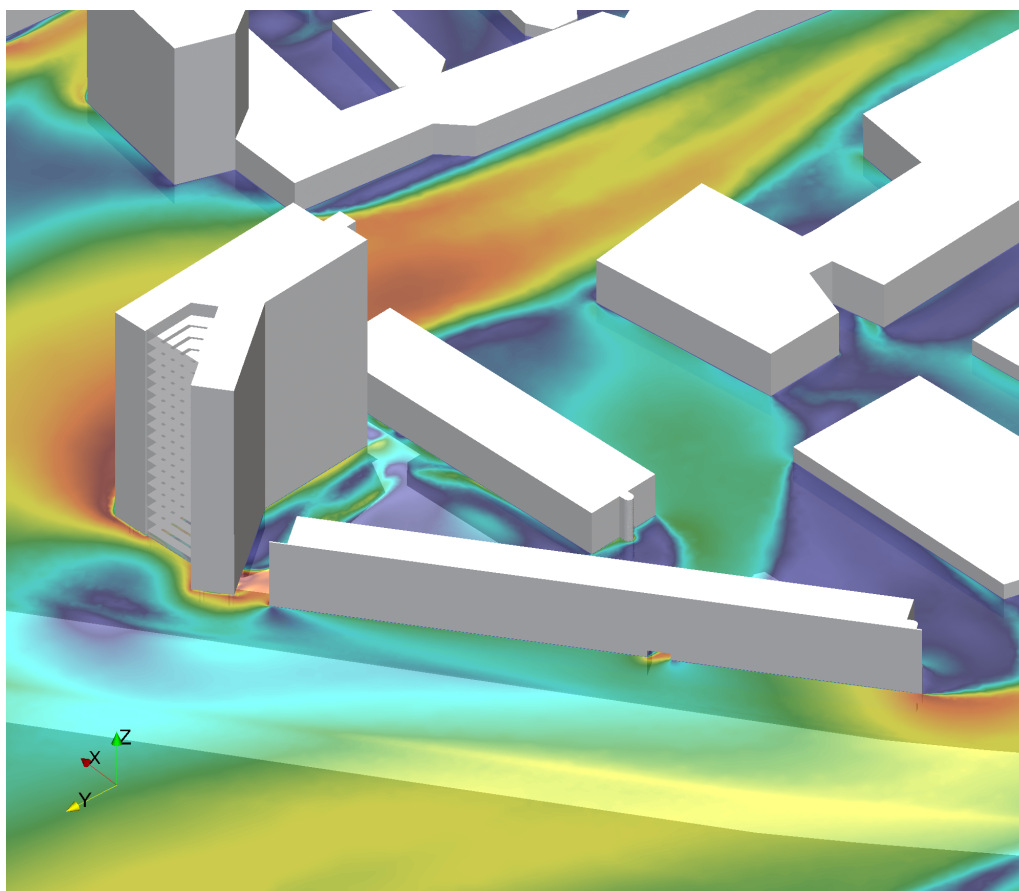


Nieuwbouw Gerbrandy te Utrecht

Studie windhinder en windgevaar



AFR-4398
21-12-2016
Versie 2.1

2016 © Actiflow
Auteur(s): Dr. Lorenzo Lignarolo
Controleur(s): ir. Reinier Maas

Inhoudsopgave

1	Introductie	1
2	Normstelling	3
3	Opzet van de berekening	5
3.1	Software	5
3.2	Geometrie en rekenrooster	5
3.3	Aannames en randvoorwaarden	8
4	Resultaten	9
5	Conclusies	13
A	Inlegvel NEN 8100:2006	15
B	Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid	16

1

Introductie

Dit rapport geeft een beschrijving van de uitgangspunten en resultaten van een windstudie, uitgevoerd door Actiflow in opdracht van de Gerbrandystraat 20 BV. Het betreft een studie naar het windstromingspatroon rondom de nieuwbouw *Gerbrandy* aan de Gerbrandystraat 20 te Utrecht. Hierbij zijn windhinder en windgevaar in de openbare buitenruimte bepaald. In onderhavige rapportage worden de resultaten en gebruikte methodiek ten behoeve van deze windstudie beschreven.

Men is voornemens te Utrecht nieuwbouw te realiseren aan de Gerbrandystraat. Dit betreft vervangende nieuwbouw op de locatie van het voormalige belastingkantoor. Dit plan wordt ontwikkeld door Gerbrandystraat 20 BV. De nieuwbouw bestaat uit een plint met centraal gelegen de parkeergarage en drie bouwblokken op een driehoekig kavel. De parkeergarage wordt door de binnentuin overkapt, waardoor tevens de bouwblokken op dit niveau worden verbonden. Aan de lange zijden zijn lage blokken gelegen, blok B (aan de spoorzijde) circa 22 m hoog en blok C circa 16 m hoog. Het hoogste bouwblok (blok A) is gelegen aan de korte zijde van het driehoekige perceel en heeft een hoogte van circa 58 m. De overkapping is gelegen op een hoogte van circa 3 m. In figuur 1.1 is een tekening gegeven van het gebouw, waar ook de verhoogde binnentuin is weergegeven. Onder deze binnentuin bevindt zich de parkeergarage, welke grote openingen heeft naar de binnentuin en naar het omliggende maaiveld. Rondom deze binnentuin zijn de drie bouwvolumes gelegen. 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.



Figuur 1.1: De plattegrond van de nieuwbouw op niveau van de binnentuin

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 windgevaar¹. 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.

¹NEN 8100:2006 Windhinder en windgevaar in de gebouwmgeving

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.

Daarnaast worden in NEN 8100:2006 (horeca-)terrassen apart benoemd. Het volgende wordt opgemerkt *'De eisen voor zitten zijn niet bedoeld voor (horeca-)terrassen: voor dergelijke terrassen gelden hogere eisen en is een betere afscherming gewenst. Een goed windklimaat op een terras zonder een afscherming in de vorm van windschermen (en nabij hoge gebouwen: met luifels) is niet mogelijk.'* Desgewenst kan dit aspect middels een CFD-studie beschouwd worden conform een methode die specifiek voor dit aspect is opgesteld ¹.

¹Windcomfort ter plaatse van private buitenruimten, Een eerste aanzet tot eenduidige beoordeling, R.P.W. Maas, Bouwfysica 4 2014, januari 2015, NVBV

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.

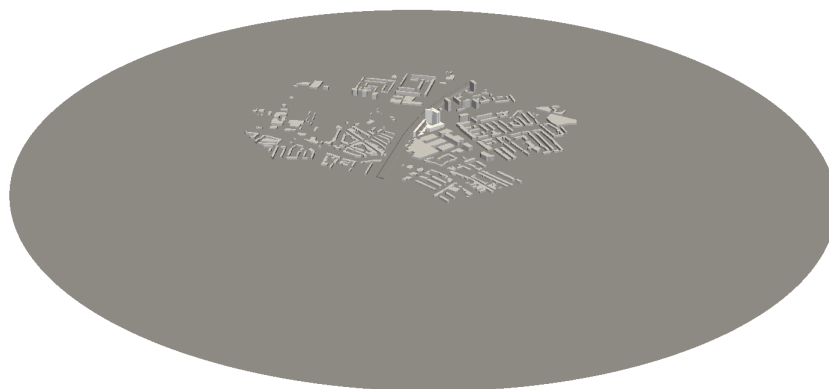
3.1 Software

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 incompressible Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) vergelijkingen en houdt rekening met turbulentie. Turbulentie is gemodelleerd in het $k-\omega$ SST model.

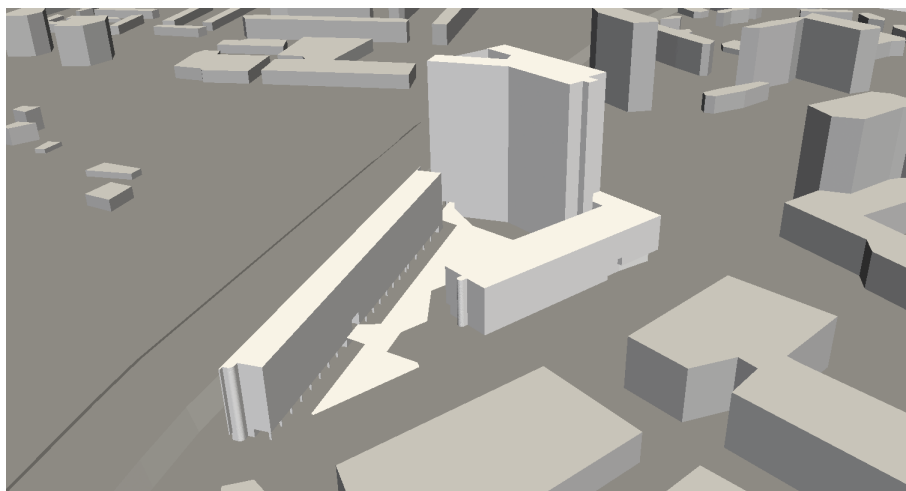
3.2 Geometrie en rekenrooster

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 3 000 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 27 343 355 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.

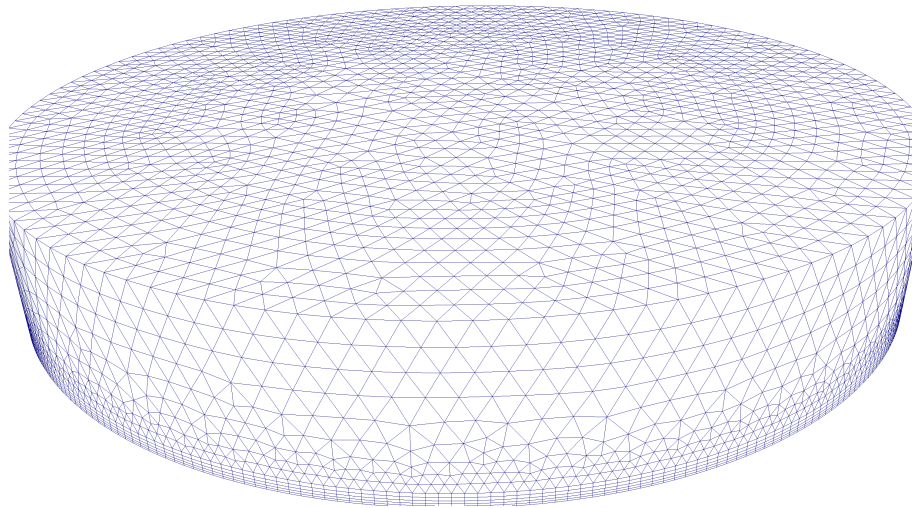


(a) Overzicht model

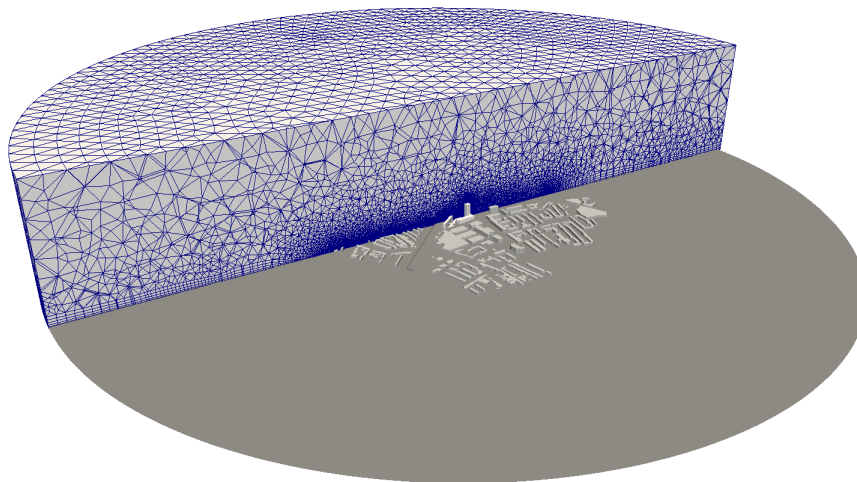


(b) Het nieuwbouwproject en de directe omgeving

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 ω verlopen volgens een voorgeschreven profiel, zoals aangegeven in vergelijking 3.3 en vergelijking 3.4. Hierin heeft C_μ de waarde 0,09. Deze empirische constante komt voort uit het gebruikte turbulente model (k- ω 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 op 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 twee schaalniveau's, namelijk een overzicht van het gebouw in de omgeving en ingezoomd op het gebouw met de omliggende straten. Een bovenaanzicht van deze twee schaalniveaus is in figuur 4.1 weergegeven. Aanvullend worden de resultaten weergegeven op 1,75 m boven de binnentuin. Dit wordt weergegeven in separate ingezoomde bovenaanzichten.



(a) Bovenaanzicht locatie en omgeving



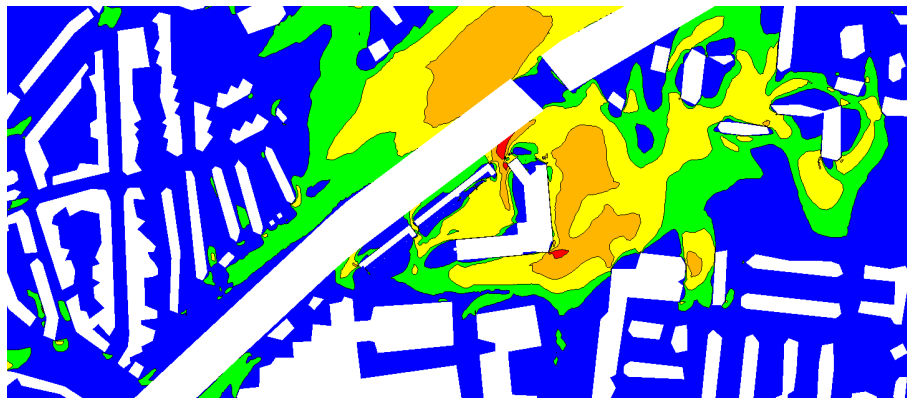
(b) Bovenaanzicht ingezoomd op de nieuwbouwlocatie

Figuur 4.1: Bovenaanzicht model, zoals gebruikt voor weergave van resultaten

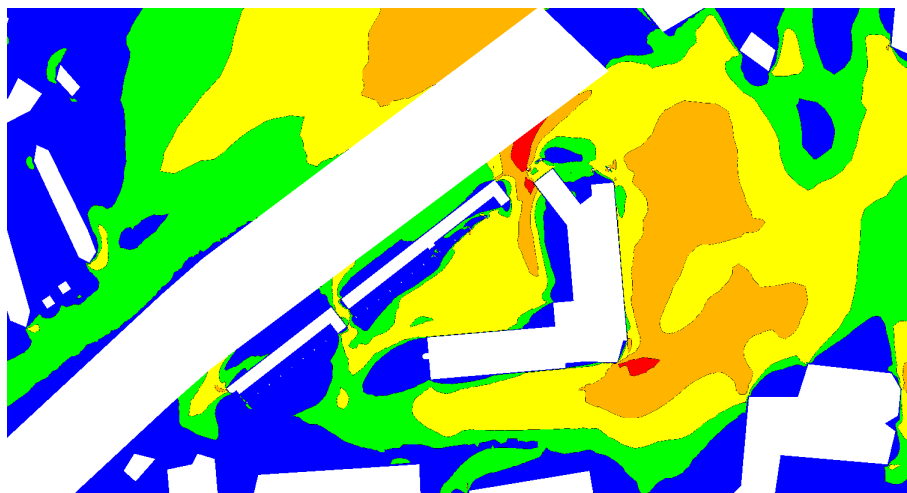
Figuren 4.2 t/m 4.3 tonen de resultaten van de openbare buitenruimten.

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

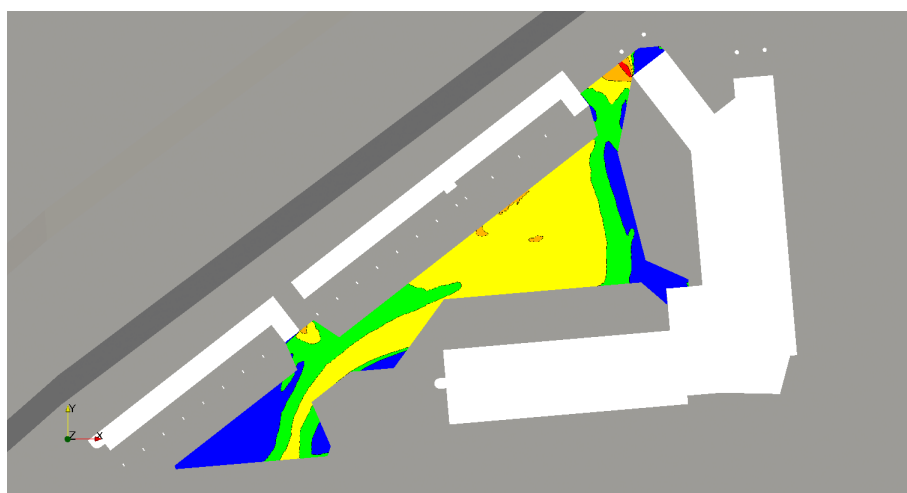
- Windhinder dient bij voorkeur klasse A, B of C te zijn. Klasse D biedt een matig niveau, Klasse E biedt een slecht niveau en dient vermeden te worden.
- Ter plaatse van gebouwentrees dient bij voorkeur klasse A behaald te worden. Klasse B biedt een matig niveau. Klassen C, D en E bieden een slecht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



(a) Bovenaanzicht locatie en omgeving



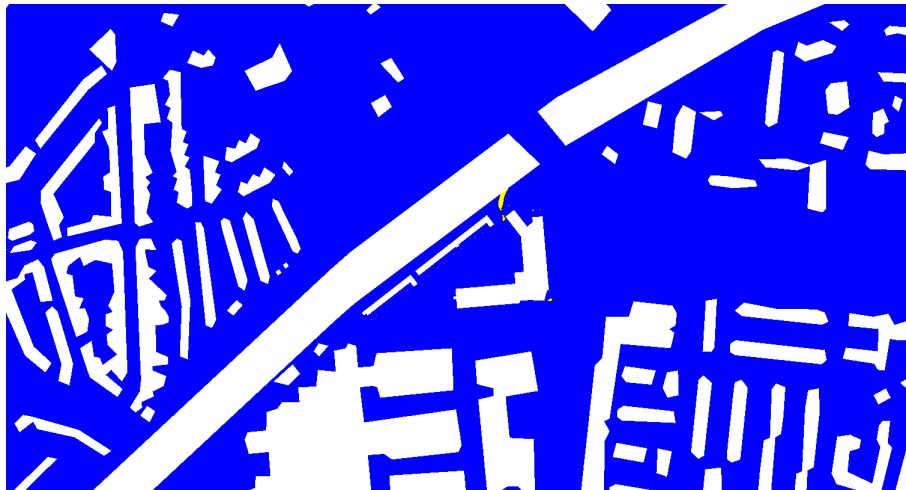
(b) Bovenaanzicht ingezoomd op de nieuwbouwlocatie



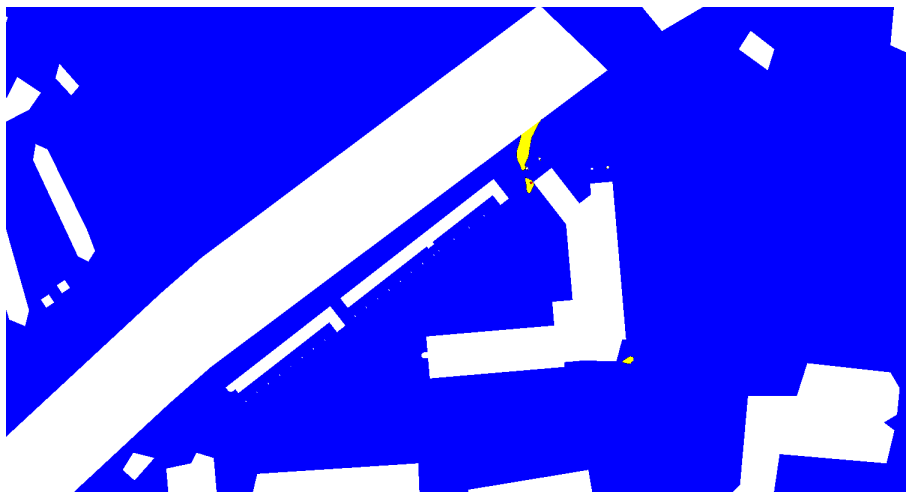
(c) Bovenaanzicht van de verhoogde binnentuin



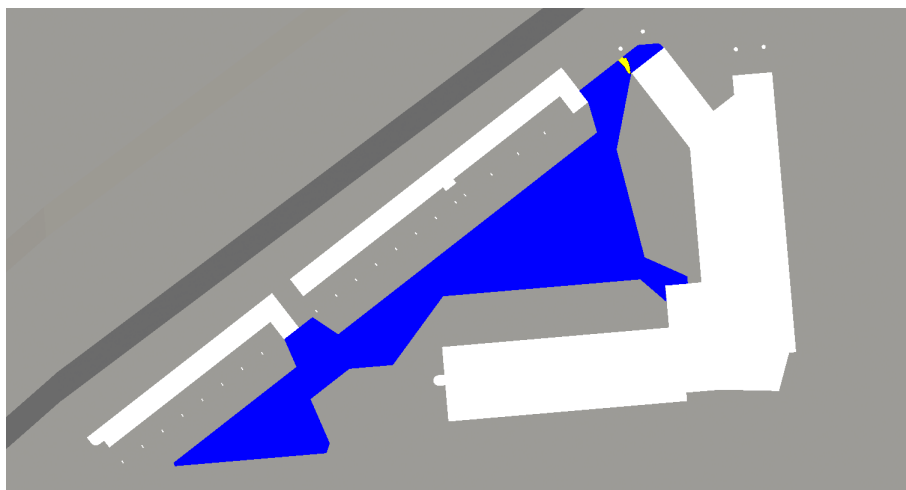
Figuur 4.2: Windhinder



(a) Bovenaanzicht locatie en omgeving



(b) Bovenaanzicht ingezoomd op de nieuwbouwlocatie



(c) Bovenaanzicht van de verhoogde binnentuin



Figuur 4.3: 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:

- Aan de zuidzijde van de nieuwbouw is een zone aanwezig met windhinderklasse C. Dit is ter plaatse van de Gerbrandystraat. Indien hier fietsers of voetgangers zijn, zal dit gekwalificeerd worden binnen de activiteit doorlopen. Voor doorlopen wordt klasse C gekwalificeerd als goed, waardoor wind in deze zone naar verwachting geen hinder veroorzaakt.
- Aan de oostzijde van het gebouw is een relatief grote zone aanwezig met windhinderklasse D. Dit is ter plaatse van de doorgaande weg, Talmanlaan en Troelstralaan. Deze windcondities zijn acceptabel voor voetgangers, maar kunnen tot hinder leiden bij meer kritische activiteiten (slenteren).
- De zuidoosthoek van het gebouw wordt gekenmerkt door een relatief kleine zone met windhinderklasse E. Aangezien deze zone klein is, bestaat de mogelijkheid om deze als voetganger te vermijden. Hierdoor is dit acceptabel. Aanbevolen wordt om hier de meest gunstige looproute duidelijk aan te geven middels de inrichting van het openbaar terrein.
- De gebouwentrees aan de zuidzijde zijn gelegen binnen een smalle zone nabij de gevel met windhinderklasse A. Opgemerkt wordt dat deze smalle zone direct grenst aan zones met windhinderklassen C en D. Daarnaast laat figuur 4.3 zien dat er een beperkt risico is op windgevaar nabij de zuidoostelijke hoek. Geconcludeerd wordt dat het betreden van deze gebouwentrees hierdoor bemoeilijkt kan worden.
- Aan de noordzijde van de nieuwbouw is langs de laagbouw met name windhinderklasse A en B. In de nabijheid van de zuidwestelijke hoek van het gebouw is een kleine zone met windhinderklassen C en D. De smalle passage naar de parkeergarage, gelegen in het midden van het bouwblok, wordt gekenmerkt door windhinderklasse C. De zone met windhinderklasse D is dermate klein van omvang dat dit geaccepteerd wordt. Daarnaast is de functie van deze zone, doorgang naar de parkeergarage en ligging aan het spoorweg, dat geen langdurig verblijf verwacht wordt.
- Langs de hoogbouw is aan de noordzijde een gebied aanwezig met een hoger risico op windhinder (zie ook figuur 4.2) en windgevaar (zie ook figuur 4.3). Hier is een gebied van geringe omvang met klasse E. Voor doorlopen wordt klasse E gekwalificeerd als slecht.
- De gebouwentrees aan de noordzijde bevinden zich in doorgangen in blok B, waar klasse A en B heersen. Dit levert een goed tot matig windklimaat op. De entree van het hoge bouwvolume A ligt aan de noordzijde, in een gebied met windhinderklasse A, wat een goed windklimaat oplevert.
- De ruimte onder de verhoogde binnentuin heeft een parkeerfunctie. Hier is het niveau van windhinder met name klasse C. Dit is een goed niveau voor deze functie.

Het windklimaat in het openbaar gebied rondom de nieuwbouw aan de Gerbrandystraat kan worden gekwalificeerd als matig, met hoofdzakelijk windhinder klasse C en D bij de doorgaande wegen (doorlopen). De meest problematische gebieden betreffende de noordelijke ingang van de parkeergarage en het trottoir aan de zuidoostelijke hoek van het perceel. Hier zijn maatregelen gewenst, waarbij de zone kan worden vermeden of het windklimaat kan worden verbeterd. De plaatsing van bomen kan het windklimaat nog verder verbeteren.

In de binnentuin is het volgende windklimaat aanwezig:

- In de binnentuin treedt het hoogste risico op windhinder op tussen de bouwdelen A en C, waar windhinderklasse D en E wordt gevonden. Dit gebied heeft een slecht windklimaat voor slenteren en langdurig zitten. Tevens kent deze zone een risico op windgevaar.
- Het middengebied van de binnentuin heeft voornamelijk windhinderklasse C, wat voor slenteren een matig windklimaat oplevert. Voor langdurig zitten is het windklimaat in dit gebied slecht tot matig.
- De westelijke punt van de binnentuin, verder van de hoogbouw verwijderd, heeft het beste windklimaat. Hier heerst windhinderklasse A, wat voor alle activiteiten wordt gekwalificeerd als goed.

Bij de inrichting van de binnentuin dient rekening te worden gehouden met het windklimaat. Met name tussen bouwdelen A en C is risico op windhinder en windgevaar aanwezig. De inrichting kan zodanig opgezet worden dat deze zones vermeden kunnen worden ofwel niet bereikbaar zijn. Vanuit voorgaande beschouwing volgen de volgende aanbevelingen:

- Voor het openbaar gebied geldt in het algemeen dat het mogelijk is de zones met windhinderklasse E of een beperkt risico op windgevaar vermeden kunnen worden. Aanbevolen wordt om de inrichting van het openbaar gebied zodanig te maken dat dit kan en ook bevorderd wordt.
- Enkele entreezones zijn gelegen op korte afstand van een zone met windhinderklasse C. Aanbevolen wordt om hier enige buffer tussen aan te brengen door de toegangsdeuren circa 0.5 m verdiept in de gevel aan te brengen. Indien mogelijk kan ook gekozen worden voor het aanbrengen van een scherm met dezelfde diepte loodrecht op de gevel, zodat de deur op deze manier in een windluwe zone wordt gebracht. Dit scherm dient minimaal de hoogte van de deur te hebben.
- Het comfortabel verblijven op de verhoogde binnentuin is mogelijk in de zones met windhinderklasse A en B. Aanbevolen wordt om verblijfsgebieden en bankjes in deze zones te plaatsen. Daar waar het windklimaat slechter is kan aanvullende afscherming het comfortabel verblijven mogelijk maken. Dit kan in de inrichting van de binnentuin worden geïntegreerd.

15

B

Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid

FREQUENTIETABEL VAN DE 60,0 METER WINDSNELHEID DISTRIBUTIEF RELATIEF

Windsnelheid (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
www.actiflow.nl

