



Windklimaat Kanaaltoren Wilhelminahaven Oosterhout

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD

Windklimaat Kanaaltoren Wilhelminahaven Oosterhout

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD



opdrachtgever	Tandem CV
rapportnummer	OA 15634-1-RA-002
datum	25 november 2016
referentie	OO/JA//OA 15634-1-RA-002
verantwoordelijke	O.E. Otten
opsteller	ir. J.T. Akhnoukh +31 24 3579425 j.akhnoukh@peutz.nl

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 24 357 07 07, mook@peutz.nl, www.peutz.nl
kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2008

mook – zoetermeer – groningen – düsseldorf – dortmund – berlijn – leuven – parijs – lyon

Inhoudsopgave

1 Inleiding	4
2 Normstelling en uitgangspunten	5
2.1 Beslismodel NEN 8100	5
2.2 Windhinder en windgevaar volgens NEN 8100	5
2.2.1 Windhinder	5
2.2.2 Windgevaar	6
2.3 Windklimaat op de locatie	7
2.4 Simulatie windsnelheden met CFD	9
3 Rekenresultaten	10
4 Samenvatting en conclusies	15

1 Inleiding

In opdracht van Tandem CV is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande bebouwing van de wijk Wilhelminahaven te Oosterhout, Noord-Brabant.

Voor het vervaardigen van het CFD-model is onder meer gebruik gemaakt van een door Tandem CV aangeleverd 3D-model en een rapport over de monumentale bomen grenzend aan de geplande wijk. De verdere stedenbouwkundige omgeving is toegevoegd aan de hand van gegevens uit openbare bronnen. In totaal is een gebied gemodelleerd is van circa 600 bij 675 meter.

Het doel van het onderzoek was tweeledig: ten eerste het vaststellen en beoordelen van het windklimaat in de geplande wijk Wilhelminahaven en directe omgeving en ten tweede het vergelijken van de windklimaatssituatie met en zonder de geplande hoogbouw (de Wilhelminatoren, in figuur 1.1 weergegeven met een oranje kleur). Voor het laatstgenoemde is nader gekeken naar de verandering in het windklimaat bij de monumentale bomen ten gevolge van de Wilhelminatoren.

Voor de opzet van het onderzoek en de beoordeling van het windklimaat is uitgegaan van de Nederlandse norm NEN 8100:2006 *Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving*.

f1.1 Het gehanteerde 3D-model van de geplande bebouwing



2 Normstelling en uitgangspunten

2.1 Beslismodel NEN 8100

De beoordeling van het windklimaat met betrekking tot windhinder en windgevaar, is in Nederland vastgelegd in de norm NEN 8100. Om te bepalen of windhinder en/of windgevaar te verwachten is, kan in eerste instantie gebruik worden gemaakt van het beslismodel in de NEN 8100. Hierin wordt onder meer beschreven in welke situaties windklimaatonderzoek nodig is. Voor gebouwen met een hoogte vanaf 30 meter wordt nader onderzoek met CFD- of windtunnelsimulatie noodzakelijk geacht. Gezien de geplande bouwhoogte van circa 40 meter (hoogbouw gedeelte), wordt het uitvoeren van een windklimaatonderzoek als noodzakelijk beschouwd.

2.2 Windhinder en windgevaar volgens NEN 8100

De gevoeligheid van de mens voor wind is sterk afhankelijk van de activiteit waarmee men bezig is. Bij een laag activiteitsniveau (bijvoorbeeld wachten bij een bushalte, op een terrasje zitten) zullen lagere windsnelheden als hinderlijk ervaren kunnen worden dan bij een hoger activiteitsniveau. In de NEN 8100 wordt voor de beoordeling van het windklimaat derhalve onderscheid gemaakt tussen verschillende activiteitsklassen. Bij hogere windsnelheden kan tevens sprake zijn van gevaarlijke situaties zoals evenwichtsverlies bij het passeren van gebouwhoeken en dergelijke. Hiervoor wordt getoetst aan het specifieke gevaarcriterium.

2.2.1 Windhinder

Windhinder is iets wat in geen geval geheel te voorkomen is: als het stormt is de wind hinderlijk, wat voor maatregelen er ook getroffen worden. Het is daarom ook de kans op windhinder, die maatgevend gehouden wordt voor de beoordeling van het windklimaat. Voor windhinder wordt een drempelwaarde $v_{DR,H}$ aangehouden van 5 m/s uurgemiddelde windsnelheid op loop- of verblijfsniveau. Bij deze windsnelheid gaan mechanische effecten bij de ervaring van het windklimaat een rol spelen zoals bijvoorbeeld het omslaan van paraplu's, in de ogen waaien van stof en in meer extreme vorm het dichtwaaien van een autoportier en dergelijke.

Aan de hand van onderstaande tabel 2.1, afkomstig uit de NEN 8100, wordt een beoordeling gegeven van de te verwachten mate van windhinder.

t2.1 Criteria windhinder volgens NEN 8100.

Overschrijdingskans $p(V_{LOK} > v_{DR,H})$ in procenten van het aantal uren per jaar	Kwaliteitsklasse	Activiteit		
		I. Doorlopen	II. Slenteren	III. Langdurig zitten
< 2,5	A	Goed	Goed	Goed
2,5 – 5	B	Goed	Goed	Matig
5 – 10	C	Goed	Matig	Slecht
10 – 20	D	Matig	Slecht	Slecht
≥ 20	E	Slecht	Slecht	Slecht

Afhankelijk van de activiteitenklasse wordt de waardering van het lokale windklimaat gekwalificeerd met 'goed', 'matig' of 'slecht' (zie tabel 2.1). Bij een goed windklimaat ondervindt men geen overmatige windhinder. In een situatie zonder overmatige windhinder heeft het merendeel van het publiek onder normale omstandigheden geen last van windhinder. Bij een matig windklimaat ervaart men af en toe overmatige windhinder. In een slecht windklimaat ervaart men regelmatig overmatige windhinder. In een dergelijke situatie heeft het merendeel van het publiek last van windhinder.

Er wordt naar gestreefd, om binnen de verschillende activiteitenklassen, een goed, eventueel nog matig windklimaat te realiseren.

Activiteitenklasse 'langdurig zitten' is dusdanig kritisch dat deze met terughoudendheid wordt toegepast.

2.2.2 Windgevaar

Voor windgevaar wordt 15 m/s uurgemiddelde windsnelheid als drempelwaarde $v_{DR,G}$ gehanteerd.

Op basis van tabel 2.2, afkomstig uit de NEN 8100, wordt bepaald of sprake is van windgevaar.

t2.2 Criteria windgevaar volgens NEN 8100.

Overschrijdingskans $p(V_{LOK} > v_{DR,G})$ in procenten van het aantal uren per jaar	Kwalificatie
$0,05 < p < 0,30$	Beperkt risico
$p \geq 0,30$	Gevaarlijk

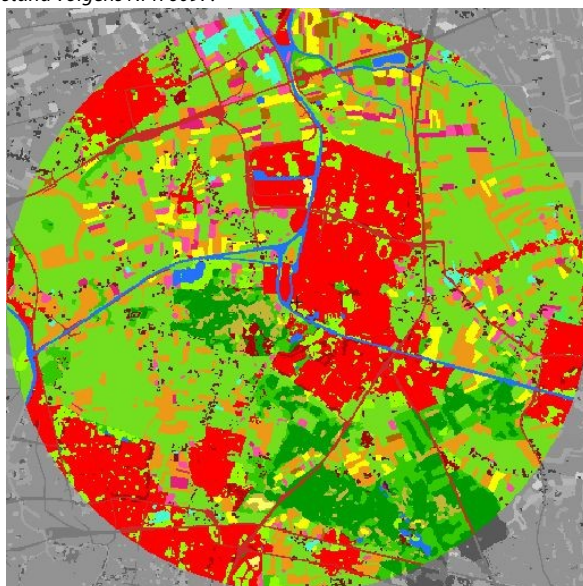
De norm stelt: "Situaties waarvoor een overschrijdingskans geldt van $0,05 < p < 0,30$ mogen alleen worden geaccepteerd als deze vallen binnen activiteiten klasse I (doorlopen). Voor activiteiten klasse II en III geldt de eis $p \leq 0,05$.

Situaties met een overschrijdingskans van $p \geq 0,30$ zijn evident gevaarlijk en behoren te allen tijde te worden vermeden; het publiek mag hier niet aan worden blootgesteld."

2.3 Windklimaat op de locatie

Voor de vertaling van de resultaten van de berekeningen naar de werkelijke situatie wordt gebruik gemaakt van een windstatistiek. De NEN 8100 verwijst voor de benodigde meteogegevens naar de NPR 6097:2006 *Toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland*. Met behulp van de bijbehorende software wordt voor de specifieke locatie een windstatistiek berekend op basis van meteogegevens van een groot aantal meteostations en gegevens omtrent terreinruwheden tot 6 km afstand van het plan. De terreinruwheden van het omliggend gebied worden per categorie weergegeven in figuur 2.1. De kleur geeft de terreinruwheid aan, rood staat bijvoorbeeld voor stedelijk bebouwd gebied.

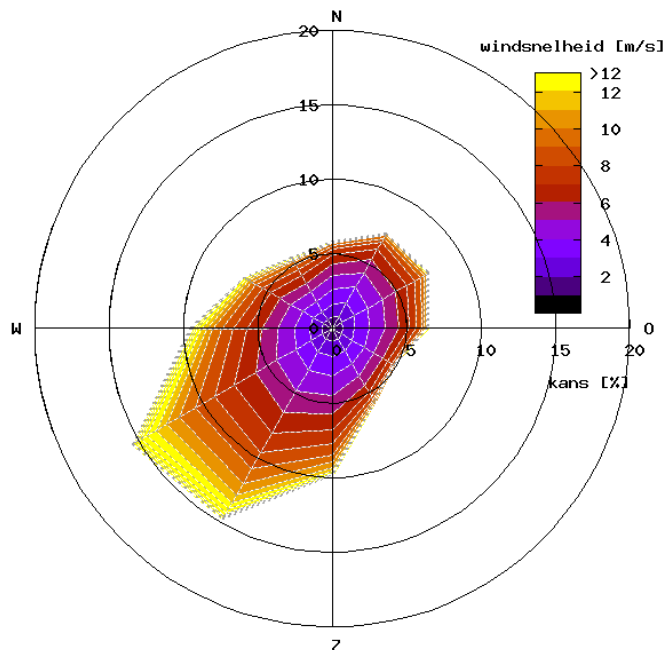
f2.1 *Terreinruwheid tot 6 km afstand volgens NPR 6097.*



In figuur 2.2 is de op basis van de NPR 6097 berekende windroos op 60 meter hoogte boven de betreffende locatie weergegeven. In de windroos wordt de kans op het voorkomen van wind uit een bepaalde richting weergegeven alsmede de verdeling van windsnelheden binnen de betreffende richtingen. Uit de windroos en onderstaande windstatistiek (tabel 2.3) blijkt dat op de bouwlocatie met name bij wind uit het zuiden tot westen de hoogste windsnelheden optreden en dat de wind relatief vaak uit het uit het zuidwesten (210° en 240°) komt. De zuidwesten wind is hiermee bepalend voor het windklimaat op de bouwlocatie.

f2.2 Windroos betreffende locatie volgens NPR 6097.

Windroos voor locatie X117478 Y405671.



t2.3 Windstatistiek van de betreffende locatie volgens NPR 6097.

Distributief overzicht windsnelheden 60 meter op basis van NPR 6097 in uren per jaar												totaal aantal uren	
Positie X117478 Y405671 Jaar 1963-2002												gemiddelde windsnelheid (m/s):	
wind snelheid	30°	60°	Oost 90°	120°	150°	Zuid 180°	210°	240°	West 270°	300°	330°	Noord 360°	8766.1
0.0 - 0.9	19.4	16.6	16.8	17.1	17.5	15.5	16.1	14.4	14.4	13.1	12.9	17.2	
1.0 - 1.9	62.8	52.5	48.4	47.8	52.5	57.9	56.0	48.5	46.2	45.8	41.9	53.5	
2.0 - 2.9	91.8	79.2	68.8	74.5	79.5	93.3	90.8	79.8	72.0	67.2	57.5	76.7	
3.0 - 3.9	106.7	92.4	85.3	78.3	89.2	111.0	116.8	103.8	88.4	76.1	68.5	83.0	
4.0 - 4.9	97.1	101.5	92.0	69.6	83.7	113.6	145.1	128.4	97.6	78.8	69.8	81.3	
5.0 - 5.9	89.7	91.7	81.1	54.6	65.8	110.8	148.8	144.9	96.7	76.6	59.6	69.4	
6.0 - 6.9	89.1	71.7	58.9	38.2	42.5	94.4	137.1	143.8	88.1	62.7	50.3	52.8	
7.0 - 7.9	47.2	54.7	42.8	25.0	31.3	78.4	128.5	137.8	81.1	53.8	40.3	36.2	
8.0 - 8.9	28.8	39.3	31.3	12.9	19.6	65.0	113.9	129.2	68.6	41.3	29.5	20.3	
9.0 - 9.9	17.1	26.4	20.0	5.0	11.1	44.8	98.8	107.5	50.6	30.1	20.5	10.7	
10.0 - 10.9	9.6	16.2	10.9	2.1	5.8	33.0	75.6	90.9	38.3	21.6	14.4	6.1	
11.0 - 11.9	3.3	9.8	6.3	0.8	2.5	21.0	57.3	70.4	30.5	15.0	7.5	3.8	
12.0 - 12.9	2.0	5.4	4.0	0.1	0.9	12.7	40.3	55.3	20.6	10.4	4.5	1.9	
13.0 - 13.9	0.8	2.0	1.4	0.2	0.4	7.8	28.3	39.7	15.9	6.1	2.6	1.1	
14.0 - 14.9	0.1	0.3	0.7	0.0	0.2	3.9	16.4	23.8	10.8	2.8	1.7	0.5	
15.0 - 15.9	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	1.9	10.9	17.4	6.9	1.7	0.8	0.0	
16.0 - 16.9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.9	5.9	11.4	4.4	0.7	0.4	0.0	
17.0 - 17.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.7	6.5	2.6	0.6	0.3	0.0	
18.0 - 18.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.8	3.6	1.9	0.3	0.1	0.0	
19.0 - 19.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.2	2.1	1.1	0.2	0.0	0.0	
20.0 - 20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.2	0.8	0.1	0.0	0.0	
21.0 - 21.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	0.2	0.1	0.0	0.0	
22.0 - 22.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	
23.0 - 23.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	
24.0 - 24.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	
25.0 - 25.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
26.0 - 26.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	
27.0 - 27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
28.0 - 28.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
29.0 - 29.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
30.0 - 30.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
31.0 - 31.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
32.0 - 32.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
33.0 - 33.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
34.0 - 34.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
35.0 - 35.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
36.0 - 36.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
37.0 - 37.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
38.0 - 38.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
39.0 - 39.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
santal uren	645.5	660.1	568.9	426.2	502.5	867.0	1292.8	1362.3	838.1	605.1	483.1	514.5	
gemiddelde snelheid	4.7	5.2	5.0	4.2	4.4	5.8	6.9	7.5	6.5	5.7	5.3	4.6	

2.4 Simulatie windsnelheden met CFD

Voor het uitvoeren van een windklimaatonderzoek beschikt Peutz over een eigen windtunnel. Als het gaat om relatief eenvoudige bebouwingssituaties, of bebouwingssituaties waar op voorhand van wordt verwacht dat geen grote windproblemen op gaan treden, kan worden volstaan met een numerieke simulatie met Computational Fluid Dynamics (CFD). In deze situatie is in overleg met de opdrachtgever van deze onderzoeksmethode uitgegaan. De rekenmethode is aan de hand van eerder uitgevoerde windtunnelprojecten gevalideerd.

De grenslaagstroming die in de praktijk (bij neutrale stabiliteit ten aanzien van het temperatuurprofiel) aanwezig is wordt aan de rand van het CFD-model opgewekt zodat het juiste windprofiel (afhankelijk van de terreinruwheid) wordt gesimuleerd. Verfijning van de lokale windsituatie vindt plaats door de direct omliggende bebouwing en begroeiing mee te modelleren.

De windsnelheden rondom het project worden met het CFD-model voor 12 windrichtingen berekend. Met behulp van de windstatistiek voor de bouwlocatie, zoals berekend in navolging van de NPR 6097, wordt vervolgens per windrichting de overschrijdingskans voor de kritische uurgemiddelde windsnelheden van 5 en 15 m/s voor respectievelijk windhinder en windgevaar bepaald. De totale overschrijdingskans is de som van de overschrijdingskansen per windrichting, ook wel de hinderkans en de gevaarkans genoemd. Deze worden vervolgens getoetst aan de NEN 8100 om het lokale windklimaat te kunnen beoordelen.

In bijlage 1 is het technisch inlegvel, conform de NEN 8100, opgenomen. Het technisch inlegvel bevat een aantal rubrieken en aandachtspunten die een kort, schetsmatig overzicht geven van de relevante zaken van de CFD-berekeningen.

3 Rekenresultaten

In figuur 3.1 is een aanzicht gegeven van het rekengrid ter plaatse van de geplande bebouwing en de monumentale bomen. Een vergelijkbaar rekengrid is gemaakt voor de simulaties zonder de Wilhelminatoren.

f3.1 Aanzicht oppervlakte grid rekenmodel



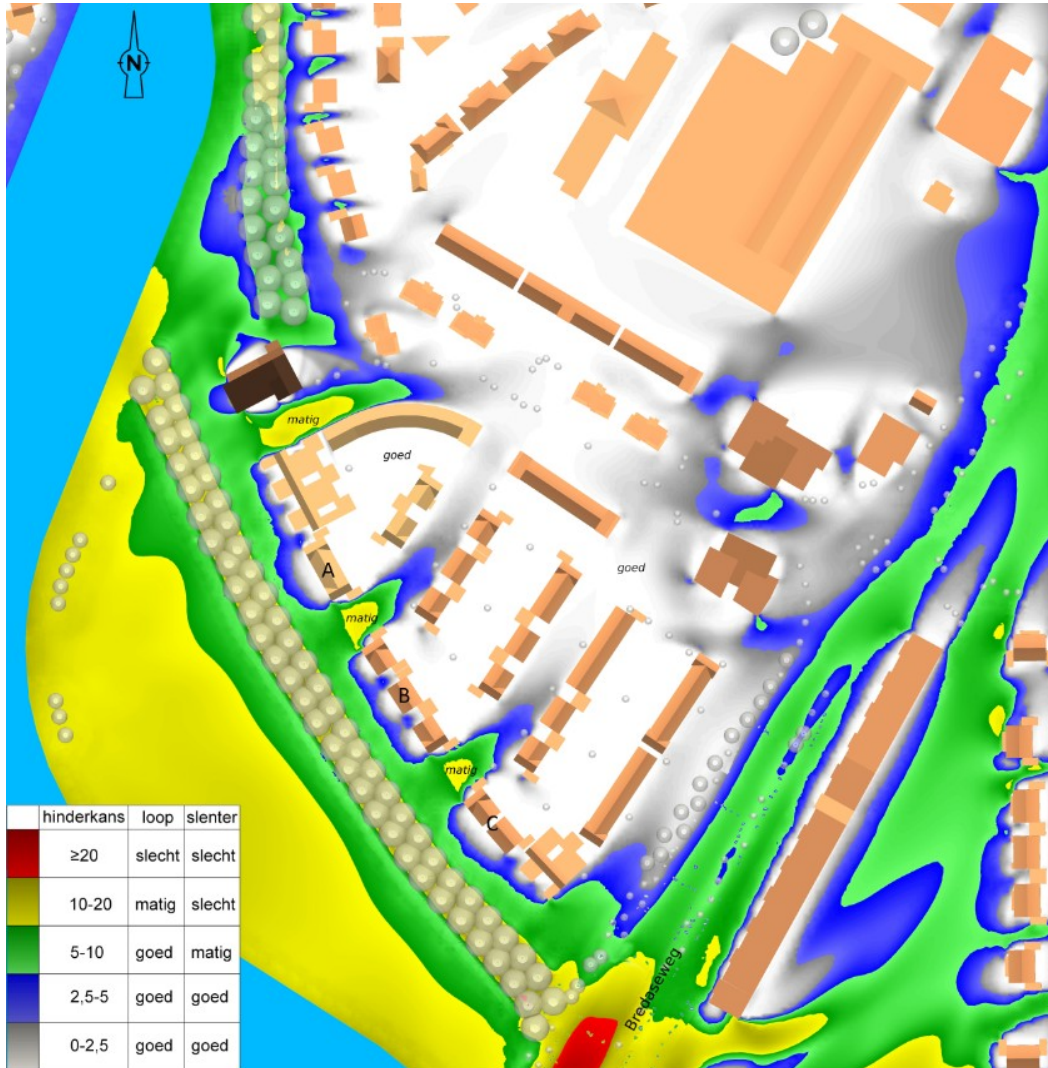
Het toekomstige windklimaat wordt beoordeeld op basis van de uitgevoerde CFD-berekeningen, de windstatistiek van de betreffende locatie en de grenswaarden zoals beschreven in de paragrafen 2.2.1 en 2.2.2 betreffende windhinder en windgevaar.

In figuur 3.2 wordt in een horizontale doorsnede op hoofdhoogte (1,75 meter boven plaatselijk maaiveldniveau) de berekende hinderkans met kleurcontouren voor de geplande bebouwingssituatie weergegeven. De kleuren zijn afgestemd op de beoordelingscriteria uit de NEN 8100. Bij de beoordeling van het windklimaat wordt onderscheid gemaakt tussen de categorieën loop- en slentergebied. Het criterium voor slentergebied is van toepassing bij de gebouwentrees, verder wordt het criterium voor loopgebied gehanteerd. Bij de gebouwentrees wordt een hinderkans van minder dan 5%, overeenkomend met een beoordeling goed, nagestreefd. In figuur 3.3 is een close-up van het windklimaat in het gebied rondom de Wilhelminatoren weergegeven.

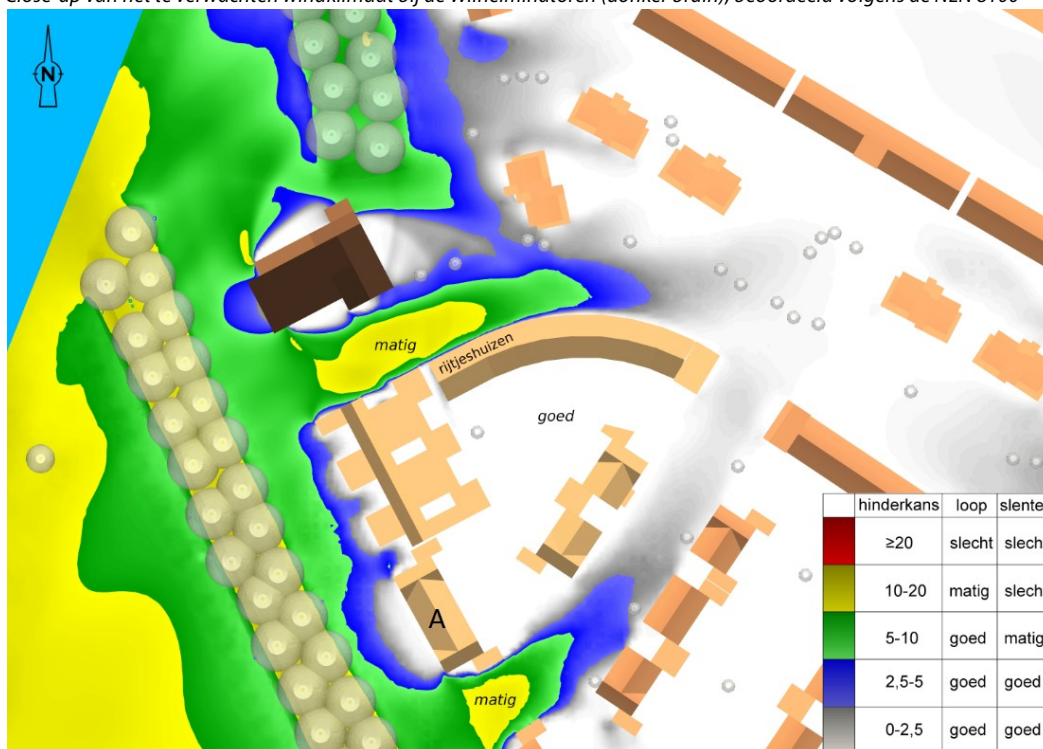
De hoogbouw is aangegeven met een donkerdere kleur dan de laagbouw.

De beoordeling van het aspect windgevaar wordt alleen tekstueel weergegeven.

f3.2 Het te verwachten windklimaat in de geplande bebouwingssituatie, beoordeeld volgens de NEN 8100



f3.3 Close-up van het te verwachten windklimaat bij de Wilhelminatoren (donker bruin), beoordeeld volgens de NEN 8100



Uit figuren 3.2 en 3.3 kan worden opgemaakt dat nergens in de geplande woonwijk of directe omgeving een slecht windklimaat te verwachten is. Het gevaarcriterium wordt eveneens niet overschreden. Er zijn echter een aantal plekken waar een verhoogde hinderkans optreedt.

Aan de zuidkant van de Wilhelminatoren (donker bruin) is een gebied waar een matig windklimaat voor lopen wordt verwacht (geel). Er liggen rijtjeshuizen dicht bij dit gebied, met aan de noordzijde entrees naar deze woningen. Bij de eerste 3 à 4 huizen wordt bij de entrees een matig windklimaat voor slenteren verwacht (groen). De geplande begroeiing aan de oostzijde van de Wilhelminatoren (tweetal bomen bij de zuidoostelijke gebouwhoek van de toren) is meegenomen in de berekening. Met de huidige positie van deze bomen leveren deze echter geen (significante) bijdrage aan een verbetering van het windklimaat bij de rijtjeshuizen. Geadviseerd wordt om een andere positie van deze bomen of het plaatsen van extra begroeiing in de nabijheid van de rijtjeshuizen te overwegen.

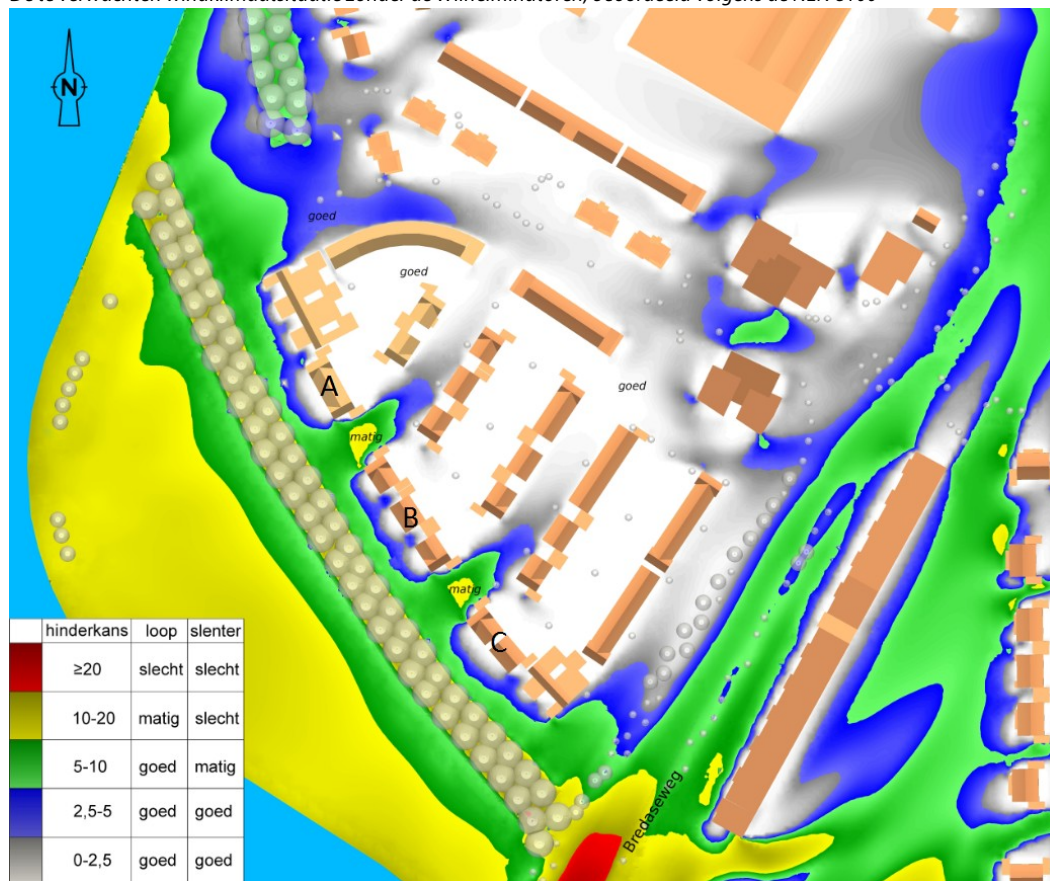
Tussen enkele gebouwdelen (hier aangeduid met de letters A, B en C) worden gebieden met een matig windklimaat voor lopen geprognosticeerd. Afhankelijk van de locaties van de entrees kan hier tevens sprake zijn van een matig windklimaat voor slenteren.

In figuur 3.4 is het te verwachten windklimaat zonder de Wilhelminatoren weergegeven. De voornaamste verschillen met de windklimaatssituatie met de Wilhelminatoren treden op rondom de toren en bij de rijtjeshuizen. Zonder de Wilhelminatoren wordt hier een goed

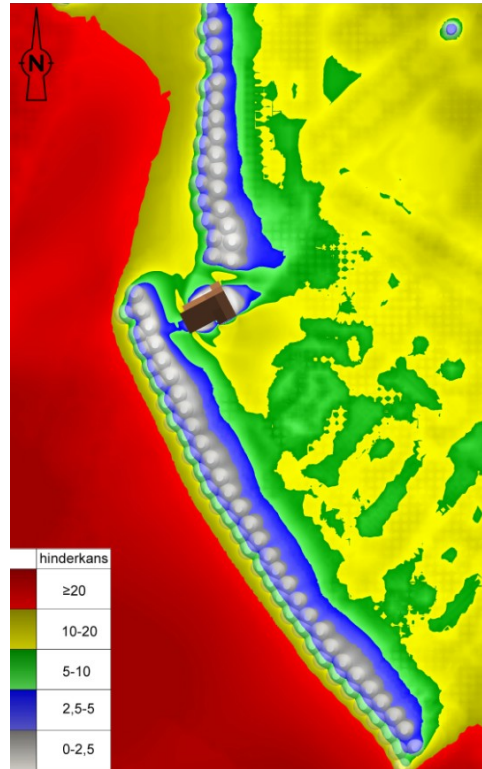
windklimaat verwacht. De effecten van de toren zijn dus zeer lokaal, namelijk alleen in de directe omgeving van de toren en zeker niet buiten het plangebied.

In figuren 3.5 en 3.6 zijn middels horizontale doorsneden op 2/3 van de (gemiddelde) boomhoogte de te verwachten windklimaatssituaties respectievelijk met en zonder de Wilhelminatoren weergegeven. Uit de figuren kan worden opgemaakt dat het effect van de Wilhelminatoren op het windklimaat lokaal is. De bomen vallen buiten het gebied waar hogere tijdsgemiddelde windsnelheden ontstaan door loslating van de stroming bij de gebouwpunten. In bijlage 2 is dit voor enkele maatgevende windrichtingen verder geïllustreerd middels verticale doorsneden van het tijdsgemiddelde windsnelheidsveld door de bomen. Uit deze afbeeldingen blijkt eveneens dat er geen significante negatieve verandering van het windklimaat bij de bomen optreedt.

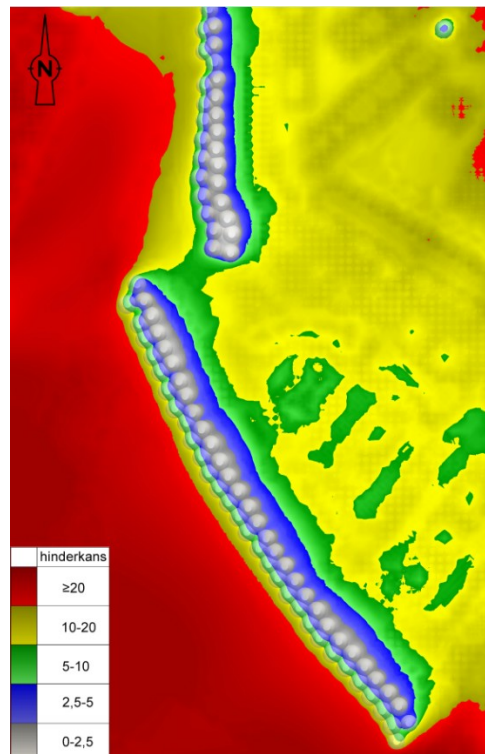
f3.4 De te verwachten windklimaatssituatie zonder de Wilhelminatoren, beoordeeld volgens de NEN 8100



f3.5 Horizontale doorsnede op 2/3 van de boomhoogte van het te verwachten windklimaat met de Wilhelminatoren



f3.6 Horizontale doorsnede op 2/3 van de boomhoogte van het te verwachten windklimaat zonder de Wilhelminatoren



4 Samenvatting en conclusies

In opdracht van Tandem CV is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie ter plaatse van de geplande wijk Wilhelminahaven te Oosterhout, Noord-Brabant. Het hoofddoel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het windklimaat in de wijk Wilhelminahaven en directe omgeving en het bepalen van de invloed van de Wilhelminatoren op de bomen.

Voor de opzet van het onderzoek en de beoordeling van het windklimaat is uitgegaan van de Nederlandse norm NEN 8100:2006 *Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving*.

Bij de beoordeling van de onderzoeksresultaten wordt onderscheid gemaakt tussen de functiecategorieën loopgebied en slentergebied. De laatste is in deze situatie van toepassing bij de gebouwentrees. Hier wordt een hinderkans van minder dan 5%, overeenkomend met een beoordeling goed, nagestreefd.

Uit de resultaten van het onderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Aan de zuidkant van de Wilhelminatoren wordt een beperkt gebied met een matig windklimaat voor lopen verwacht. Bij 3 à 4 rijtjeshuizen ten zuidoosten van de Wilhelminatoren wordt bij de entrees een matig windklimaat op basis van het criterium voor slentergebied verwacht.
- In de straten tussen enkele andere gebouwdelen aan de waterzijde worden eveneens gebieden met een matig windklimaat voor lopen geprognosticeerd. Afhankelijk van de locaties van de entrees kan hier tevens sprake zijn van een matig windklimaat voor slenteren.
- De voornaamste verschillen tussen de windklimaatssituatie met en zonder de Wilhelminatoren worden verwacht rondom de toren en bij de rijtjeshuizen direct ten zuidoosten van de toren. Op grotere afstand van de geplande locatie van de toren (onderzocht tot ca. 300 meter) is er geen verschil tussen beide situaties.
- Het gevaarcriterium wordt nergens in het plangebied of directe omgeving overschreden.
- Ter plaatse van de monumentale bomen zijn geen significante negatieve wijzigingen van het windklimaat ten gevolge van de toren vastgesteld. Opgemerkt dient te worden dat de gehanteerde onderzoeksmethode geen uitsluitsel geeft over een mogelijke toename van schadelijke turbulenties. De resultaten zijn echter van dien aard dat nader onderzoek met een windtunnelmodel en een meer verfijnde analyse van de bomen niet nodig geacht wordt.

Naar aanleiding van de onderzoeksresultaten wordt geadviseerd de terreininrichting c.q. de positie van de geplande begroeiing in het gebied ten zuiden/zuidoosten van de toren af te stemmen op de windsituatie, teneinde het windklimaat bij de nabij gesitueerde woningen te verbeteren.

Mook,

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Mook', with a long horizontal stroke extending to the right.

Dit rapport bevat 16 pagina's

Bijlage 1: Technisch inlegvel numerieke simulatie.

Bijlage 2: Windsnelheidsveld door de monumentale bomen.

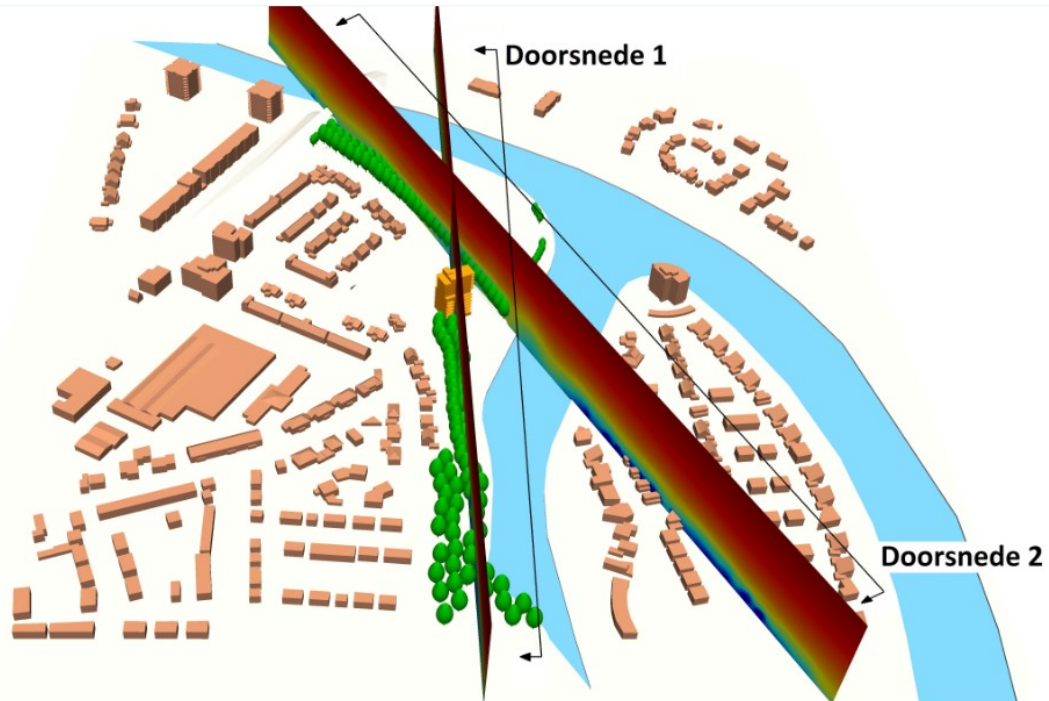
Bijlage 1 Technisch inlegvel numerieke simulatie

Project	Projectgegevens			
Projectnaam	Windklimaat Kanaaltoren Wilhelminahaven Oosterhout			
Opdrachtgever	Tandem CV			
Projectleider	O.E. Otten			
Datum	25 november 2016			
Model	Algemene gegevens van het model			
Omvang gemodelleerd gebied	600 x 675 meter			
Kerngebied	het gebied rondom de geplande nieuwbouw			
Omgeving	bebouwing/begroeiing			
Afmetingen model	700 x 775 x 500 meter			
Blokkeringsgraad	<10%			
Gemodelleerd groen	jaargemiddelde situatie			
Onderzochte windrichtingen	12 (rondom in stappen van 30 graden)			
Onderzochte configuraties	geplande bebouwingssituatie, geplande bebouwingssituatie zonder de Wilhelminatoren			
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur			
Programmatuur	OpenFoam 3.0.x			
	✓	FVM (eindige volume methode)		
	–	FEM (eindige elementen methode)		
	–	anders		
Algemeen	✓	drie-dimensionaal	–	twee-dimensionaal
	✓	tijd-onafhankelijk	–	tijd-afhankelijk
	✓	isothermisch	–	thermisch
	–	passieve scalairs	–	actieve scalairs
Rekenrooster	circa 7.2 miljoen cellen (met Wilhelminatoren), circa 5.9miljoen cellen (zonder Wilhelminatoren) ; verfijning t.p.v. de geplande bebouwing			
Turbulentiemodellering	k-ε-RNG-turbulentiemodel			
Convectieve differentieschema's	snelheidscomponenten: Gauss turbulentie grootheden: Gauss scalaire variabelen: -			
Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden			
Instroomprofiel	windrichting 0° – 180°: z ₀ =0.7 m; overige windrichtingen z ₀ =0.5 m			
Uitlaat	constante druk			
Boven-/zijwanden	gesloten, wrijvingsloos			
Gegevensverwerking en -beoordeling	Informatie voor locatie en beoordeling windklimaat			
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X = 117478 Y = 405671			
Toegepaste eisen	V _{DR} [m/s]	Gewenste kwaliteitsklasse	Overschrijdingskans [%]	Beoordeling
Voor comfort			p(V _{LOK} > V _{DR,H})	
Doorlopen	5,0	≤ D	< 20	≤ matig
Slenteren	5,0	≤ C	< 10	≤ matig
Zitten	5,0	≤ B	< 5	≤ matig
Regionale correctie	Geen correctie			
Voor gevaar			p(V _{LOK} > V _{DR,G})	
	15	n.v.t	0,05 < p < 0,30	beperkt risico
	15	n.v.t	p ≥ 0,30	gevaarlijk
Gepresenteerde resultaten		windhinder: figuren met p (V _{LOK} > V _{DR,H})-waarden, gevaar: tekstuele beoordeling		
Opmerkingen				

Bijlage 2 Windsnelheidsveld door de bomen

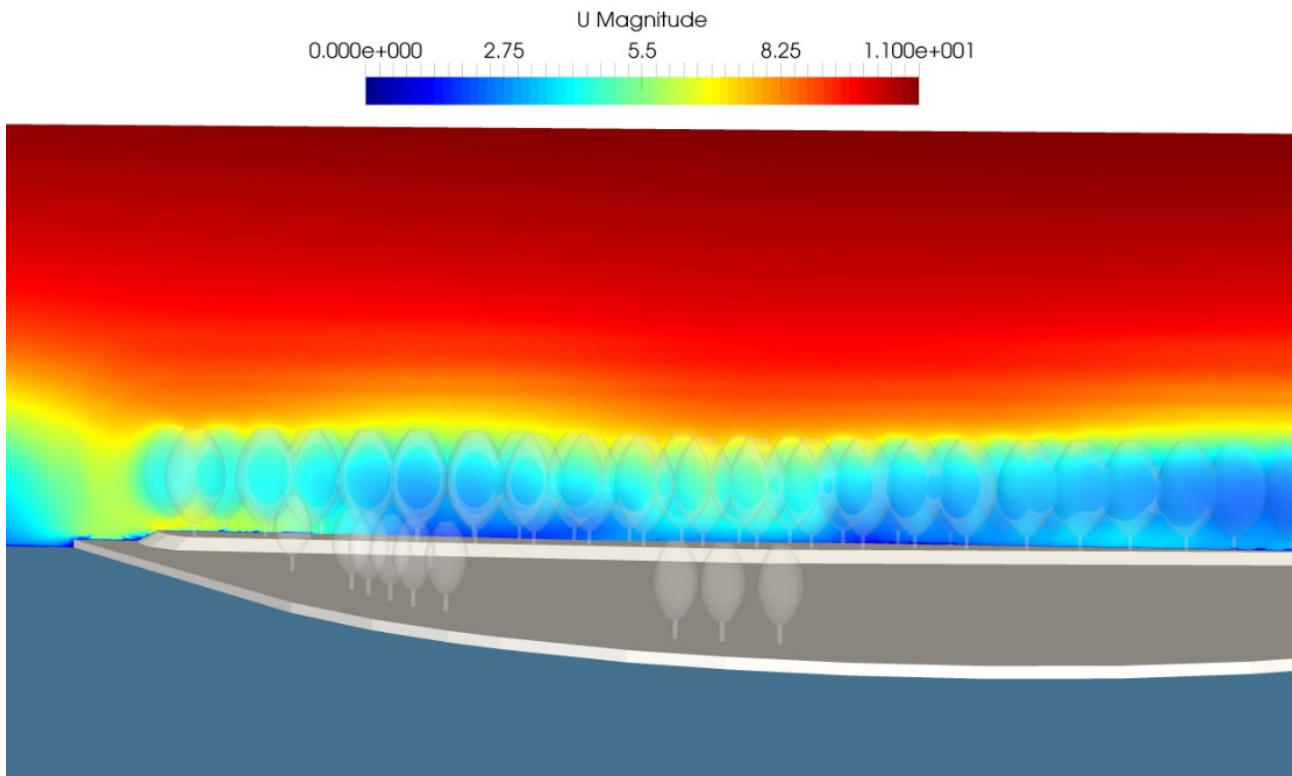
In de volgende figuren staan voor enkele maatgevende windrichtingen (90°, 150° en 240°) verticale doorsneden van het tijdsgemiddelde windsnelheidsveld door de bomen getoond. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het opgelegde windprofiel een (referentie)snelheid van 10 m/s heeft op 60 m hoogte. Indien een andere referentiesnelheid (of referentiehoogte) wordt gekozen dan leidt dit tot andere waarden voor de snelheid. Voor de vergelijking tussen de situatie met en zonder Wilhelminatoren maakt de keuze van de referentiesnelheid en referentiehoogte echter niet uit, het gaat om de optredende verschillen.

fii.1 Verticale doorsneden door de bomen

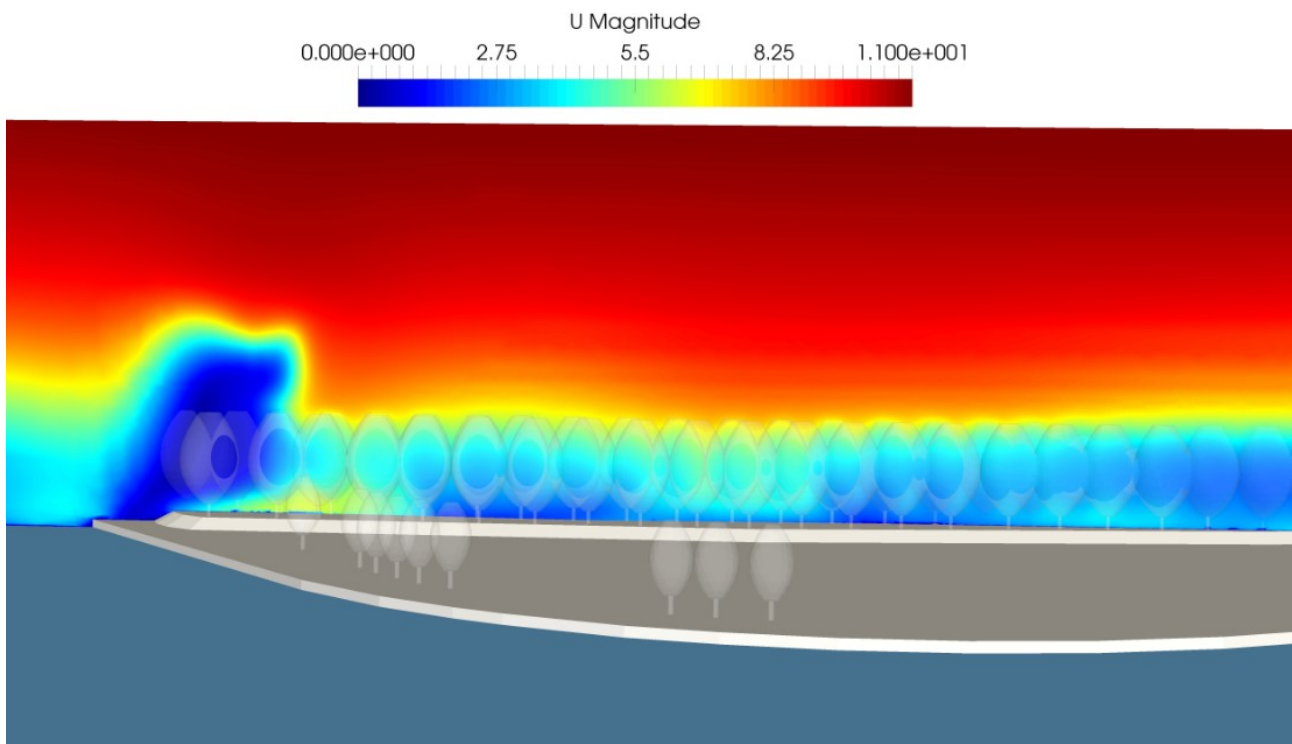


Bijlage 2 Windsnelheidsveld door de bomen

fii.2 Windsnelheden bij doorsnede 1 voor windrichting 90 graden, zonder Wilhelminatoren

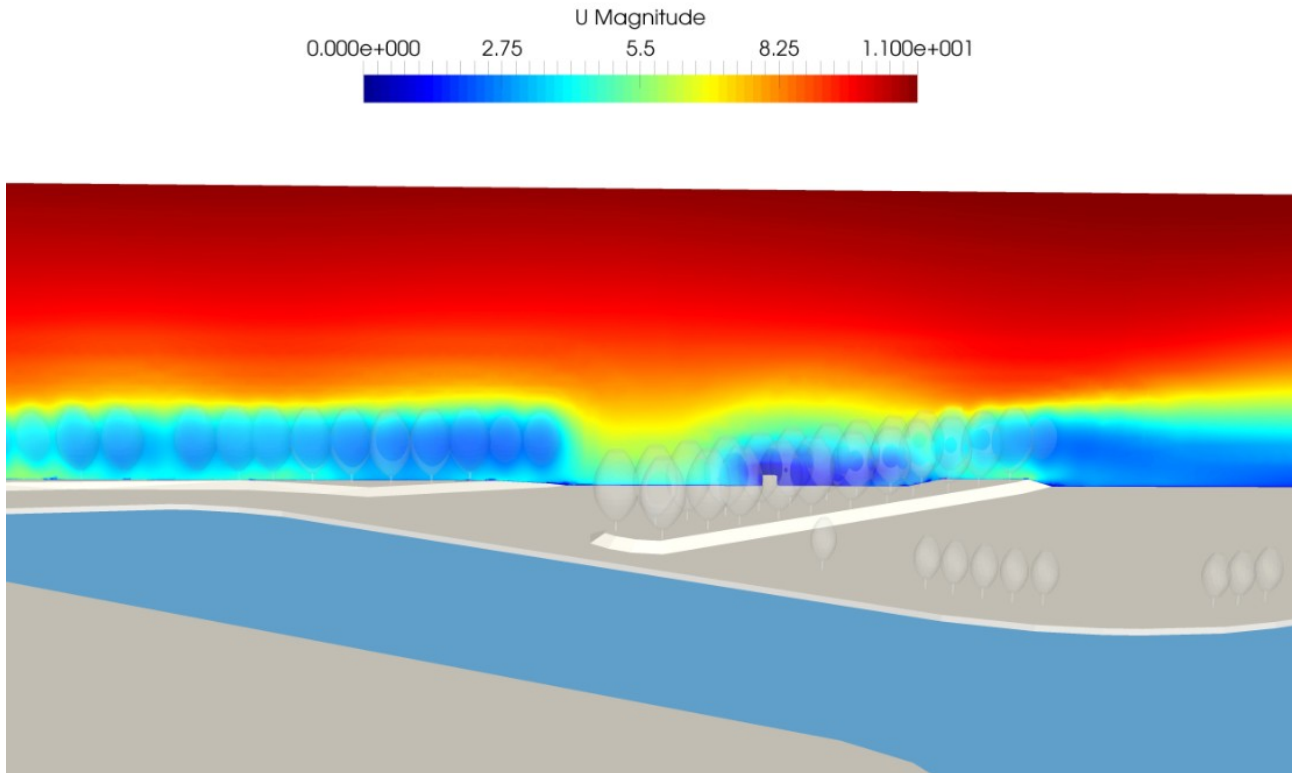


fii.3 Windsnelheden bij doorsnede 1 voor windrichting 90 graden, met Wilhelminatoren

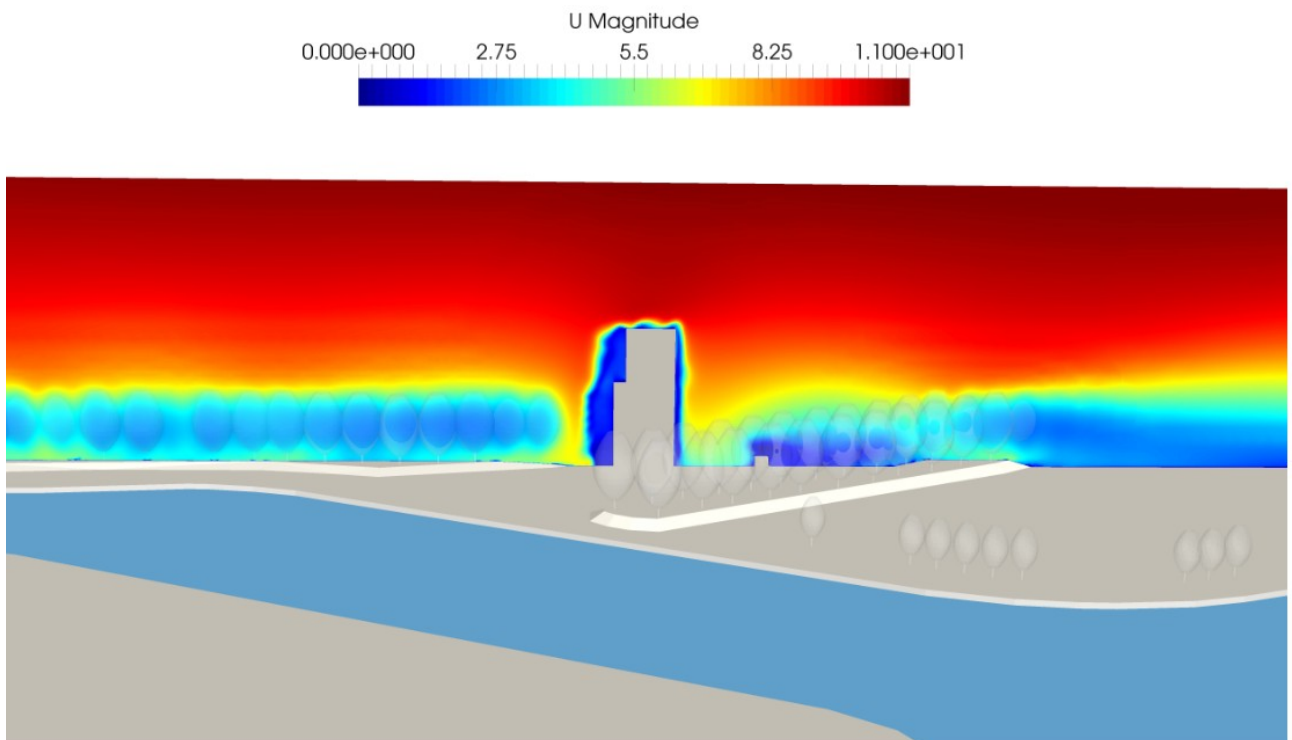


Bijlage 2 Windsnelheidsveld door de bomen

fii.4 Windsnelheden bij doorsnede 2 voor windrichting 90 graden, zonder Wilhelminatoren

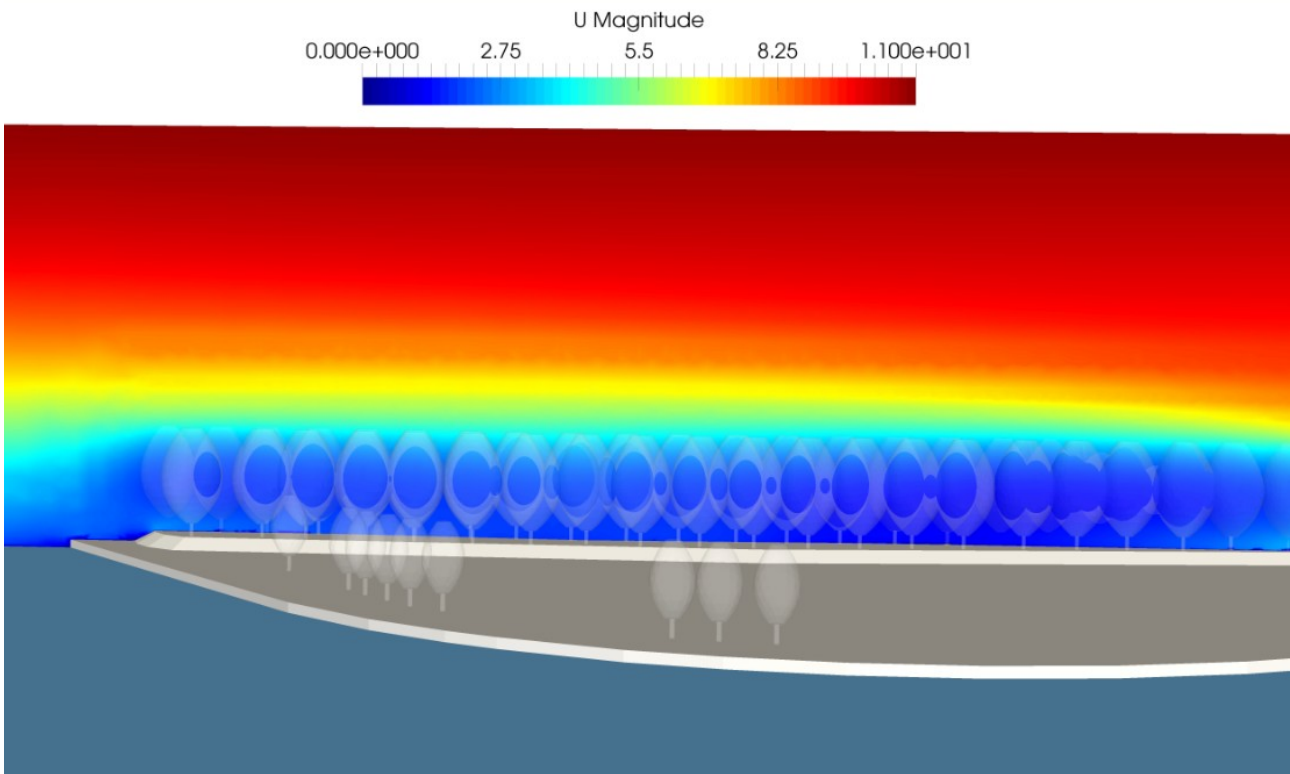


fii.5 Windsnelheden bij doorsnede 2 voor windrichting 90 graden, met Wilhelminatoren

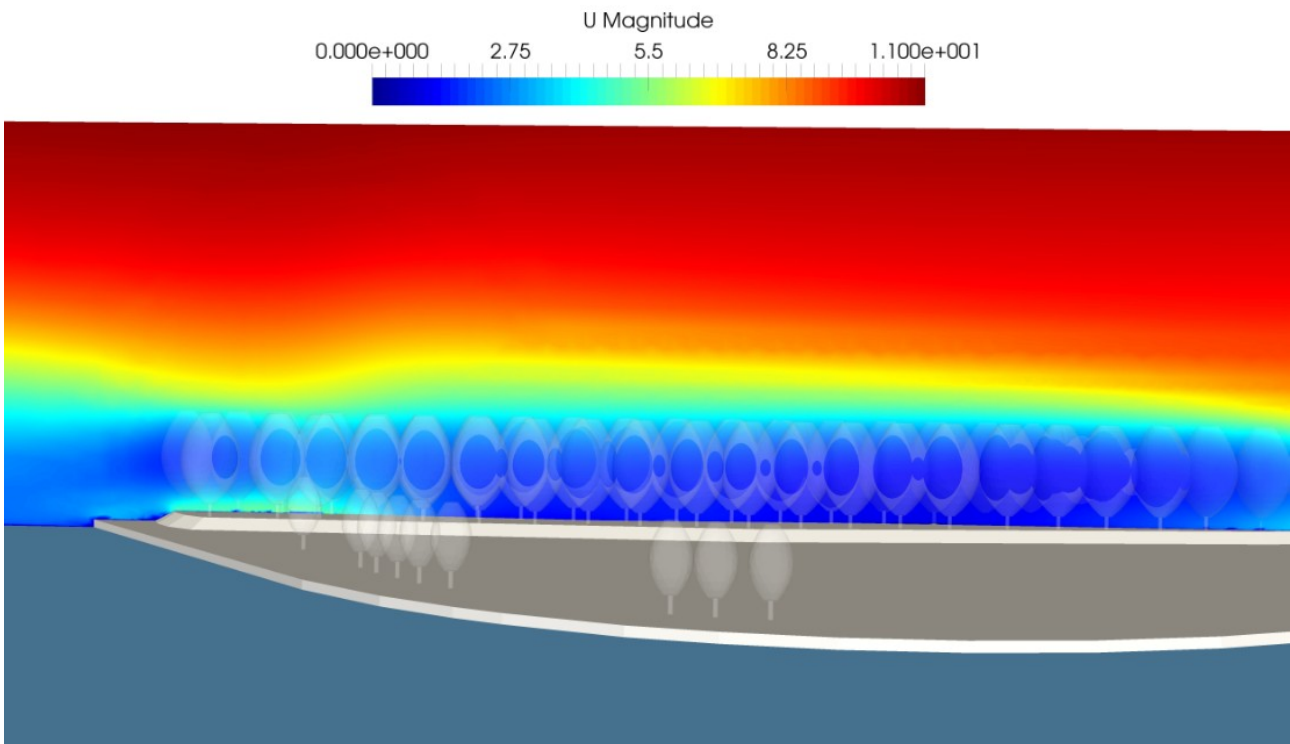


Bijlage 2 Windsnelheidsveld door de bomen

fii.6 Windsnelheden bij doorsnede 1 voor windrichting 150 graden, zonder Wilhelminatoren

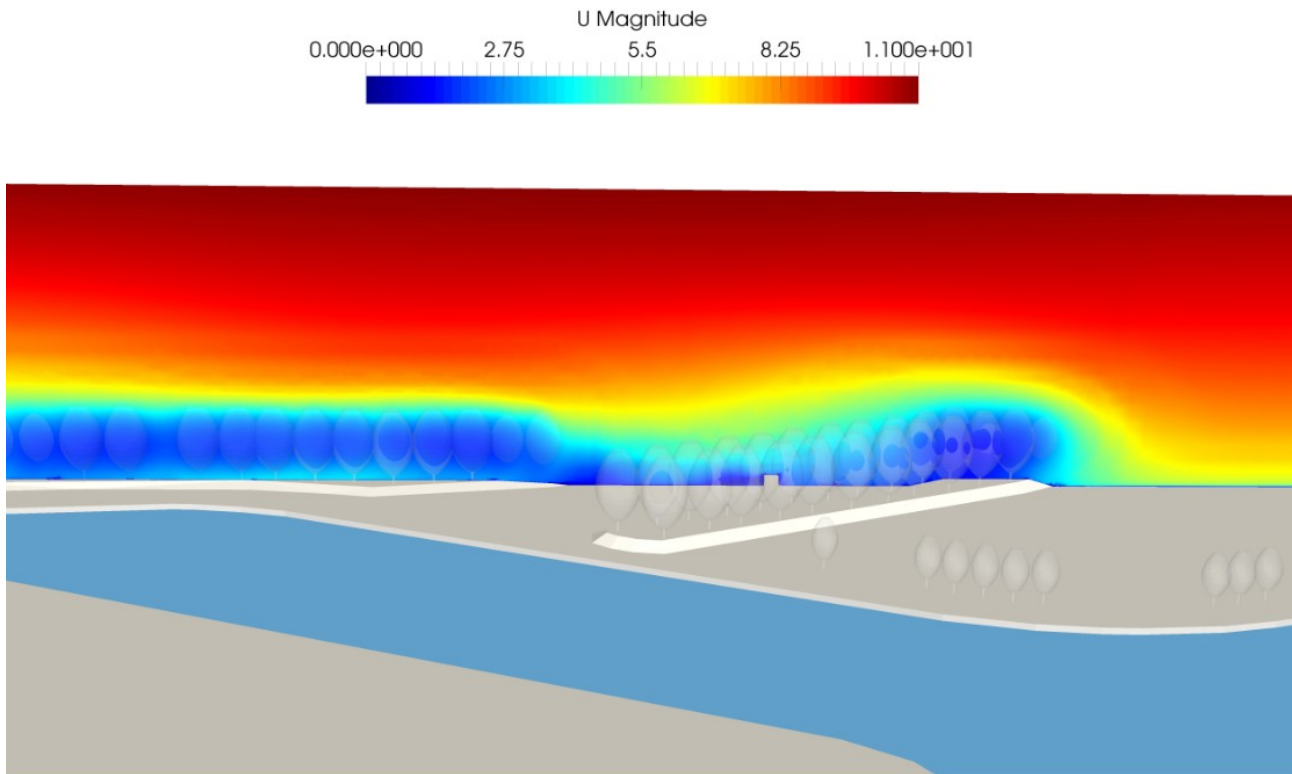


fii.7 Windsnelheden bij doorsnede 1 voor windrichting 150 graden, met Wilhelminatoren

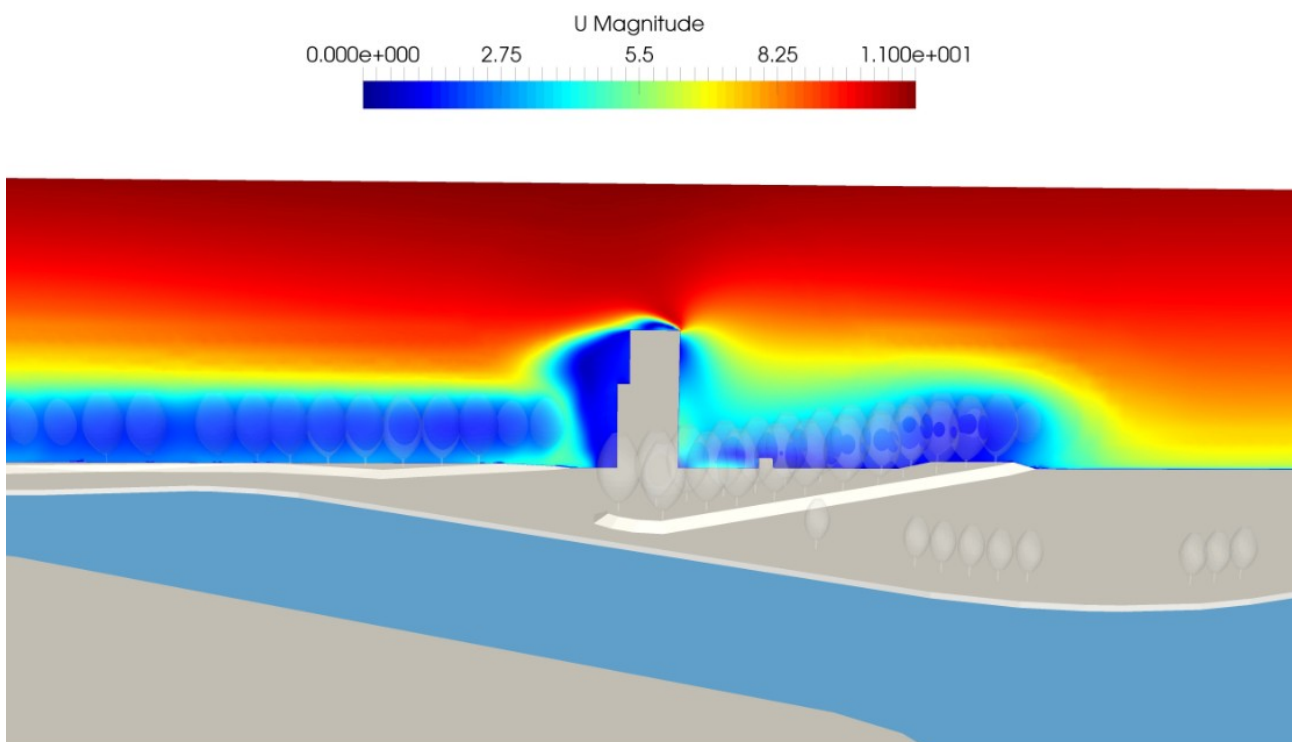


Bijlage 2 Windsnelheidsveld door de bomen

fii.8 Windsnelheden bij doorsnede 2 voor windrichting 150 graden, zonder Wilhelminatoren

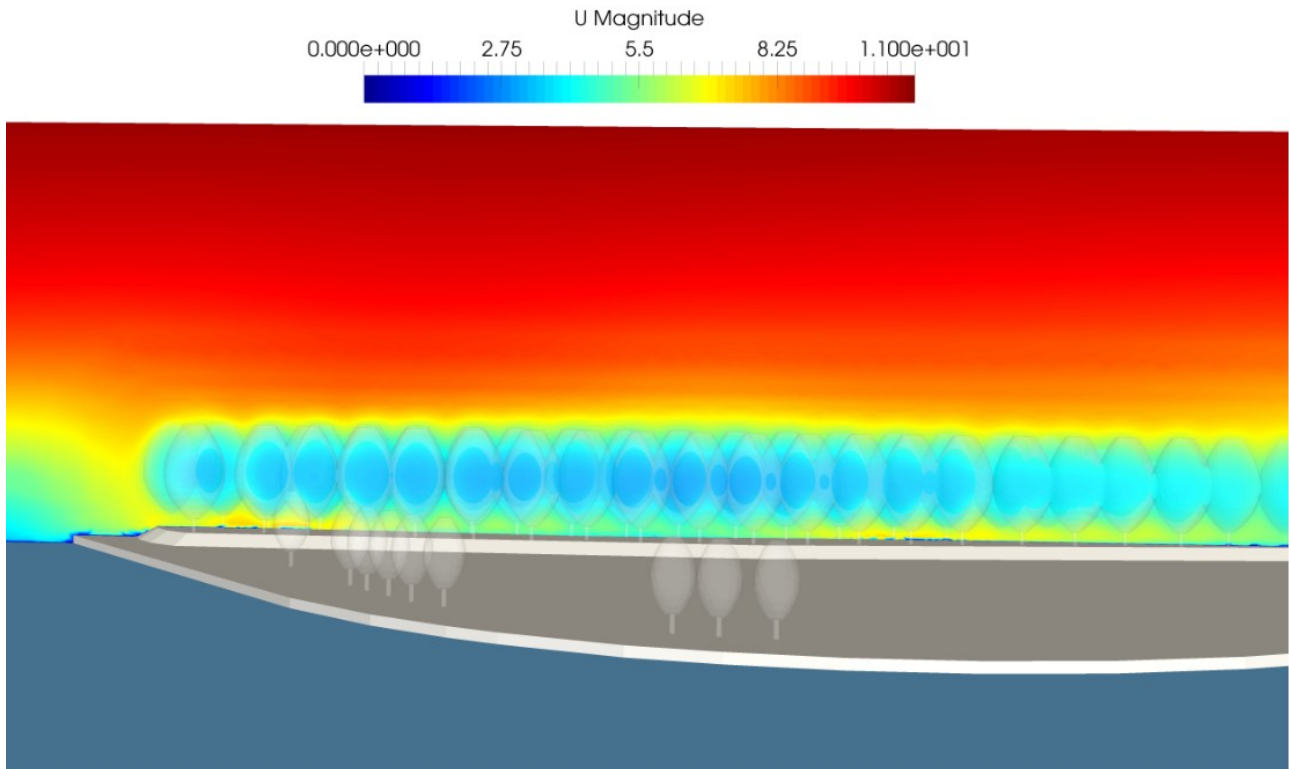


fii.9 Windsnelheden bij doorsnede 2 voor windrichting 150 graden, met Wilhelminatoren

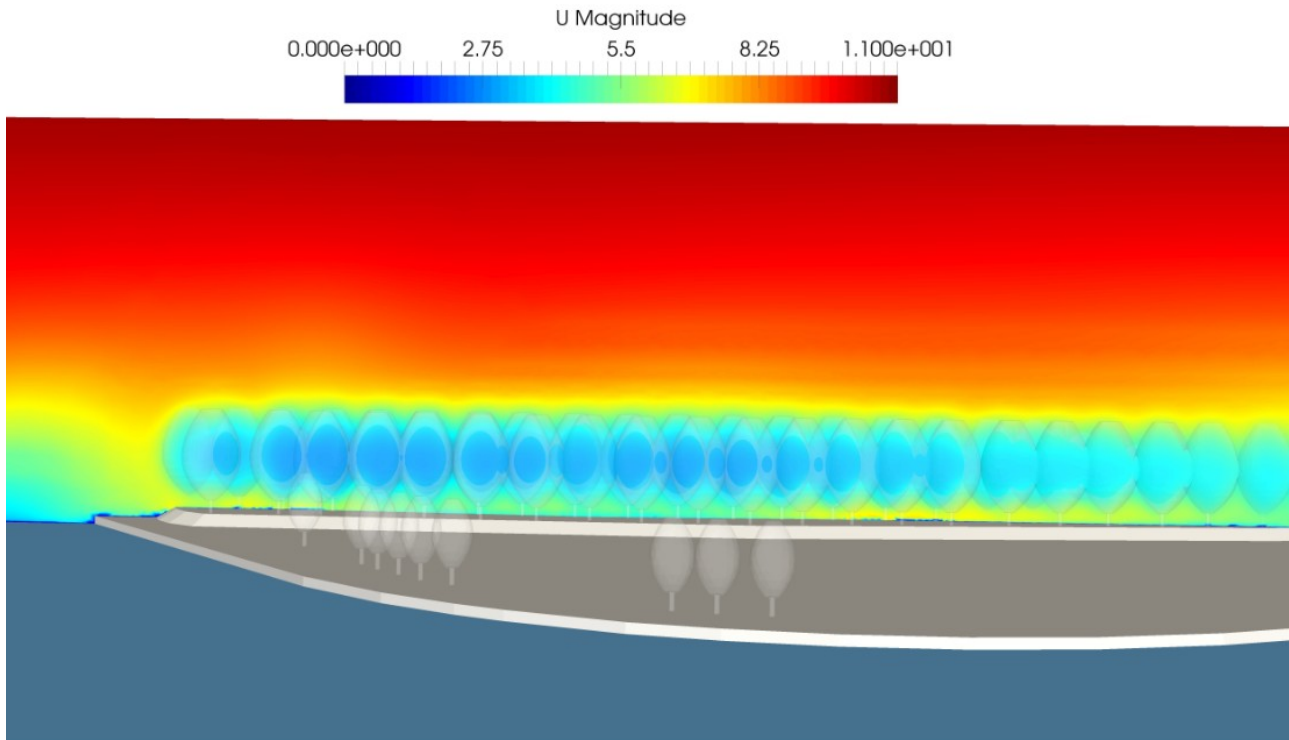


Bijlage 2 Windsnelheidsveld door de bomen

fii.10 Windsnelheden bij doorsnede 1 voor windrichting 240 graden, zonder Wilhelminatoren

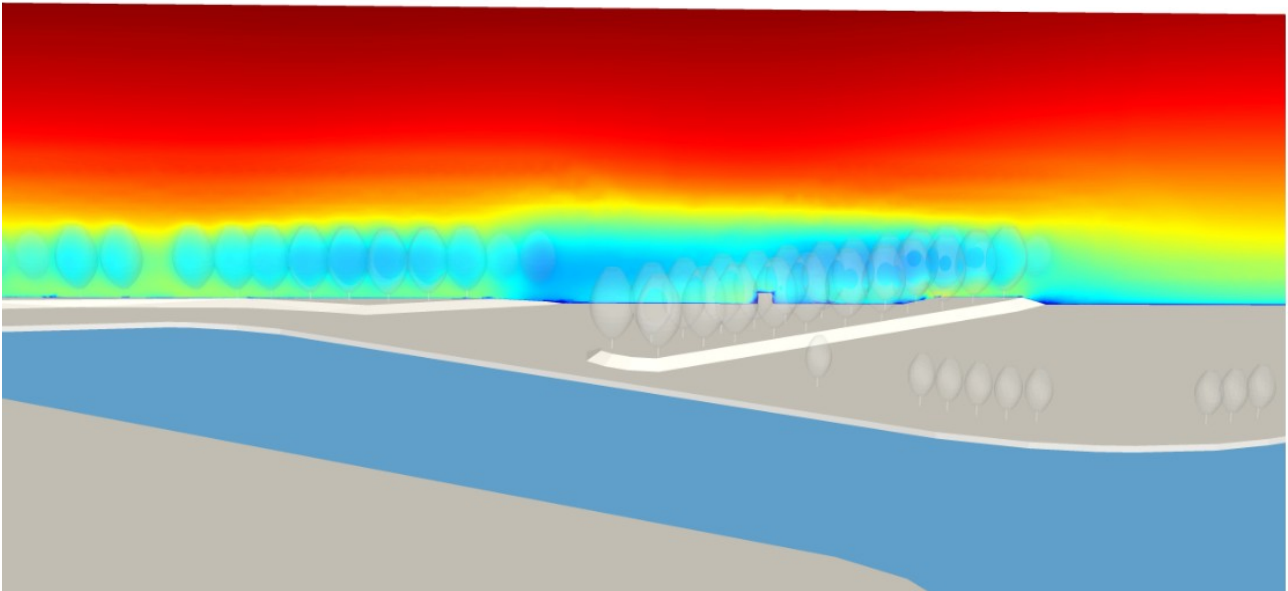
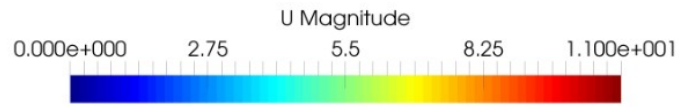


fii.11 Windsnelheden bij doorsnede 1 voor windrichting 240 graden, met Wilhelminatoren



Bijlage 2 Windsnelheidsveld door de bomen

fii.12 Windsnelheden bij doorsnede 2 voor windrichting 240 graden, zonder Wilhelminatoren



fii.13 Windsnelheden bij doorsnede 2 voor windrichting 240 graden, met Wilhelminatoren

