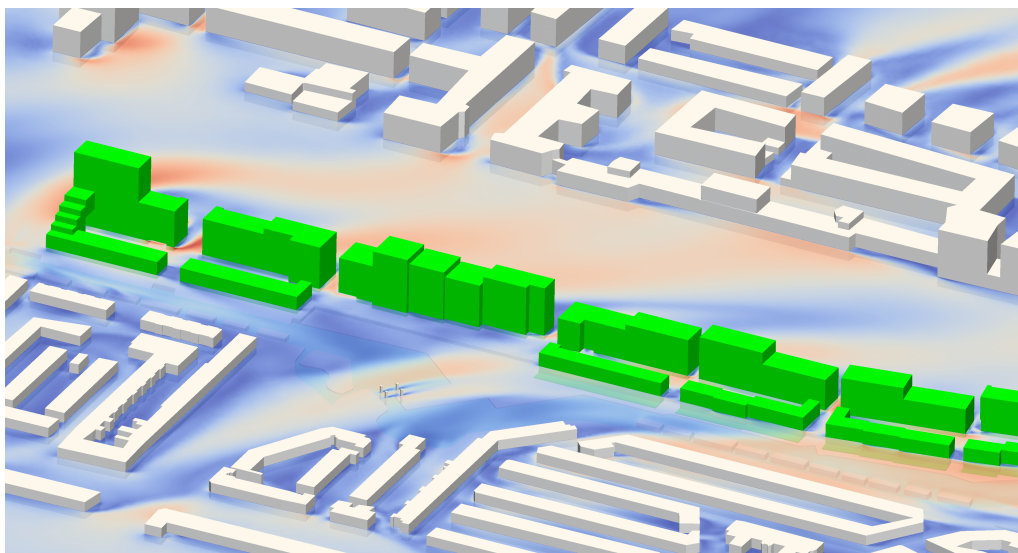


# Kruisvaartkade te Utrecht

## CFD-studie windklimaat



AFR-4509  
14-9-2017  
Versie 1.0

2017 © Actiflow  
Auteur(s): Dr. Lorenzo Lignarolo  
Controleur(s): ir. Reinier Maas

# Inhoudsopgave

---

|          |                                                               |           |
|----------|---------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introductie</b>                                            | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>Normstelling</b>                                           | <b>2</b>  |
| <b>3</b> | <b>Opzet van de berekening</b>                                | <b>4</b>  |
| 3.1      | Software . . . . .                                            | 4         |
| 3.2      | Geometrie en rekenrooster . . . . .                           | 4         |
| 3.3      | Aannames en randvoorwaarden . . . . .                         | 7         |
| <b>4</b> | <b>Resultaten</b>                                             | <b>8</b>  |
| <b>5</b> | <b>Conclusies</b>                                             | <b>11</b> |
| <b>A</b> | <b>Inlegvel NEN 8100:2006</b>                                 | <b>12</b> |
| <b>B</b> | <b>Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid</b> | <b>13</b> |

# 1

## Introductie

---

Dit rapport geeft een beschrijving van de uitgangspunten en resultaten van een windstudie, uitgevoerd door Actiflow in opdracht van Objectum. Het betreft hier nieuwbouw tussen de Kruisvaart en het spooremlacement te Utrecht. De nieuwbouw bestaat uit diverse blokken met een maximale hoogte van circa 40 m. Hierbij zijn windhinder en windgevaar in de openbare buitenruimte bepaald. De vorm van het gebouw in combinatie met de stedelijke omgeving kan leiden tot een windstromingspatroon dat zorgt voor hinder of gevaar. Dit kan leiden tot een verminderde bruikbaarheid van de ruimte en dus een lagere waarde. In onderhavige rapportage worden de resultaten en gebruikte methodiek ten behoeve van deze windstudie beschreven.

Actiflow is gevraagd om voor de genoemde nieuwbouw het windklimaat inzichtelijk te maken met behulp van berekeningen op basis van Computational Fluid Dynamics, CFD. Bij dit onderzoek is gebruik gemaakt van de normstelling omtrent windhinder en windgevaar<sup>1</sup>. Op basis van deze normering is een studie uitgevoerd voor de nieuwe situatie.

Hoofdstuk 2 van onderhavige rapportage gaat in op de gebruikte normstelling waaraan getoetst is. De gebruikte geometrie van het gebouw, de omgeving, het rekendomein en de bijbehorende randvoorwaarden zijn weergegeven in hoofdstuk 3. De resultaten van de berekeningen worden besproken in hoofdstuk 4, waarna de conclusies volgen in hoofdstuk 5.



**Figuur 1.1:** De plattegrond van de nieuwbouw

---

<sup>1</sup>NEN 8100:2006 Windhinder en windgevaar in de gebouwomgeving

## 2

## Normstelling

In onderhavige windstudie wordt het windklimaat ter plaatse van openbare buitenruimten in kaart gebracht. De toetsing hiervan vindt plaats aan de hand van de normstelling uit NEN 8100:2006.

In de norm wordt onderscheid gemaakt tussen windhinder en windgevaar. De definitie van windhinder is het ondervinden van hinder door wind. Dit zal bij een gemiddeld persoon gebeuren wanneer de lokale uurgemiddelde windsnelheid meer dan 5 m/s bedraagt. Windgevaar is het optreden van een dergelijk hoge windsnelheid waarbij in ernstige mate problemen optreden bij het lopen, zoals evenwichtsverlies, waardoor het onmogelijk wordt zich staande te houden of zich lopend voort te bewegen. Windgevaar vindt vooral tijdens vlagen plaats. Dit fenomeen wordt vanwege de benodigde rekenkracht niet gemodelleerd in een tijdsafhankelijke berekening, maar in een aanvulling op de statistische windhinderanalyse. Hier wordt aangenomen dat windgevaar optreedt als de uurgemiddelde lokale windsnelheid meer dan 15 m/s bedraagt.

NEN 8100:2006 geeft een indeling voor windhinder naar kwaliteitsklassen. Deze indeling is terug te vinden in tabel 2.1. Aan de hand van de kans op overschrijding van de grenswaarde voor windhinder wordt bepaald in welke klasse een locatie valt. Afhankelijk van het gebruiksdoel van de locatie wordt een bepaalde klasse gekarakteriseerd als goed, matig of slecht.

**Tabel 2.1:** Eisen voor de beoordeling van het lokale windklimaat voor windhinder

| Overschrijdingskans                                               | Kwaliteitseis | Activiteiten |               |                       |
|-------------------------------------------------------------------|---------------|--------------|---------------|-----------------------|
| $P(V_{LOK} > V_{DR,H})$ in procenten van het aantal uren per jaar |               | 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                |

Tabel 2.2 toont de indeling en kwalificatie voor de kans op windgevaar op vergelijkbare wijze als voor windhinder wordt gedaan. Hierbij dient te worden opgemerkt dat voor activiteitsklassen II. en III. zelfs een beperkt risico al onacceptabel is. Voor deze activiteitsklassen geldt dat enkel  $p \leq 0.05$  acceptabel is. Een gevaarlijk windklimaat moet te allen tijde worden vermeden.

**Tabel 2.2:** Eisen voor de beoordeling van het lokale windklimaat voor windgevaar

| Overschrijdingskans                                               | Kwaliteitseis  |
|-------------------------------------------------------------------|----------------|
| $P(V_{LOK} > V_{DR,H})$ in procenten van het aantal uren per jaar |                |
| 0,05 - 0,30                                                       | Beperkt risico |
| > 0,30                                                            | Gevaarlijk     |

Toetsing vindt plaats op een hoogte van 1,75 m boven het grondoppervlak.

Gebouwentrees vormen een afwijkend element in de beoordeling. Hiervoor biedt NEN 8100:2006 namelijk geen handvatten, echter is enige aandacht voor deze elementen op zijn plaats. Geadviseerd wordt hierbij te hoog optredende windsnelheden, waardoor gebouwentrees slecht bruikbaar kunnen worden, te voorkomen. Dit zou het openen van deuren namelijk negatief kunnen beïnvloeden. Dientengevolge wordt de algemeen geaccepteerde richtlijn hieromtrent hier benoemd. Ter plaatse van gebouwentrees dient bij voorkeur windhinder klasse A behaald te worden, klasse B biedt een matig niveau. Hogere klassen, evenals mogelijk windgevaar dienen vermeden te worden.

# 3

## Opzet van de berekening

---

Voor een overzicht van de instellingen bij de berekening wordt verwezen naar het inlegvel uit de NEN 8100:2006, welke is toegevoegd in bijlage A.

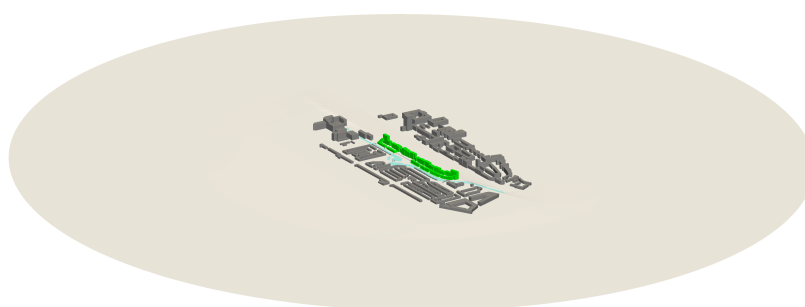
### 3.1 Software

De berekening is uitgevoerd met behulp van OpenFOAM, een softwarepakket dat bedoeld is voor het oplossen van problemen in de continuüm mechanica en thermodynamica. Voor dit project is "simpleFoam" gebruikt. Deze solver is gebaseerd op de incompressibele Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) vergelijkingen en houdt rekening met turbulentie. Turbulentie is gemodelleerd in het  $k-\omega$  SST model.

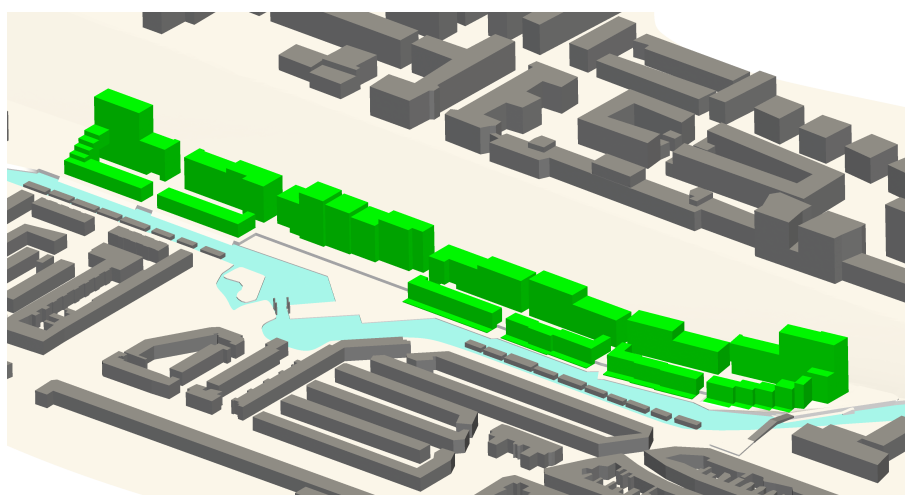
### 3.2 Geometrie en rekenrooster

Voor onderhavige studie is de geometrie van de toekomstige situatie beschouwd. Het driedimensionale model is weergegeven in figuur 3.1. Het model omvat de bebouwing en belangrijke hoogteverschillen in een straal van ten minste 300 m rond het plangebied. De omliggende bebouwing is als eenvoudige massa's weergegeven. Rond dit gebied is een cilindervormig domein geplaatst met een doorsnede van 4 000 m en een hoogte van 500 m. Het plangebied is centraal in dit domein geplaatst, zodat hier verschillende windrichtingen op kunnen worden toegepast zonder dat het voor- of achtergebied te klein wordt. De ruwheid van het voorland is afgestemd op de werkelijke situatie.

Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster voor onderhavige situatie, zie figuur 3.2. Dit rooster bestaat uit 27 668 133 cellen. Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vijf lagen prisma's geplaatst. Deze prismalaag zorgt voor een betere berekening van de snelheidsgradiënt in de atmosferische grenslaag.

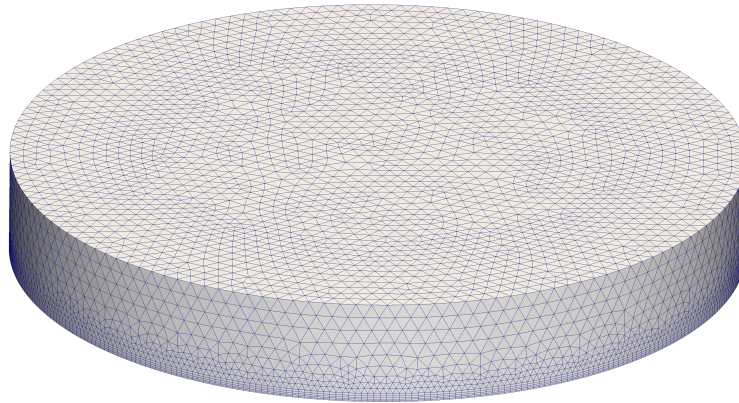


(a) Overzicht model

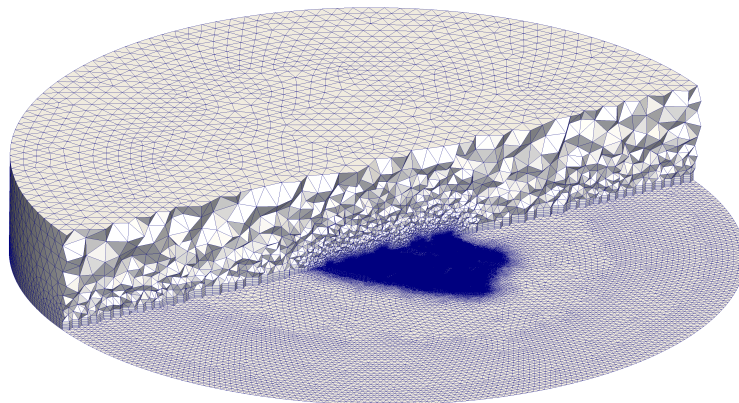


(b) Het nieuwbouwproject en de directe omgeving

**Figuur 3.1:** Impressie model



(a) Beeld van het volledige rekengrid



(b) Doorsnede over het rekengrid

**Figuur 3.2:** Impressie rekengrid

### 3.3 Aannames en randvoorwaarden

Om inzicht te krijgen in het windklimaat is de gehele windroos doorgerekend, te weten 12 windrichtingen. Er is aangenomen dat de atmosferische grenslaag een snelheidsprofiel heeft volgens vergelijking 3.1 en 3.2. Hierin is  $U_n$  de horizontale windsnelheid,  $z$  de hoogte vanaf het maaiveld, en  $z_0$  een ruwheidslengte. De ruwheidslengte is een maat voor de ruwheid van het terrein. Verder geldt dat  $\kappa = 0,41$ . Deze empirische constante is gerelateerd aan het gebruik van wandfuncties. Ook de turbulente grootheden  $k$  en  $\omega$  verlopen volgens een voorgeschreven profiel, zoals aangegeven in vergelijking 3.3 en vergelijking 3.4. Hierin heeft  $C_\mu$  de waarde 0,09. Deze empirische constante komt voort uit het gebruikte turbulente model (k- $\omega$  SST).

$$U_n(z) = \left( \frac{U^*}{\kappa} \right) \ln \left( \frac{z + z_0}{z_0} \right) \quad (3.1)$$

$$U^*(z_0, U_{ref}, z_{ref}) = \frac{\kappa \cdot U_{ref}}{\ln \left( \frac{z_{ref} + z_0}{z_0} \right)} \quad (3.2)$$

$$k(z) = \frac{U^{*2}}{\sqrt{C_\mu}} \quad (3.3)$$

$$\omega(z) = \frac{U^*}{\kappa(z - z_{ground} + z_0)\sqrt{C_\mu}} \quad (3.4)$$

Voor de berekeningen is een windsnelheid van 5 m/s op een hoogte van 60 m opgegeven. Hierbij is een atmosferisch grenslaagprofiel toegepast.

Voor de 12 windrichtingen die in beschouwing zijn genomen wordt een resulterend snelheidsveld bepaald. Hiermee is voor elke locatie per windrichting de versterkingsfactor ten opzichte van de opgelegde windsnelheid vastgelegd. Vervolgens wordt de windstatistiek (bijlage B) gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, zodat voor elke windsnelheid op een locatie een overschrijdingskans kan worden bepaald van verschillende windsnelheden. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste kwaliteitsklasse om te bepalen of er een comfortabel windklimaat kan zijn.

# 4

## Resultaten

---

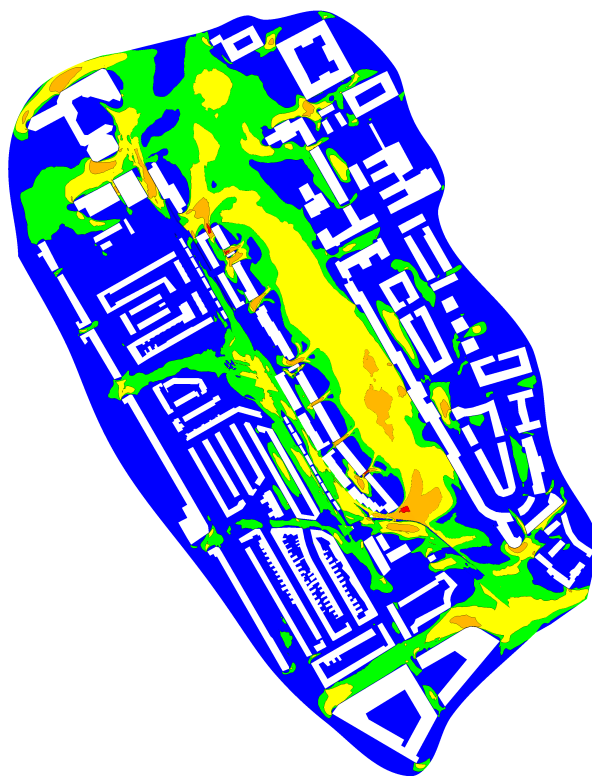
In deze sectie worden de resultaten voor windhinder en windgevaar ter plaatse van openbare buitenruimten weergegeven, conform NEN 8100:2006. De resultaten van de openbare buitenruimten worden weergegeven op horizontale doorsneden op 1,75 m boven maaiveld. Hiervoor worden afbeeldingen gebruikt op drie schaalniveau's, namelijk een overzicht van het gebouw in de omgeving en ingezoomd op het gebouw met de omliggende straten in twee locaties.

Figuren 4.1 t/m 4.2 tonen de resultaten van de openbare buitenruimten.

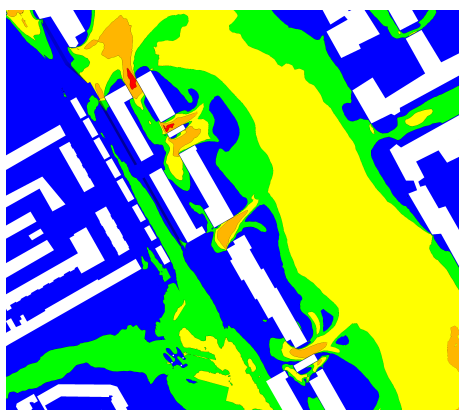
Voor de openbare buitenruimten (trottoirs) geldt de volgende normstelling, conform hoofdstuk 2:

- Windhinder dient bij voorkeur klasse A, B of C te zijn. Klasse D biedt een matig niveau, Klasse E biedt een slecht niveau en dient vermeden te worden.
- Ter plaatse van gebouwentrees dient bij voorkeur klasse A behaald te worden. Klasse B biedt een matig niveau. Klassen C, D en E bieden een slecht niveau en dienen vermeden te worden.
- Windgevaar dient bij voorkeur voorkomen te worden. Een beperkt risico kan lokaal geaccepteerd worden.

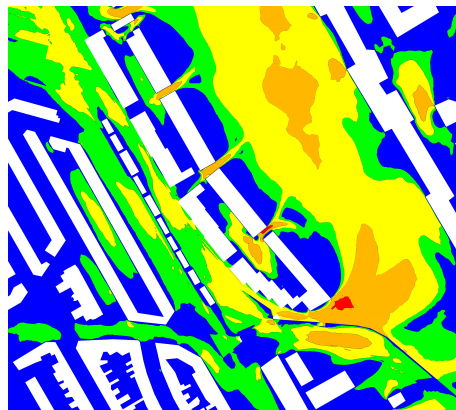
Bovengenoemde criteria zijn in mindere mate geldig voor locaties waar recreatie, sport en spel of het verblijven in een parkachtige omgeving mogelijk zijn. Afhankelijk van het exacte gebruik van de locatie kan het gewenste kwaliteitsniveau worden bepaald. Over het algemeen kan gesteld worden dat windhinderklassen A, B en C gewenst zijn.



(a) Windhinder: bovenaanzicht locatie en omgeving



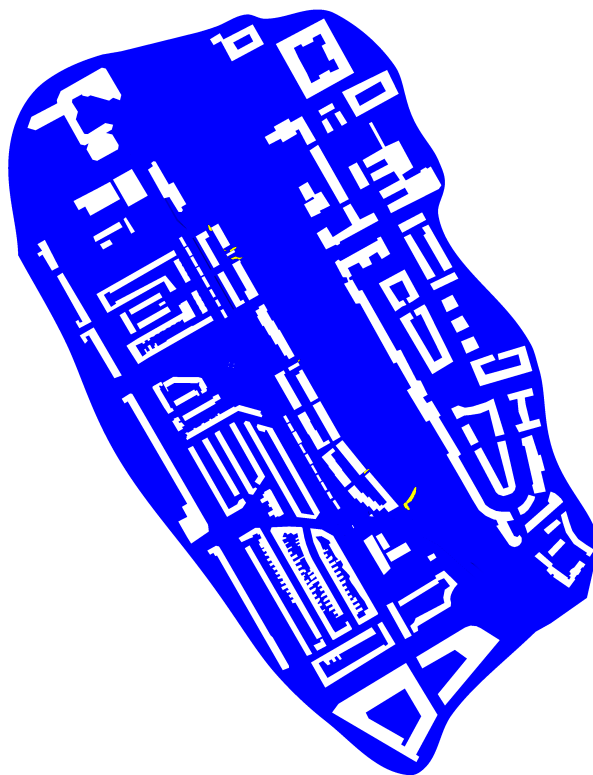
(b) Windhinder: bovenaanzicht ingezoomd op de nieuwbouwlocatie (noordelijkste deel)



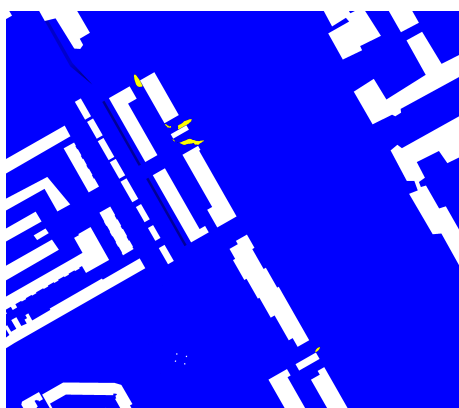
(c) Windhinder: bovenaanzicht ingezoomd op de nieuwbouwlocatie (zuidelijkste deel)



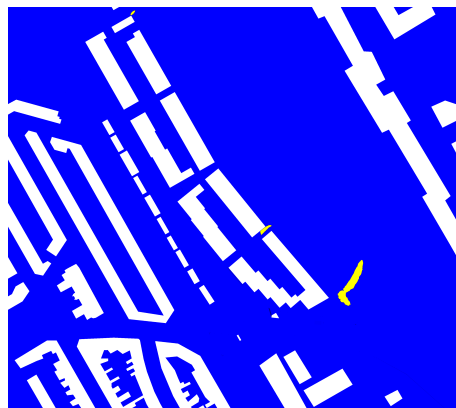
**Figuur 4.1:** Windhinder



(a) Windgevaar: bovenaanzicht locatie en omgeving



(b) Windgevaar: bovenaanzicht ingezoomd op de nieuwbouwlocatie (noordelijkste deel)



(c) Windgevaar: bovenaanzicht ingezoomd op de nieuwbouwlocatie (zuidelijkste deel)



**Figuur 4.2:** Windgevaar

# 5

## Conclusies

---

De hier gepresenteerde studie met de specifieke geometrische elementen, zoals omschreven in hoofdstuk 3, laat het volgende beeld zien ten aanzien van windhinder en windgevaar:

- De grote zone gekarakteriseerd met windklasse C langs de noordoostzijde van het complex is de spoorzone en is daardoor niet relevant voor de beoordeling van het windcomfort voor voetgangers.
- Alle smalle doorgangen tussen de verschillende gebouwen aan de kant van de spoorzone zijn gekarakteriseerd met windklasse D en E. Dit komt overeen met een laag windcomfort niveau (matig tot slecht voor doorlopen en slecht for slenteren en langdurig zitten) en wordt veroorzaakt door de wind vanuit de zuidwestelijke windrichting (de heersende windrichting), die wordt doorgesluisd en versneld in de smalle doorgangen vanaf de binnenplaats in de richting van de spoorzone. Als deze doorgangen alleen gebruikt worden als niet-preferente doorgangen, kan het windcomfort als acceptabel worden beschouwd. Indien de intentie is om deze plekken te gebruiken voor andere activiteiten zullen extra maatregelen moeten worden overwogen om het windcomfort te verbeteren.
- De kaart met het risico tot windgevaar bevestigt de conclusies van het vorige punt. Enkele smalle doorgangen aan de zijde van de spoorzone worden gekarakteriseerd door een beperkt niveau van risico tot windgevaar. Ook hier geldt dat dit geaccepteerd kan worden als deze locaties alleen gebruikt worden als niet-preferente doorgangen.
- De zuidoost hoek van het complex wordt gekarakteriseerd door een grote zone met windklasse D en E. Opnieuw wordt dit veroorzaakt door wind vanuit de zuidwestelijke richting die wordt versneld rondom de hoek van het laatste gebouw in het zuidelijkste deel. Dit is vooral relevant voor de nabij gelegen brug en de voetgangersdoorgang langs de Kruisvaart.
- De zuidoost hoek wordt ook gekarakteriseerd door een beperkt niveau van risico tot windgevaar (zie Figuur 4.2c). Hierdoor en door de bovengenoemde reden is deze locatie bijzonder gevoelig en behoeft extra interventies voor het verminderen van het risico niveau en het verbeteren van windcomfort.
- Een vergelijkbare maar minder hevige situatie ontstaat ook in de nabijheid van het laatste gebouw in het noordelijke einde (zie Figuur 4.1b en Figuur 4.2b).
- In het algemeen wordt de uitbreiding van de Kruisvaart gekarakteriseerd door windklasse B en C. De zones met windklasse C bevinden zich voornamelijk in het zuidelijke deel. Dit komt overeen met een windcomfortniveau van matig tot slecht voor langdurig zitten en goed tot matig for slenteren. Omdat verschillende nieuwe gebouwen private buitenruimtes hebben langs het water en andere zones langs de Kruisvaart zullen worden gebruikt als publieke recreatieve ruimtes, wordt gesuggereerd om speciale maatregelen te nemen om een hoger niveau van windcomfort te garanderen.

De nieuwbouw is loodrecht gepositioneerd op de voornaamste windrichting (zuidwest) en is samengesteld uit verschillende bouwblokken van gemiddelde hoogte met water aan de noordelijke zijde en een vlak open terrein aan de andere zijde (de spoorzone). Geconcludeerd kan worden dat deze situatie ongunstig is voor het windcomfort voor voetgangers in verschillende locaties (bijvoorbeeld de twee uiteinden van het complex, in verschillende doorgangen tussen gebouwen, in zones langs de Kruisvaart) maar dat door het inzetten van specifieke interventies (bijvoorbeeld het toevoegen van vegetatie, windschermen enzovoort) het windcomfort en risico tot windgevaar naar acceptabele niveaus gebracht kan worden.



# Inlegvel NEN 8100:2006

| Project                                                            | Projectgegevens                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                            |                                           |                |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|----------------|
| Projectnaam                                                        | Windstudie Kruisvaartkade te Utrecht                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                            |                                           |                |
| Opdrachtgever                                                      | Objectum                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                            |                                           |                |
| Projectleider                                                      | Dr. Lorenzo Lignarolo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                            |                                           |                |
| Datum                                                              | 11 september 2017                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                            |                                           |                |
| Model                                                              | Algemene gegevens van het model                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                            |                                           |                |
| Omvang gemodelleerd gebied                                         | Bebouwing binnen ca. 300 m rondom de nieuwbouw                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                            |                                           |                |
| Kerngebied                                                         | Geschematiseerd model met de nieuwe situatie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                            |                                           |                |
| Omgeving                                                           | Omgeving in massa's, gedetailleerd nabij het kerngebied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                            |                                           |                |
| Afmetingen model                                                   | Rond met straal 2 000 m en hoogte 500 m.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                            |                                           |                |
| Blokkeringsgraad                                                   | Maximaal 4 %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                            |                                           |                |
| Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)          | 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                            |                                           |                |
| Onderzochte configuraties                                          | Windhinder en windgevaar in de nieuwe situatie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                            |                                           |                |
| Computeropstelling                                                 | Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                            |                                           |                |
| Programmatuur                                                      | <input checked="" type="checkbox"/> FVM (eindige volume methode) <input type="checkbox"/> FEM (eindige elementen methode) <input type="checkbox"/> anders<br>Programmatuur: OpenFOAM<br>Versie: 3.0.x-f5fbd395e495                                                                                                                                                                            |                            |                                           |                |
| Algemeen                                                           | <input checked="" type="checkbox"/> drie-dimensionaal <input checked="" type="checkbox"/> tijd-onafhankelijk <input checked="" type="checkbox"/> isothermisch<br><input type="checkbox"/> passieve scalars<br><input type="checkbox"/> twee-dimensionaal <input type="checkbox"/> tijd-afhankelijk <input type="checkbox"/> thermisch<br><input type="checkbox"/> actieve scalars<br>Overige: |                            |                                           |                |
| Rekenrooster                                                       | Hybride ongestructureerd: tetraëders met prismalaag, 27 668 133 cellen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                            |                                           |                |
| Turbulentiemodellering                                             | k-omega SST                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            |                                           |                |
| Convectieve differentieschema's                                    | Snelheidscomponenten: linearUpwindV<br>Turbulente grootheden: upwind<br>Scalaire variabelen: n.v.t.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                            |                                           |                |
| Randvoorwaarden                                                    | Gebruikte randvoorwaarden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                            |                                           |                |
| Instroomprofiel                                                    | Logaritmische atmosferische grenslaag: wind stedelijk gebied, z0 = 1.6 m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                            |                                           |                |
| Uitlaat                                                            | Druk-uitlaat                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                            |                                           |                |
| Boven-/Zijwanden                                                   | Slip-wanden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            |                                           |                |
| Vloer/bodem                                                        | No-slip, ruwe wand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                            |                                           |                |
| Overige                                                            | No-slip, ruwe wand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                            |                                           |                |
| Gegevensverwerking en -beoordeling                                 | informatie voor locatie en berekening windklimaat                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                            |                                           |                |
| Amersfoortse coördinaten van de locatie                            | X: n.v.t. Y: n.v.t.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                            |                                           |                |
| Toegepaste eisen                                                   | V <sub>DR</sub><br>m/s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Gewenste kwaliteits-klasse | Overschrijdings-kans %                    | Beoordeling    |
| Voor comfort                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                            | p (V <sub>LOK</sub> > V <sub>DR,H</sub> ) |                |
| Doorlopen                                                          | 5.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | A, B, C, D                 | < 20                                      | Matig          |
| Slenteren                                                          | 5.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | A, B, C                    | < 10                                      | Matig          |
| Zitten                                                             | 5.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | A, B                       | < 5                                       | Matig          |
| Regionale correctie                                                | n.v.t.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | n.v.t.                     | n.v.t.                                    | n.v.t.         |
| Voor gevaar                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                            |                                           |                |
|                                                                    | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | n.v.t.                     | 0,05 < p < 0,30                           | beperkt risico |
|                                                                    | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | n.v.t.                     | p ≥ 0,3                                   | gevaarlijk     |
| Gepresenteerde resultaten                                          | Windhindercontouren en klassenindeling, windgevaarcontouren                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            |                                           |                |
| Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                            |                                           |                |

# B

## Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid

FREQUENTIETABEL VAN DE 60,0 METER WINDSNELHEID DISTRIBUTIEF RELATIEF

| Windsnelheid<br>(m/s) | Windrichting (*10 graden)   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        | Cum.  |
|-----------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
|                       | 35-01                       | 02-04 | 05-07 | 08-10 | 11-13 | 14-16 | 17-19 | 20-22 | 23-25 | 26-28 | 29-31 | 3 2-34 |       |
|                       | Distributief in percentages |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |
| 0,0 - 0,9             | 0.15                        | 0.17  | 0.20  | 0.20  | 0.21  | 0.24  | 0.23  | 0.21  | 0.19  | 0.23  | 0.21  | 0.17   | 2.41  |
| 1,0 - 1,9             | 0.52                        | 0.58  | 0.68  | 0.57  | 0.60  | 0.74  | 0.82  | 0.73  | 0.66  | 0.73  | 0.67  | 0.59   | 7.90  |
| 2,0 - 2,9             | 0.74                        | 0.80  | 0.98  | 0.84  | 0.94  | 1.08  | 1.24  | 1.19  | 1.00  | 1.01  | 0.87  | 0.77   | 11.46 |
| 3,0 - 3,9             | 0.81                        | 1.06  | 1.14  | 1.03  | 0.94  | 1.15  | 1.49  | 1.52  | 1.26  | 1.23  | 0.98  | 0.83   | 13.44 |
| 4,0 - 4,9             | 0.77                        | 1.05  | 1.32  | 1.04  | 0.86  | 1.07  | 1.48  | 1.81  | 1.53  | 1.31  | 0.98  | 0.82   | 14.05 |
| 5,0 - 5,9             | 0.66                        | 0.93  | 1.17  | 0.93  | 0.67  | 0.80  | 1.34  | 1.78  | 1.68  | 1.21  | 0.83  | 0.66   | 12.67 |
| 6,0 - 6,9             | 0.52                        | 0.82  | 0.90  | 0.67  | 0.48  | 0.51  | 1.10  | 1.65  | 1.66  | 1.06  | 0.73  | 0.53   | 10.63 |
| 7,0 - 7,9             | 0.35                        | 0.63  | 0.63  | 0.47  | 0.32  | 0.35  | 0.91  | 1.53  | 1.54  | 0.88  | 0.53  | 0.39   | 8.54  |
| 8,0 - 8,9             | 0.20                        | 0.39  | 0.47  | 0.33  | 0.15  | 0.20  | 0.63  | 1.23  | 1.35  | 0.69  | 0.38  | 0.25   | 6.27  |
| 9,0 - 9,9             | 0.11                        | 0.25  | 0.33  | 0.19  | 0.06  | 0.11  | 0.45  | 0.99  | 1.13  | 0.50  | 0.24  | 0.18   | 4.54  |
| 10,0 - 10,9           | 0.07                        | 0.16  | 0.19  | 0.10  | 0.02  | 0.05  | 0.29  | 0.70  | 0.84  | 0.38  | 0.15  | 0.08   | 3.02  |
| 11,0 - 11,9           | 0.04                        | 0.08  | 0.13  | 0.06  | 0.01  | 0.02  | 0.15  | 0.50  | 0.64  | 0.26  | 0.10  | 0.04   | 2.04  |
| 12,0 - 12,9           | 0.02                        | 0.03  | 0.07  | 0.02  | 0.00  | 0.01  | 0.08  | 0.32  | 0.48  | 0.18  | 0.04  | 0.03   | 1.29  |
| 13,0 - 13,9           | 0.01                        | 0.02  | 0.02  | 0.01  | 0.00  | 0.00  | 0.04  | 0.19  | 0.30  | 0.14  | 0.02  | 0.01   | 0.77  |
| 14,0 - 14,9           | 0.01                        | 0.01  | 0.01  | 0.01  | -     | -     | 0.02  | 0.12  | 0.19  | 0.07  | 0.01  | 0.01   | 0.45  |
| 15,0 - 15,9           | -                           | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -     | -     | 0.01  | 0.05  | 0.12  | 0.04  | 0.00  | 0.00   | 0.23  |
| 16,0 - 16,9           | -                           | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -     | -     | 0.01  | 0.03  | 0.06  | 0.03  | 0.00  | 0.00   | 0.13  |
| 17,0 - 17,9           | -                           | -     | -     | -     | -     | -     | 0.00  | 0.01  | 0.03  | 0.02  | 0.00  | -      | 0.07  |
| 18,0 - 18,9           | -                           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.01  | 0.02  | 0.01  | 0.00  | -      | 0.04  |
| 19,0 - 19,9           | -                           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.00  | -      | 0.02  |
| 20,0 - 20,9           | -                           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.00  | -      | 0.01  |
| 21,0 - 21,9           | -                           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -      | 0.00  |
| 22,0 - hoger          | -                           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -      | -     |

Actiflow BV  
Halstraat 31a  
4811 HV Breda  
+31 (0)76 5422 220  
[contact@actiflow.com](mailto:contact@actiflow.com)  
[www.actiflow.nl](http://www.actiflow.nl)

