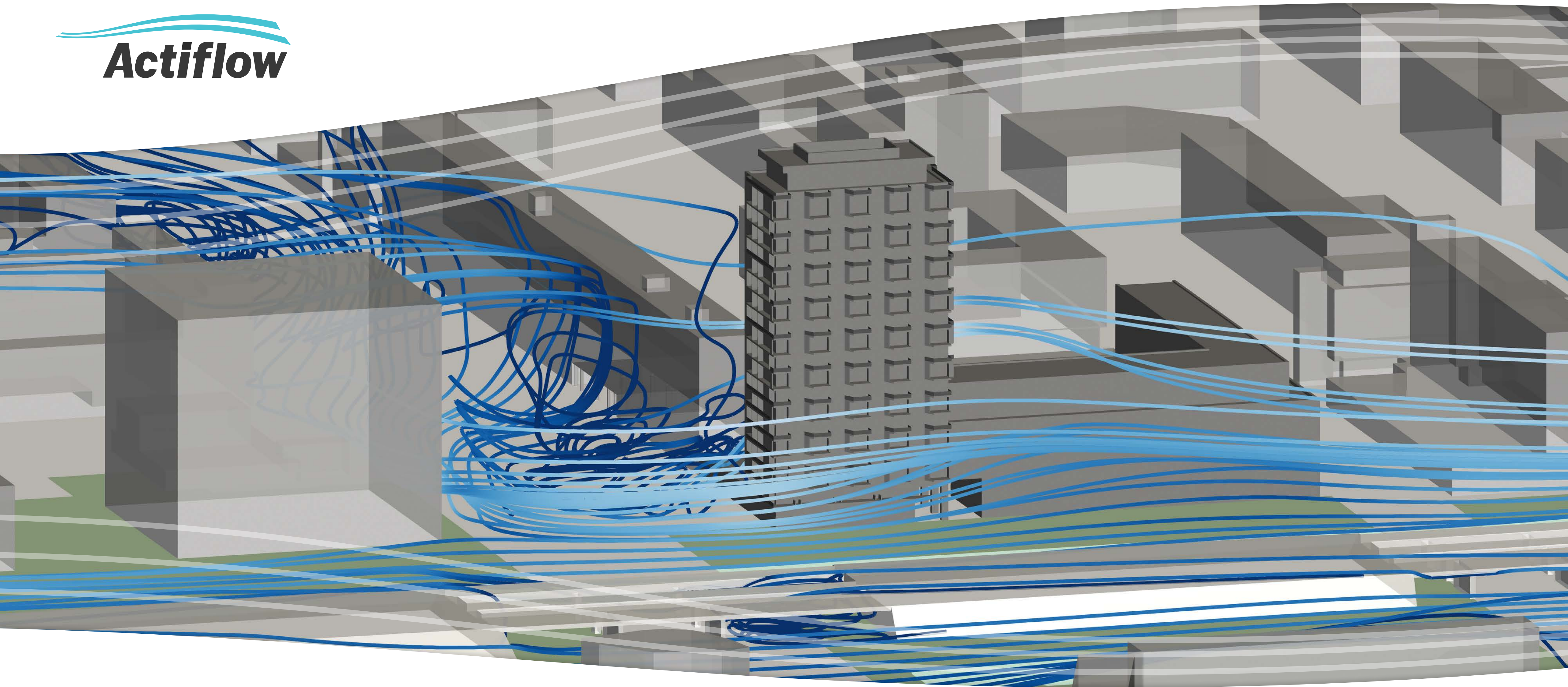




Blok 6 August Allebéplein te Amsterdam

CFD-studie windhinder en windgevaar

Auteur(s): ir. Reinier Maas
Controlleur: ir. Roland Broers
Datum: 01/04/2019

AFR - 4838
Versie 1.0
©2019 Actiflow BV

Inhoudsopgave

- 1 Introductie
- 2 Normstelling
- 3 Opzet van de berekening
 - 3.1 Software
 - 3.2 Geometrie en rekenrooster
 - 3.3 Aannames en randvoorwaarden
- 4 Resultaten
- 5 Conclusie
- A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen
- B Inlegvel NEN 8100:2006

1 Introductie

Het August Allebéplein te Amsterdam wordt ingrijpend ontwikkeld. Hierbij wordt vervangende nieuwbouw gepleegd. Daarnaast wordt de openbare buitenruimte heringericht. Blok 6 is gelegen aan de westzijde van het totale gebied. Dit omvat de nieuwbouw van een woonblok met groen binnenhof.

Ten behoeve van het ontwerp van dit blok heeft [Actiflow](#) in opdracht van Woonstichting De Key een windstudie uitgevoerd. Voorliggende rapportage omschrijft deze studie.

De nieuwbouw van blok 6 is direct gelegen tussen de Postjesweg, het Spoorpark Zuid, de Willem Roelofstraat, de Marius Bauerstraat en de Jan Tooropstraat. Aan de noordwestzijde van dit blok is een hoogbouwaccent voorzien met een hoogte tot 65 m. De inpassing van een bouwvolume met een dergelijke hoogte kan leiden tot verhoogde windsnelheden op maaiveld en hiermee windhinder en windgevaar.

Bovengenoemde geeft dan ook aanleiding om het windklimaat in detail te onderzoeken. [Actiflow](#) is gevraagd om voor de ontwikkeling van de nieuwbouw het windklimaat inzichtelijk te maken met behulp van berekeningen op basis van Computational Fluid Dynamics (CFD). Bij deze studie is gebruik gemaakt van de normstelling omtrent windhinder en windgevaar, de Nederlandse norm NEN 8100:2006 'windhinder en windgevaar in de gebouwomgeving'.

Onderhavige rapportage beschrijft deze studie en de resultaten hiervan. Hoofdstuk 2 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.

2 Normstelling

In onderhavige windstudie wordt het windklimaat ter plaatse van de openbare buitenruimte 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 en conform de norm, 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 2.2 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.

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

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

Overschrijdingskans (Lokaal windsnelheid > 5 m/s) (van het aantal uren per jaar)	Kwaliteitseis	Activiteiten		
		Doorlopen	Slenteren	Langdurig zitten ^a
<2.5 %	A	<i>Goed</i>	<i>Goed</i>	<i>Goed</i>
2.5 – 5 %	B	<i>Goed</i>	<i>Goed</i>	<i>Matig</i>
5 – 10 %	C	<i>Goed</i>	<i>Matig</i>	<i>Slecht</i>
10 – 20 %	D	<i>Matig</i>	<i>Slecht</i>	<i>Slecht</i>
>20 %	E	<i>Slecht</i>	<i>Slecht</i>	<i>Slecht</i>

^a Dit geldt conform de norm voor een bankje in het park, voor horeca terrassen of private buitenruimten is zwaardere normstelling nodig om het gewenste comfort te behalen.

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

Overschrijdingskans (Lokaal windsnelheid > 15 m/s) (van het aantal uren per jaar)	Kwaliteitseis
0.05 – 0.30 %	<i>Beperkt risico</i>
>0.30 %	<i>Gevaarlijk</i>

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 B.

3.1 Software

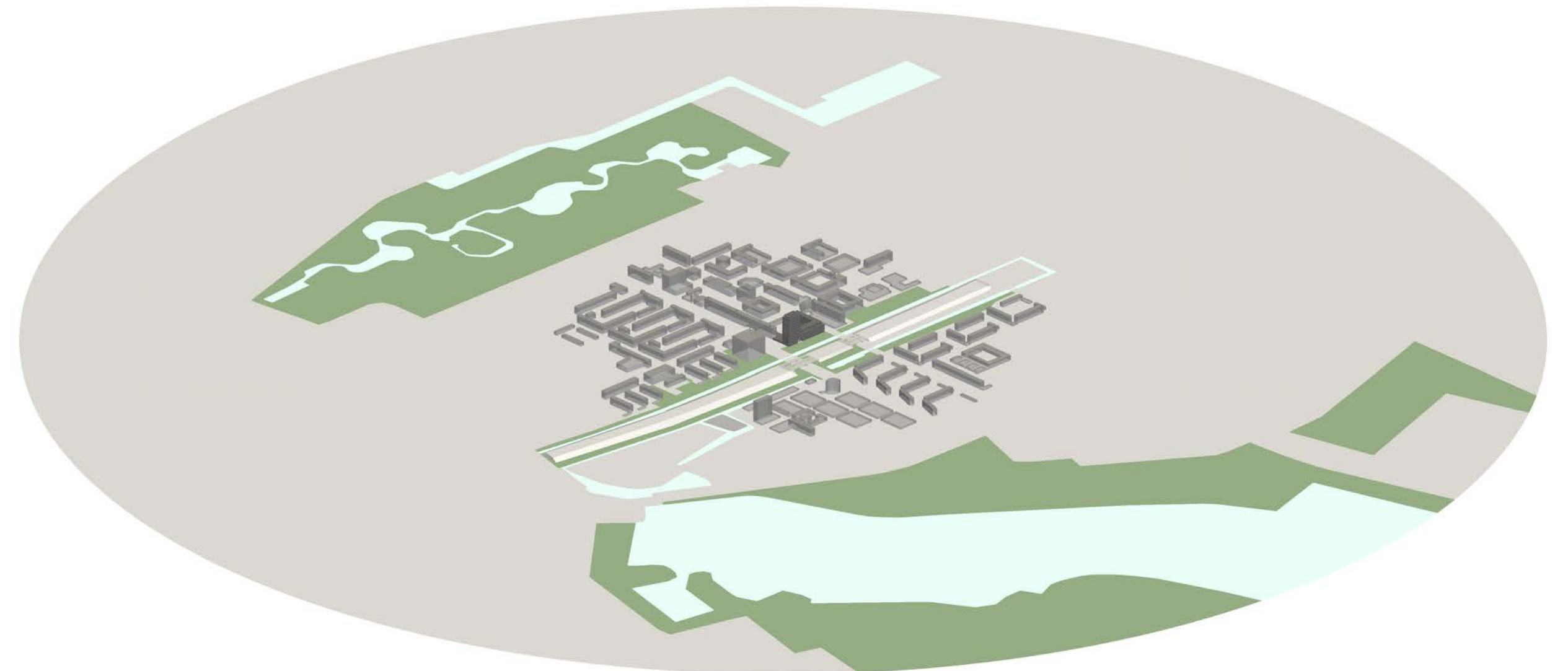
De berekening is uitgevoerd met behulp van OpenFOAM v1812, een softwarepakket dat bedoeld is voor het oplossen van problemen in de continuüm mechanica en thermodynamica. Voor dit project is "simpleFoam" gebruikt. Deze solver is gebaseerd op de incompressibele Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) vergelijkingen en houdt rekening met turbulentie. Turbulentie is gemodelleerd gebruik makend van het k- ω SST model.

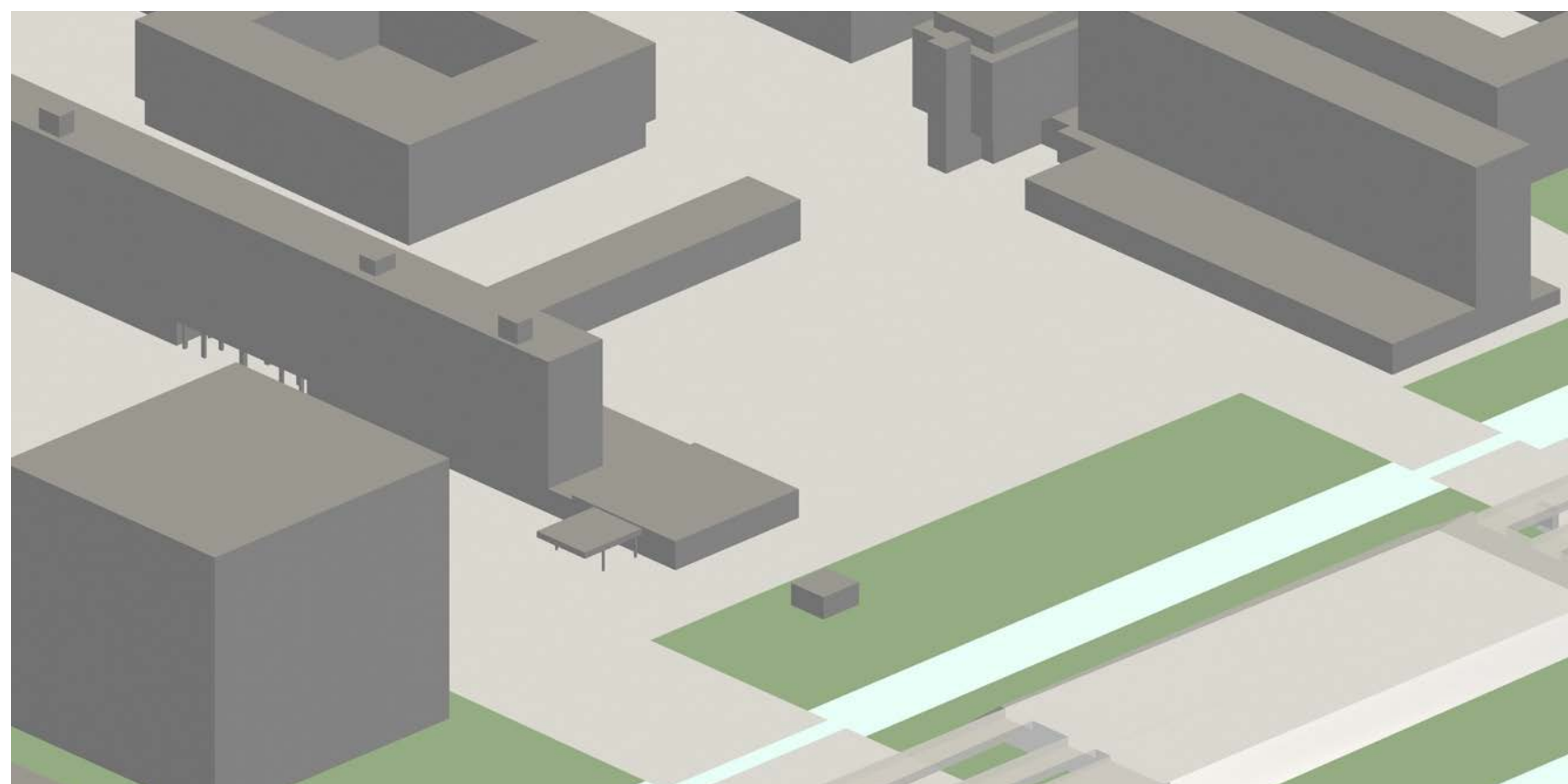
3.2 Geometrie en rekenrooster

De geometrie van het model is gebaseerd op de verkregen tekeningen en modellen van de opdrachtgever en geodata van de situatie ter plaatse. De omvang van het 3D-model is weergegeven in figuur 3.1. Voor zowel de bestaande als nieuwe situatie is een model opgesteld, teneinde een vergelijk te kunnen maken. Dit is weergegeven in figuur 3.2. Het model omvat alle gebouwen binnen een straal van minimaal 300 meter.

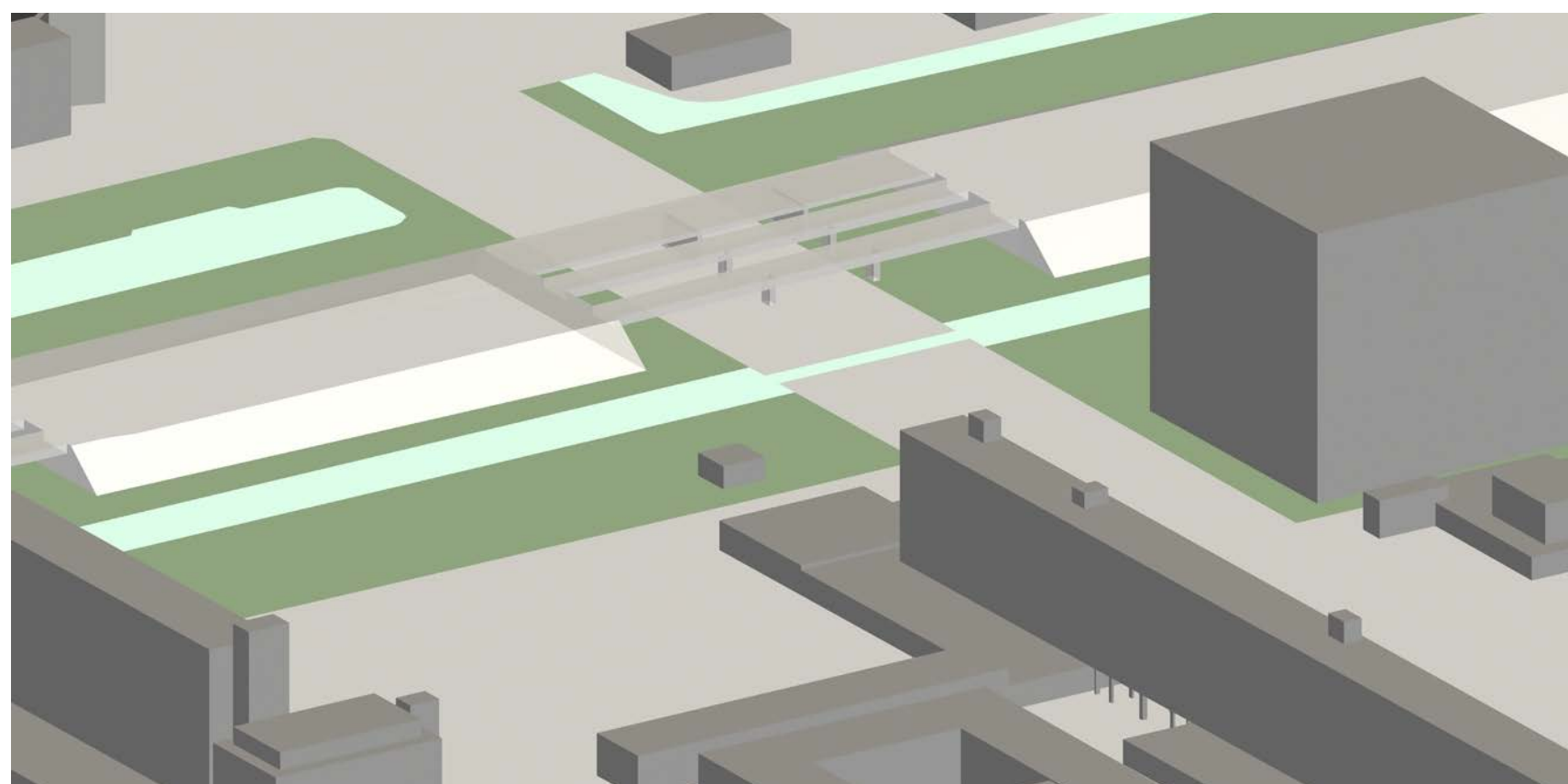
De omliggende bebouwing is als eenvoudige massa's weergegeven. Rond dit gebied is een cilindervormig domein geplaatst met een doorsnede van 3000 m en een hoogte van 500 m. Het plangebied is centraal in dit domein geplaatst, zodat hier verschillende windrichtingen op kunnen worden toegepast zonder dat het voor- of achtergebied te klein wordt. De ruwheid van het voorland is afgestemd op de werkelijke situatie.

Figuur 3.1:
Impressie van het
model - overzicht





(a)
Bestaand 1



(b)
Bestaand 2



Figuur 3.2:
Impressie van het
model

(c)
Nieuw 1



(d)
Nieuw 2

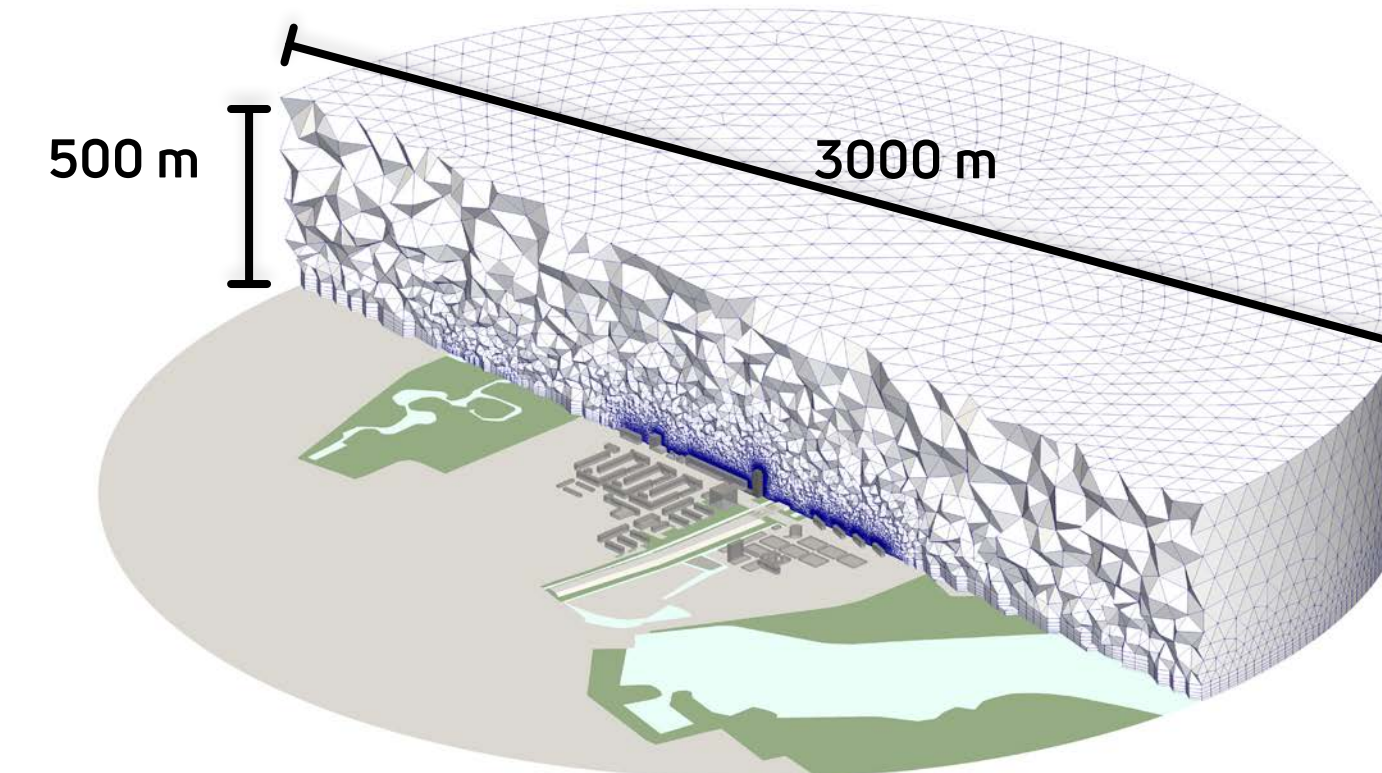
Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster voor onderhavige situatie (figuur 3.3). Dit rooster bestaat uit 23 181 333 cellen voor de bestaande situatie en 36 607 911 cellen voor de nieuwe situatie. 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.

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 grenslagen.

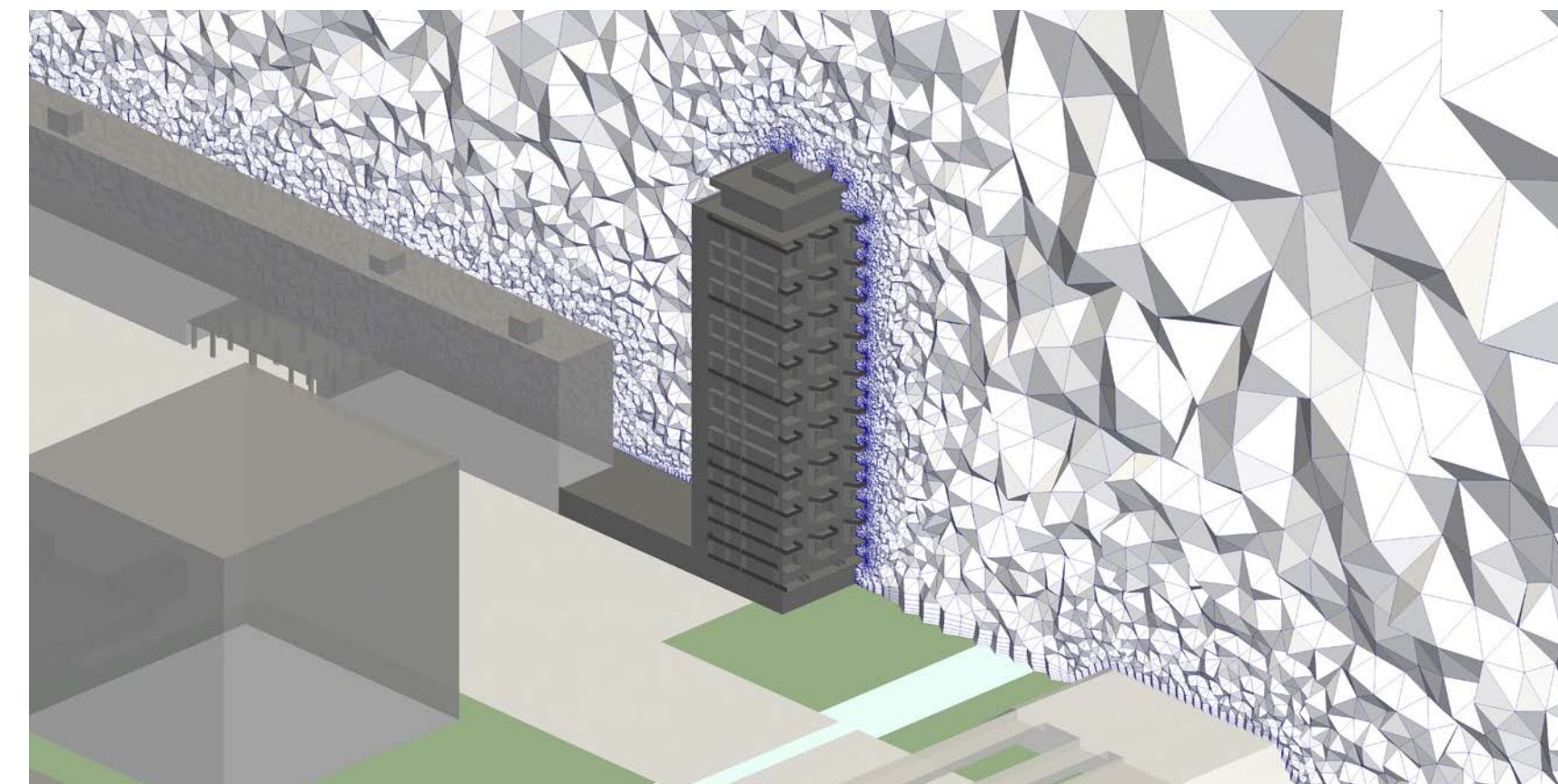
Ook de turbulente grootheden k en ω verlopen volgens een voorgeschreven profiel, zoals aangegeven in vergelijking 3.3 en vergelijking 3.4. Hierin heeft C_μ de waarde 0,09. Deze empirische constante komt voort uit het gebruikte turbulente model (k - ω SST).

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.



Figuur 3.3:
Impressie van het
rekeningrooster

(a)
Overzicht



(b)
Close-up

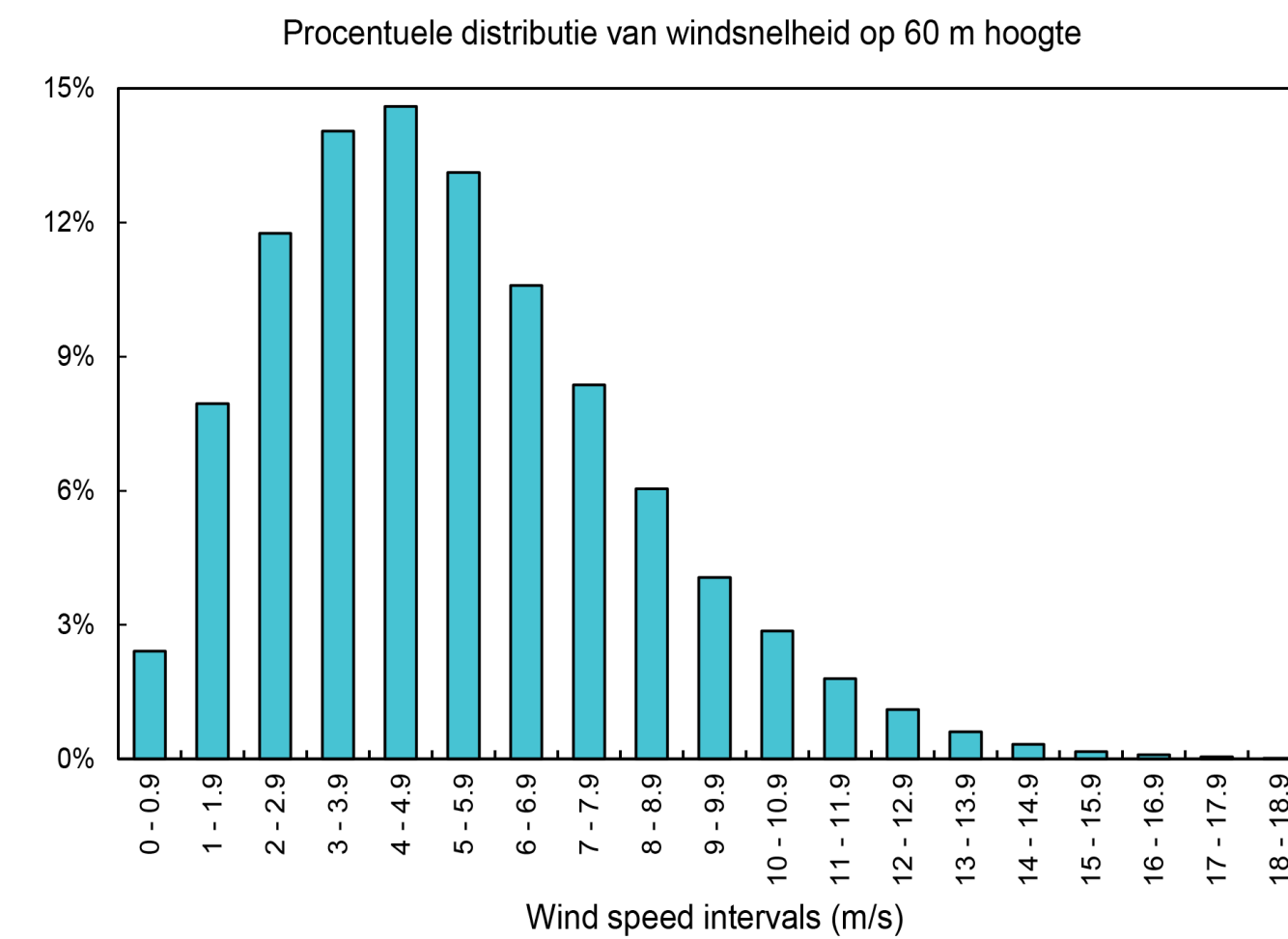
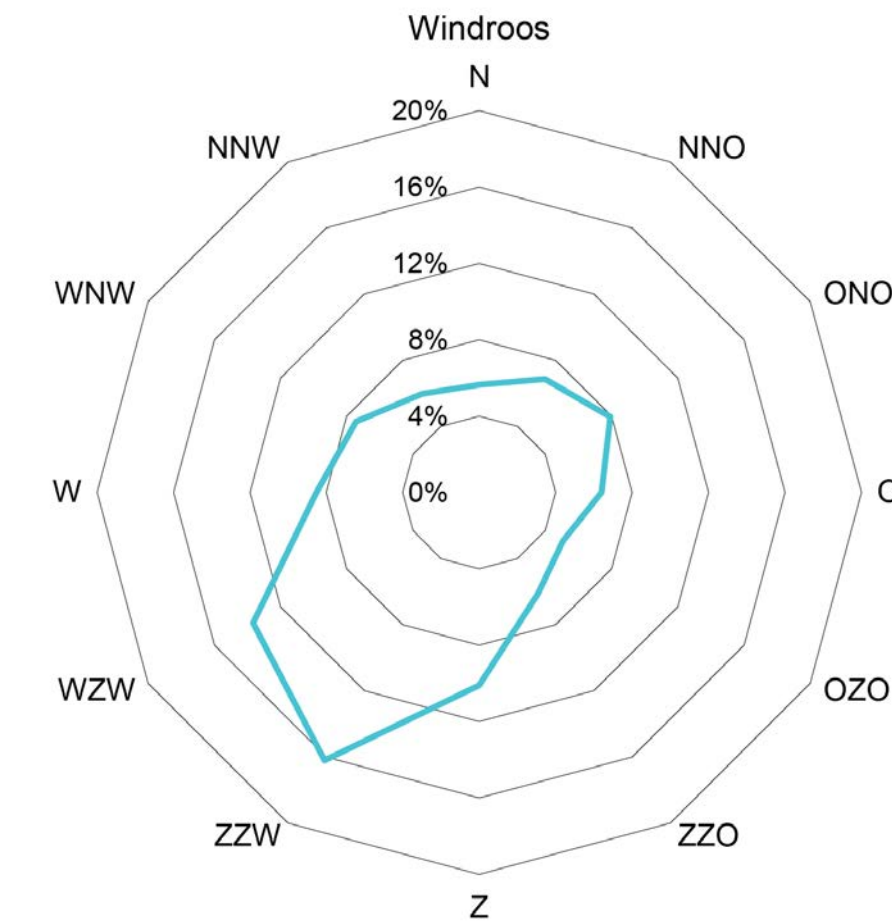
Vervolgens wordt de windstatistiek gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, zodat voor elke windsnelheid op een locatie een overschrijdingskans kan worden bepaald van verschillende windsnelheden. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste kwaliteitsklasse om te bepalen of er een comfortabel windklimaat kan zijn. Een visualisatie van de lokale windstatistiek als windroos en als frequentieverdeling van de windsnelheid op 60 m hoogte is weergegeven in figuur 3.3.

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

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

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

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



Figuur 3.3: Visualisatie van de windstatistiek welke is gebruikt bij de bepaling van windhinder en windgevaar.

4 Resultaten

In deze sectie worden de resultaten voor windhinder en windgevaar ter plaatse van de openbare buitenruimte weergegeven conform NEN 8100:2006. De resultaten van de openbare buitenruimte worden weergegeven op horizontale doorsneden op 1,75 m boven maaiveld. Figuren 4.1 en 4.2 tonen de resultaten van de openbare buitenruimte.

Als richtwaarden voor de windhinderklassen wordt het volgende aangehouden:

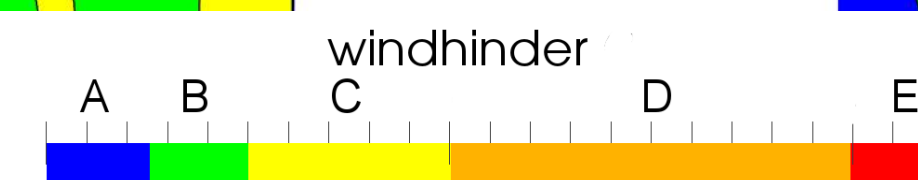
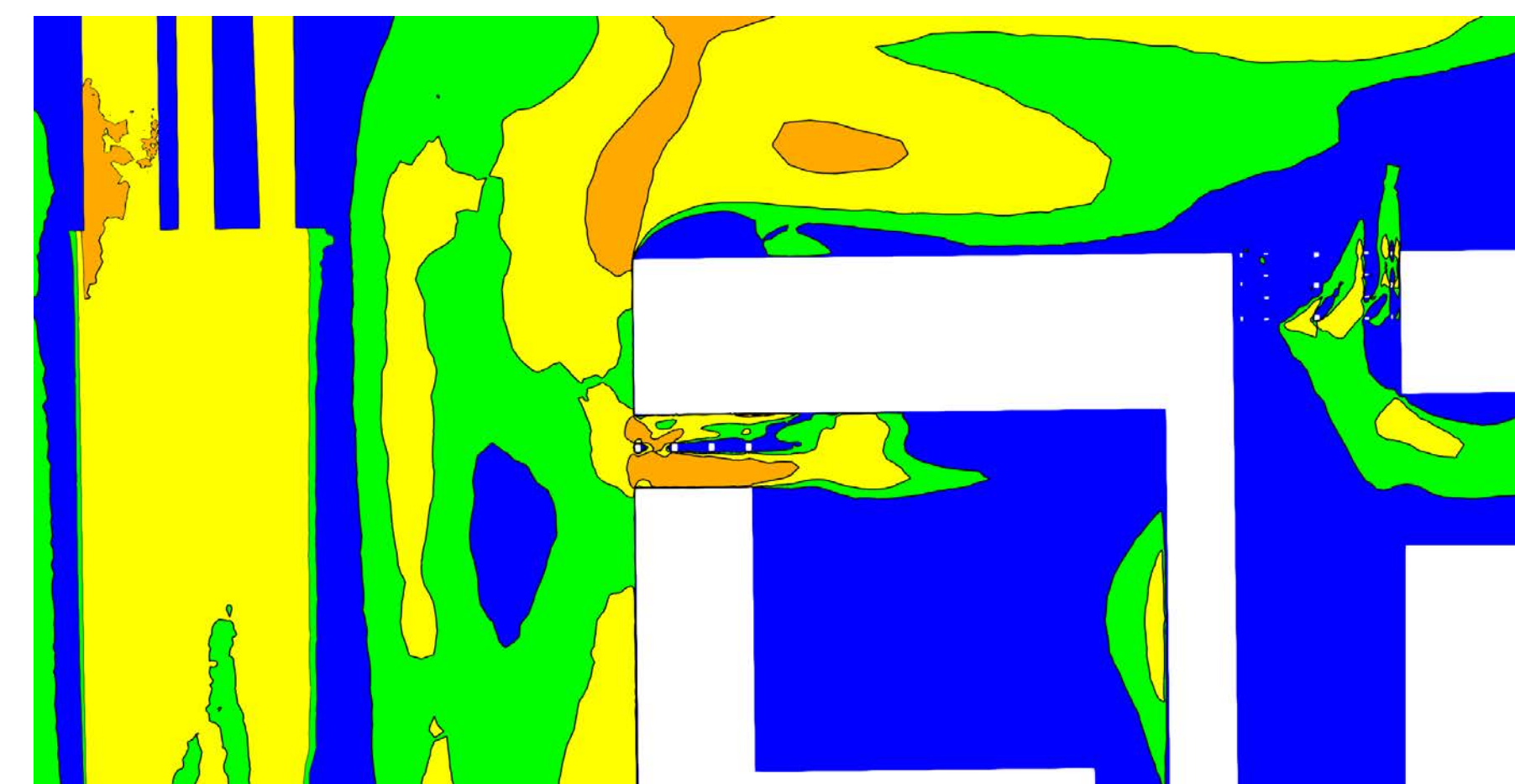
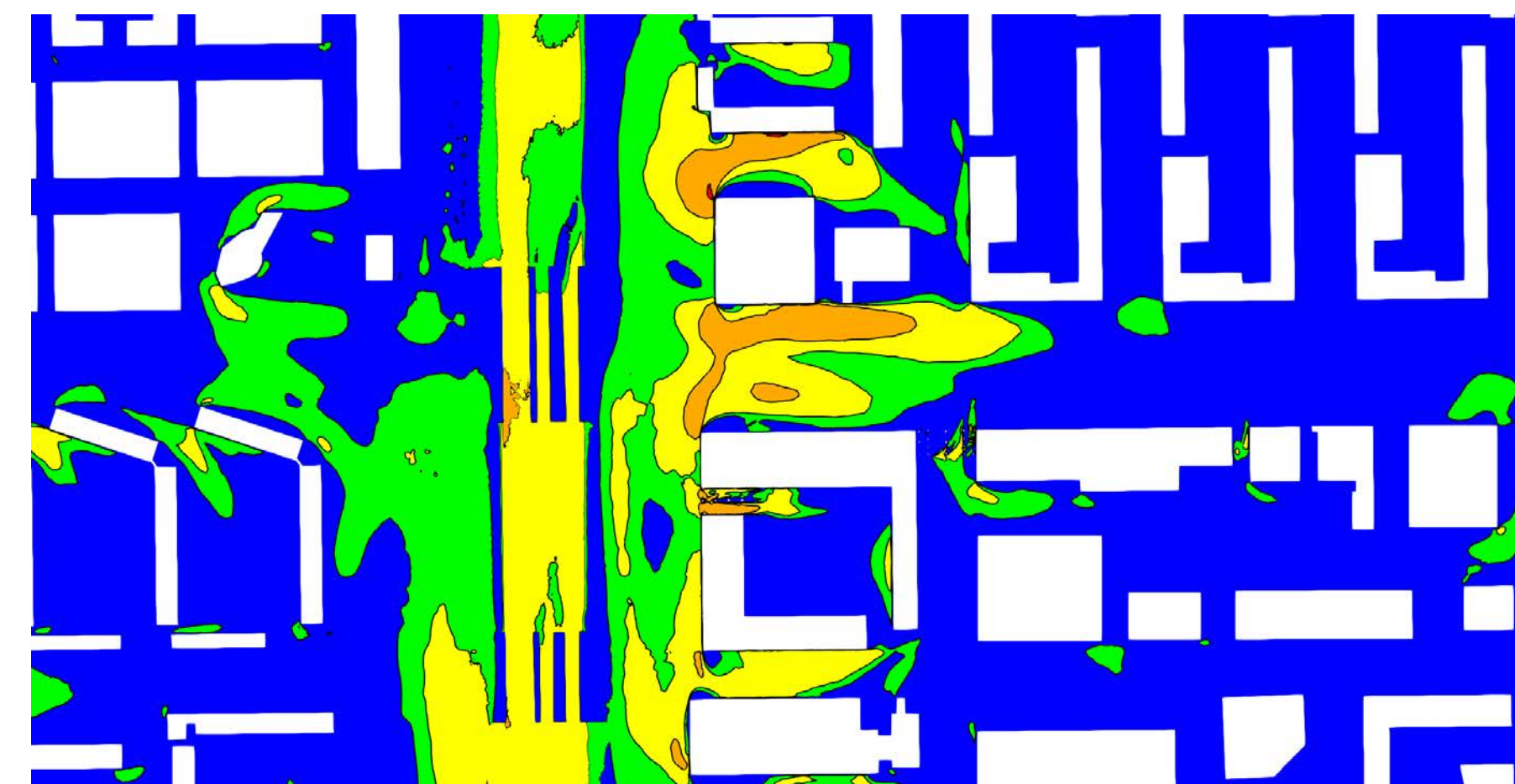
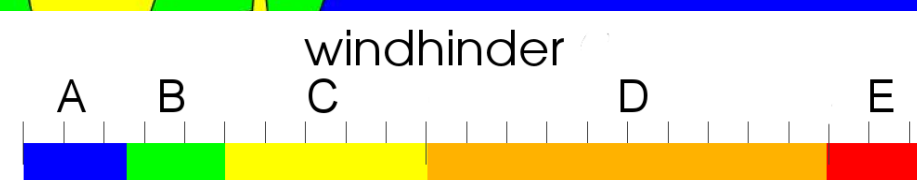
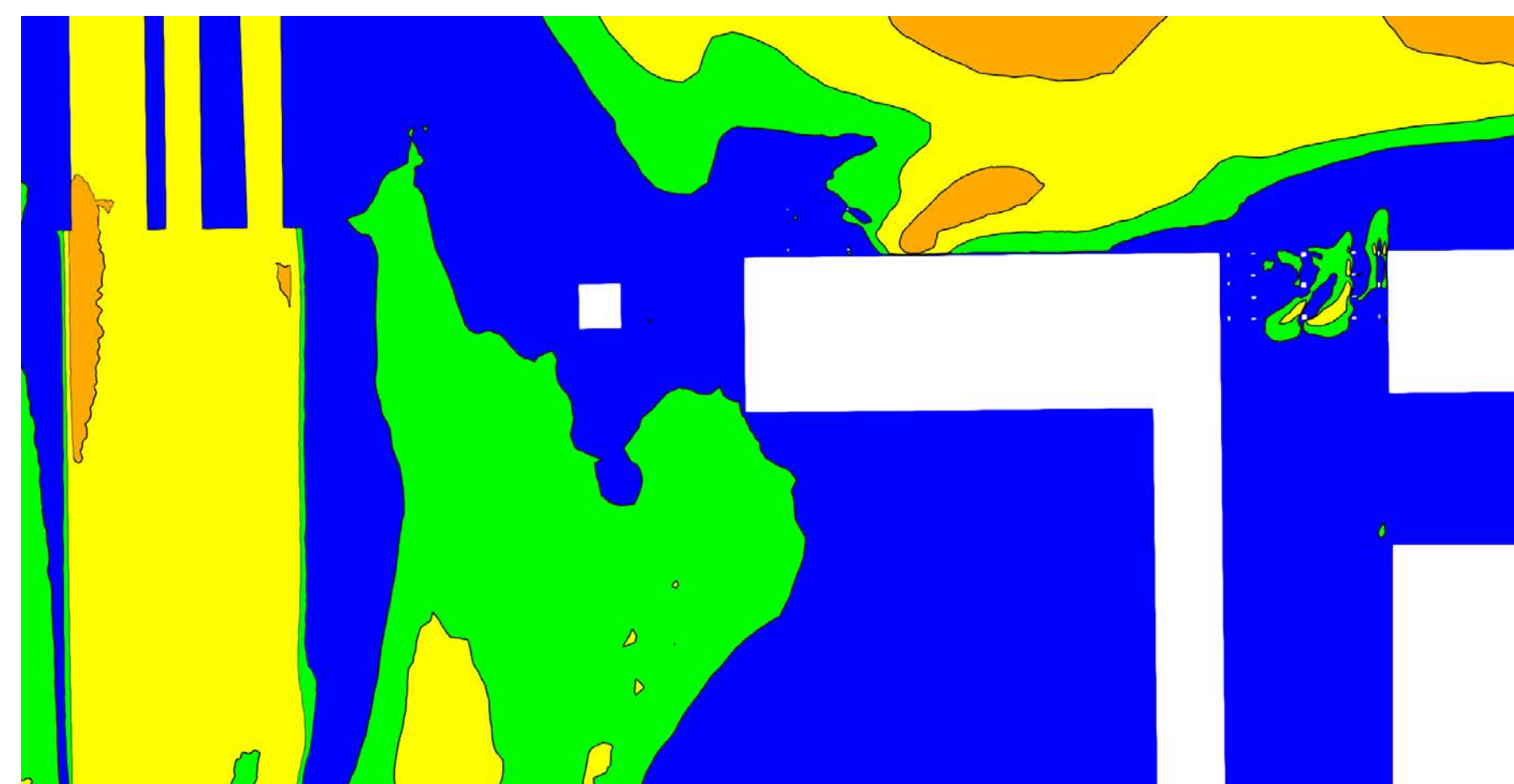
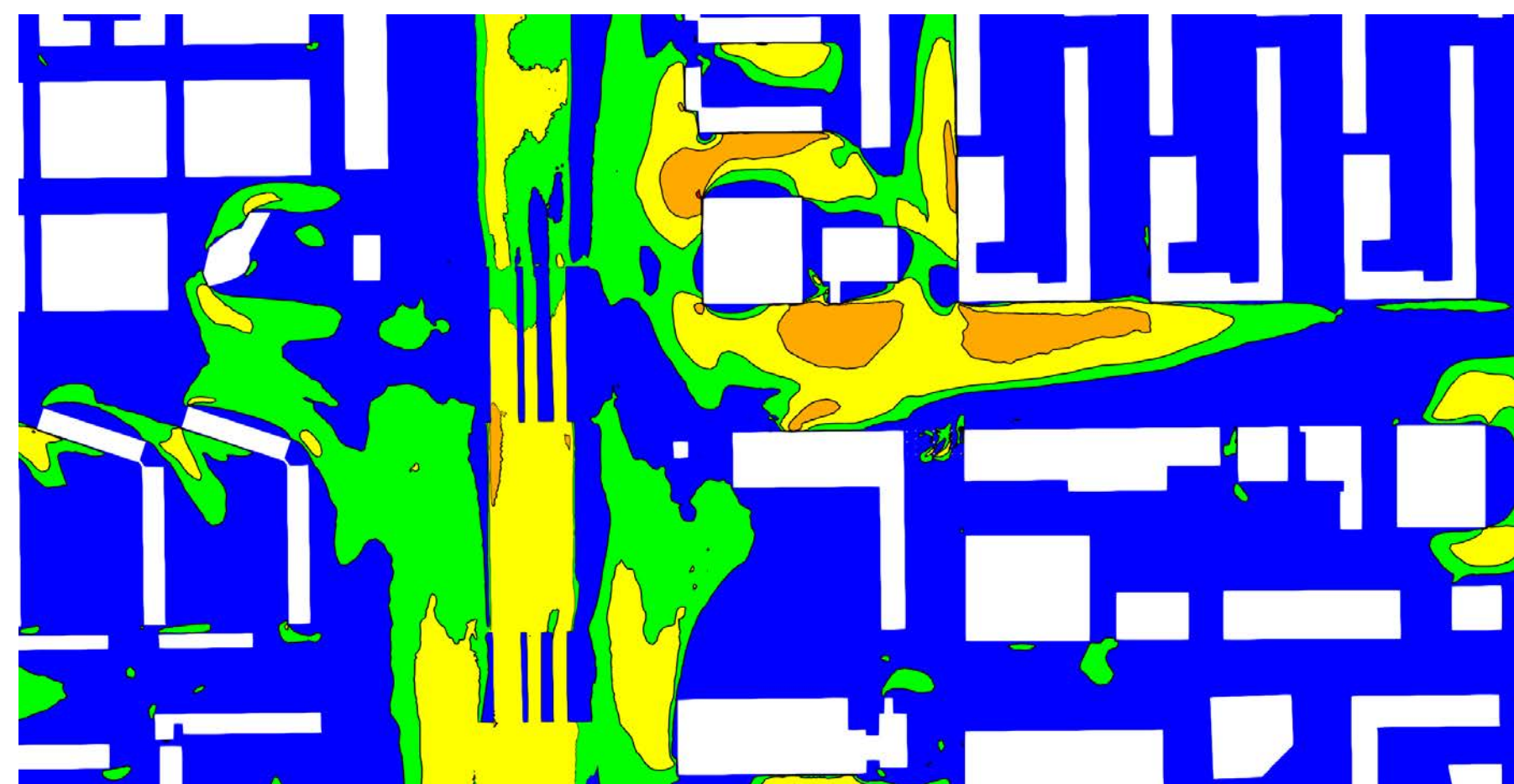
- Op locaties met voor voetgangers louter een verkeersfunctie en geen verblijfsfunctie dient windhinder bij voorkeur klasse A, B of C te zijn. Klasse D biedt een matig niveau. Klasse E biedt een slecht niveau en dient vermeden te worden.
- Op locaties die gezien kunnen worden als verblijfsgebied voor voetgangers dient windhinder bij voorkeur klasse A of B te zijn. Klasse C biedt een matig niveau en klassen D en E bieden een slecht niveau. Deze twee hoogste klassen dienen op deze locaties 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 op deze locaties.
- Windgevaar dient bij voorkeur voorkomen te worden. Een beperkt risico kan lokaal geaccepteerd worden.

Figuren 4.1 en 4.2 tonen het resultaat van de CFD-simulaties als het niveau van windhinder en windgevaar op 1,75 m boven maaiveld.

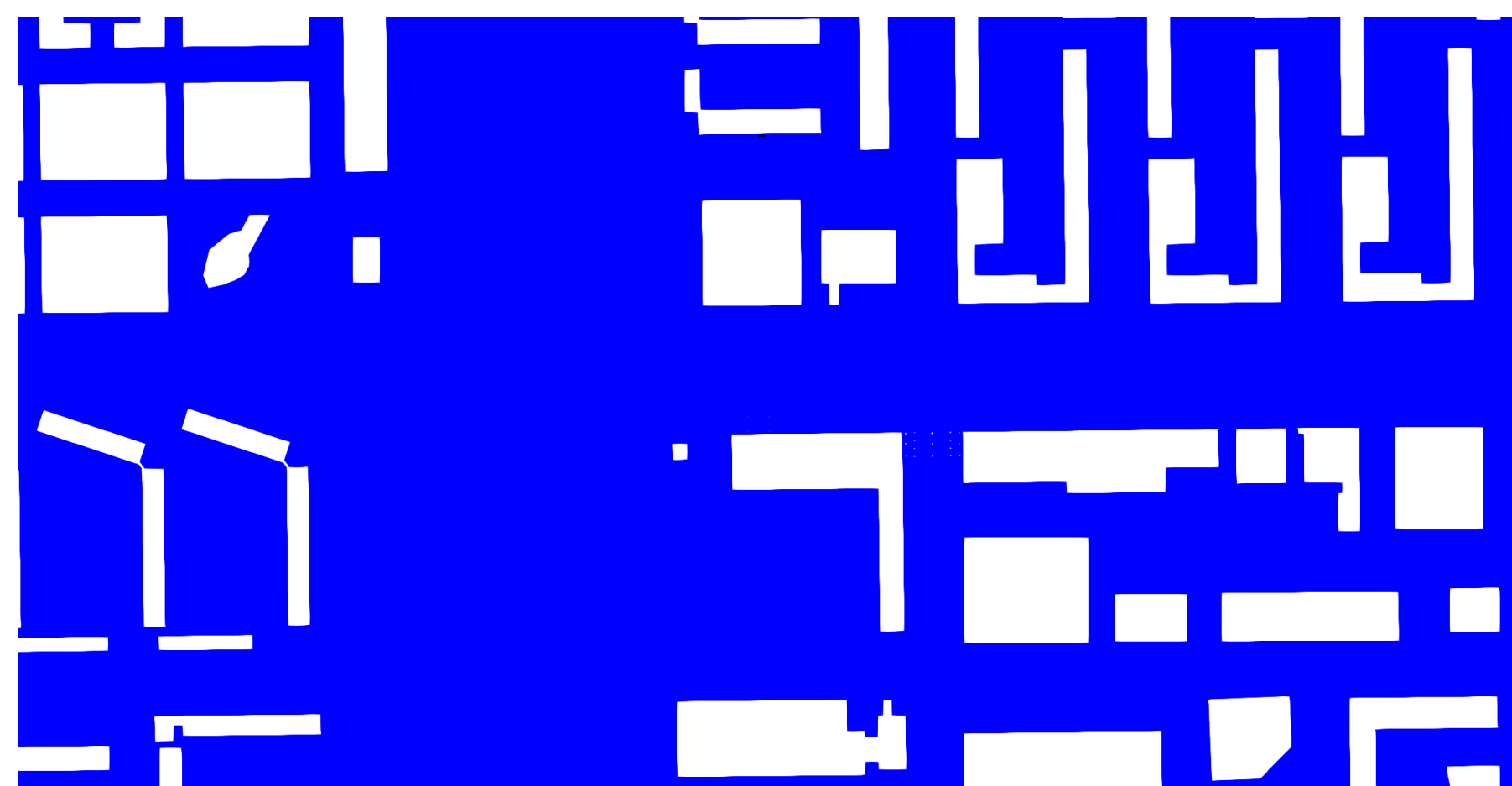
De resultaten in figuur 4.1 laten zien dat de situatie nabij blok 6 in de bestaande situatie kunnen worden omschreven als goed tot matig. Hier treden windhinderklassen A t/m D op. Windhinderklassen A en B overheersen. Windhinderklasse C treedt op aan de zuidwestzijde van het perceel en aan de noordoostzijde. Windhinderklasse D treedt in beperkte mate op ter plaatse van de Postjesweg bij de aanzet van de hogere bebouwing aan de noordzijde van het perceel.

In de nieuwe situatie wijzigt het windklimaat door toevoeging van het nieuwe bouwvolume. Dit leidt met name tot uitbreiding van de zones met windhinderklassen C en D nabij de nieuwbouw. Daarentegen wordt de zone met windhinderklasse C en D op de Postjesweg aanzienlijk kleiner aan de oostzijde van het perceel.

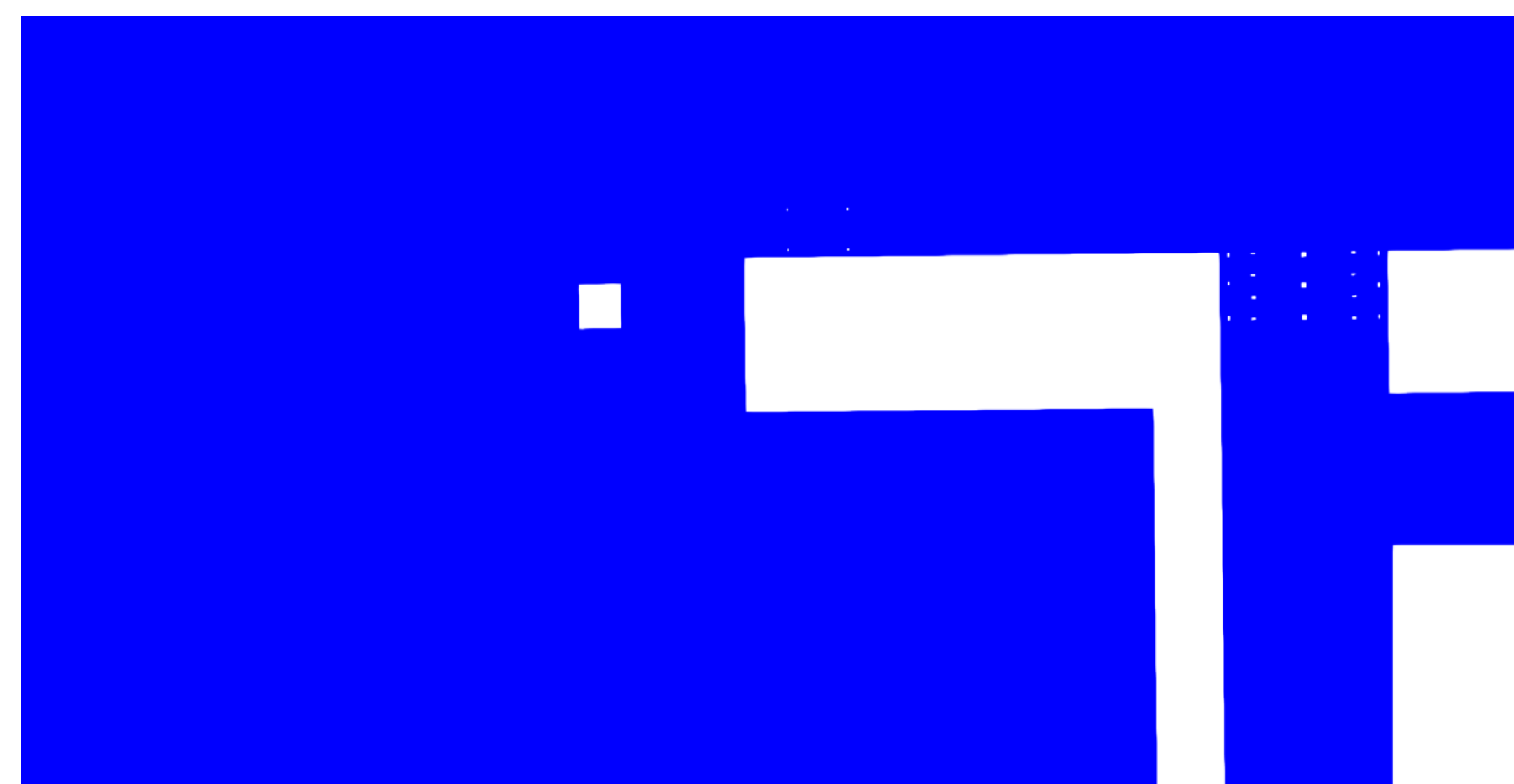
Hieruit kan geconcludeerd worden dat het windklimaat voor de omliggende bestaande bebouwing beperkt beter wordt door toevoeging van blok 6.



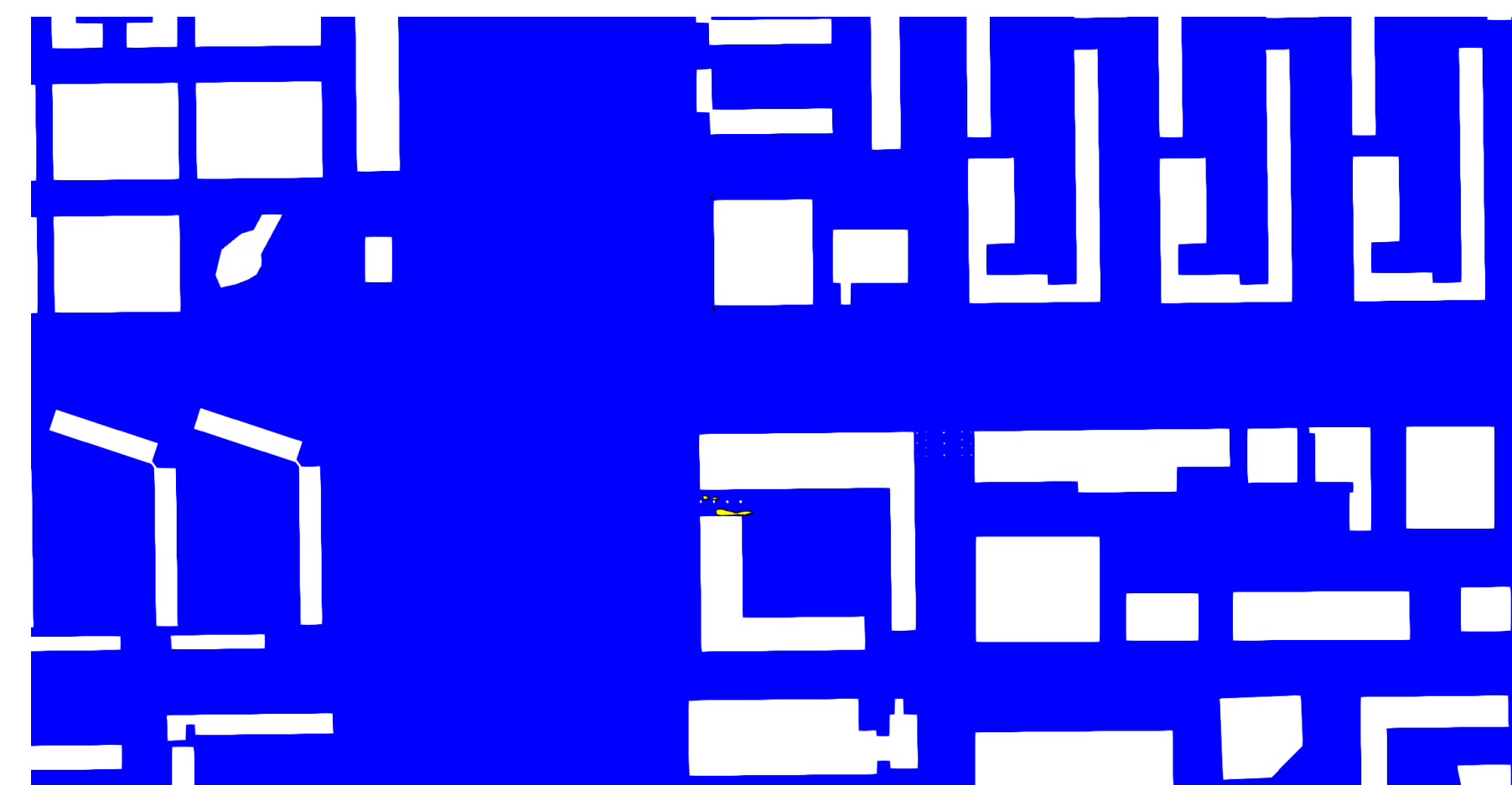
Figuur 4.1:
Windhinder op voet-
gangersniveau



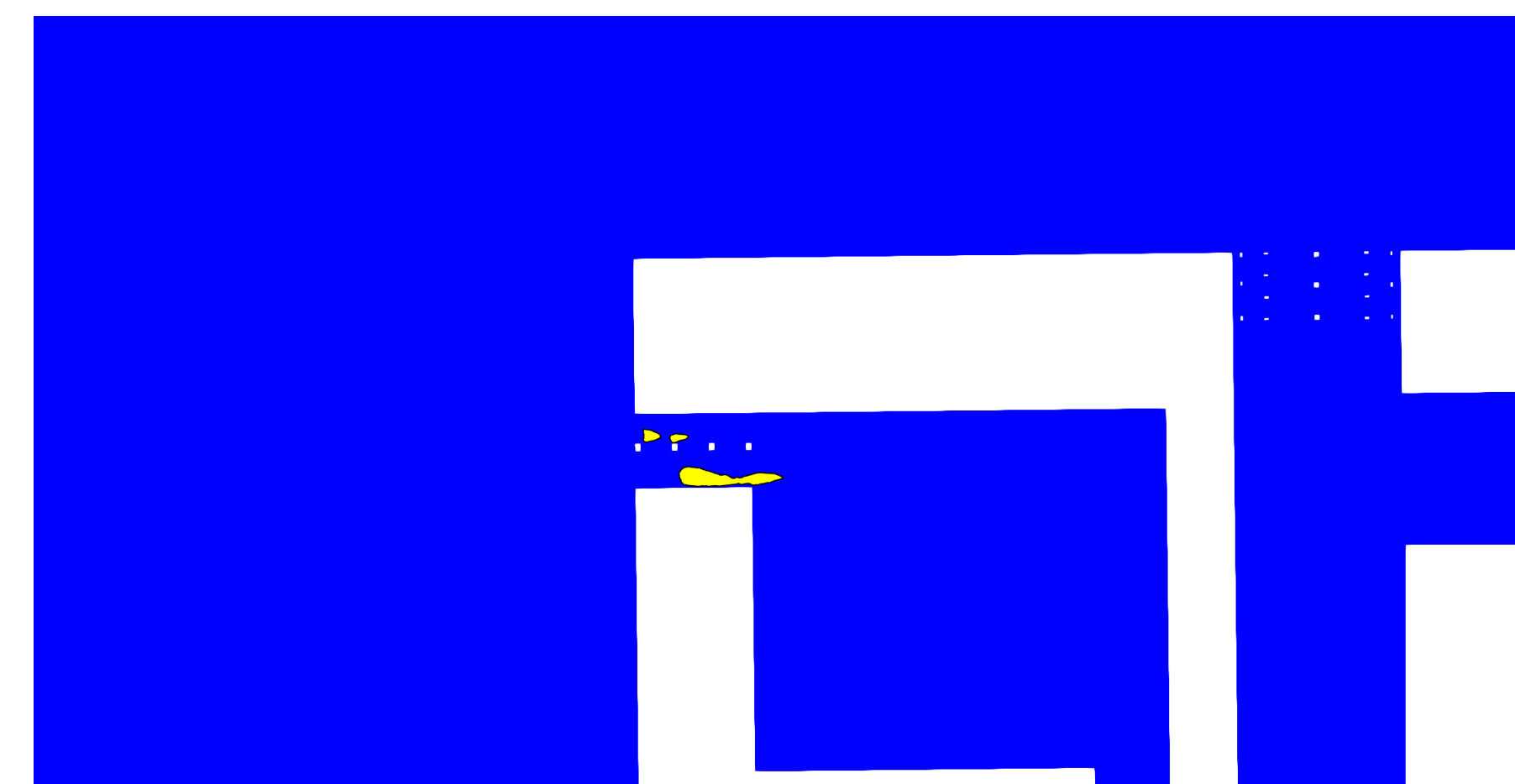
(a)
Bestaand - overzicht



(b)
Bestaand - close-up



(c)
Nieuw - overzicht



(d)
Nieuw - close-up



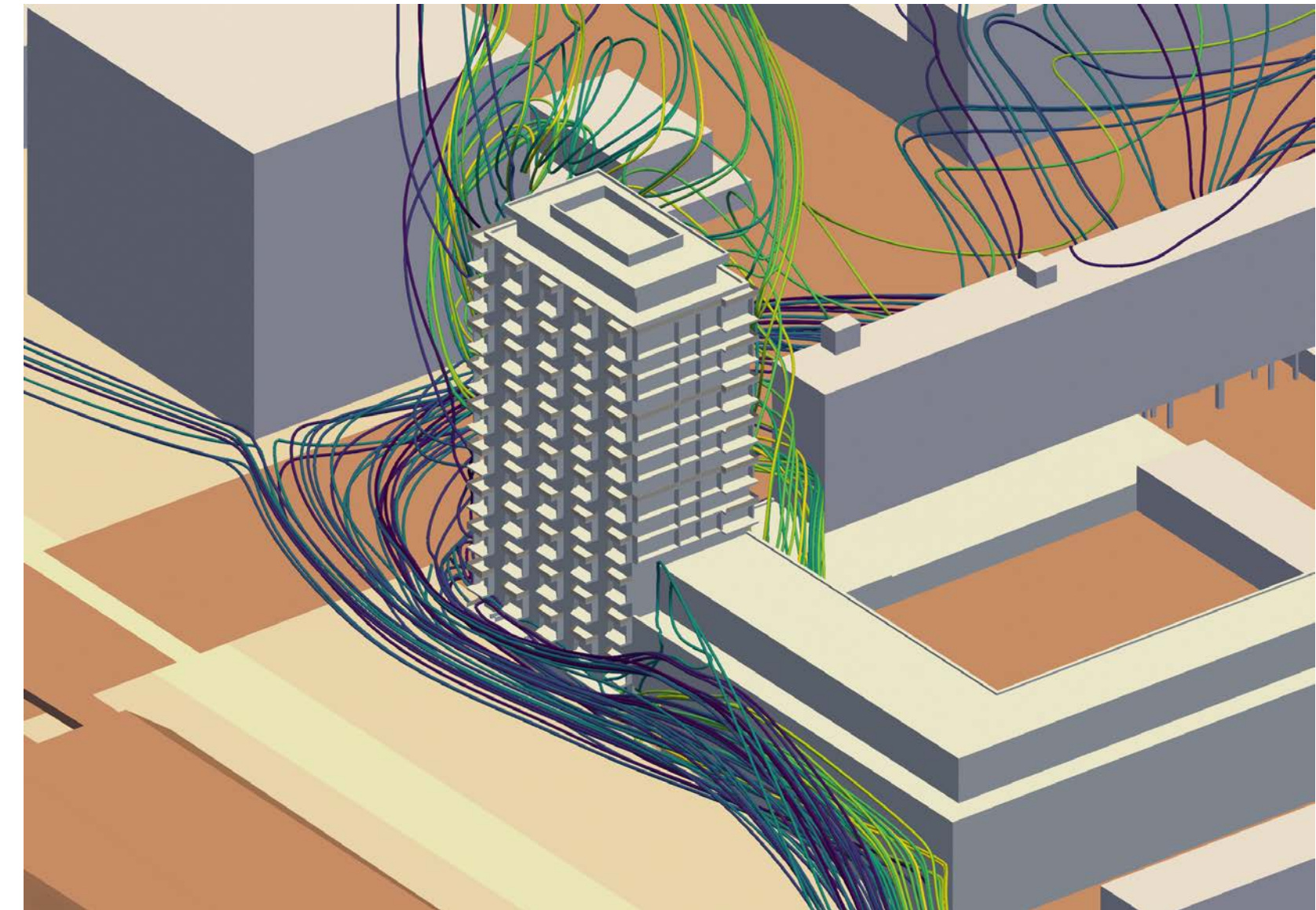
Figuur 4.2:
Windgevaar op voet-
gangersniveau

Het windklimaat nabij de nieuwbouw laat enkele zones met windhinderklasse D zien. Dit biedt ten beste een matig windklimaat voor de functie doorlopen. Deze zone is aanwezig bij de noordwestelijke hoek van de toren en in de onderdoorgang richting het binnenterrein.

Nabij het gebouw is er ook een kleine wijziging in het risico op windgevaar, zie figuur 4.2. In de nieuwe situatie ontstaat in de onderdoorgang een beperkt risico op windgevaar.

In bijlage A is gevisualiseerd dat windrichtingen zuidzuidwest en west de belangrijkste bijdrage leveren aan het ontstaan van deze zones. In figuur 4.3 zijn stroomlijnen bij de windrichting zuidzuidwest gegeven. Hier is te zien dat wind parallel aan de gevel van de laagbouw van blok 6 stroomt. Door drukverschillen (lagere druk in het binnenterrein) wordt de wind door de onderdoorgang getrokken. Hier versnelt de wind en veroorzaakt het hogere windhinderklassen.

Indien deze onderdoorgang en de noordwestelijke hoek van de toren alleen gebruikt wordt voor het passeren van personen dan is dit resultaat acceptabel. Indien hier bijvoorbeeld een entree is geplaatst of indien hier comfortabel verblijf mogelijk moet zijn dan zijn maatregelen noodzakelijk.



Figuur 4.3:
Stroomlijnen bij wind-
richting zuidzuidwest

5 Conclusie

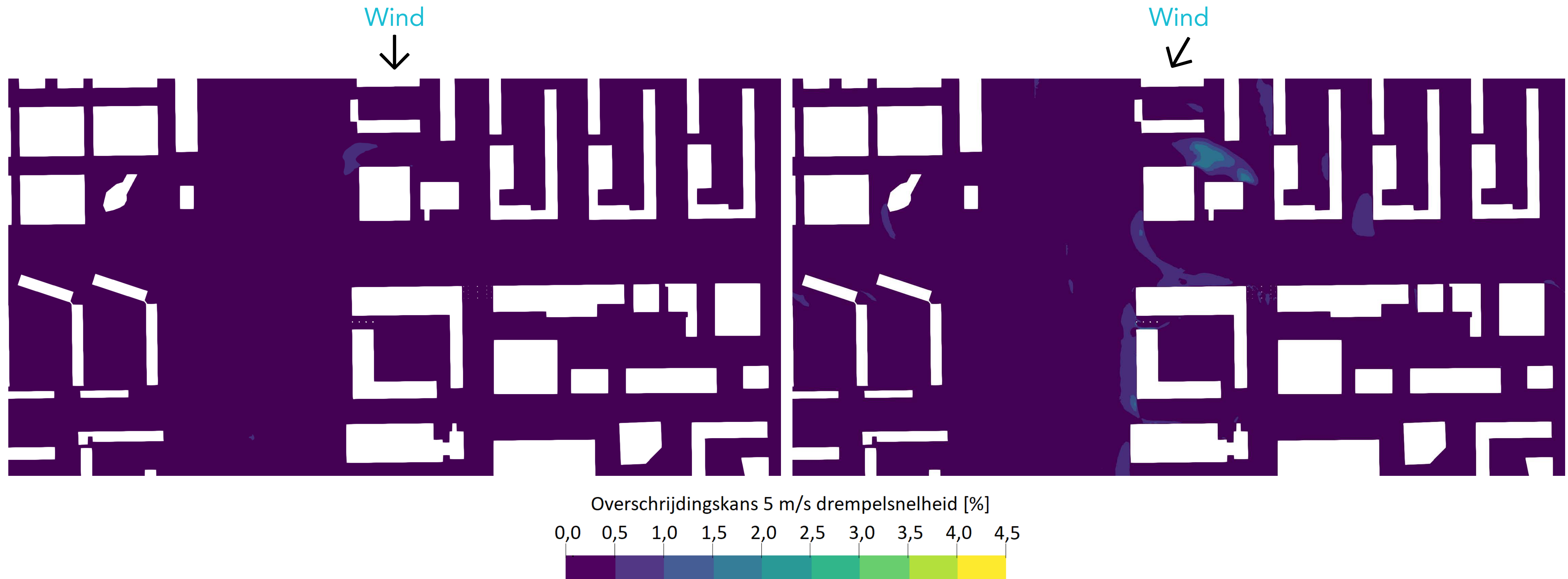
Dit rapport presenteert een studie naar het windklimaat nabij de nieuwbouw blok 6 aan het August Allebéplein te Amsterdam. Deze studie is uitgevoerd door [Actiflow](#) in opdracht van Woonstichting De Key.

Voor de analyse is de Nederlandse norm "NEN 8100: 2006: Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving" gebruikt. Hierbij is een geometrisch model van de nieuwbouw en de ruime omgeving opgesteld. Een rekengrid met hoge resolutie is rond deze geometrie opgetrokken als basis voor Computational Fluid Dynamics (CFD)-simulaties van de windstroming. In totaal zijn 12 simulaties uitgevoerd voor 12 corresponderende windrichtingen voor zowel de bestaande als nieuwe situatie.

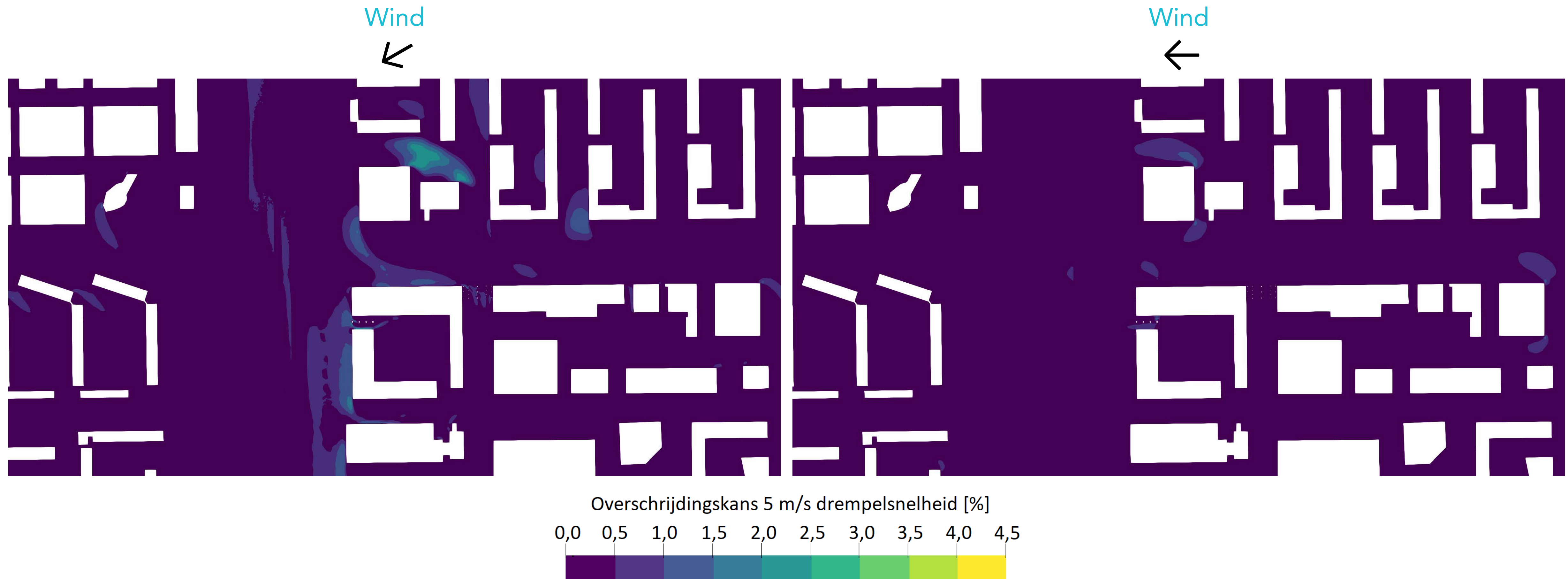
Geconcludeerd kan worden dat het windklimaat in beide situaties als goed tot matig kan worden omschreven. In de nieuwe situatie wordt de zone met windhinderklasse C en D groter nabij de nieuwbouw. Dergelijke zones op de Postjesweg worden echter kleiner.

Hierdoor kan dan ook gesteld worden dat door toevoeging van de nieuwbouw het windklimaat nabij bestaande bebouwing beter wordt. Nabij de nieuwbouw dient echter rekening gehouden te worden met de aanwezigheid van hogere windhinderklassen.

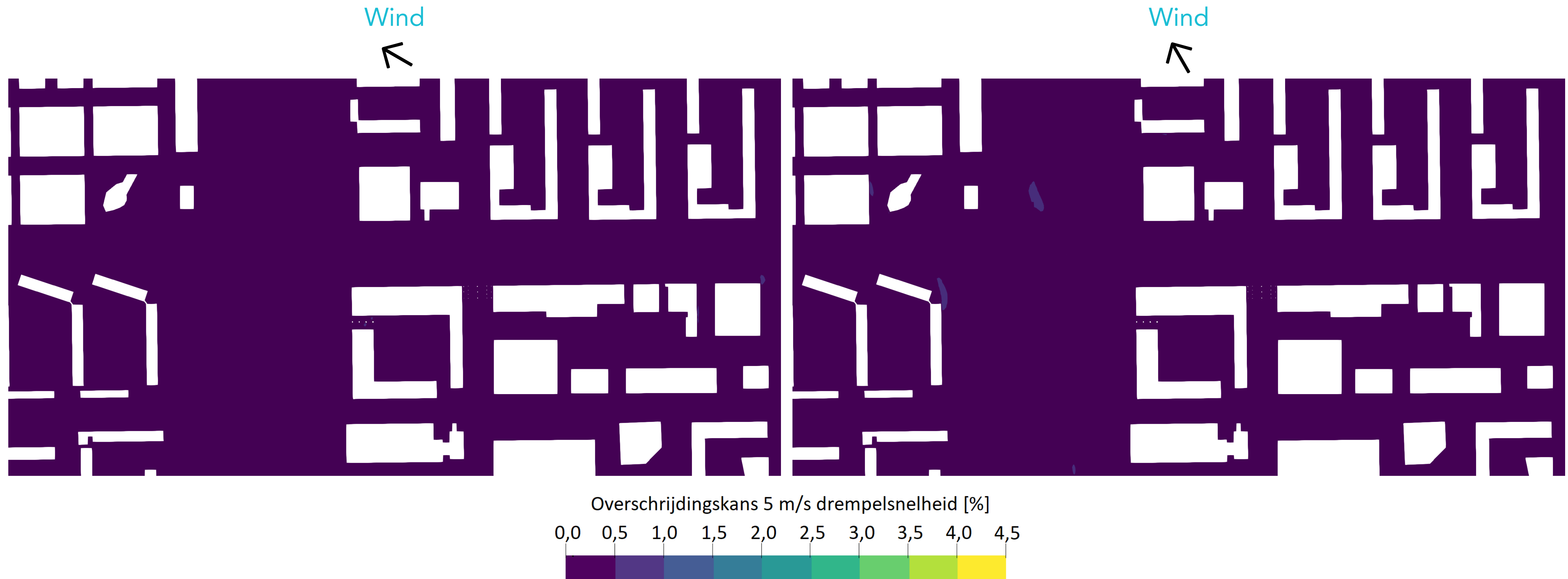
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



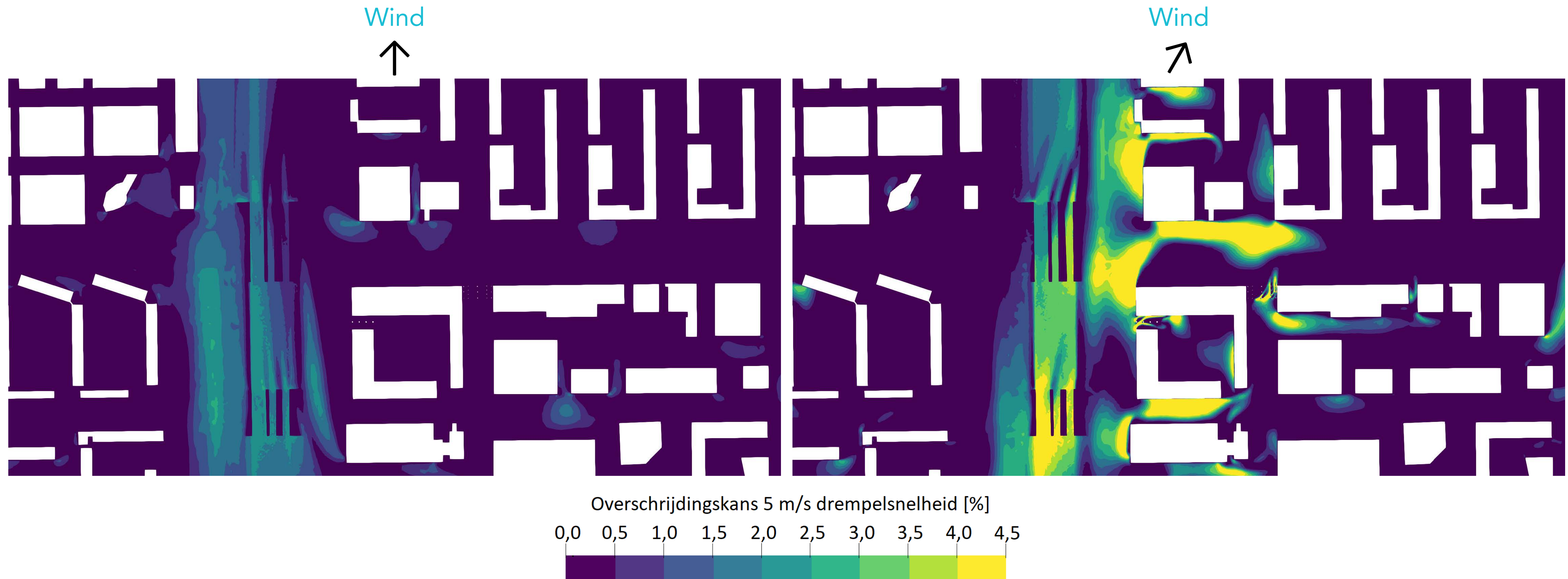
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



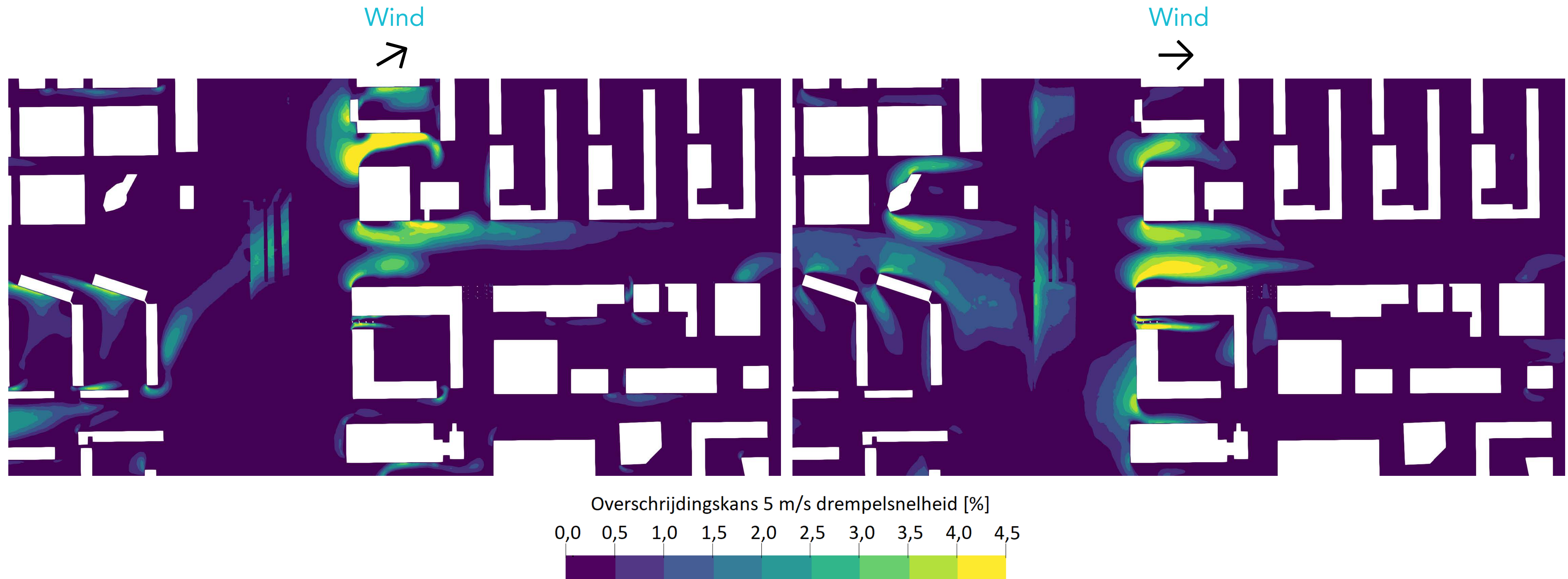
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



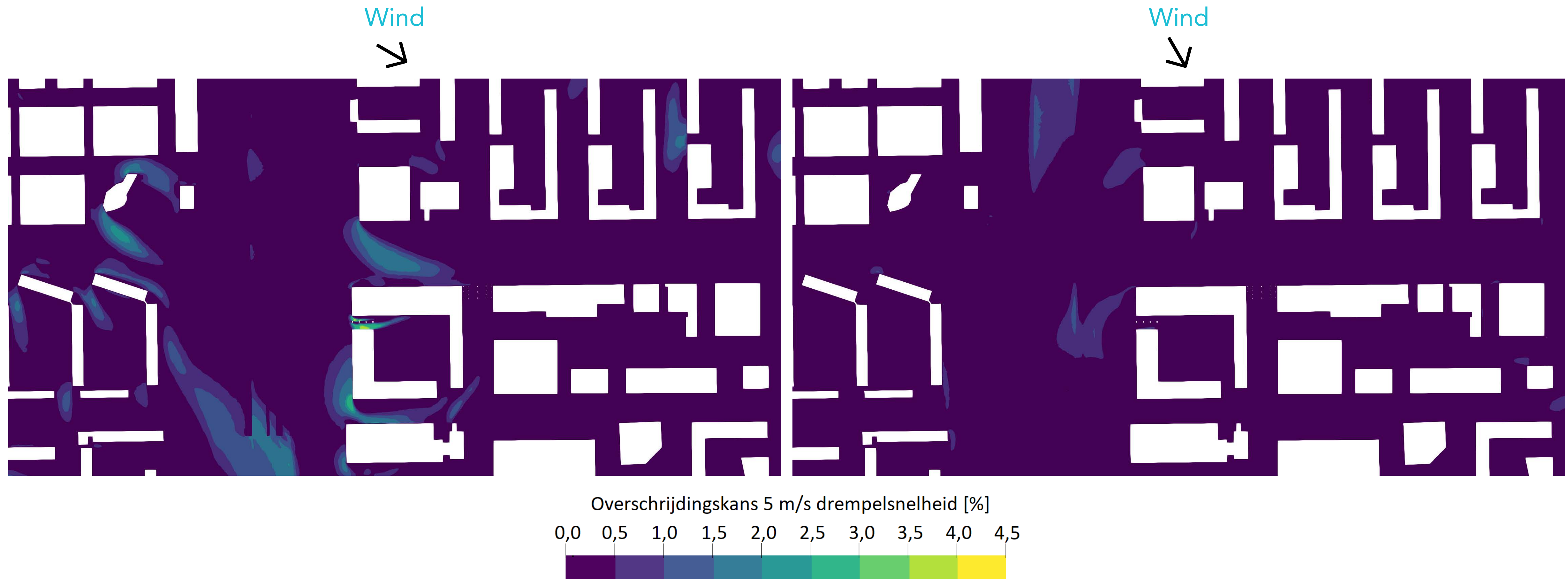
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



B Inlegvel NEN 8100:2006

Project	Projectgegevens
Projectnaam	Blok 6 August Allebeplein te Amsterdam
Opdrachtgever	Woonstichting De Key
Projectleider	ir. Reinier Maas
Datum	1 april 2019
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen minimaal 300 m rondom de nieuwbouw
Kerngebied	Gedetailleerde nieuwbouw inclusief balkons. Modellen voor bestaande en nieuwe situatie.
Omgeving	Omgeving in massa's, gedetailleerd nabij het kerngebied
Afmetingen model	Rond met straal 1500 m en hoogte 500 m.
Blokkeringsgraad	Maximaal 4 %
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	12
Onderzochte configuraties	Windhinder en windgevaar in het openbaar domein
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM (eindige volume methode) ☐ FEM (eindige elementen methode) ☐ anders Programmatuur: OpenFOAM Versie: v1812
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: tetraëders met prismalaag, totaal 23 181 333 cellen voor de bestaande situatie en 36 607 911 cellen voor de nieuwe situatie
Turbulentiemodellering	k-omega SST
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: linearUpwindV Turbulente grootheden: upwind Scalaire variabelen: n.v.t.

Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden			
Instroomprofiel	Logaritmische atmosferische grenslaag: ruwheid afgestemd op omgeving			
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: 117 402 Y: 486 185			
Toegepaste eisen	V_{DR} m/s		Overschrijdings-kans %	
Voor comfort			$p(V_{LOK} > V_{DR,H})$	
Doorlopen	5.0		< 20	
Slenteren	5.0		< 10	
Zitten	5.0		< 5	
Regionale correctie	n.v.t.		n.v.t.	
Voor gevaar				
	15		$0,05 < p < 0,30$	beperkt risico
	15		$p \geq 0,3$	gevaarlijk
Gepresenteerde resultaten	Windhindercontouren en klassenindeling, windgevaarcontouren, overschrijdingskans per windrichting			
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang	n.v.t.			



Actiflow BV
Halstraat 31a
4811 HV Breda
+31 (0)76 5422 220
contact@actiflow.com
www.actiflow.nl