



Rijnhaven Rotterdam

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD

Rijnhaven Rotterdam

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD



opdrachtgever	Gemeente Rotterdam
rapportnummer	O 16497-2-RA-002
datum	10 februari 2022
referentie	LA/JGZ//O 16497-2-RA-002
verantwoordelijke	dr. ir. L. Aanen
opsteller	ir. J. Groot Zevert 085 8228661 j.grootzevert@peutz.nl

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 85 822 86 00, mook@peutz.nl, www.peutz.nl

kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2015

mook – zoetermeer – groningen – eindhoven – düsseldorf – dortmund – berlijn – nürnberg – 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
3.1	Basissituatie	11
3.2	Situatie zonder torens	13
3.3	Situatie met aangepaste torens met set-backs	15
3.4	Situatie met getrapte torens en vernieuwd maaiveld	17
3.5	Mogelijkheden tot verbetering van het windklimaat	18
4	Samenvatting en conclusies	20

1 Inleiding

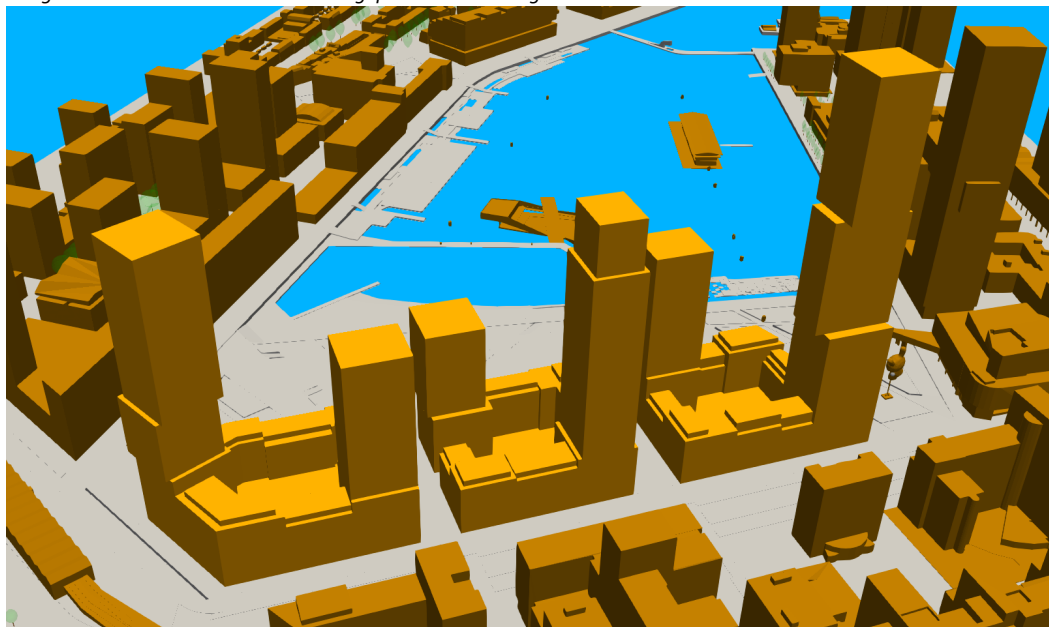
In opdracht van Gemeente Rotterdam is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande bebouwing van het plangebied Rijnhaven Rotterdam.

Voor het vervaardigen van het CFD model is onder meer gebruik gemaakt van een door de gemeente aangeleverd 3D model. In totaal is een gebied gemodelleerd is van circa 1400 bij 1400 meter.

Het doel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het te verwachten windklimaat in de directe omgeving van de geplande bebouwing. Hierbij gaat het in eerste instantie om het verkrijgen van inzicht in de te verwachten knelpunten en de invloed van keuzes in de volume opbouw op het windklimaat.

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-basismodel van de geplande bebouwing



In dit rapport wordt verslag gedaan van het verrichte onderzoek waarbij de volgende indeling is gehanteerd. In hoofdstuk 2 worden de normstelling en uitgangspunten van het onderzoek toegelicht. De rekenresultaten worden gepresenteerd in hoofdstuk 3 van dit rapport. Tot slot is in hoofdstuk 4 een samenvatting van het onderzoek opgenomen en worden conclusies gegeven.

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 maximaal 250 meter, 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 activiteitenklassen. 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 $p(v_{\text{LOK}} > v_{\text{DR,H}})$ 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. Op terrassen en buitenruimten wordt om deze reden meestal uitgegaan van het criterium voor slenteren in plaats van langdurig zitten, met een streefwaarde van minder dan 5%.

2.2.2 Windgevaar

Voor windgevaar wordt 15 m/s uurgemiddelde windsnelheid als drempelwaarde $v_{\text{DR,G}}$ 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 $p(v_{\text{LOK}} > v_{\text{DR,G}})$ in procenten van het aantal uren per jaar	Kwalificatie
$0,05 < p < 0,30$	Beperkt risico
$p \geq 0,30$	Gevaarlijk

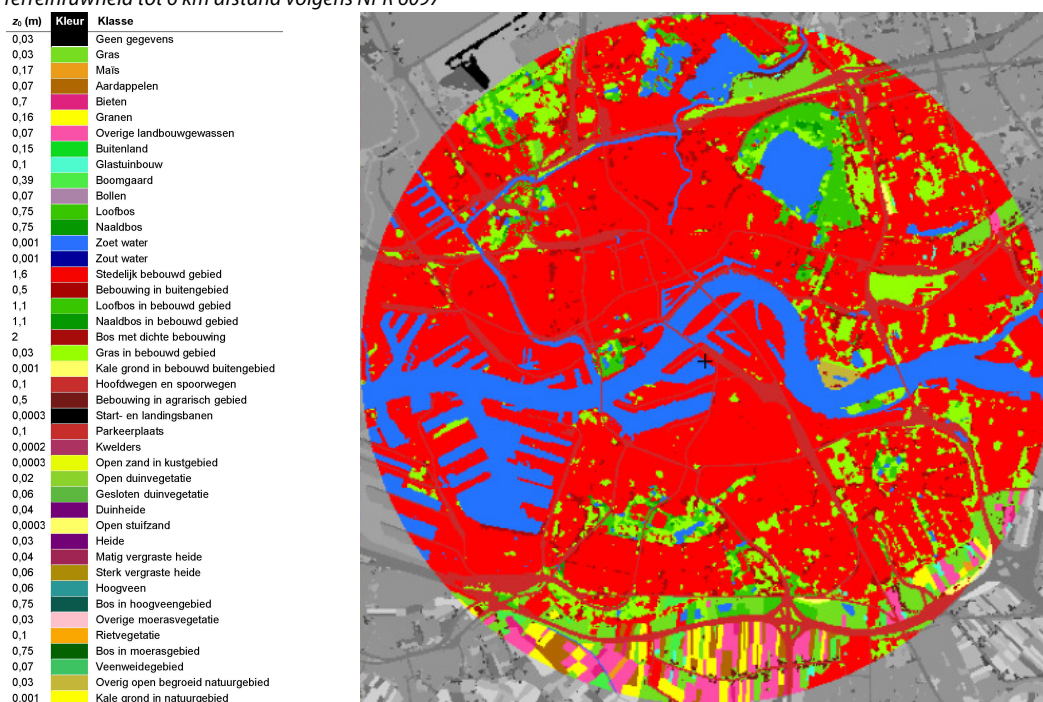
De norm stelt: "Situaties waarvoor een overschrijdingskans geldt van $0,05 < p < 0,30$ mogen alleen worden geaccepteerd als deze vallen binnen activiteiten klasse I (doorlopen). Voor activiteiten klasse II en III geldt de eis $p \leq 0,05$.

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 meteorologische gegevens 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 meteorologische gegevens van een groot aantal meteorologische stations 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.

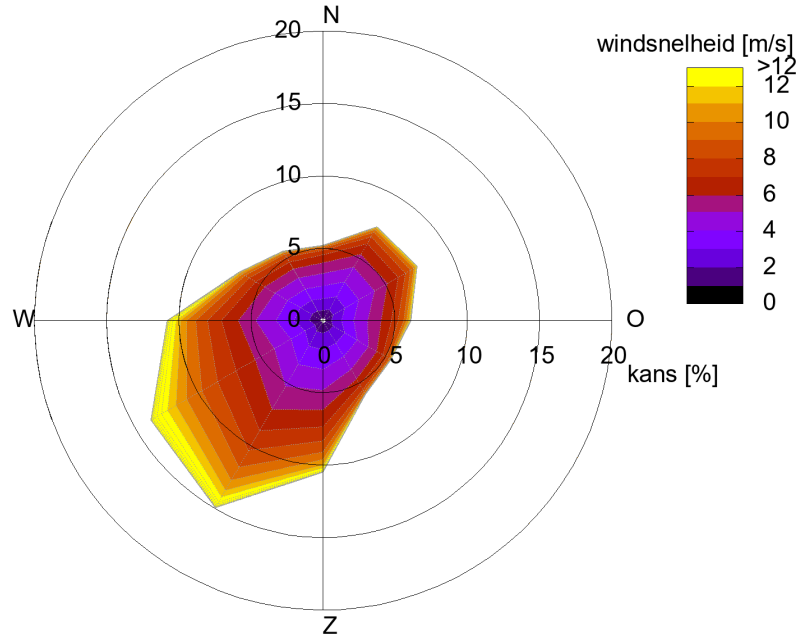
f2.1 Terreinruwheid tot 6 km afstand volgens NPR 6097



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 zuidwesten (210° en 240°) komt. Door de invloed van de Maas zijn de windsnelheden vanuit het westen relatief hoog. De zuidwesten tot westen wind is hiermee voor een groot deel bepalend voor het windklimaat op de bouwlocatie.

f2.2 Windroos betreffende locatie volgens NPR 6097

Windroos voor locatie X093540 Y435644.



t2.3 Windstatistiek van de betreffende locatie volgens NPR 6097

Distributief overzicht windsnelheden 60 meter op basis van NPR 6097 in uren per jaar											
Positie X093540 Y435644 Jaar 1963-2002											
totaal aantal uren: 8788.9											
gemiddelde windsnelheid (m/s): 5.6											
wind snelheid	Noord 0°	30°	60°	Oost 90°	120°	150°	Zuid 180°	210°	240°	West 270°	330°
0.0 - 0.9	14.4	17.1	17.5	13.1	19.8	17.3	17.0	17.3	11.7	20.9	17.8
1.0 - 1.9	49.6	60.7	54.6	40.1	53.2	56.1	61.1	60.2	44.0	62.3	51.9
2.0 - 2.9	70.9	88.9	83.8	59.6	82.8	83.8	99.8	99.8	70.7	94.9	72.2
3.0 - 3.9	78.1	104.4	96.2	76.1	84.9	94.7	120.7	129.9	98.6	109.1	91.5
4.0 - 4.9	73.2	103.3	109.2	83.4	78.9	90.9	124.6	155.9	118.9	122.1	88.3
5.0 - 5.9	64.6	90.8	93.8	81.4	60.3	67.1	119.2	160.3	132.6	107.1	72.4
6.0 - 6.9	47.2	72.7	72.4	61.5	41.2	42.9	103.0	148.0	135.1	103.4	62.7
7.0 - 7.9	29.8	50.3	50.2	41.2	29.8	30.7	84.6	138.1	130.9	85.0	43.9
8.0 - 8.9	13.8	30.8	36.9	34.5	15.1	17.1	65.8	115.5	110.7	69.4	29.7
9.0 - 9.9	7.9	19.5	22.4	18.5	5.6	9.8	45.7	93.2	102.8	55.9	19.4
10.0 - 10.9	3.8	11.0	13.7	11.9	2.6	4.0	32.3	68.3	76.3	36.5	11.3
11.0 - 11.9	2.0	4.5	7.2	6.3	1.1	1.6	19.7	49.4	58.0	27.0	6.1
12.0 - 12.9	1.4	2.3	3.0	3.7	0.4	0.6	12.0	31.6	44.4	20.1	2.5
13.0 - 13.9	0.5	1.5	0.6	1.4	0.3	0.3	6.3	19.3	30.0	14.6	1.1
14.0 - 14.9		0.2	0.3	0.8			3.2	10.9	18.3	8.3	0.7
15.0 - 15.9			0.1	0.3			1.3	5.3	11.3	5.4	0.3
16.0 - 16.9				0.1			0.7	2.8	7.0	3.3	0.2
17.0 - 17.9							0.6	1.7	3.4	2.2	0.1
18.0 - 18.9							0.2	0.9	2.3	0.9	
19.0 - 19.9								0.1	1.2	0.7	
20.0 - 20.9								0.1	0.8	0.3	
21.0 - 21.9								0.1	0.3	0.1	0.1
22.0 - 22.9									0.1	0.1	
23.0 - 23.9									0.2	0.1	
24.0 - 24.9									0.1		
25.0 - 25.9									0.1	0.1	
26.0 - 26.9											
27.0 - 27.9											
28.0 - 28.9											
29.0 - 29.9											
30.0 - 30.9											
31.0 - 31.9											
32.0 - 32.9											
33.0 - 33.9											
34.0 - 34.9											
35.0 - 35.9											
36.0 - 36.9											
37.0 - 37.9											
38.0 - 38.9											
39.0 - 39.9											
aantal uren	457.2	658.0	661.9	533.9	476.0	516.9	917.8	1308.7	1209.8	949.8	590.1
gemiddelde snelheid	4.4	4.8	5.0	5.2	4.2	4.3	5.6	6.5	7.3	6.1	4.8

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, met name gezien het stadium waarin de ontwikkelingen zich bevinden, 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.

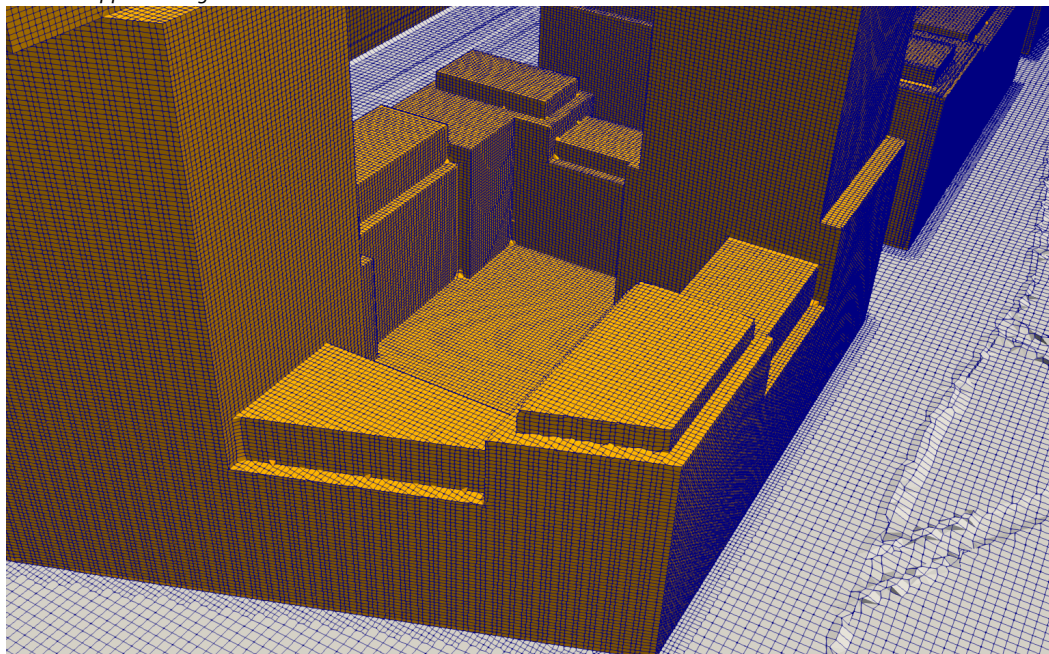
De windsnelheden rondom het project worden met het CFD-model voor 12 windrichtingen berekend. Met behulp van de windstatistiek voor de bouwlocatie, zoals berekend in navolging van de NPR 6097, wordt vervolgens per windrichting de overschrijdingskans voor de kritische uurgemiddelde windsnelheden van 5 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 een deel van de geplande bebouwing.

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.

De resultaten worden beoordeeld door 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 doorlopen en slenteren. Het criterium voor slenteren is van toepassing bij de gebouwentrees, verder wordt het criterium voor doorlopen gehanteerd. In slentergebieden wordt een hinderkans van minder dan 5%, overeenkomend met een beoordeling goed, nagestreefd. Het criterium voor langdurig zitten is niet toegepast.

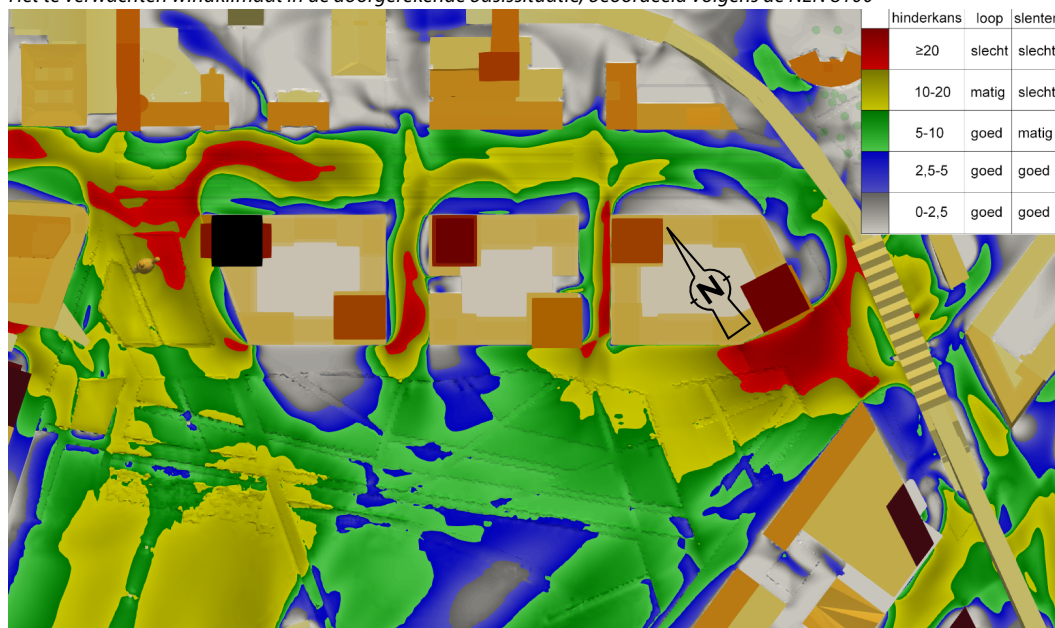
Naast het aspect windhinder is ook het aspect windgevaar beoordeeld.

3.1 Basissituatie

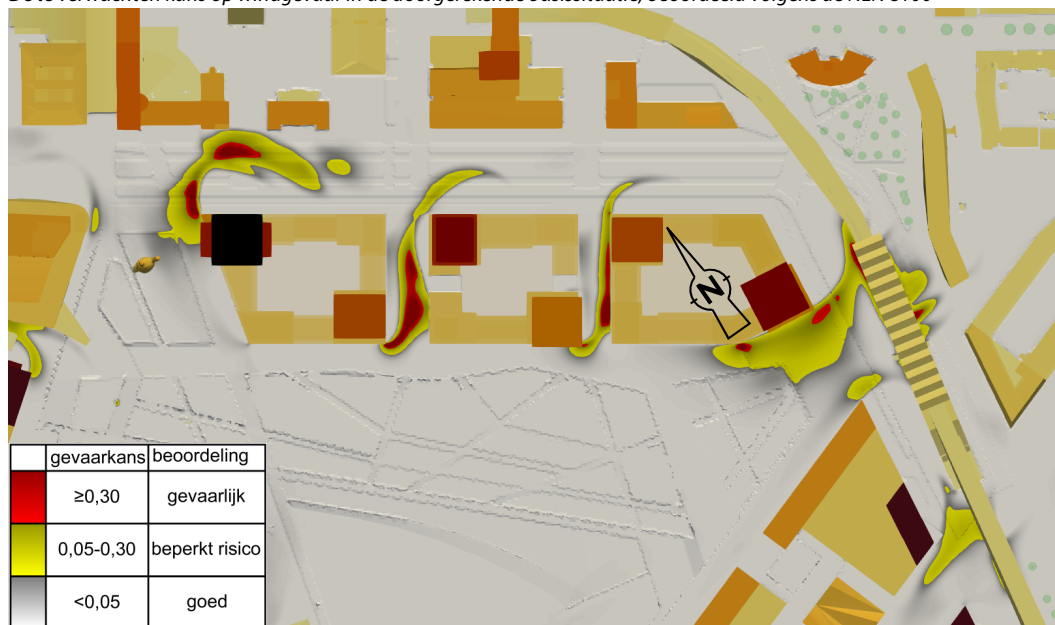
In de basissituatie is een realistische invulling van de mogelijke bebouwing met een hoogte van 200 meter in het plangebied aangehouden.

In figuur 3.2 wordt het resulterende windklimaat weergegeven. Figuur 3.3 geeft een beeld van de te verwachten mate van windgevaar rond de bouwplannen.

f3.2 Het te verwachten windklimaat in de doorgerekende basissituatie, beoordeeld volgens de NEN 8100



f3.3 De te verwachten kans op windgevaar in de doorgerekende basissituatie, beoordeeld volgens de NEN 8100



Door niet het bestemmingsplanvolume maar een mogelijke uitwerking door te rekenen, wordt voorkomen dat doordat een bestemmingsplanvolume soms significant groter is dan het te realiseren bouwvolume een te ongunstig beeld van het te verwachten windklimaat wordt gevormd. Desondanks blijkt dat er op een aantal punten significante gebieden zijn waar er een slecht windklimaat te verwachten is (rood in figuur 3.2), waarbij er ook sprake is van een overschrijding van het criterium voor windgevaar (rood in figuur 3.3). De gebieden met een slecht windklimaat worden met name gevonden in de invloedsgebieden van de torens aan de zuidwestzijde van de blokken. Valwinden van de torens stromen op laag niveau rond de torens waardoor hogere windsnelheden ontstaan.

Wat met name bij de oostelijke toegang tot het gebied mee speelt is dat door geleiding van de wind door de huidige en de geplande bebouwing, die samen een trechtersvorm hebben, in combinatie met de open ligging aan de haven, ook zonder de torens al een ongunstig windklimaat te verwachten is. Dit verklaart voor een deel het grote gebied met een slecht windklimaat voor doorlopen op deze locatie. Dat het uitgangspunt ongunstig is, blijkt ook uit het feit dat het windklimaat boven de haven zelf, waar er geen invloed is van de bebouwing, ook reeds matig voor doorlopen is.

Het windklimaat bij de noordelijke toegang wordt voor een groot deel bepaald door de 200 m hoge toren op de hoek van het bouwblok. Wat hierbij mee speelt is dat de toren zijn brede gevel op het zuidwesten heeft, waardoor deze bij de overheersende windrichtingen veel wind vangt. Dit leidt dan ook tot een groot gebied met een slecht windklimaat, waarbij er sprake is van een overschrijding van het criterium voor windgevaar.

De vorm van de gebieden met een slecht windklimaat in de tussen straatjes tussen de blokken wordt voor een deel verklaard door de windstatistiek: de grootste kans op hogere windsnelheden is bij westen tot zuidwesten wind. Dit in combinatie met de valwinden van torens leidt tot het ongunstige windklimaat zoals dat uit de berekeningen volgt.

Zeker het optreden van windgevaar in het openbaar gebied toont de noodzaak aan de vorm en/of positie van de torens aan te passen, gericht op het verbeteren van het windklimaat.

Opgemerkt dient te worden dat het windremmende effect van eventuele geplande begroeiing, gezien het beperkte effect bij jonge aanplant, niet in de berekening is meegenomen. Na een bepaalde groeiperiode kan de vastgestelde hinderkans als gevolg van de afschermende werking van de begroeiing in de praktijk afnemen. Daarnaast kan aan de hand van de resultaten van het onderzoek worden vastgesteld op welke plaatsen het afschermende effect van begroeiing gewenst en mogelijk is.

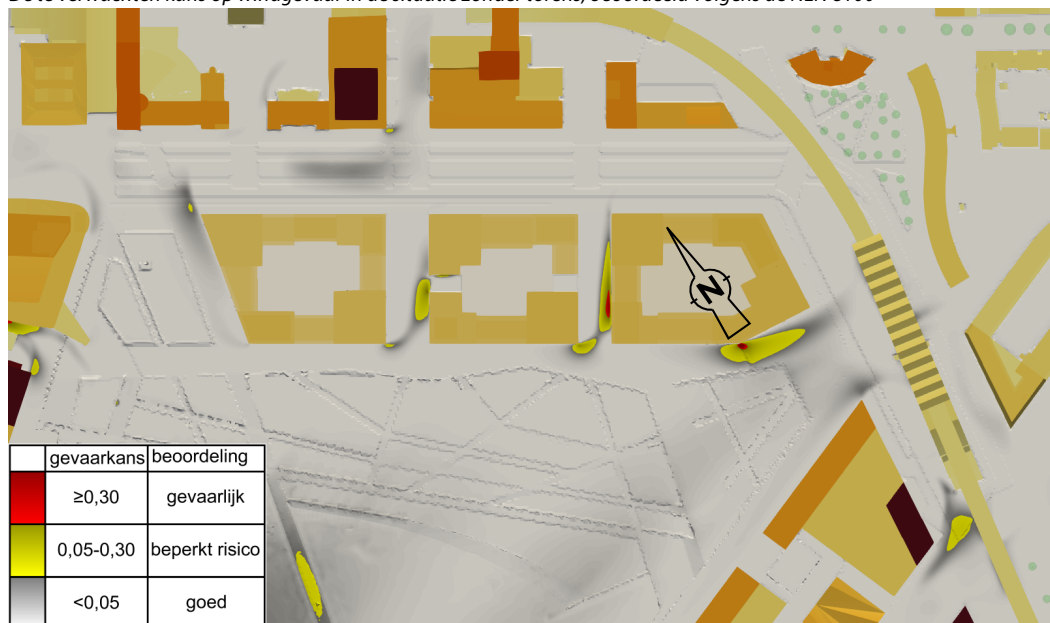
3.2 Situatie zonder torens

Om vast te kunnen stellen tot in hoeverre het windklimaat bepaald wordt door de open ligging, is een berekening uitgevoerd, waarbij er geen torens in het model zijn opgenomen. In figuur 3.4 wordt het resulterende windklimaat weergegeven. Figuur 3.5 geeft een beeld van de te verwachten mate van windgevaar rond de bouwplannen.

f3.4 Het te verwachten windklimaat in de situatie zonder torens, beoordeeld volgens de NEN 8100



f3.5 De te verwachten kans op windgevaar in de situatie zonder torens, beoordeeld volgens de NEN 8100





Uit de resultaten blijkt dat zonder de torens het slechte windklimaat voor doorlopen vrijwel volledig verdwenen is. Alleen lokaal bij het oostelijke blok is er nog sprake van een slecht windklimaat, waarbij er zeer lokaal nog sprake is van een overschrijding van het criterium voor windgevaar.

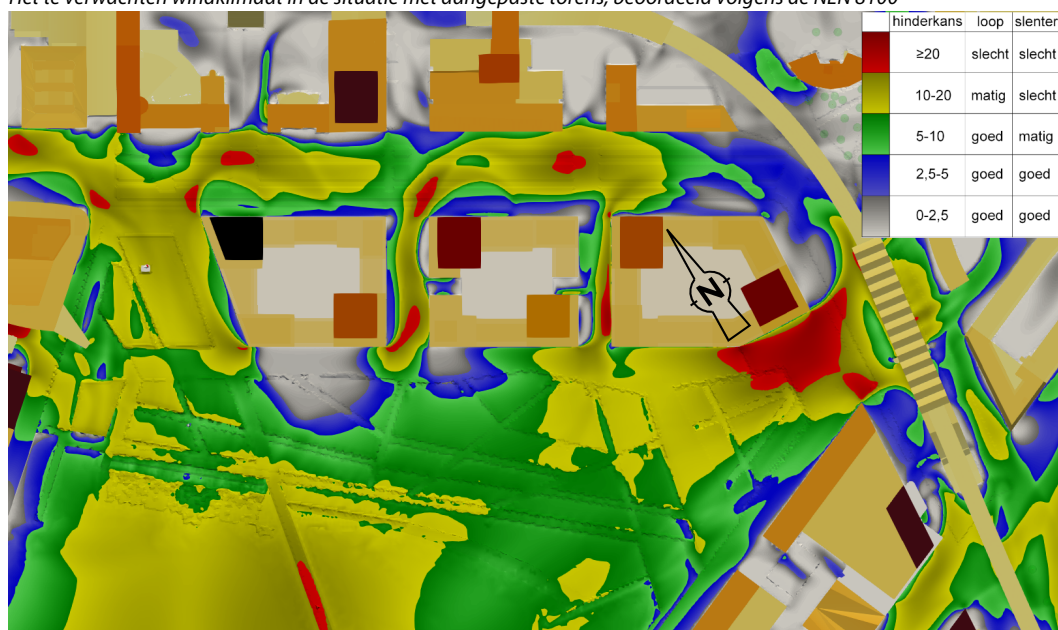
In forse gebieden is nog sprake van een matig eindklimaat voor doorlopen. Wat verder opvalt is dat boven de haven het windklimaat veelal wat achteruit gaat. Op deze afstand van de torens hebben deze een windremmende werking. Uiteindelijk fungeren ze op wat grotere afstand als ruwheid die het windklimaat verbetert.

3.3 Situatie met aangepaste torens met set-backs

Om een beeld te krijgen wat binnen de huidige planopbouw mogelijk is, is de torenvorm geoptimaliseerd en zijn waar mogelijk set-backs toegepast.

In figuur 3.6 wordt het resulterende windklimaat weergegeven. Figuur 3.7 geeft een beeld van de te verwachten mate van windgevaar rond deze configuratie.

f3.6 Het te verwachten windklimaat in de situatie met aangepaste torens, beoordeeld volgens de NEN 8100



f3.7 De te verwachten kans op windgevaar in de situatie met aangepaste torens, beoordeeld volgens de NEN 8100



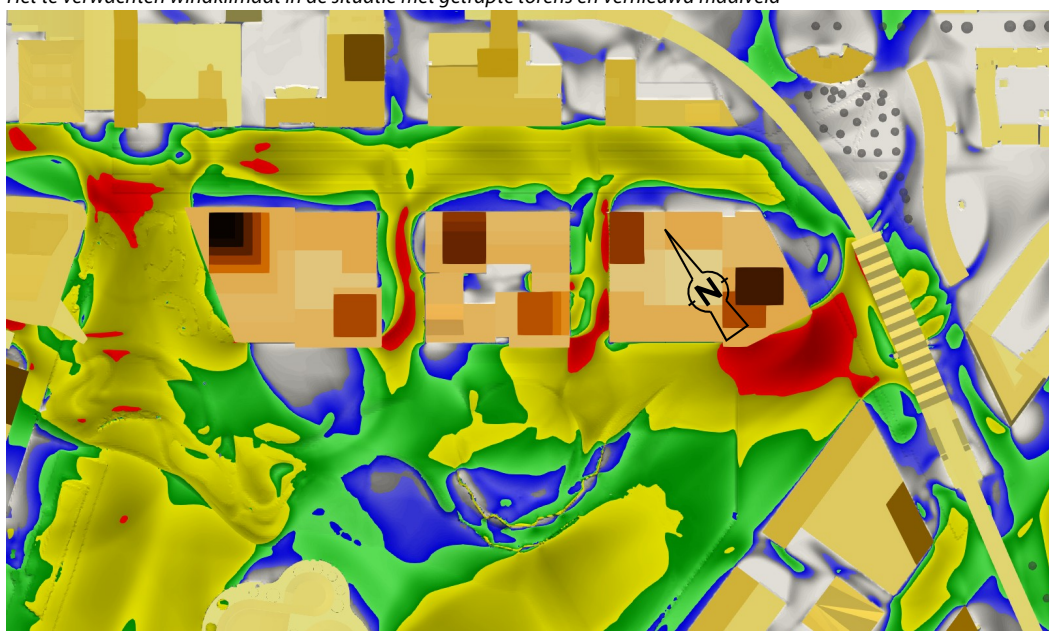


De resultaten tonen aan dat door een meer geoptimaliseerde torenvorm, waarbij het aangestroomde oppervlak van de torens bij zuidwesten wind verkleind is en de valwinden van de torens door het toepassen van set-backs zo goed mogelijk worden gebroken, het windklimaat significant verbetert. Wel blijft er bij de oostelijke toegang tot het gebied een groot gebied met een slecht windklimaat. Er is op een aantal punten lokaal nog sprake van een overschrijding van het criterium voor windgevaar. Daarnaast zijn er een paar gebiedjes met een beperkt risico op windgevaar.

3.4 Situatie met getrapte torens en vernieuwd maaiveld

Ter aanvulling op het voorgaande onderzoek is in januari 2022 de situatie met getrapte torens (voorbeeld verkaveling gemeente) tot 250 meter hoogte, en een aangepast maaiveld onderzocht. Het recent vastgestelde schetsontwerp Rijnhavenpark is ingevoegd in het maaiveld. Daarnaast is het nieuwe gebouw in de haven mee gemodelleerd. In figuur 3.8 wordt het resulterende windklimaat weergegeven. Figuur 3.9 geeft een beeld van de te verwachten mate van windgevaar rond de bouwplannen.

f3.8 Het te verwachten windklimaat in de situatie met getrapte torens en vernieuwd maaiveld



f3.9 De te verwachten kans op windgevaar in de situatie met getrapte torens en vernieuwd maaiveld



Vergeleken met de resultaten van de basissituatie vallen de hinderkansen in aan de noord- en zuidhoek van het plan iets gunstiger uit. Op de meeste plekken blijft de kans op hinder vergelijkbaar met de basissituatie. Tussen de verschillende bouwdelen van het plan verplaatst het slechte windklimaat zich meer naar het midden van de doorloop. De verhoging van 200 meter in de basissituatie naar 250 meter geeft weinig verslechtering van het windklimaat.

Door het gebouw in het water in combinatie met de nieuwe terreinverschillen is het windklimaat op een deel van het terrein gunstiger geworden.

De gevaarkansen zijn grotendeels vergelijkbaar met die in de basissituatie, met een lichte verbetering van de hinderkansen aan de zuidhoek van het plan, en een toename van de gevaarkans op de straat aan de noordoostzijde van het plan.

Gezien de te verwachten hinder- en gevaarkansen is een verdere optimalisatie van het windklimaat noodzakelijk. Indien windgevaar optreedt op plekken waar geen publiek komt is dat acceptabel. Indien windgevaar optreedt op locaties waar publiek kan komen is dit niet acceptabel, en is het treffen van maatregelen noodzakelijk.

3.5 Mogelijkheden tot verbetering van het windklimaat

De berekening aan de situatie zonder toren leert dat een deel van het ongunstige windklimaat veroorzaakt wordt door de plint van de bebouwing. Ook deze heeft een relatief grote hoogte, en ligt volledig open voor de overheersende, zuidwesten wind. Een verbetering van het windklimaat kan dan tot stand komen door de laagbouw aan de zuidwestkant van het plan lager te maken, zodat de wind meer over de gebouwen weg kan

stromen, en daardoor minder tussen de gebouwen doorstroomt en om de hoeken heen naar beneden slaat.

Een andere mogelijke oplossingsrichting is het sterk afronden van de torens, om zo de afstroming van de wind rond te toren te verbeteren. Op basis van kennis en ervaring kan worden gesteld dat deze aanpassing een fors positief effect op de te verwachten windhinder en het te verwachten windgevaar zal hebben. Binnen de bestemmingsplanvolumes is er met name voor de meest oostelijke toren daarvoor ook ruimte.

Voor de torens de overige torens wordt geadviseerd deze gezien vanuit het zuidwesten zo slank mogelijk te maken en zo goed mogelijk te voorzien van een set-back voor de zuiden tot westen wind.

Bij de oostelijke toegang tot het gebied is het slechte windklimaat voor een deel het gevolg van de trechtervorm gevormd door de bestaande en de geplande bebouwing, en niet zo zeer door valwinden van de gevels. Dit geldt in mindere mate ook voor de entree tot het gebied bij het Luxor theater. Verbeteren van het windklimaat kan hier door het plaatsen van voldoende windremmende elementen in het maaiveld. Bij het plaatsen van begroeiing zal deze zorgvuldig gekozen moeten worden: door de hoge hinderkans zullen veel soorten het niet overleven. Het plaatsen van schermen of bouwkundige elementen, zoals kiosken, heeft daarom windtechnisch gezien de voorkeur.

4 Samenvatting en conclusies

In opdracht van Gemeente Rotterdam is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande bebouwing van het plan gebied Rijnhaven Rotterdam. Doel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het te verwachten windklimaat in de directe omgeving van de geplande bebouwing. Hierbij gaat het in eerste instantie om het verkrijgen van inzicht in de te verwachten knelpunten en de invloed van keuzes in de volume opbouw op het windklimaat.

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*.

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

- Met de in de basissituatie doorgerekende voorbeeldinvulling van het plangebied Rijnhaven is het windklimaat rond de geplande nieuwbouw op veel punten slecht, waarbij er sprake is van een overschrijding van het criterium voor windgevaar. Dit ongunstige windklimaat wordt voor een deel verklaard door de ongunstige ligging van het plan aan open water, voor een deel door de forse hoogte van de geplande bebouwing.
- Zonder torens is het windklimaat vrijwel overal goed tot matig voor doorlopen.
- Door het optimaliseren van de toren volumes is het windklimaat significant te verbeteren, maar is zonder aanvullende windremmende maatregelen het windklimaat op het maaiveld op een aantal punten nog steeds slecht. Lokaal is nog steeds sprake van een overschrijding van het criterium voor windgevaar.
- Een getrappt ontwerp van de torens op de de originele locatie zou leiden tot een lichte verbetering van het windklimaat aan de noord- en zuidhoek van het plan, en een toename van de gevaarkans ten noordoosten van het plan.

Mook,



Dit rapport bevat 20 pagina's

Bijlage 1: Technisch inlegvel numerieke simulatie

Bijlage 1 Technisch inlegvel

Project	Projectgegevens			
Projectnaam	Rijnhaven Rotterdam			
Opdrachtgever	Gemeente Rotterdam			
Projectleider	ir. J. Groot Zevert			
Datum	10 februari 2022			
Model	Algemene gegevens van het model			
Omvang gemodelleerd gebied	1400 x 1400 meter			
Kerngebied	het gebied rondom de geplande nieuwbouw			
Omgeving	bebouwing/begroeiing/open water			
Afmetingen model	1500 x 1500 x 500 meter			
Blokkeringsgraad	<10%			
Gemodelleerd groen	jaargemiddelde situatie			
Onderzochte windrichtingen	12 (rondom in stappen van 30 graden)			
Onderzochte configuraties	basissituatie en 3 varianten			
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur			
Programmatuur	OpenFoam 6			
	✓	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 21 miljoen cellen; 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	logaritmisch snelheidsprofiel, windrichtingen 0° en 240° t/m 270°: z ₀ =0,3 m; overige windrichtingen z ₀ =0,7 m en bijbehorende profielen voor k en ε			
Uitlaat	constante druk			
Boven-/zijwanden	gesloten, wrijvingsloos			
Gegevensverwerking en -beoordeling	Informatie voor locatie en beoordeling windklimaat			
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X = 93540 Y = 435644			
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				