte van het midden van de wieken
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
[h]



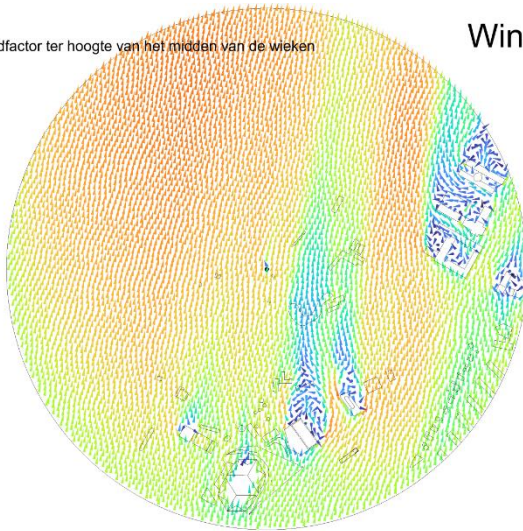
Windrichting = 180



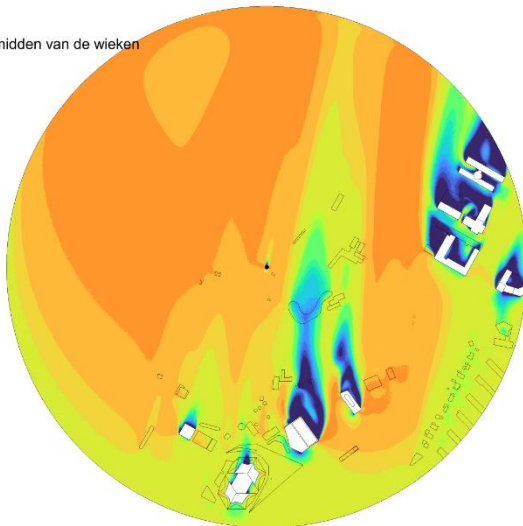
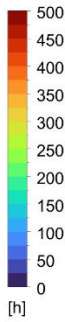
AV WF
Vectoren gekleurd naar de windfactor ter hoogte van het midden van de wieken



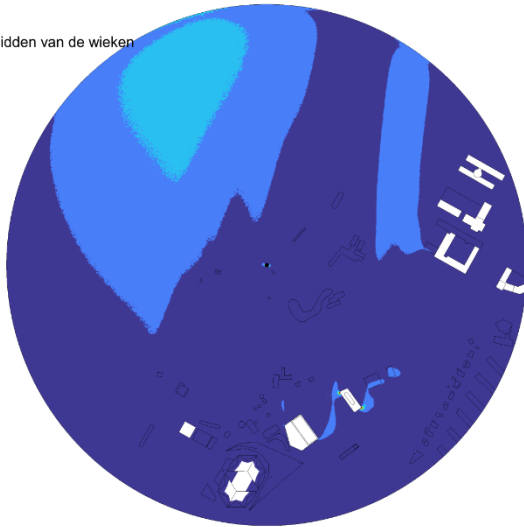
Windrichting = 190



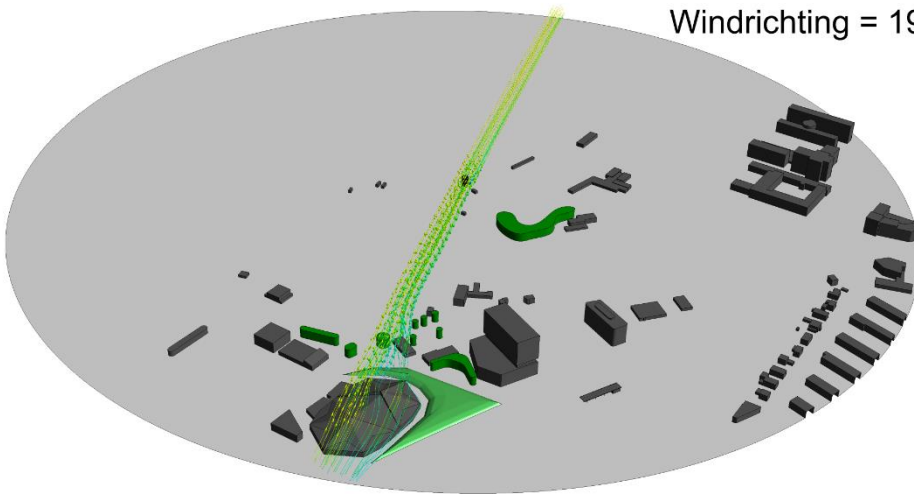
AV Draai
Draai uren ter hoogte van het midden van de wieken



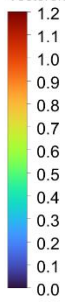
AV Stop
Stop uren ter hoogte van het midden van de wieken



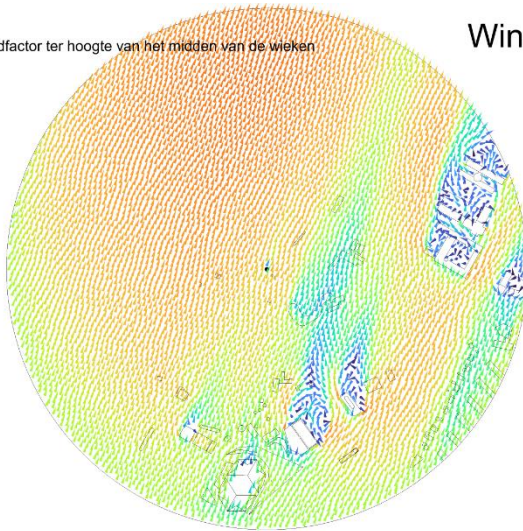
Windrichting = 190



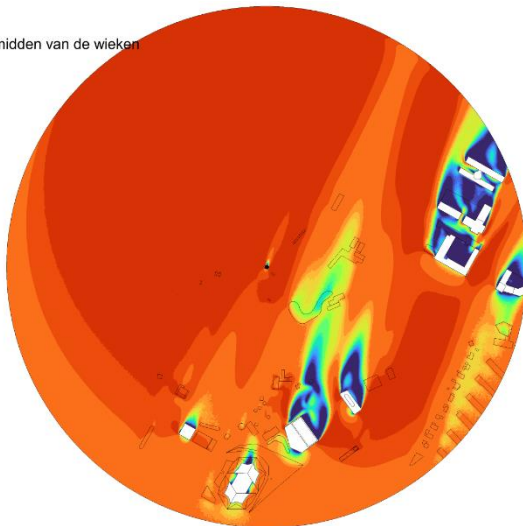
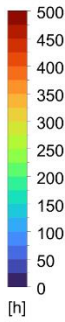
AV WF
Vectoren gekleurd naar de windfactor ter hoogte van het midden van de wieken



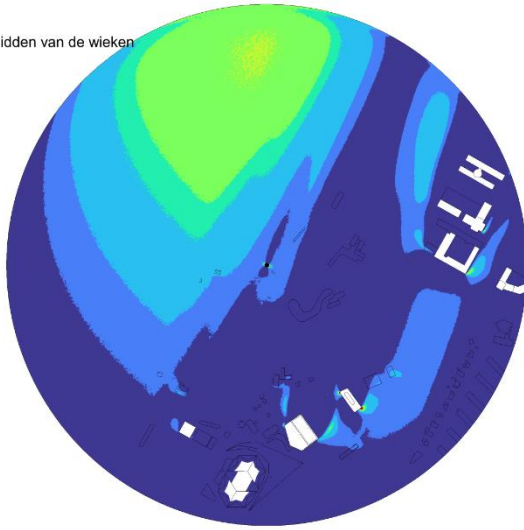
Windrichting = 200



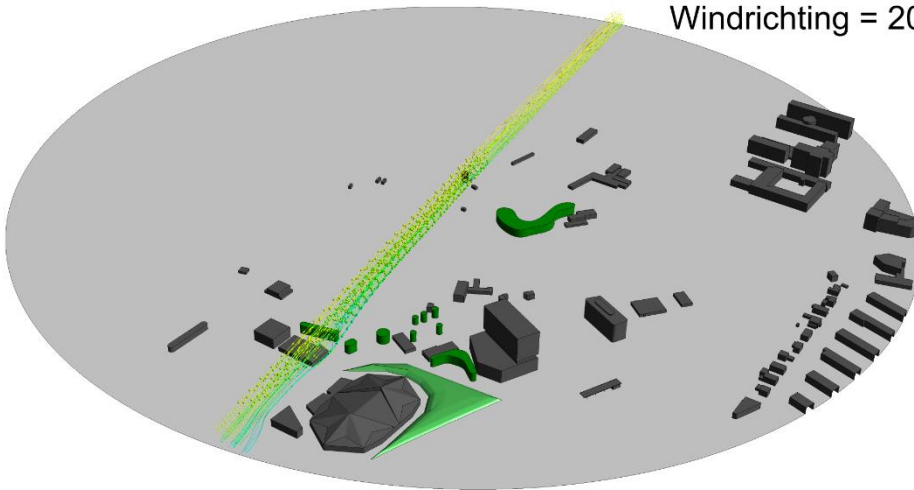
AV Draai
Draai uren ter hoogte van het midden van de wieken



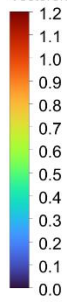
AV Stop
Stop uren ter hoogte van het midden van de wieken
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
[h]



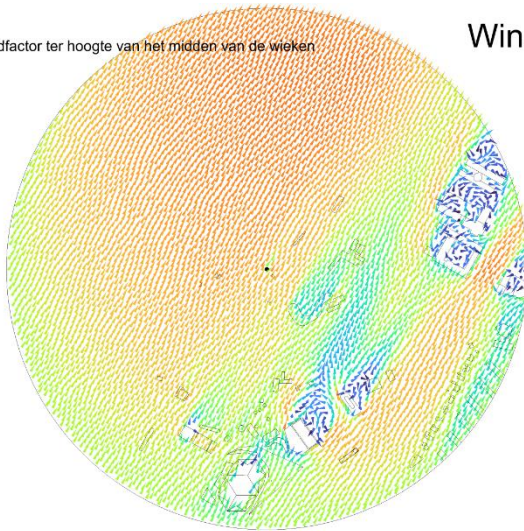
Windrichting = 200



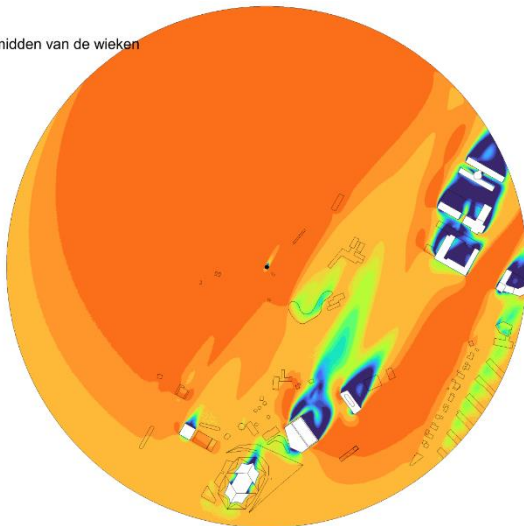
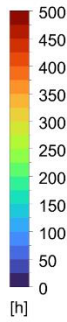
AV WF
Vectoren gekleurd naar de windfactor ter hoogte van het midden van de wieken



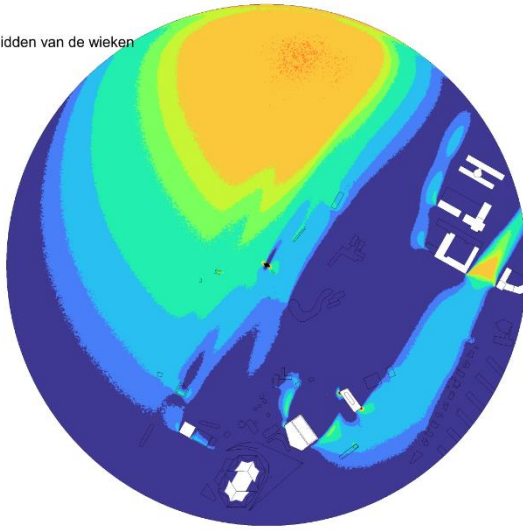
Windrichting = 210



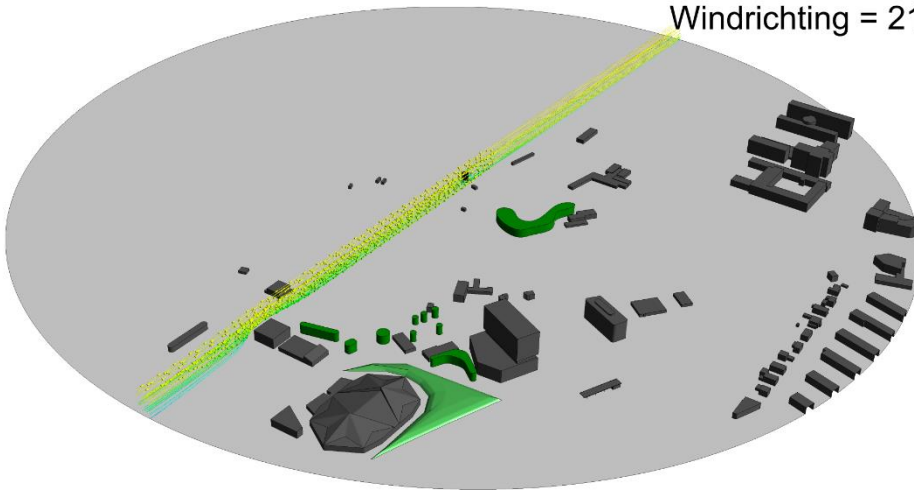
AV Draai
Draai uren ter hoogte van het midden van de wieken



AV Stop
Stop uren ter hoogte van het midden van de wieken
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
[h]



Windrichting = 210



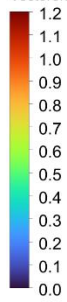
Bijlage B

CFD simulatie resultaten per windrichting voor de toekomstige situatie

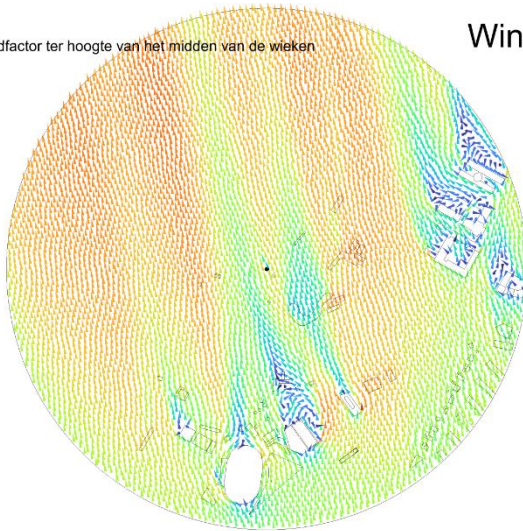
Op de volgende pagina's worden de CFD-simulatieresultaten per windrichting weergegeven. Voor elke onderzochte windrichting is het volgende weergegeven:

- Snelheidsvectoren gekleurd met windfactor
- Bovenaanzicht van een contour gekleurd met het aantal uren per jaar dat de molen kan draaien
- Bovenaanzicht van een contour gekleurd met het aantal uren per jaar dat de molen moet stoppen
- 3D aanzicht van stroomlijnen teruggetrokken vanaf de molen gekleurd naar de windfactor

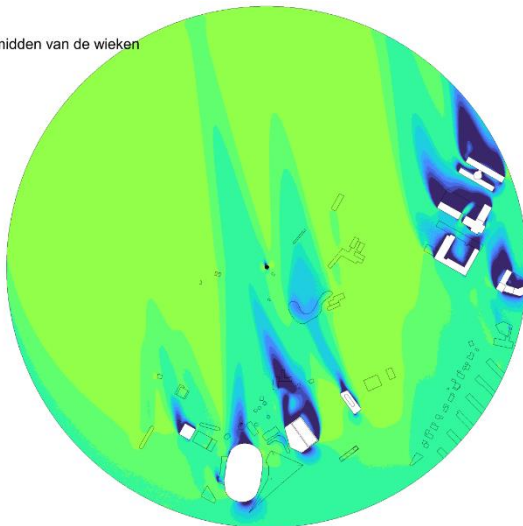
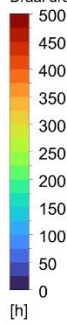
AV WF
Vectoren gekleurd naar de windfactor ter hoogte van het midden van de wieken



Windrichting = 170



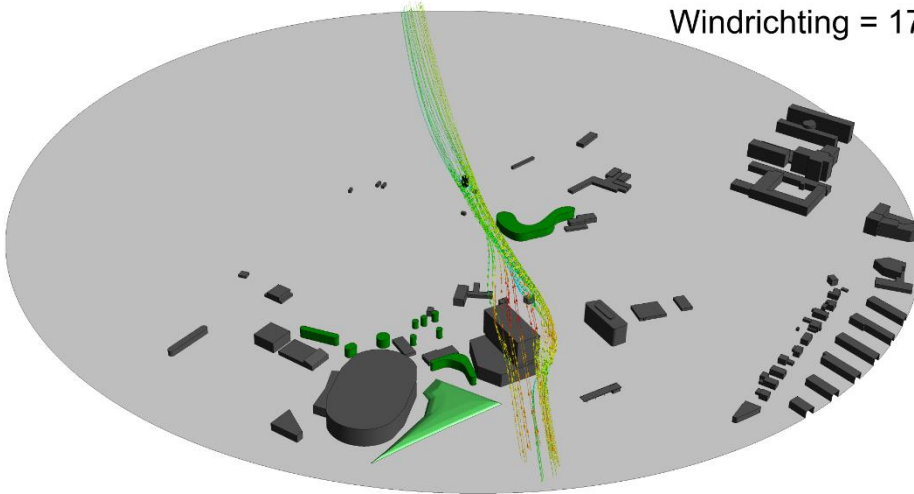
AV Draai
Draai uren ter hoogte van het midden van de wieken



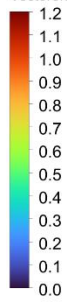
AV Stop
Stop uren ter hoogte van het midden van de wieken
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
[h]



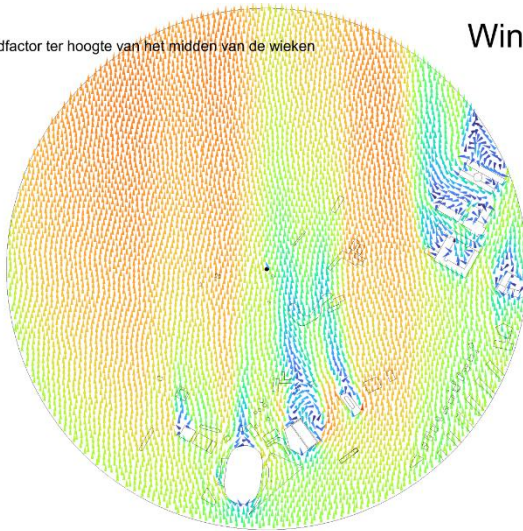
Windrichting = 170



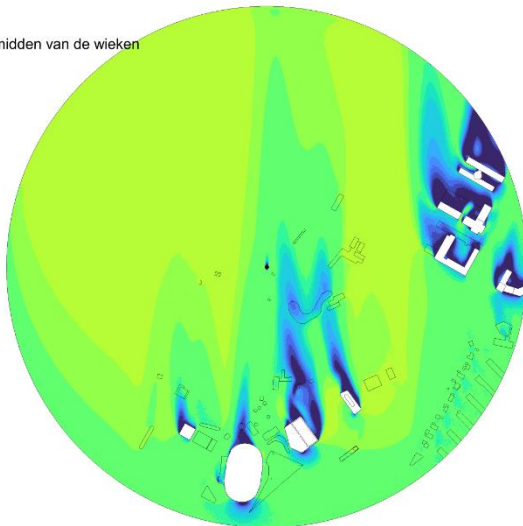
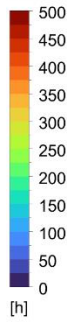
AV WF
Vectoren gekleurd naar de windfactor ter hoogte van het midden van de wieken



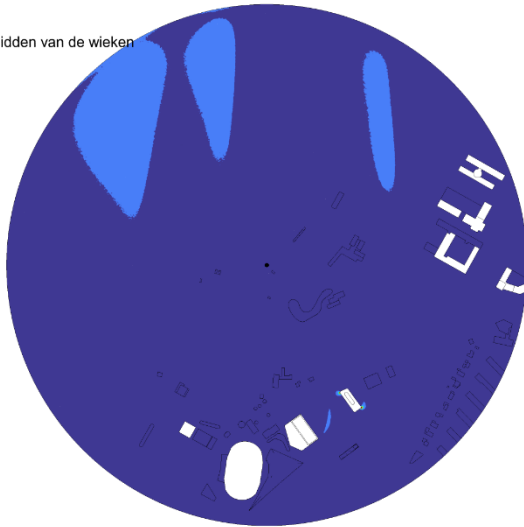
Windrichting = 180



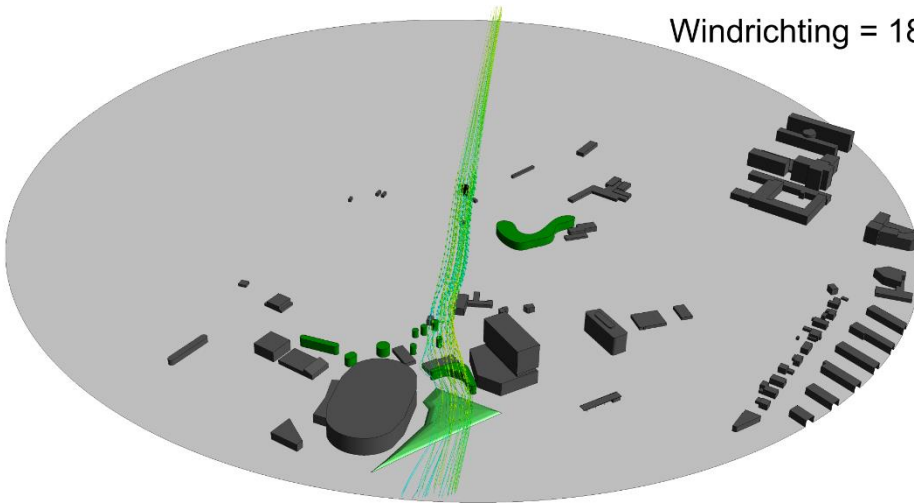
AV Draai
Draai uren ter hoogte van het midden van de wieken



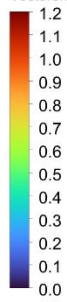
AV Stop
Stop uren ter hoogte van het midden van de wieken
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
[h]



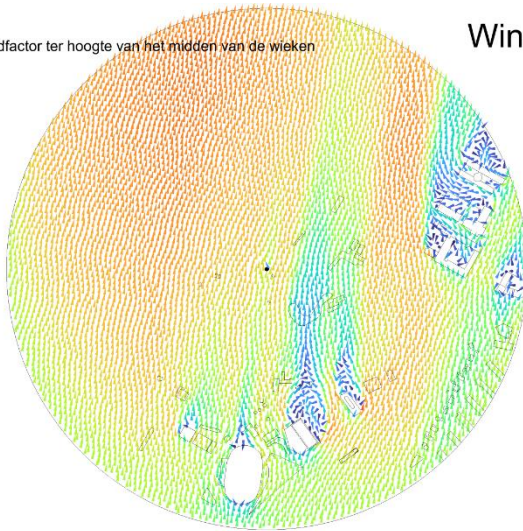
Windrichting = 180



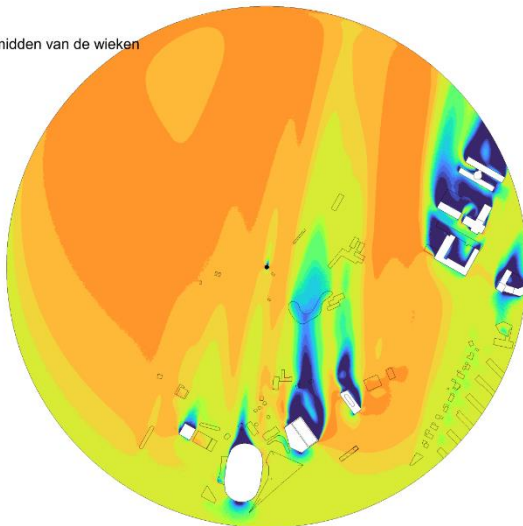
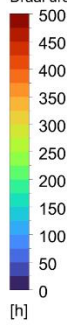
AV WF
Vectoren gekleurd naar de windfactor ter hoogte van het midden van de wieken



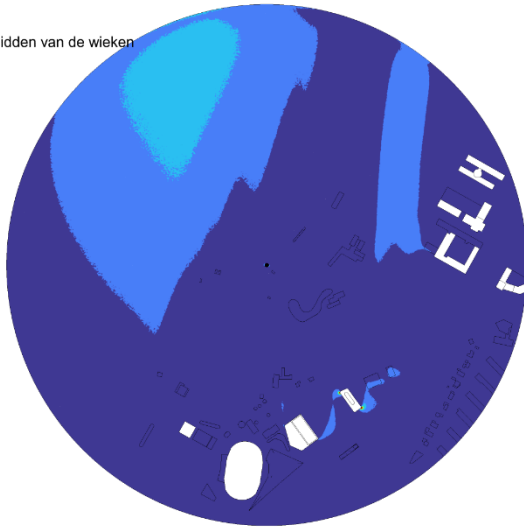
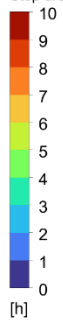
Windrichting = 190



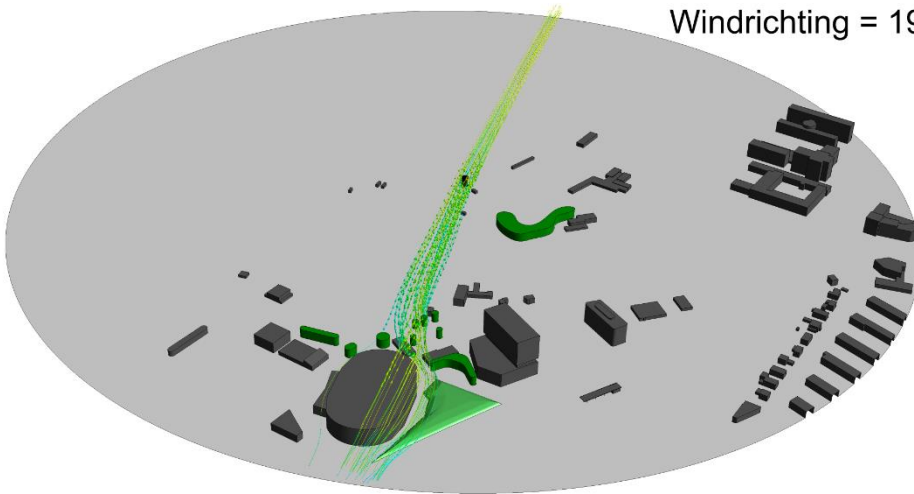
AV Draai
Draai uren ter hoogte van het midden van de wieken



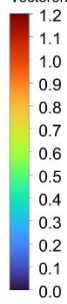
AV Stop
Stop uren ter hoogte van het midden van de wieken



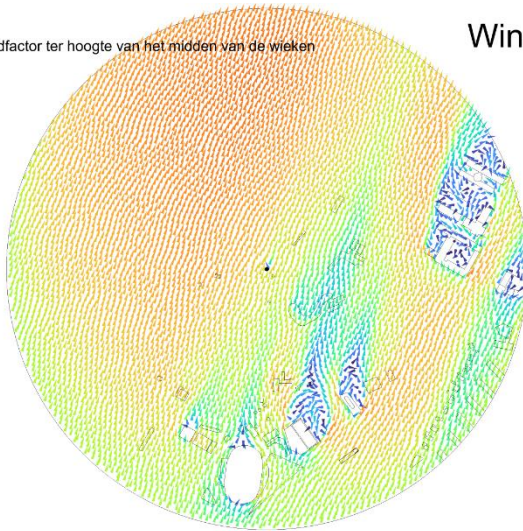
Windrichting = 190



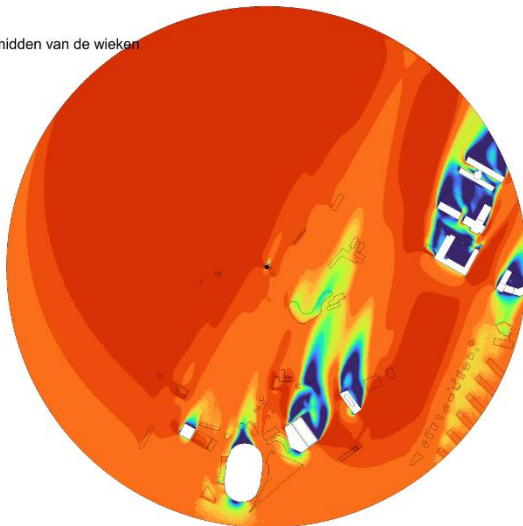
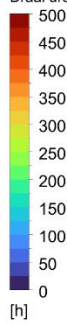
AV WF
Vectoren gekleurd naar de windfactor ter hoogte van het midden van de wieken



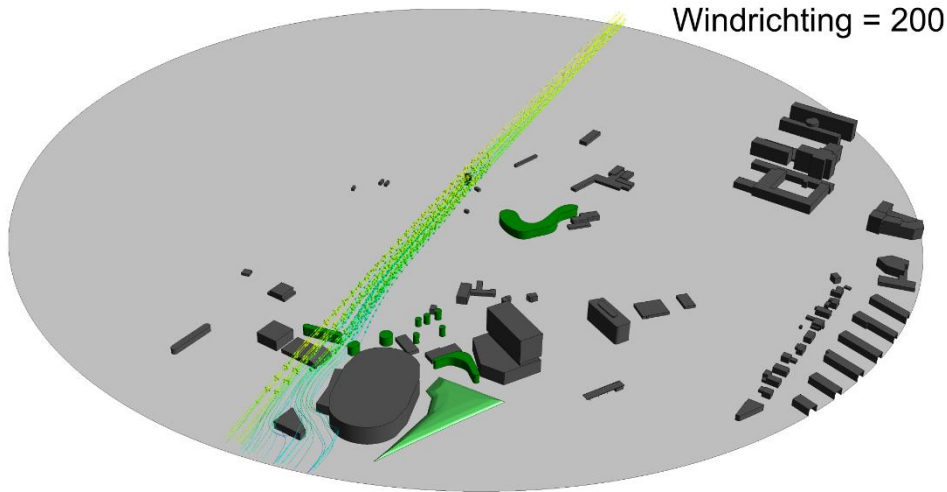
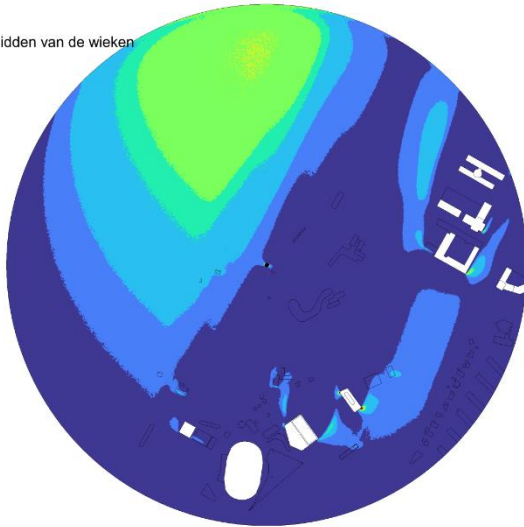
Windrichting = 200



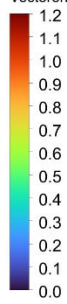
AV Draai
Draai uren ter hoogte van het midden van de wieken



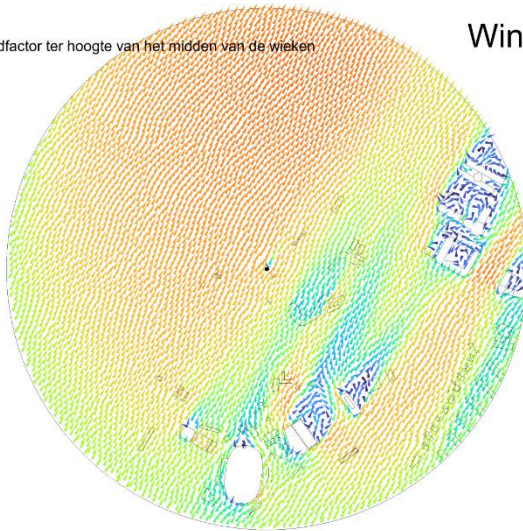
AV Stop
Stop uren ter hoogte van het midden van de wieken
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
[h]



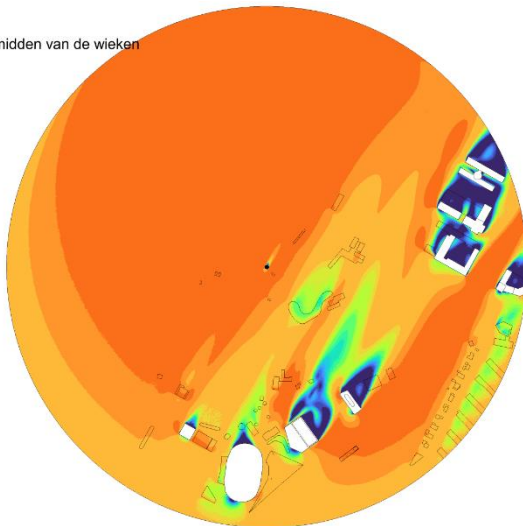
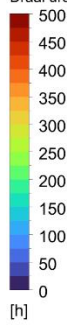
AV WF
Vectoren gekleurd naar de windfactor ter hoogte van het midden van de wieken



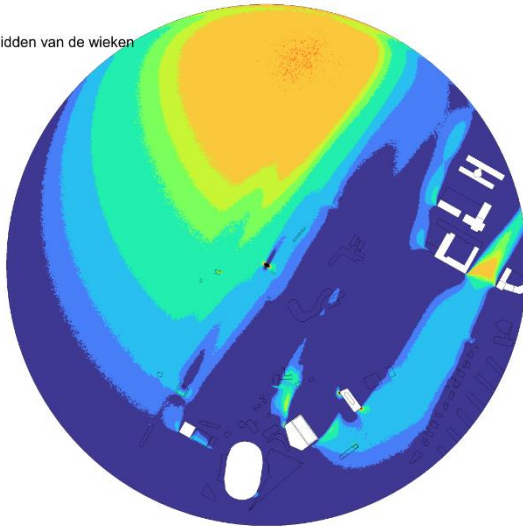
Windrichting = 210



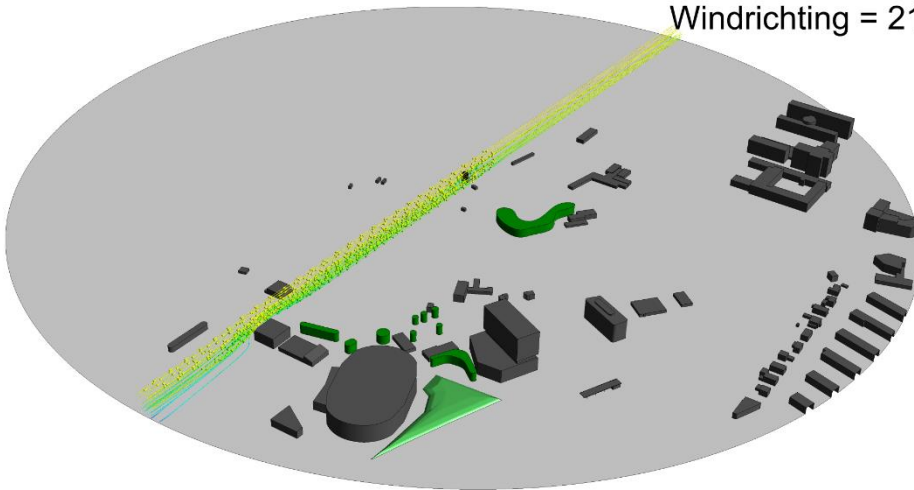
AV Draai
Draai uren ter hoogte van het midden van de wieken



AV Stop
Stop uren ter hoogte van het midden van de wieken
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
[h]



Windrichting = 210



Bijlage C

Door CFD berekende theoretische operationele uren per windrichting en situatie.

Windrichting	Theoretische netto operationele draaiuren voor de huidige situatie. [h]	Theoretische netto operationele draaiuren voor de toekomstige situatie. [h]
170	198,15	197,39
180	203,29	203,89
190	307,66	293,70
200	395,20	381,78
210	367,84	365,53
Totaal	1472,14	1442,28