

# RAPPORT

## Onderzoek windhinder en windgevaar

MER Feyenoord City

Klant: Feyenoord City

Referentie: BF7186I&BRP1812190917

Status: 01/Concept

Datum: 13 september 2019

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Postbus 8520  
3009 AM Rotterdam  
Industry & Buildings  
Trade register number: 56515154

+31 88 348 90 00 **T**  
+31 10 209 44 26 **F**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Onderzoek windhinder en windgevaar

Ondertitel: CFD MER Feyenoord City  
Referentie: BF7186I&BRP1812190917  
Status: 01/Concept  
Datum: 13 september 2019  
Projectnaam: MER Feyenoord City  
Projectnummer: BF7186-107-100  
Auteur(s): Chiara Witteman-Tesauro

Opgesteld door:

Gecontroleerd door: Chiara Witteman-Tesauro

Datum/Initialen: 13 september 2019

Goedgekeurd door: Reinier Brinks

Datum/Initialen: 13 september 2019

Classificatie

Projectgerelateerd



## Disclaimer

*No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.*

## Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>2</b>
<b>2 Uitgangspunten</b>	<b>3</b>
2.1 Toetsingscriteria	3
2.1.1 Windhinder	3
2.1.2 Windgevaar	3
<b>3 Onderzoek</b>	<b>5</b>
3.1 Programmatuur	5
3.2 Ingevoerde objecten	5
3.3 Windstatistiek	7
3.4 Berekeningen	9
<b>4 Resultaten</b>	<b>12</b>
4.1 Windhinder	12
4.2 Windgevaar	15
<b>5 Conclusies</b>	<b>16</b>

## Bijlagen

<b>A1</b>	<b>Projectgegevens</b>
<b>A2</b>	<b>Windhinderkaart</b>
<b>A3</b>	<b>Windgevaarkaart</b>

## Samenvatting

In opdracht van het projectbureau Feyenoord City is een windhinderonderzoek uitgevoerd ten behoeve van het windklimaat rond het nieuw te bouwen stadion te Rotterdam.

Om het windklimaat in de toekomstige situatie te bepalen zijn de geplande nieuwbouw en de bestaande bebouwde omgeving ingevoerd in het CFD rekenprogramma. Vervolgens is de windsnelheid rond de ingevoerde gebouwen berekend voor alle 12 windrichtingen uit de windstatistiek. De uitkomsten van de stromingsberekeningen, gecombineerd met de NPR6097 windstatistiek, geven een beeld van het windklimaat op looppniveau rond het stadion.

Voor de beoordeling van het lokale windklimaat zijn in de Nederlandse Norm 8100 'Windhinder en windgevaar in de bebouwde omgeving' vijf kwaliteitsklassen gedefinieerd, waarbinnen voor drie activiteitscategorieën (doorlopen, slenteren en langdurig zitten) toetsingscriteria zijn gekoppeld.

Op basis van toetsing van de berekende resultaten wordt geconcludeerd dat het te verwachten windklimaat op looppniveau voor verbetering vatbaar blijft in het gebied tussen de torens en "de Veranda". Dit heeft voornamelijk te maken met de beperkte beschutting voor de dominante zuidwesten windrichting en de grote openingen tussen het stadion en de Veranda in beide situaties. Het is aan te raden hier rekening mee te houden en/of maatregelen te treffen om het windklimaat te verbeteren om de windhinderkans te verlagen tot een kwaliteitsklasse "goed" voor doorlopen.

Op basis van toetsing van de berekende resultaten wordt geconcludeerd dat er geen risico is op windgevaar op loophoogte boven maaiveld in de nieuwe situatie voor het gehele plangebied.

Het eindresultaat van het onderzoek is gevisualiseerd door middel van kaarten waarop de kans op windhinder en windgevaar inzichtelijk is gemaakt. Deze kaarten zijn terug te vinden in bijlagen A2 en A3.

## 1 Inleiding

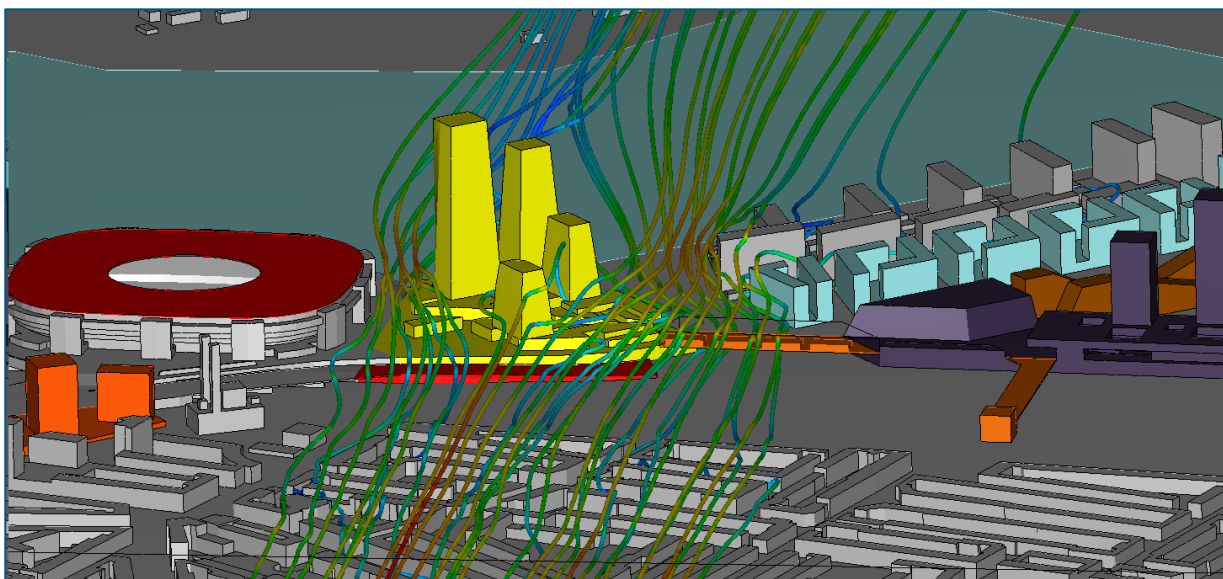
Het plangebied “Feyenoord City” nabij de huidige kuip in Rotterdam bestaat uit meerdere blokken met verschillende bouwhoogtes met een maximale hoogte boven de 100m. Het plangebied ligt op een locatie waar al windhinder te verwachten is.

Gezien de hoogte en omvang van het project en de locatie bestaat het risico dat er windhinder en windgevaar kan optreden. Om de gevolgen van de realisatie van de nieuwbouw voor het windklimaat inzichtelijk te maken heeft Royal HaskoningDHV in opdracht van Feyenoord City B.V. een windhinderonderzoek uitgevoerd. Doel van het onderzoek is het te verwachten windklimaat rond de nieuwbouw te bepalen en te beoordelen ten opzichte van de huidige situatie.

### Onderzoekmethodiek

Het onderzoek is uitgevoerd met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD). Hierbij wordt een grafisch 3D model van de nieuwe gebouwen en de bebouwde omgeving opgezet in het CFD programma. Vervolgens wordt de windsnelheid rond de ingevoerde gebouwen berekend. Na koppeling van de resultaten aan de windklimaatstatistiek, worden windhinderkaarten en windgevaarkaarten gegenereerd waarop het windklimaat op loopniveau inzichtelijk wordt gemaakt. Aangezien de huidige en de nieuwe situatie gemodelleerd zijn kan er een vergelijking gemaakt worden tussen de twee situaties.

De uitkomsten van de berekeningen zijn getoetst aan de in de norm NEN8100 gestelde criteria. In voorliggend rapport worden de resultaten van dit onderzoek gepresenteerd.



Afbeelding 1-1: Visualisatie van stroomlijnen in het plangebied, gezien vanaf zuidwestzijde (illustratief)

## 2 Uitgangspunten

### 2.1 Toetsingscriteria

#### 2.1.1 Windhinder

Van windhinder kan volgens de NEN 8100 sprake zijn bij onder meer wapperende kleding, verwaaide haren en gehinderd worden bij het lopen. De mate van windhinder wordt uitgedrukt in de vorm van een oordeel over het lokale windklimaat: een goed windklimaat betekent weinig hinder, een slecht windklimaat betekent veel hinder. Hoe de windhinder wordt ervaren is sterk afhankelijk van de activiteit die men op dat moment onderneemt; de kans dat windhinder wordt ondervonden is groter bij stilzitten dan bij lopen.

Het lokale windklimaat wordt beoordeeld op basis van: (1) de kans op het vóórkomen van een uurgemiddelde windsnelheid hoger dan 5 m/s, ofwel de overschrijdingskans, en (2) het soort activiteit dat op de betreffende locatie wordt verricht.

De norm onderscheidt vijf kwaliteitsklassen: A tot en met E. Klasse A komt overeen met de kleinste overschrijdingskans, klasse E met de grootste overschrijdingskans. Een overzicht van de beoordelingscriteria is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Criteria voor de beoordeling van het lokale windklimaat op windhinder

Overschrijdingskans $p$ in % 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

Voor een doorloopgebied wordt een overschrijdingskans van een lokaal uurgemiddelde windsnelheid van 5 m/s tot 10% van het aantal uren per jaar acceptabel geacht.

Is de overschrijdingskans bijvoorbeeld 7% (kwaliteitsklasse C), dan zal de ruimte rond het gebouw geschikt zijn om te worden bestemd als doorloopgebied, terwijl langdurig verblijven op die locatie moet worden afgeraden.

#### 2.1.2 Windgevaar

Van windgevaar kan volgens NEN 8100 worden gesproken bij het 'optreden van een zodanig hoge windsnelheid dat bij personen in ernstige mate problemen optreden bij het lopen'. De referentiesnelheid voor windgevaar is 15 m/s (vgl. 5 m/s voor windhinder). Op basis van de overschrijdingskans van deze windsnelheid zijn in de norm twee criteria voor windgevaar geformuleerd. Deze zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Criteria voor de beoordeling van het lokale windklimaat op windgevaar

Overschrijdingskans $p$ in % van het aantal uren per jaar	Kwalificatie
$0,05 < p < 0,30$	Beperkt risico
$p \geq 0,30$	Gevaarlijk

Een beperkt risico op windgevaar is slechts toelaatbaar bij activiteiten die te scharen zijn onder de klasse 'doorlopen'. Voor de activiteitenklassen 'slenteren' en 'langdurig zitten' is zelfs een beperkt risico niet toelaatbaar.

Situaties met een overschrijdingskans p groter dan 0,30% zijn in geen geval toelaatbaar en moeten vermeden worden.

## **3 Onderzoek**

### **3.1 Programmatuur**

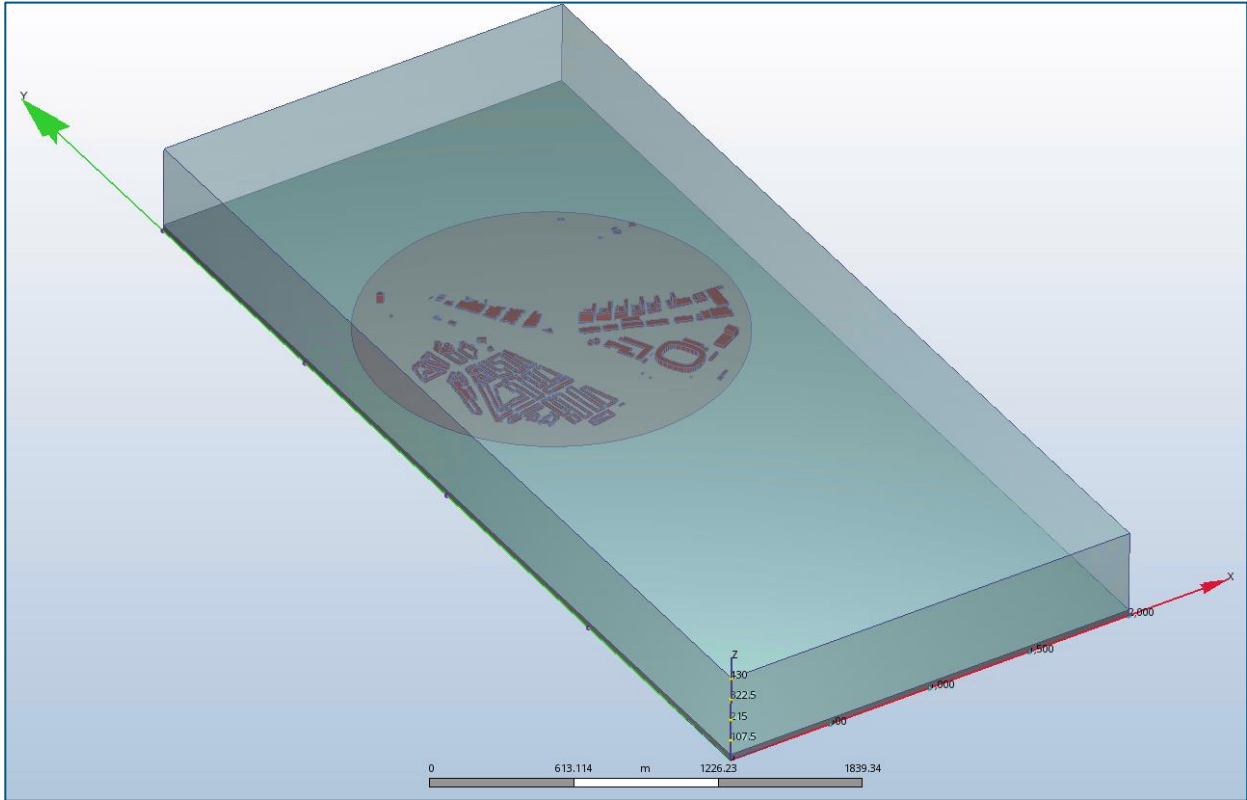
Ter bepaling van de kans op windhinder en windgevaar zijn berekeningen gemaakt met behulp van stromingsprogrammatuur (Computational Fluid Dynamics, CFD). Het gebruikte rekenpakket is Autodesk CFD, versie 2018. Voor technisch-inhoudelijke informatie over de CFD-berekening wordt verwezen naar bijlage A1.

### **3.2 Ingevoerde objecten**

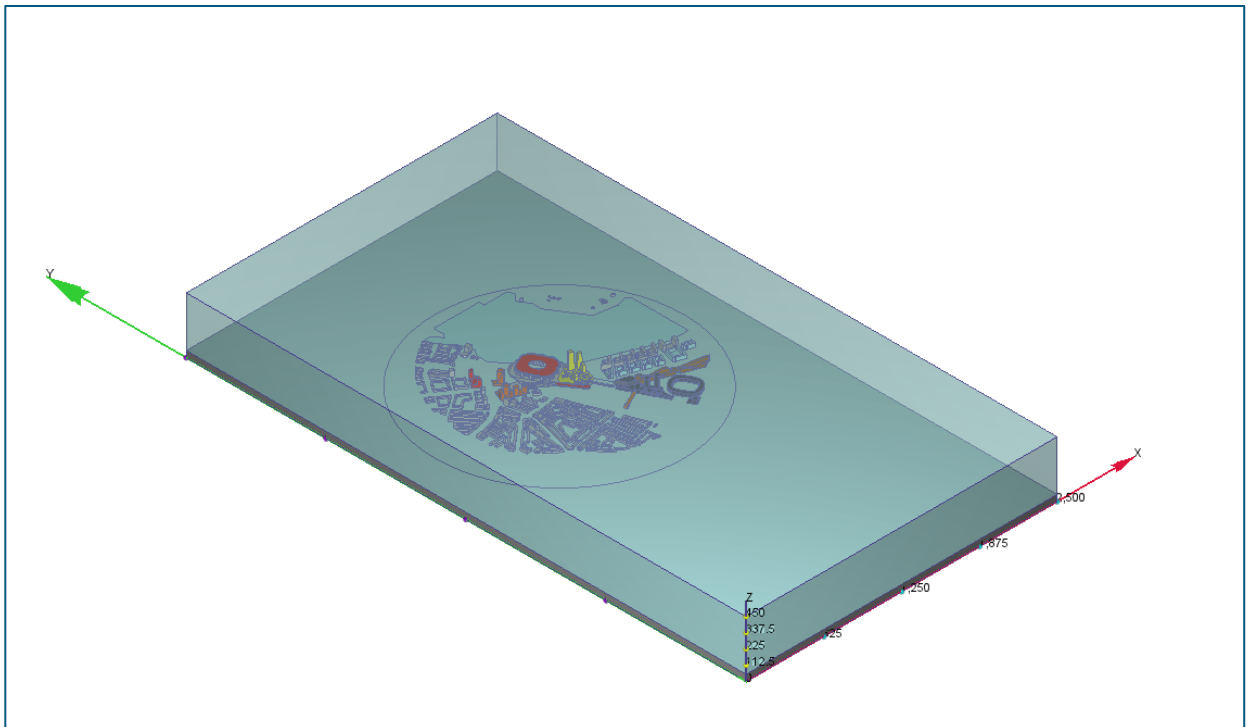
Omdat in het onderzoek gekeken is naar het verschil tussen het nieuwbouwplan en de huidige situatie zijn er modellen van 2 geometrievarianten gemaakt. Bij invoer van het model van het plangebied is gebruik gemaakt van tekeningen van de architect. Voor de opzet van de bestaande gebouwen in het rekenmodel is gebruik gemaakt van een hoogtekaart van de aanwezige gebouwen en de omgeving. Alle gebouwen in het plangebied (bestaande en geplande) zijn in het rekenmodel opgenomen. Dit gebied is aanzienlijk groter dan het onderzoeksgebied door de NEN 8100 voorgeschreven. Voor het gebied hierbuiten wordt gebruik gemaakt van een zogenaamde wandruwheid “stad” of “binnenstad”. Deze omgeving is geplaatst in een “virtuele windtunnel” van 4500m x 2000m x 400m.

De nauwkeurigheid van de maatvoering en het detailniveau van de ingevoerde geometrie zijn afgestemd op het belang daarvan voor een waarheidsgetrouwe simulatie van de rond de gebouwen optredende luchtstroming. Om het worstcasescenario te simuleren zijn de in de omgeving aan te planten en aanwezige bomen en straatmeubilair niet gemodelleerd. In de winter, wanneer de kans op windhinder en windgevaar het grootst is, zullen de bomen immers kaal zijn. Daarnaast bevindt de kruin van de bomen zich (ver) boven looppniveau, zodat de afscherpende werking van de bomen voor voetgangers gering is. Een overzicht van de ingevoerde gebouwen en de virtuele windtunnel is weergegeven in afbeelding 3-1 (huidige situatie) en Afbeelding 3-2 (nieuwe situatie). Details van de geometrie zijn weergegeven in Afbeelding 3-3 (huidige situatie) en Afbeelding 3-4 (nieuwe situatie). Met het draaien van de virtuele windtunnel is het mogelijk om de 12 windrichtingen te berekenen om zo tot 24 modellen te komen.

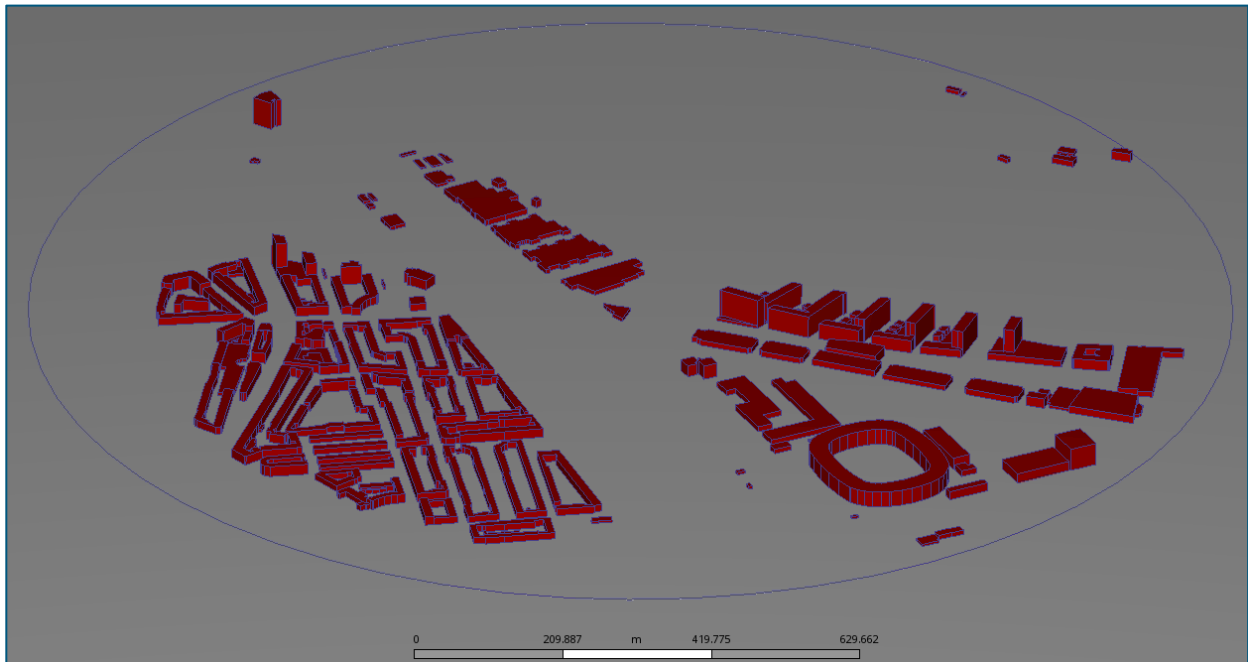




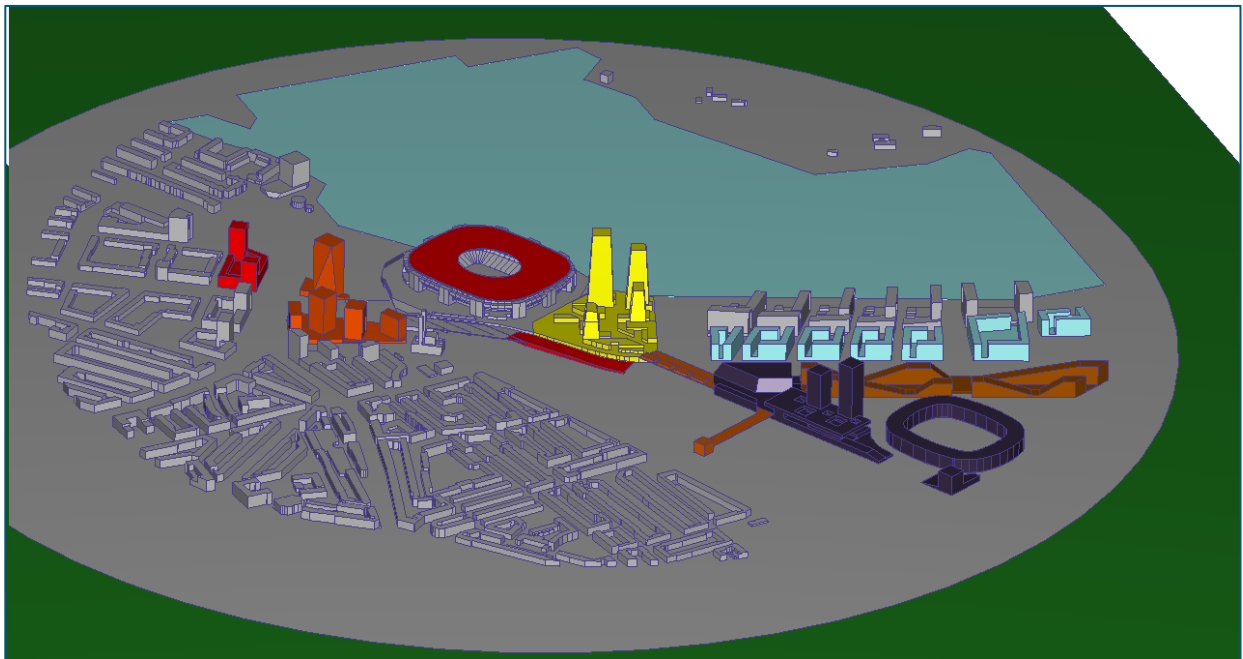
Afbeelding 3-1: Overzicht ingevoerde geometrie huidige situatie met virtuele windtunnel voor windrichting noord



Afbeelding 3-2: Overzicht ingevoerde geometrie nieuwe situatie met virtuele windtunnel voor windrichting noord



Afbeelding 3-3: Detail van de ingevoerde geometrie huidige situatie



Afbeelding 3-4: Detail van de ingevoerde geometrie nieuwe situatie

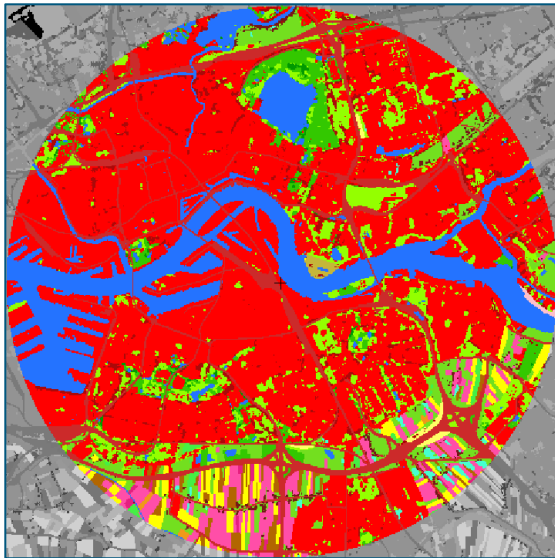
### 3.3 Windstatistiek

De gebruikte windstatistiek is afkomstig van het KNMI en betreft windgegevens over 40 jaar (1963 – 2002). In dit geval is gebruik gemaakt van de gegevens berekend met behulp van de rekenmethodiek NPR6097:2006 “toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden van Nederland”.

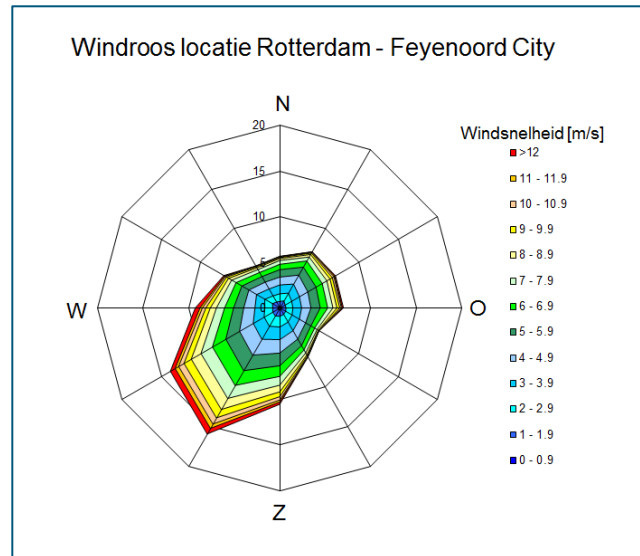
Om de windstatistiek van de gewenste locatie te kunnen genereren, worden als basis de windgegevens van de KNMI-metstations in Nederland gebruikt. Uit deze gegevens, samen met de landgebruikskaart

van Nederland, wordt de ruwheid van het terrein berekend. Als laatste stap wordt de windstatistiek op de gewenste locatie bepaald met behulp van het meteorologische model.

De windstatistiek geeft een overzicht van de te verwachten windsterkte en -richting. Uit de windstatistiek kan een windroos worden afgeleid, welke is weergegeven in afbeelding 3-6. De windroos vermeldt voor 12 windrichtingen de kans dat een bepaalde windsnelheid optreedt. Uit de windroos blijkt dat wind met een hoge snelheid meestal uit het zuidwest waait. Lagere windsnelheden waaien uit alle richtingen.



Afbeelding 3-5: Omgevingsruwheid 6 km volgens NPR 6097



Afbeelding 3-6: De windroos van Rotterdam

Tabel 3: Windstatistiek van Rotterdam

Distributief overzicht windsnelheden op 60m hoogte in percentage van het aantal uren per jaar op basis van NPR 6097												
Positie: X094965-Y435045												
Jaar: 1963-2002												
Windsnelheid [m/s]	Noord			Oost			Zuid			West		
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
0 - 0.9	0.16	0.20	0.16	0.17	0.20	0.19	0.20	0.23	0.22	0.19	0.20	0.18
1 - 1.9	0.55	0.69	0.51	0.53	0.54	0.64	0.72	0.77	0.69	0.58	0.72	0.56
2 - 2.9	0.84	0.99	0.83	0.74	0.82	0.97	1.18	1.31	1.07	0.87	0.97	0.77
3 - 3.9	0.97	1.14	0.98	0.95	0.92	1.09	1.39	1.64	1.39	1.08	1.05	0.88
4 - 4.9	0.86	1.14	1.07	1.03	0.80	1.04	1.46	2.01	1.73	1.23	0.98	0.86
5 - 5.9	0.81	1.01	1.04	1.02	0.66	0.84	1.38	1.97	1.73	1.12	0.88	0.71
6 - 6.9	0.59	0.77	0.78	0.82	0.47	0.54	1.17	1.87	1.70	0.98	0.74	0.51
7 - 7.9	0.42	0.50	0.59	0.57	0.31	0.38	0.96	1.64	1.45	0.90	0.56	0.37
8 - 8.9	0.21	0.32	0.41	0.44	0.16	0.24	0.73	1.40	1.23	0.66	0.38	0.22
9 - 9.9	0.12	0.18	0.28	0.31	0.06	0.14	0.52	1.06	0.92	0.50	0.26	0.13
10 - 10.9	0.06	0.10	0.20	0.18	0.02	0.07	0.36	0.78	0.68	0.38	0.15	0.06
11 - 11.9	0.04	0.04	0.11	0.10	0.01	0.03	0.22	0.54	0.44	0.26	0.10	0.04
12 - 12.9	0.02	0.02	0.07	0.06	0.00	0.01	0.13	0.32	0.27	0.20	0.04	0.02
13 - 13.9	0.01	0.01	0.02	0.04	0.00	0.01	0.07	0.19	0.17	0.13	0.02	0.01
14 - 14.9	0.00	0.00	0.01	0.01	-	0.00	0.03	0.10	0.08	0.09	0.01	0.01
15 - 15.9	0.00	0.00	0.00	0.01	-	-	0.01	0.05	0.04	0.05	0.01	0.00
16 - 16.9	-	-	0.00	0.00	-	-	0.01	0.03	0.02	0.03	0.00	-
17 - 17.9	-	-	-	0.00	-	-	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	-
18 - 18.9	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	-
19 - 19.9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	-
20 - 20.9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-
21 - 21.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-
22 - 22.9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	0.00	0.00	-
23 - 23.9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-
24 - 24.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25 en hoger	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totaal percentage	5.66	7.11	7.06	6.98	4.97	6.19	10.55	15.93	13.84	9.28	7.07	5.33
Gem. windsnelheid	4.6	4.7	5.3	5.3	4.2	4.5	5.6	6.3	6.3	6.1	5.0	4.6

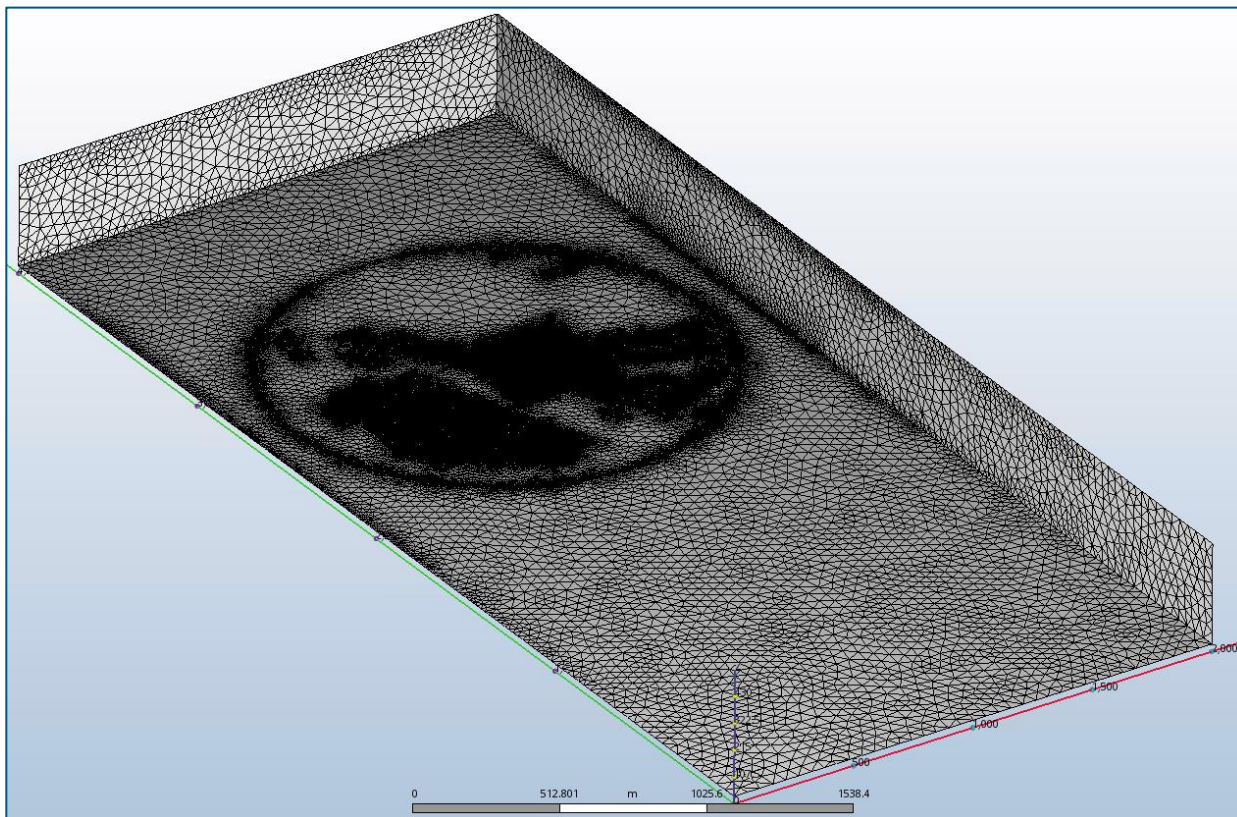
Door de statistische gegevens over de lokale windsnelheid te combineren met de door de CFD software berekende windsnelheden kan voor elke windrichting en voor elk rekenpunt de lokale windstatistiek worden bepaald. Door alle windrichtingen te combineren wordt een overzicht verkregen van de overschrijdingskans van de windhinder en het windgevaar.

### 3.4 Berekeningen

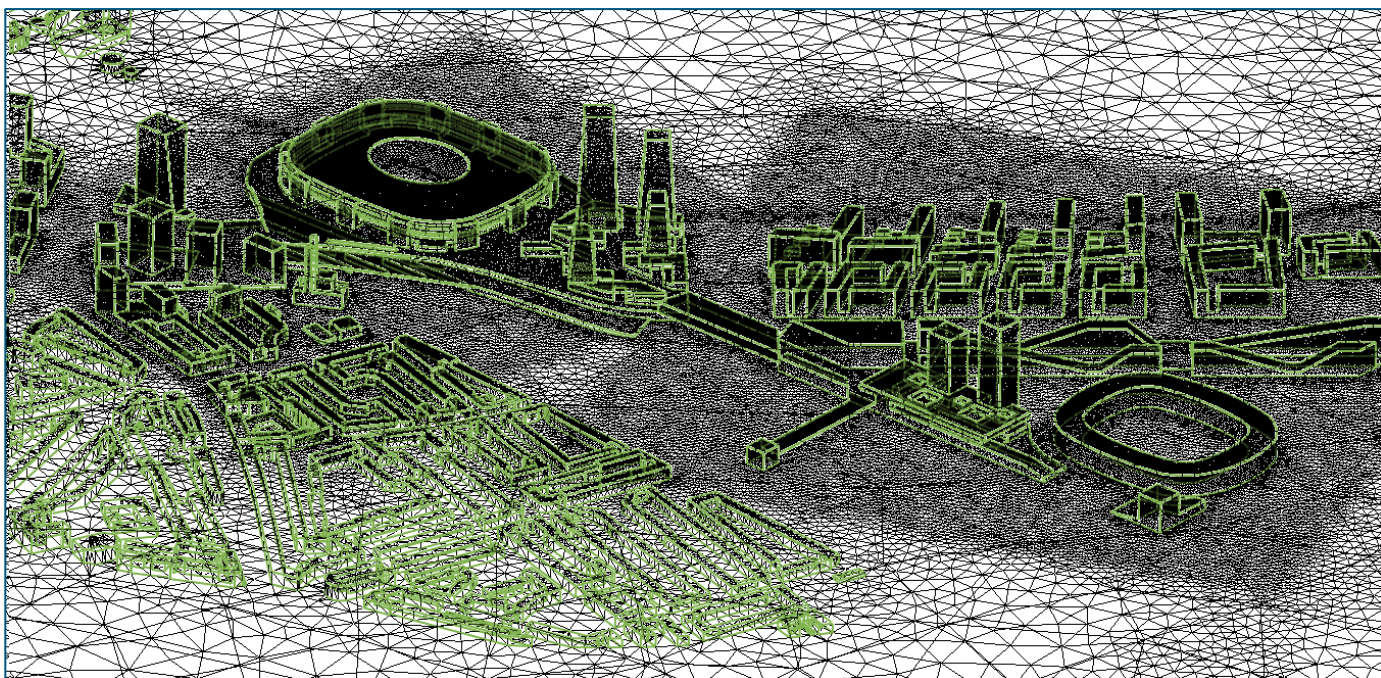
Rondom de ingevoerde geometrie wordt een gedetailleerd raster van rekenpunten gemodelleerd welke afhankelijk van de modelgeometrie en het interessegebied, verdichtingen kent in het aantal rekenpunten. Een door vier rekenpunten omsloten gebied wordt een element genoemd.

Een overzicht van het rekenrooster is weergegeven in Afbeelding 3-7, waarbij het onderscheid tussen de kleinere elementen rond het interessegebied en de grotere elementen in het achterland goed te zien is. Afbeelding 3-8 en Afbeelding 3-9 geven details weer van het rekenrooster bij het interessegebied. Dit geeft een impressie van het aantal elementen dat gebruikt is (circa 8 miljoen). Het gebruikte type elementen zijn tetraëders, met 3 prismatische elementen tegen de wanden (boundary layers).

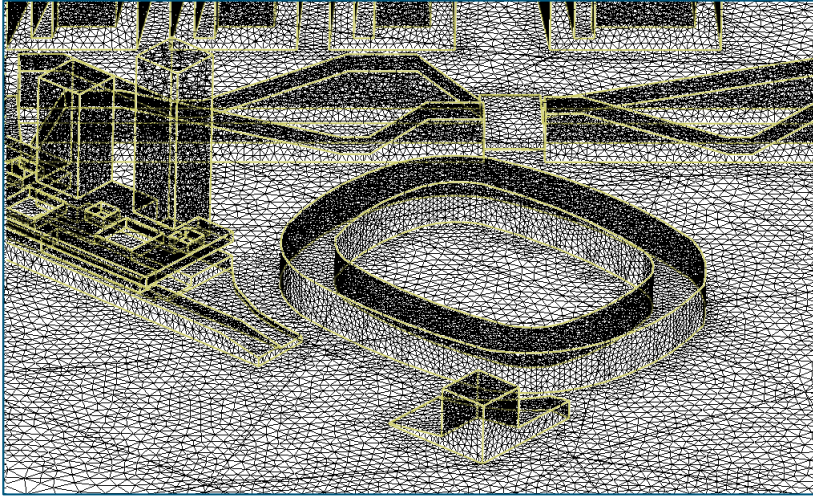




Afbeelding 3-7: Overzicht rekenrooster huidige situatie



Afbeelding 3-8: Overzicht rekenrooster interessegebied nieuwe situatie



*Afbeelding 3-9: Detail rekenrooster rond "de kuip" nieuwe situatie*

Het bovenwindse snelheids- en turbulentieprofiel dat gebruikt wordt voor de berekeningen komt overeen met de atmosferische grenslaag behorend bij de stedelijke omgeving voor de richtingen  $0^\circ$  tot en met  $210^\circ$  en binnenstedelijke omgeving voor  $240^\circ$  tot en met  $330^\circ$ .

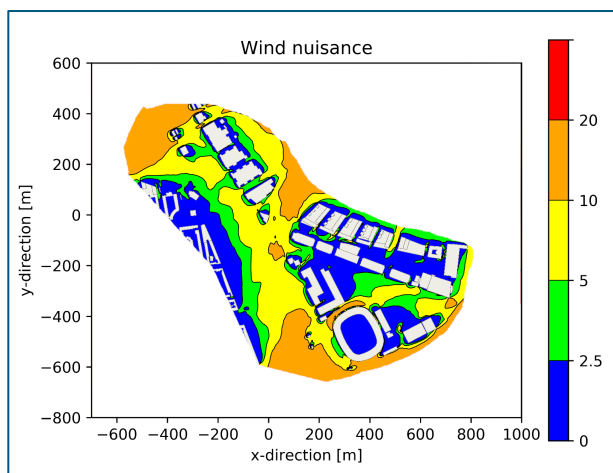


## 4 Resultaten

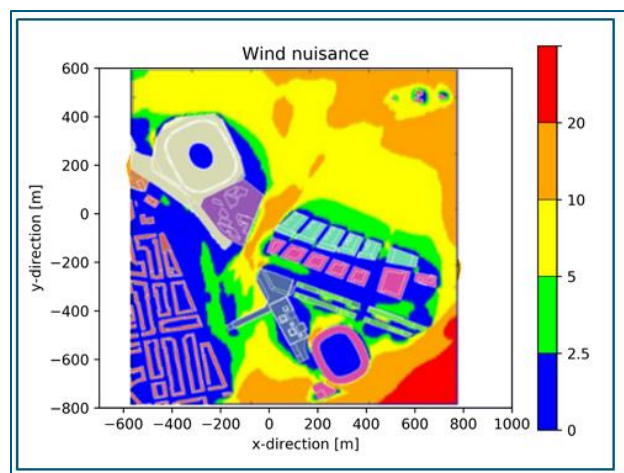
### 4.1 Windhinder

Op basis van de berekende lokale windsnelheden is met behulp van de door Royal HaskoningDHV ontwikkelde windhindersoftware een windhinderkaart gegenereerd voor de huidige en de nieuwe situatie volgens methodiek uit NEN8100. Deze windhinderkaart legt een relatie tussen de statistisch bepaalde kans dat bepaalde windrichtingen en windsnelheden voorkomen en leidt daaruit de procentuele kans af dat een bepaalde windsnelheid op een bepaalde plaats overschreden zal worden. Door de 2 varianten te vergelijken wordt inzichtelijk gemaakt wat het effect is van de nieuwbouw op het windklimaat ter plaatse. De overzichtskaarten voor de windhinder zijn ook opgenomen in bijlage A2 op groter formaat. Voor de beoordeling van het windklimaat in het doelgebied volgens NEN8100 wordt gebruik gemaakt van de in de norm beschreven classificatie van activiteiten zoals beschreven in hoofdstuk 2.1.1. Aan de hand van de resultaten kan een advies uitgebracht worden over de activiteiten op een bepaalde plaats.

Afbeelding 4-1 en Afbeelding 4-2 tonen een overzicht van de windhinderkans (%) voor de huidige situatie respectievelijk de nieuwe situatie. De kleuren hierin komen overeen met de kwaliteitsklassen uit de norm. Blauw is klasse A, rood is klasse E. De gebieden aan de randen van het model geven een overschatting van de hinderkans doordat deze zich aan de rand van het model bevinden, en in het model geen beschutting hebben van gebouwen. Hierom is het van belang dat er slechts gekeken wordt naar de locaties binnen het doelgebied.



Afbeelding 4-1: Overzicht windhinder (%) huidige situatie

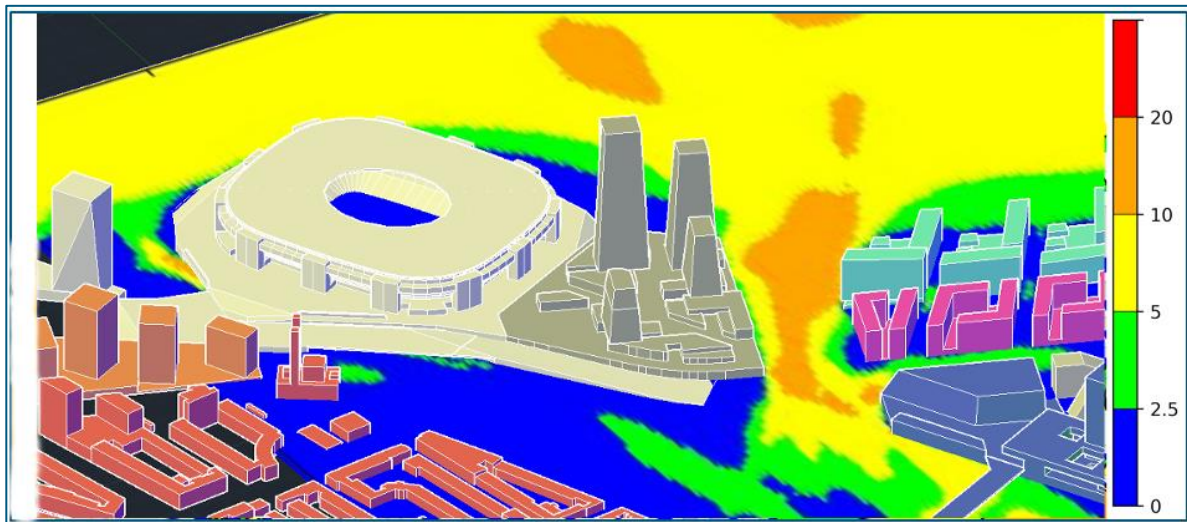


Afbeelding 4-2: Overzicht windhinder (%) nieuwe situatie

Een detail van de windhinderkaart van de huidige situatie is weergegeven in Afbeelding 4-3. Als deze vergeleken wordt met de nieuwe situatie in Afbeelding 4-4 valt op dat rondom het oude stadion de windhinder kans hetzelfde blijft. Ook rond “de Veranda” is er op de hoeken een lichte afname te verwachten door betere afscherming van de hoogbouw ten zuiden hiervan. Rond en onder de concourse van het nieuwe stadion is juist een hoge hinderkans te verwachten, alsook bij de hoge torens aan de zuidoostkant van het nieuwe stadion.



Afbeelding 4-3: Detail windhinder (%) huidige situatie

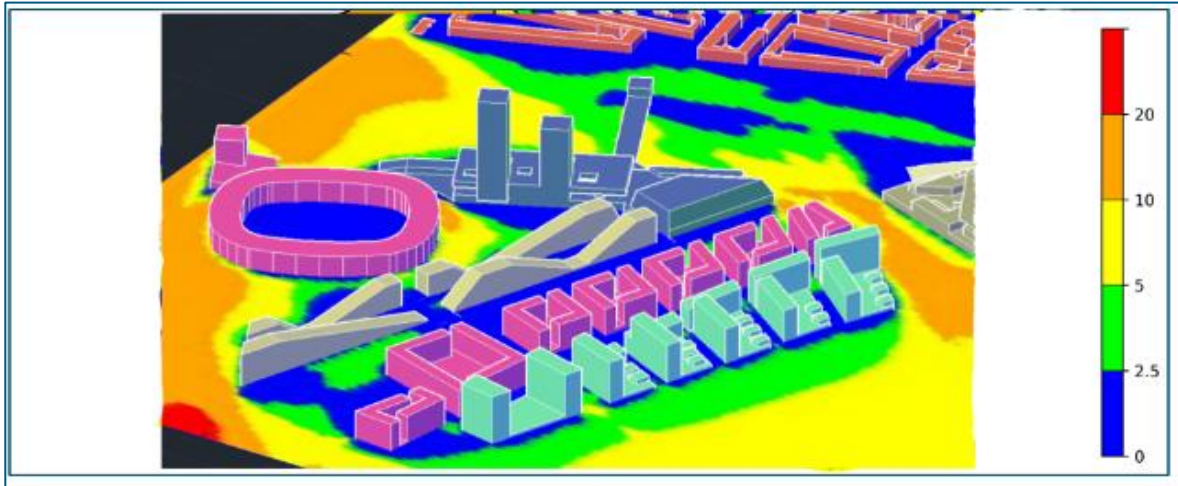


Afbeelding 4-4: Detail windhinder (%) nieuwe situatie (gezien vanaf zuid)

Als meer in detail gekeken wordt naar de gebieden rond het nieuwe stadion (Afbeelding 4-4) is het beter zichtbaar dat flinke delen in een lage kwaliteitsklasse (oranje delen) zitten. Het windklimaat wordt geclassificeerd als *matig* voor doorlopen en *slecht* voor slenteren en zitten aan de noordwestkant van het stadion en tussen de toren en de Veranda (kwaliteitsklasse D volgens de NEN8100, zie Tabel 1). Dit zijn gebieden waar de veel voorkomende wind uit het zuidwesten versneld wordt langs het stadion en tussen de torens en de Veranda.

Voor het gebied rondom de huidige kuip, beter zichtbaar in Afbeelding 4-5, is de situatie iets gunstiger. Hier zijn grote delen blauw tot groen, wat inhoudt kwaliteitsklasse A of B. Hier wordt het windklimaat geclassificeerd als *goed* voor doorlopen, slenteren en zitten. De groene delen worden aangemerkt als *matig* voor langdurig zitten. Rondom de hoeken van de kuip zijn enkele gebieden die een lagere kwaliteitsklasse hebben (C of D). De kwaliteitsklasse is vergelijkbaar met de huidige situatie, maar de oranje gebieden zijn iets kleiner dan in de huidige situatie.





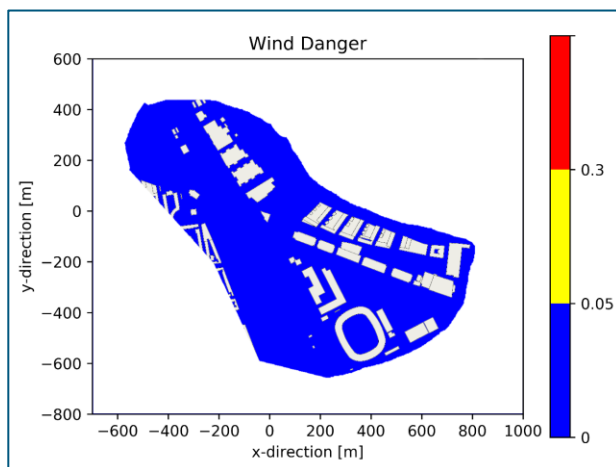
Afbeelding 4-5: Detail windhinder (%) nieuwe situatie (gezien vanaf noord)

Voor alle gebieden met een ongunstig windklimaat kan indien gewenst het windklimaat lokaal verbeterd worden door het plaatsen van schermen, groenblijvende heesters of andere soorten planten. Ook zal in de zomerperiode het windklimaat gunstiger zijn dan in de gepresenteerde figuur, omdat in deze periode bomen en vooral struiken bladeren hebben.

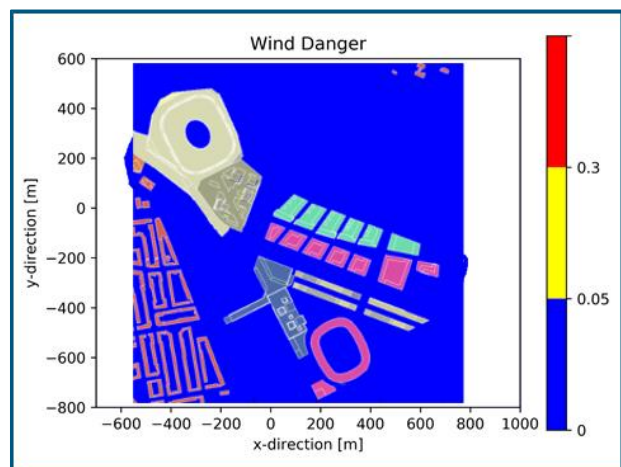
## 4.2 Windgevaar

Waar de lokale uurgemiddelde windsnelheid een waarde van 15 m/s overschrijdt bestaat er een kans op windgevaar. De berekende windsnelheden zijn gekoppeld aan de lokale windstatistiek om vast te stellen of er in het doelgebied kans is op windgevaar. De procentuele kans dat windgevaar optreedt is weliswaar klein, maar bij windgevaar is sprake van ernstige problemen bij het lopen. De NEN8100 bedoelt hiermee evenwichtsverlies, waardoor het voor mensen onmogelijk wordt zich staande te houden.

Het resultaat van de huidige situatie is weergegeven in de windgevaarkaart van Afbeelding 4-6 met daarop aangegeven de procentuele kans op overschrijding van een uurgemiddelde windsnelheid van 15 m/s op een hoogte van 1,75 meter boven looppniveau. Deze procentuele kans op overschrijding is weergegeven in een kleurmarkering op de kaart. Hierbij geeft blauw aan dat er geen kans is op windgevaar, geel houdt in dat er een beperkt risico is en rood geeft aan dat dit gebied gevaarlijk is. De resultaten tonen dat er geen kans is op windgevaar in de huidige situatie.



Afbeelding 4-6: Grafische weergave van de kans op windgevaar (%) huidige situatie



Afbeelding 4-7: Grafische weergave van de kans op windgevaar (%) nieuwe situatie

Het resultaat van de nieuwe situatie is weergegeven in de windgevaarkaart van Afbeelding 4-7, hierop is zichtbaar dat er geen gebieden met risico is op windgevaar in de nieuwe situatie (gele markering).

## 5 Conclusies

Een windklimaatonderzoek is uitgevoerd met doel inzicht te krijgen in het te verwachten windklimaat in het plangebied “Feyenoord City” in Rotterdam. De Nederlandse norm 8100 ‘Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving’ geeft richtlijnen voor de realisatie van buitengebieden met een goed windklimaat. Tevens mag zich in dergelijke gebieden volgens deze norm slechts een beperkt risico op windgevaar voordoen. De norm stelt dat de overschrijdingskans van de drempelsnelheid van de wind (5,0 m/s) bepaalt in welke kwaliteitsklasse het lokale windklimaat valt. Deze kwaliteitsklasse levert een bepaalde waardering van het windklimaat op voor de verschillende activiteiten die rond het gebouw plaatsvinden.

Op basis van toetsing van de berekende resultaten wordt geconcludeerd dat het te verwachten windklimaat op loopniveau verbeterd in het gebied tussen de huidige kuip en “de Veranda”. Hier vallen de grootste gebieden in kwaliteitsklasse A of B, wat inhoudt dat ze geclassificeerd worden als *matig* tot *goed* voor langdurig zitten, en *goed* voor doorlopen en slenteren.

Aandachtspunten voor het windklimaat zijn de gebieden rond en onder de concourse van het nieuwe stadion, hier vallen grote delen in kwaliteitsklasse D en E, wat inhoudt dat ze geclassificeerd worden als *matig* tot *slecht* voor doorlopen, en *slecht* voor slenteren en langdurig zitten. Ditzelfde windklimaat treedt op in het gebied tussen het nieuwe stadion en “de Veranda”. Dit heeft voornamelijk te maken met de beperkte beschutting voor de dominante zuidwesten windrichting. Het is aan te raden hier rekening mee te houden en/of maatregelen te treffen om het windklimaat te verbeteren.

Op basis van toetsing van de berekende resultaten wordt geconcludeerd dat er geen risico is op windgevaar rond het nieuwe stadion.

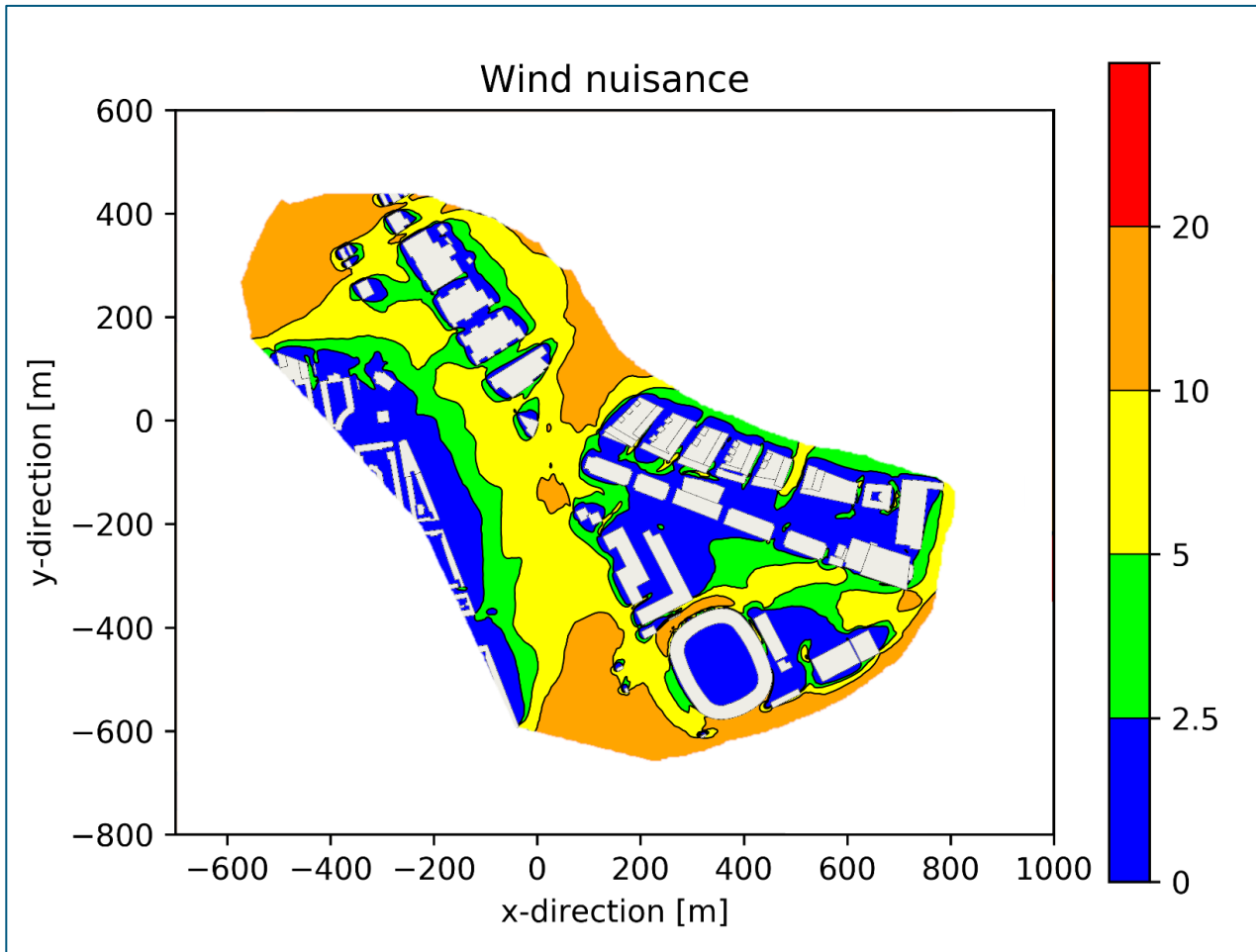
Als deze resultaten van het te verwachten windklimaat in het doelgebied getoetst worden aan de criteria zoals genoemd in de NEN8100 “Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving”, kan geconcludeerd worden dat het windklimaat in delen van het gebied voor verbetering vatbaar is. Het is daarom aan te raden om windremmende obstakels te plaatsen die het windklimaat verbeteren en de kans op windgevaar verminderen. Ook is het mogelijk om met de planning van doelgebieden voor bijvoorbeeld terrassen, rekening te houden met de te verwachten kwaliteitsklassen van het windklimaat. Terrassen worden afgeraden in de gebieden met kans op windhinder hoger dan 10%.

**A1 Projectgegevens**

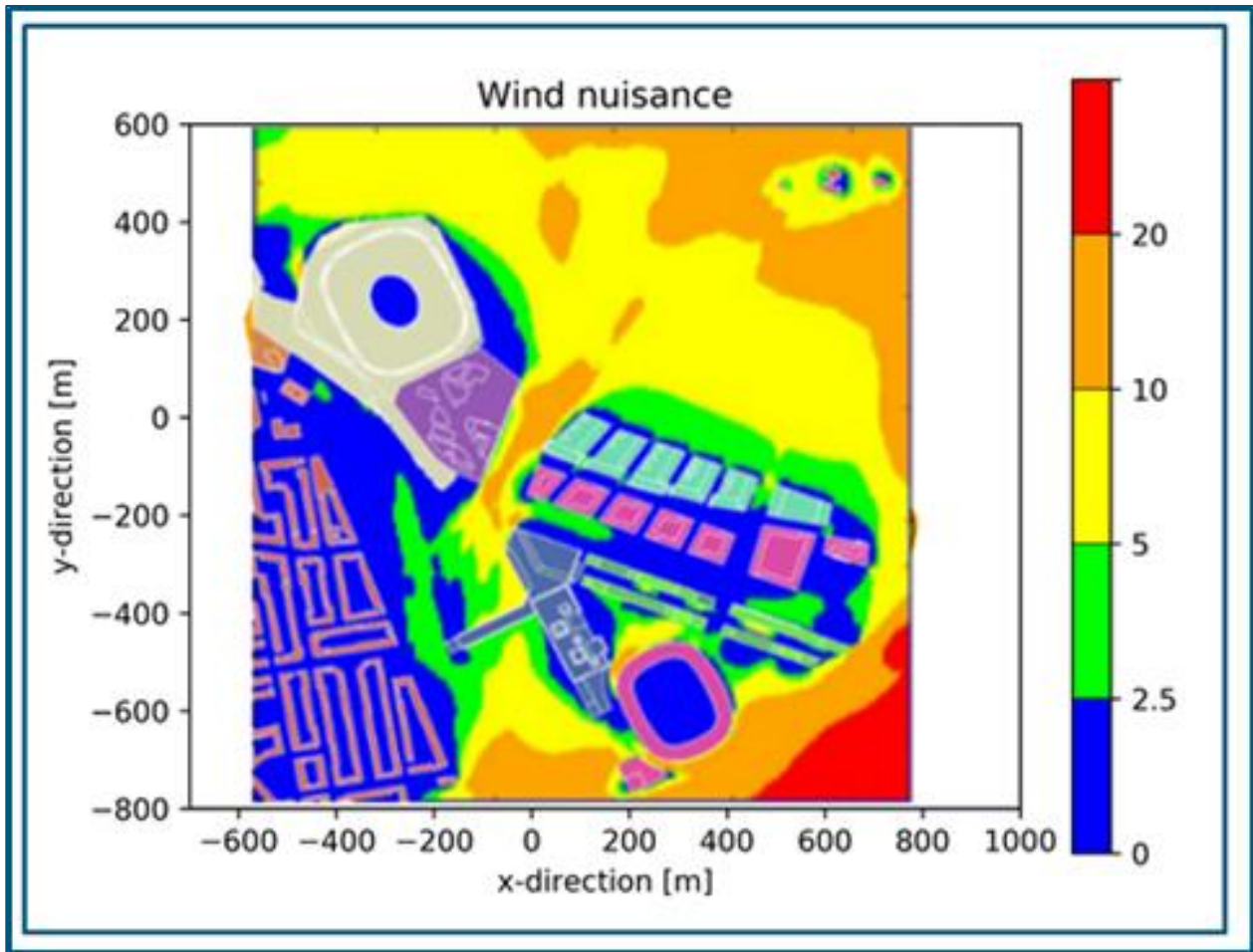
<b>Project</b>	<b>Projectgegevens</b>
Projectnaam	Feyenoord City MER, Rotterdam
Opdrachtgever	Feyenoord City
Projectleider	Piet Westeneng (Royal HaskoningDHV)
Datum	13 september 2019
<b>Model</b>	<b>Algemene gegevens van het model</b>
Omvang gemodelleerd gebied	
Kerngebied	Ø 1700 m
Omgeving	4500 × 2000 × 400 m
Blokkeringsgraad	< 10%
Gemodelleerd groen	Geen
Onderzochte windrichtingen	12
Onderzochte configuraties	2
<b>Computeropstelling</b>	<b>Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur</b>
Programmatuur	<input type="checkbox"/> FVM (eindige volume methode) <input type="checkbox"/> anders <input checked="" type="checkbox"/> FEM (eindige elementen methode) Programmatuur: AUTODESK CFD Versie: 2018
Algemeen	<input checked="" type="checkbox"/> driedimensionaal <input checked="" type="checkbox"/> tijdsafhankelijk <input checked="" type="checkbox"/> isothermisch <input type="checkbox"/> passieve scalars <input type="checkbox"/> tweedimensionaal <input type="checkbox"/> tijdsafhankelijk <input type="checkbox"/> thermisch <input type="checkbox"/> actieve scalars
Rekenrooster	Niet-gestructureerd; ~ 9 × 10 <sup>6</sup> elementen
Turbulentiemodellering	kε-model
Convectieve schema's	Snelheidscomponenten: ADV5 Turbulentiegrootheden: ADV5 Scalaire variabelen: nvt
<b>Randvoorwaarden</b>	<b>Gebruikte randvoorwaarden</b>
Instroomprofiel	Atmosferische grenslaag binnen- / stedelijke omgeving
Uitlaat	Standaard uitstroomrandvoorwaarde
Boven-/zijwanden	Symmetrie
Vloer/bodem	Wand
Overige	Wand
<b>Gegevensverwerking en -beoordeling</b>	
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X094965 Y435045
<b>Gepresenteerde resultaten</b>	Windhinderkaarten, windgevaarkaarten
<b>Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang</b>	-

**A2 Windhinderkaart**

De legenda van de afbeelding beschrijft de procentuele kans op overschrijding van een uurgemiddelde windsnelheid van 5 m/s op 1,75 meter boven looppniveau.



Afbeelding 5-1: Grafische weergave van de kans op windhinder (%) in de huidige situatie

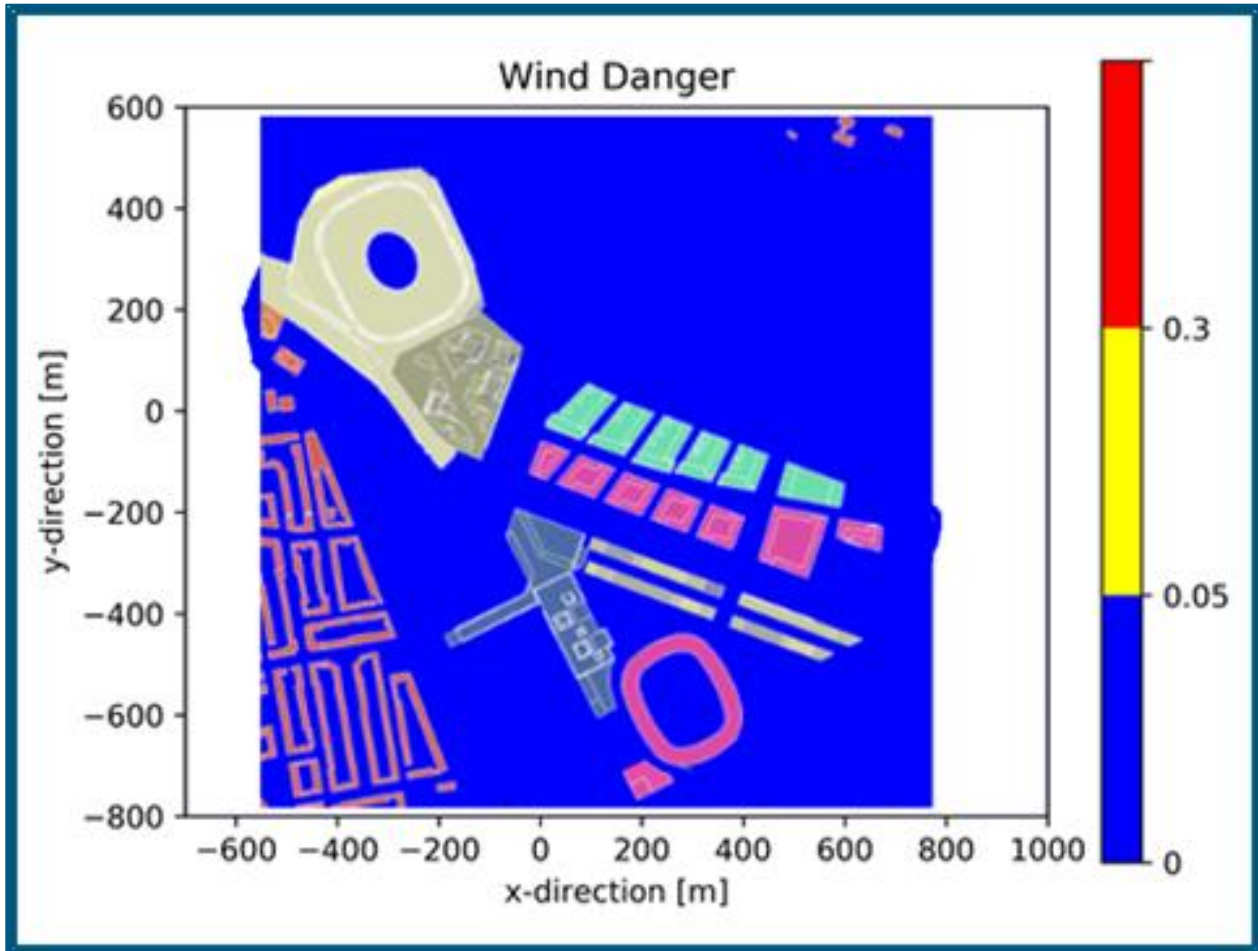


Afbeelding 5-2: Grafische weergave van de kans op windhinder (%) in de nieuwe situatie

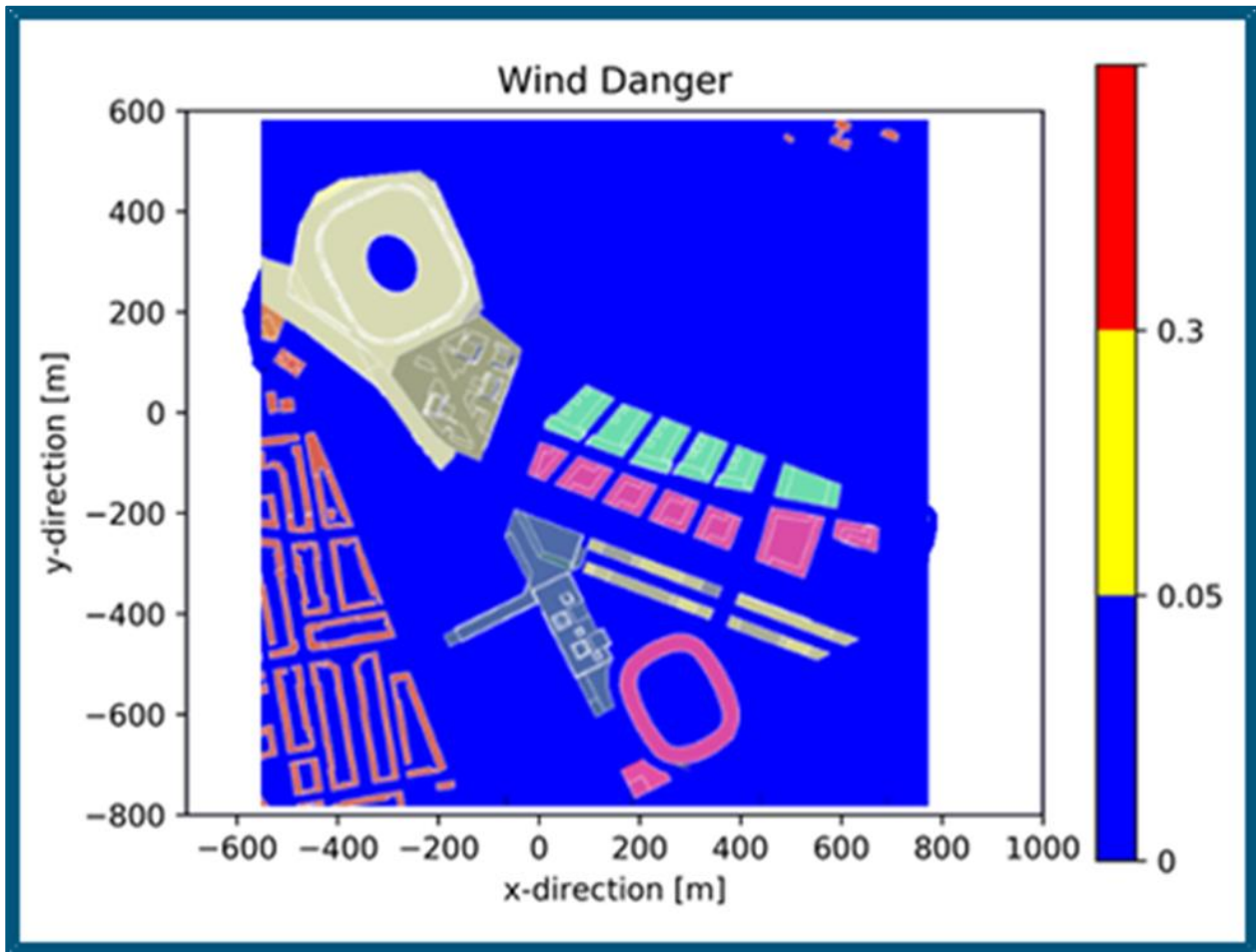


**A3 Windgevaarkaart**

De legenda van de afbeelding beschrijft de procentuele kans op overschrijding van een uurgemiddelde windsnelheid van 15 m/s op 1,75 meter boven looppniveau.



Afbeelding 5-3: Grafische weergave van de kans op windgevaar (%) in de huidige situatie



Afbeelding 5-4: Grafische weergave van de kans op windgevaar (%) in de nieuwe situatie

