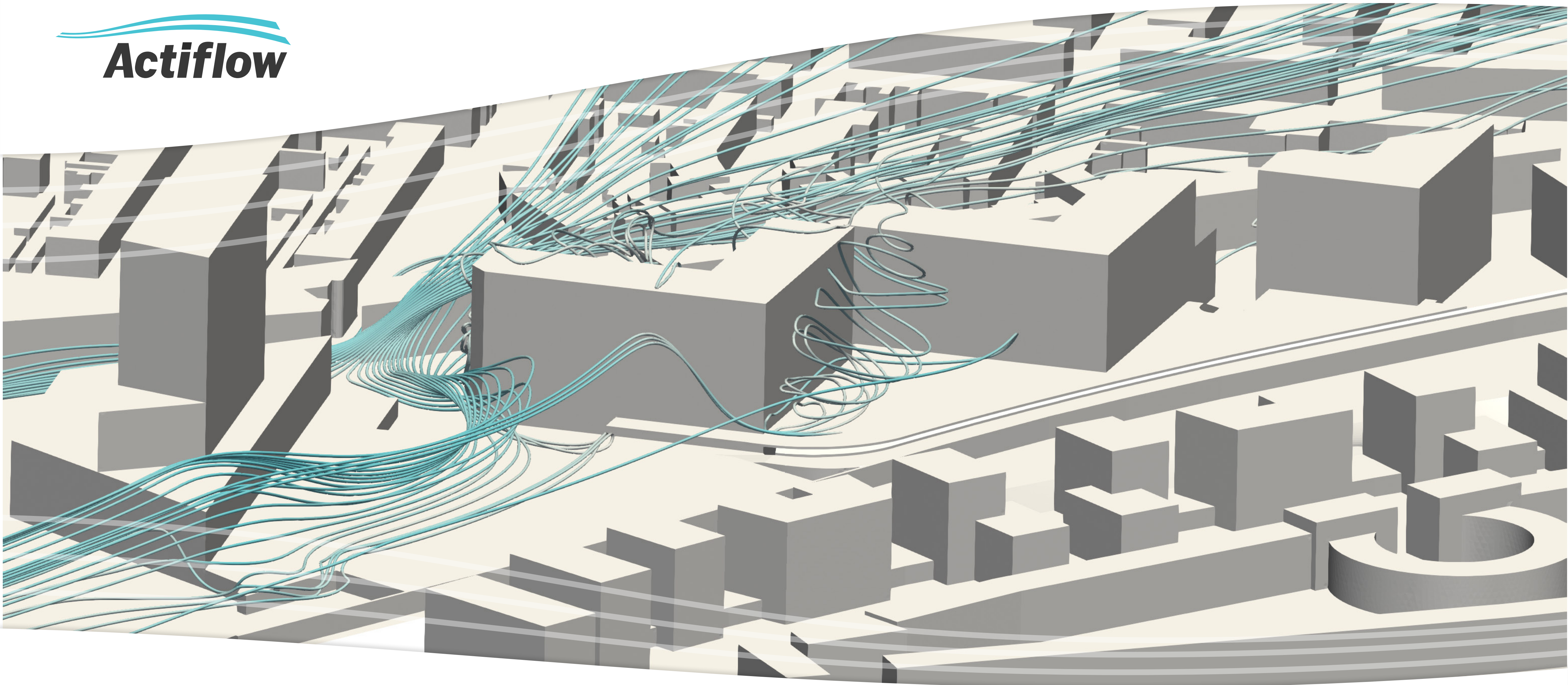




5TRACKS te Breda

CFD-studie windhinder en windgevaar

Auteur(s): ir. Ashly Berghuizen

Controlleur: ir. Eric Terry

Datum: 07/02/2019

AFR - 4826

Versie 1.0

©2019 Actiflow BV

Inhoudsopgave

- 1** Introductie
- 2** Normstelling
 - 2.1 Windhinder en windgevaar
 - 2.2 Windcomfort
- 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 project '5TRACKS', betreft de ontwikkeling van nieuwbouw aan de stationslaan te Breda. Voorliggende rapportage omschrijft een windstudie, uitgevoerd door [Actiflow](#) in opdracht van *LBP sight BV* in relatie tot de ontwikkeling van deze nieuwbouw.

Het project is gepland vlak ten westen van het station in Breda. De locatie wordt omgeven door de stationslaan aan de noordkant, de buspassage en het spoor aan de zuidkant, het station aan de oostkant en ten westen bevindt zich het gerechtsgebouw.

Het bouwproject '5TRACKS' zal komen te bestaan uit drie bouwvolumes opbouwend in hoogte gezien van het station Breda. Tussen en rondom de gebouwen komt een zone van daktuinen te liggen. De drie bouwvolumes hebben een bouwvolume die als hoog kan worden beschouwd. Dit volume heeft onmiskenbaar een invloed op het windklimaat. De vraag is dan ook of het windklimaat in de nabije omgeving negatief beïnvloed zal worden.

[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

2.1 Windhinder en windgevaar

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 'slenteren' en 'langdurig zitten' 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.

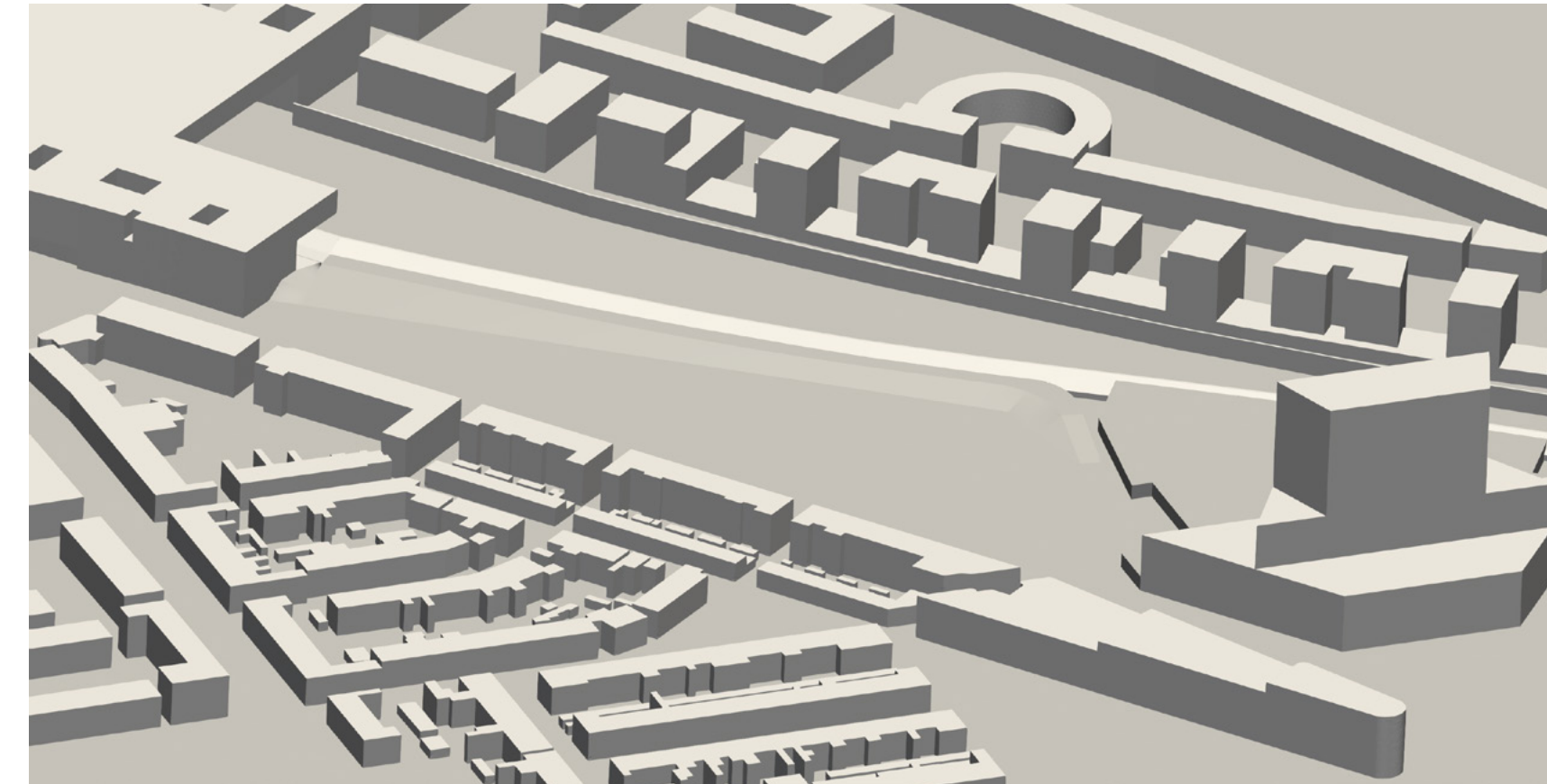
3.1 Software

De berekening is uitgevoerd met behulp van OpenFOAM V1806, 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 gebruik makend van het k- ω SST model.

3.2 Geometrie en rekenrooster

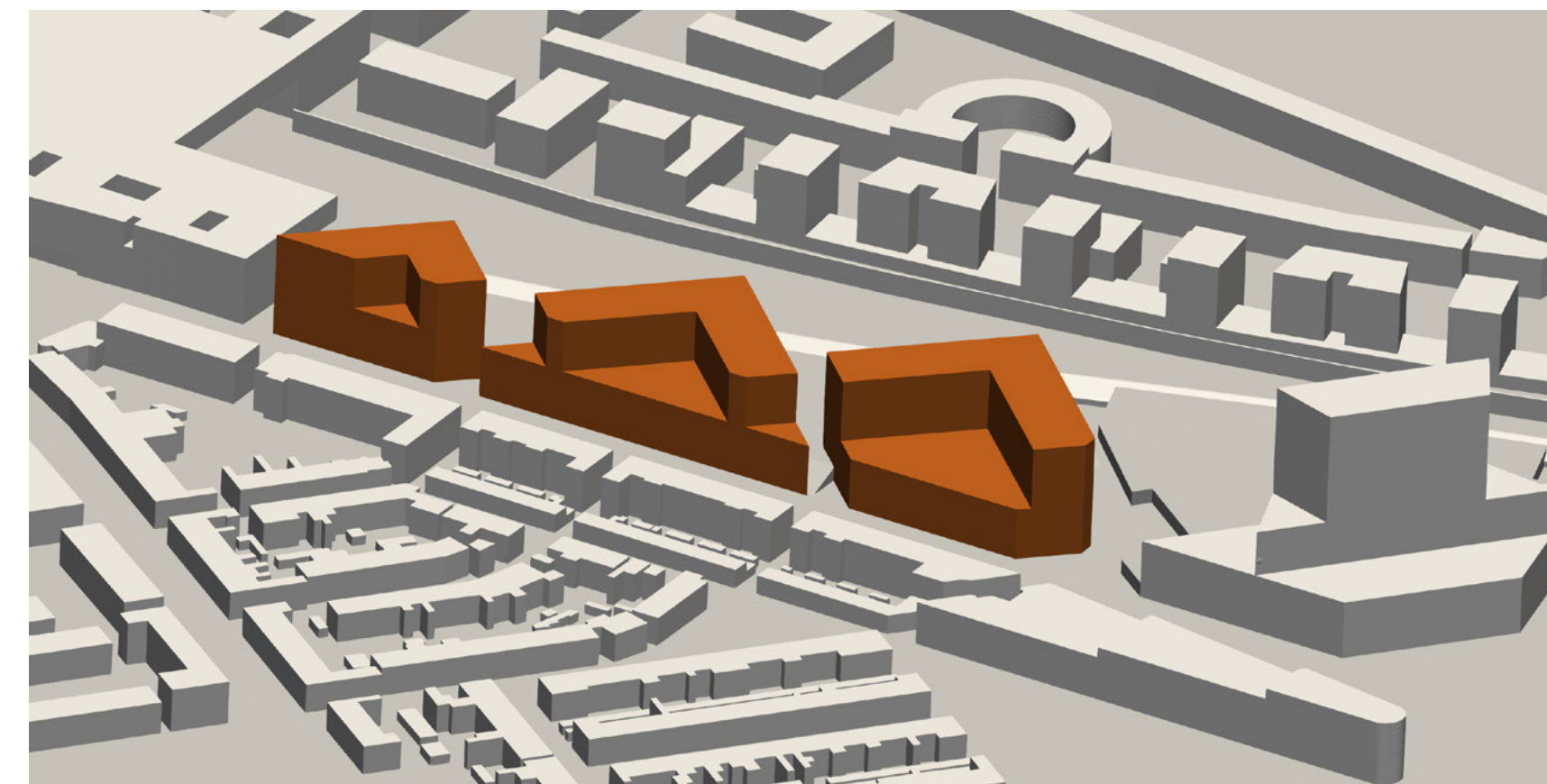
De geometrie van het model is gebaseerd op de verkregen tekeningen en modellen van de opdrachtgever. Het 3D-model is weergegeven in figuur 3.1. Het model omvat alle gebouwen binnen een straal van ongeveer 600 meter rondom de 3 bouwvolumes.

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

(a)
Model -
Oude situatie



(b)
Model -
Nieuwe situatie

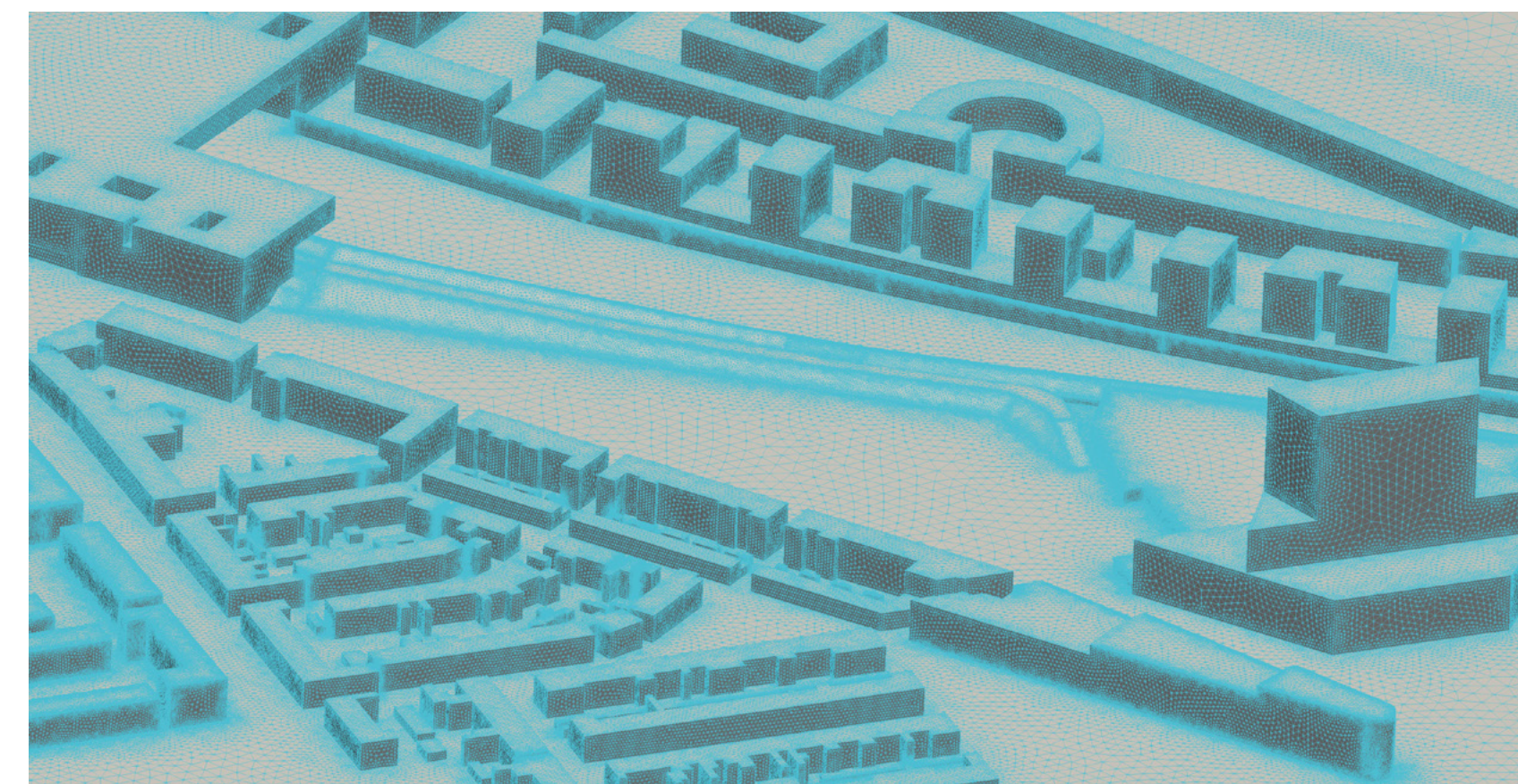
Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster voor onderhavige situatie (figuur 3.2). Deze roosters bestaan uit 19 900 645 (oude situatie) en 22 008 054 (nieuwe situatie) cellen. Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vijf lagen prisma's geplaatst. Deze prismalaag zorgt voor een betere berekening van de snelheidsgradiënt in de atmosferische grenslaag.

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.

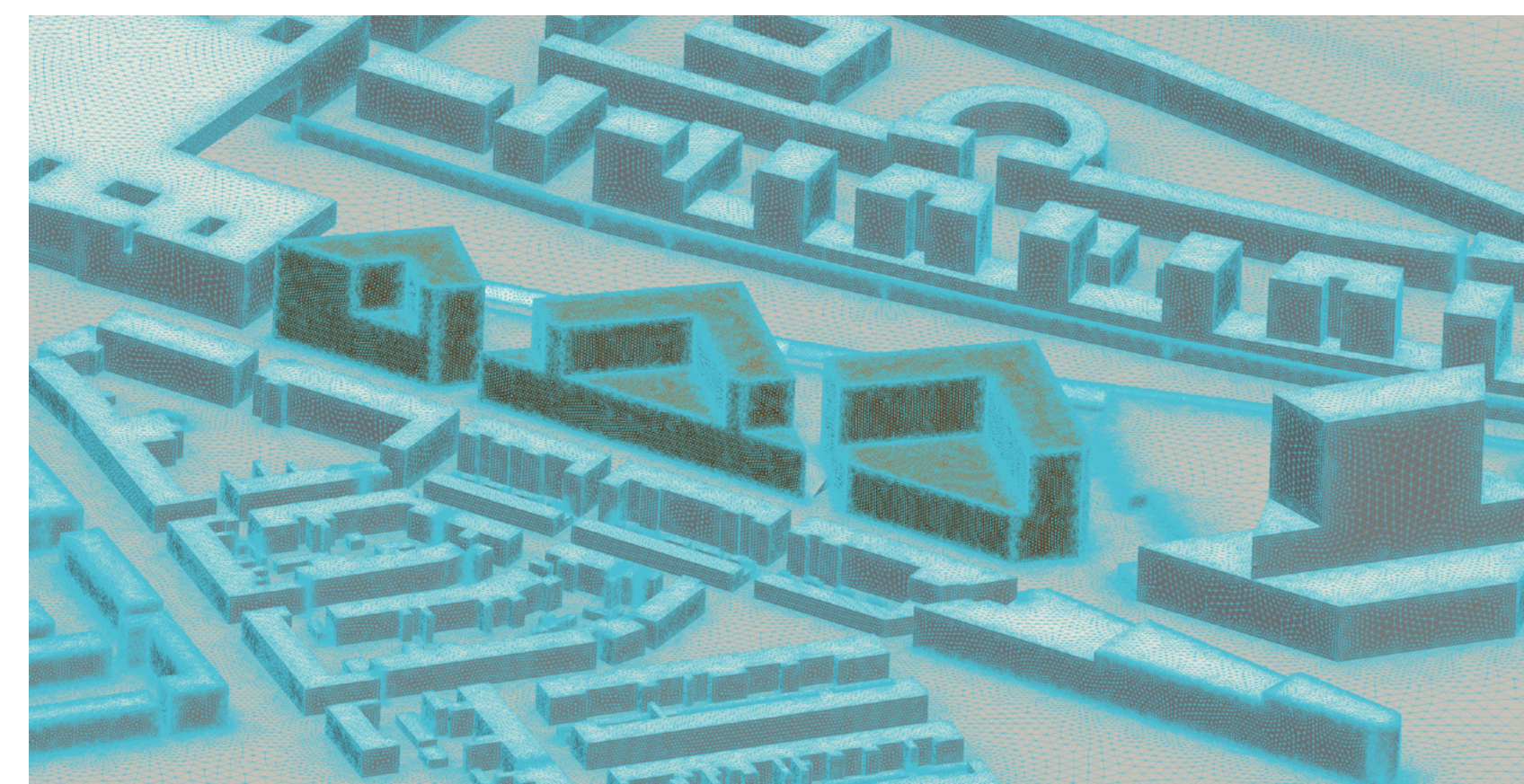
Ook de turbulente grootheden k en ω verlopen volgens een voorgeschreven profiel, zoals aangegeven in vergelijking 3.3 en vergelijking 3.4. Hierin heeft C_μ de waarde 0,09. Deze empirische constante komt voort uit het gebruikte turbulente model (k - ω SST).

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 3.2:
Impressie rekengrid

(a)
Impressie van de
bestaande situatie



(b)
Impressie van de nieu-
we situatie

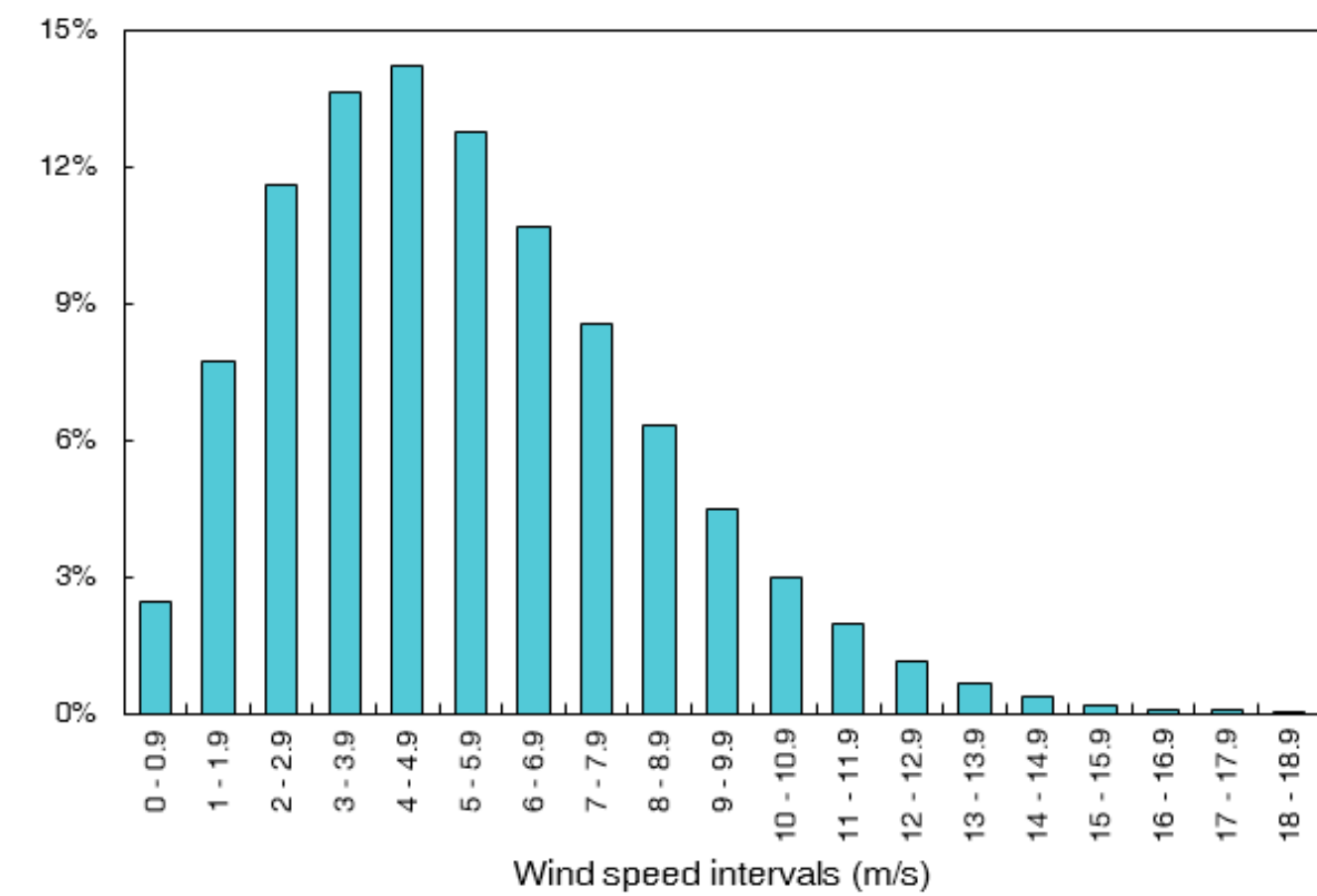
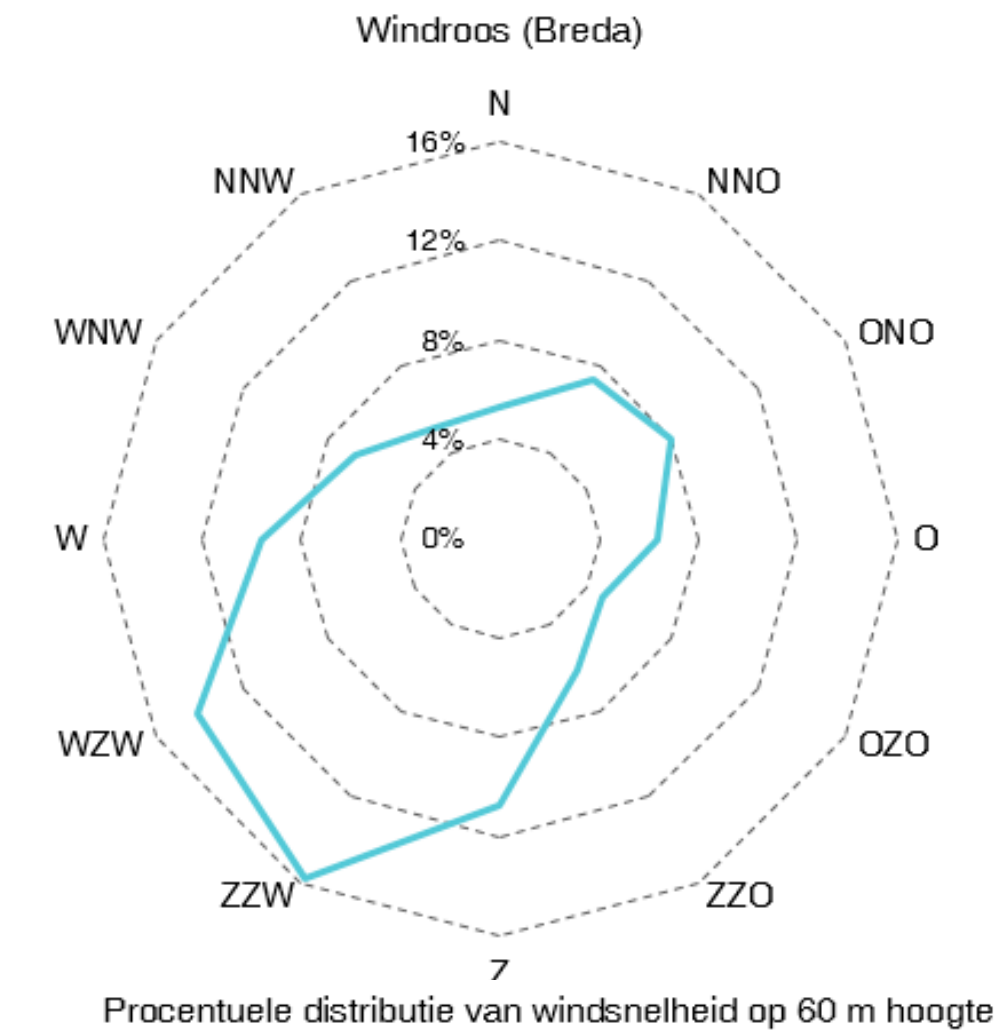
Vervolgens wordt de windstatistiek gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, zodat voor elke windsnelheid op een locatie een overschrijdingskans kan worden bepaald van verschillende windsnelheden. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste kwaliteitsklasse om te bepalen 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

4.1 Openbare buitenruimte

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 t/m 4.4 tonen de resultaten van de openbare buitenruimte voor zowel de bestaande als de nieuwe situatie.

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.

De resultaten tonen dat rondom de projectlocatie in de bestaande omgeving maximaal windhinderklasse D wordt bereikt. Deze zone is aangeduidt met een A in figuur 4.1. Er is te zien dat met de bouw van 5TRACKS deze zone nog steeds blijft bestaan maar iets minder ver de straat in stroomt. Figuur 4.2 laat zien dat bij de nieuwe situatie er een kleine windhinderklasse E te vinden is, deze is in het figuur aangeduidt met een B. Deze windhinderzone E wordt omringt door een grotere windhinderklasse D. Aan de hand van figuur 4.5 wordt later een nadere verklaring

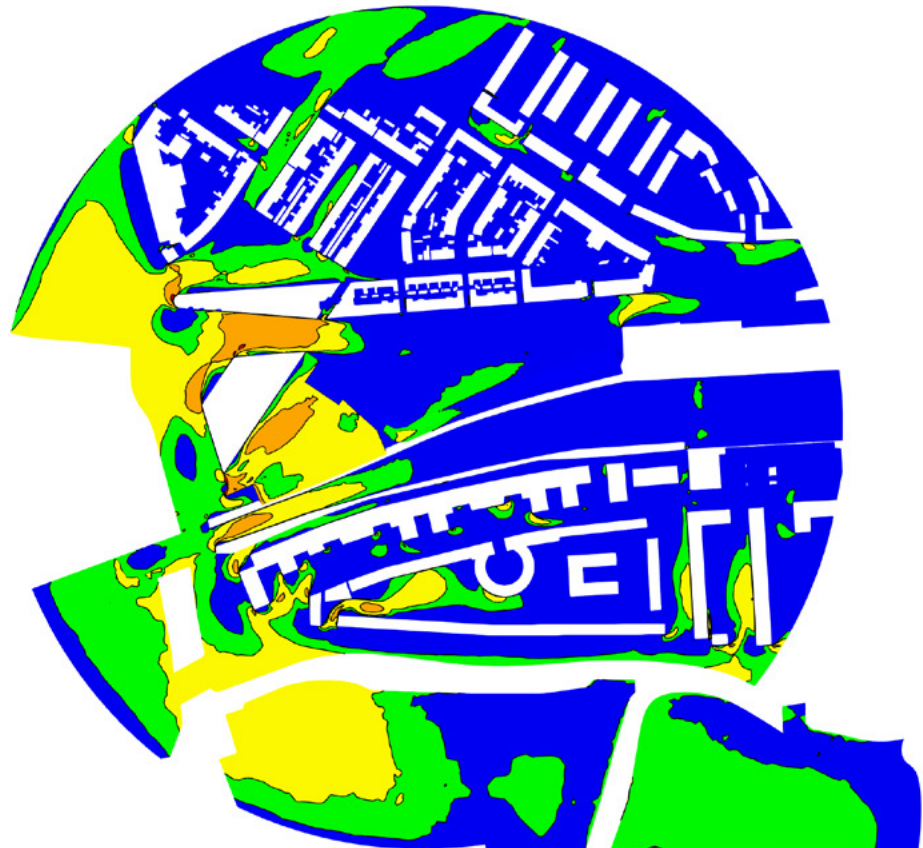
gegeven voor de veranderingen in deze zone. In de nieuwe situatie is er ook tussen de gebouwen een windhinderklasse D te zien, deze is in figuur 4.2 aangeduidt met een C. Het is hier van belang te kijken naar de functie van dit gebied of er maatregelen nodig zijn.

Daarnaast is er een lichte verbetering in het windklimaat op te merken achter het gerechtshof gebouw, waar dit in de bestaande situatie een bijna volledige C/D zone betreft zal dit met de bouw van 5TRACKS verbeteren naar een B/C/D zone. Bij verdere vergelijking van de bestaande situatie met de nieuwe situatie zijn er weinig tot geen verschillen te zien in het windklimaat in de openbare ruimte rondom de projectlocatie. Hier zal het windklimaat dus vrijwel even (on)comfortabel blijven.

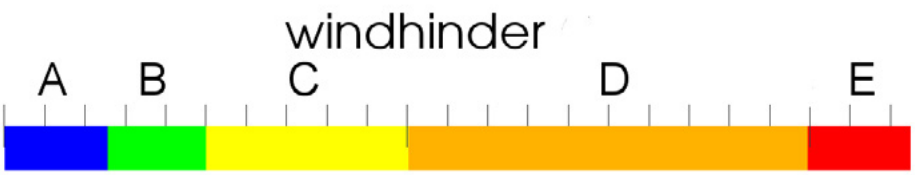
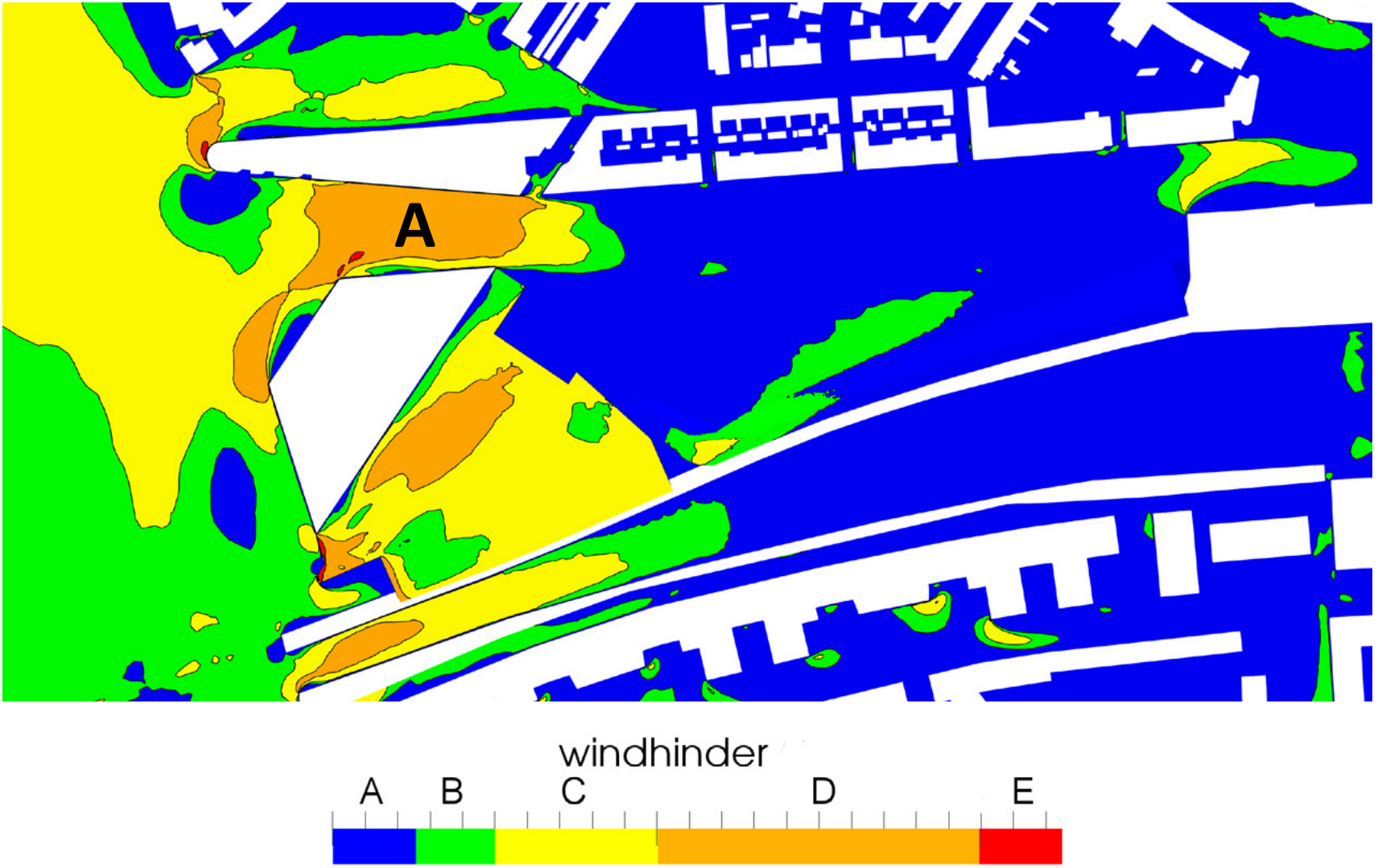
Figuren 4.3 en 4.4 tonen aan dat het gebied daarnaast vrijwel geen (beperkt) risico op windgevaar bevat. De bouw van 5TRACKS toont geen verandering in de mate van windgevaar in de openbare ruimte.

Figuur 4.1:
Windhinder op voetgangersniveau
- bestaande situatie

(a)
Overzicht

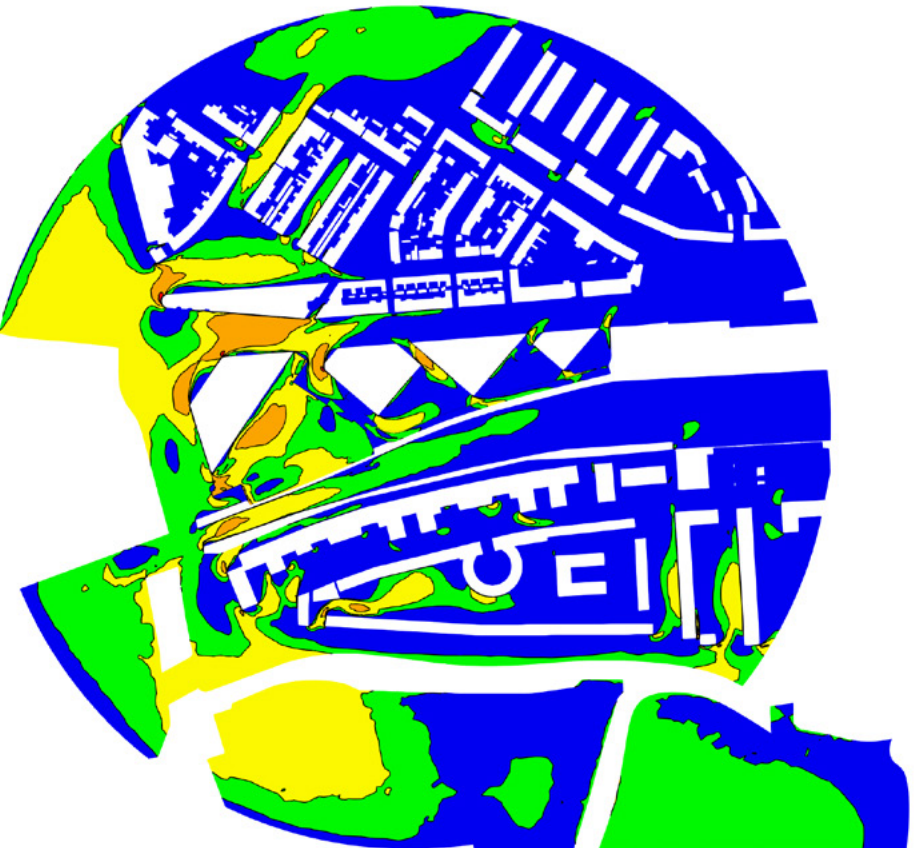


(b)
Close-up

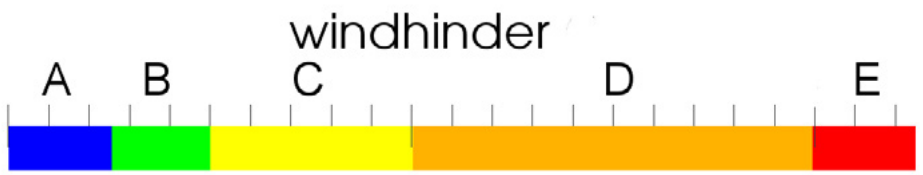
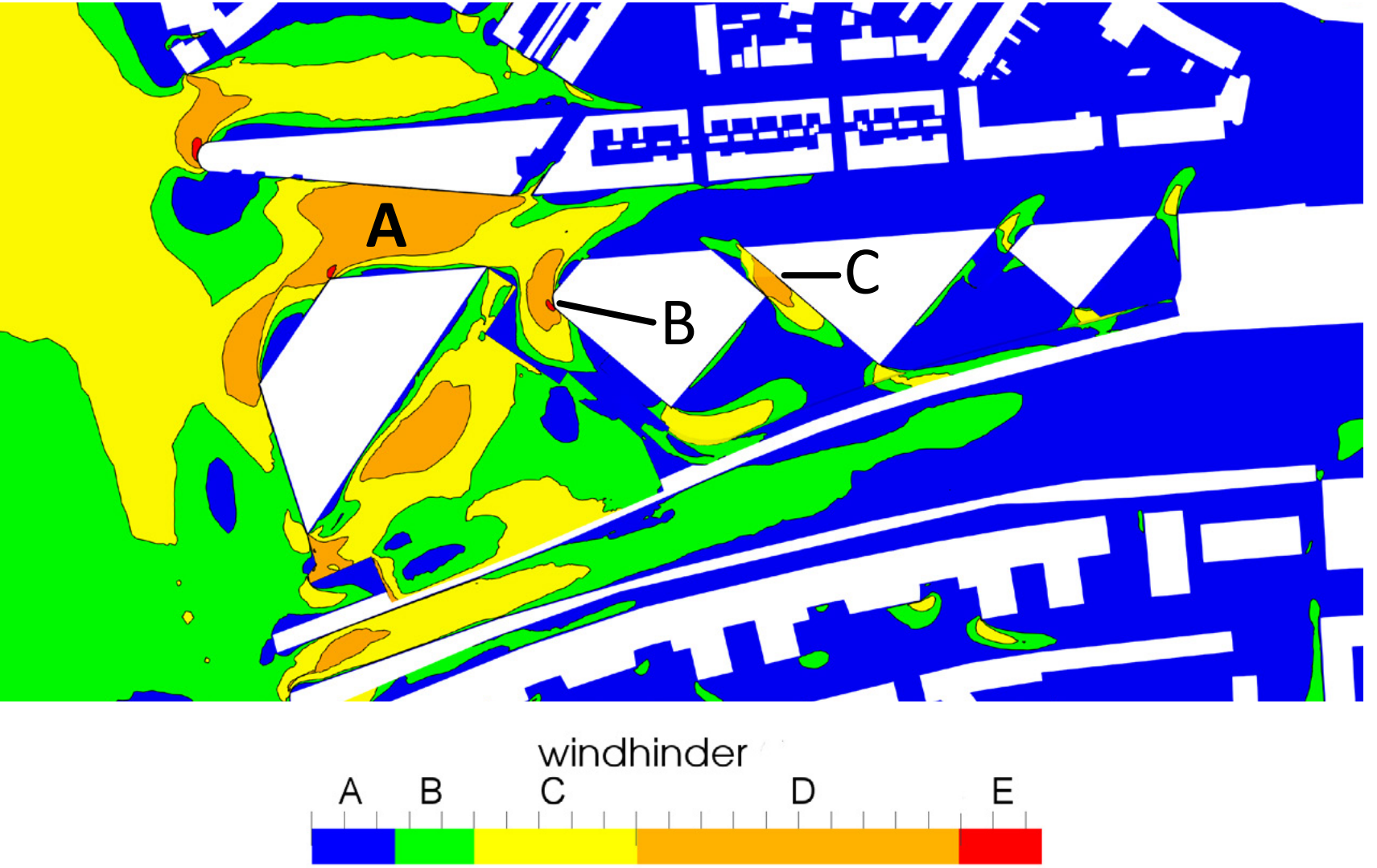


Figuur 4.2:
Windhinder op voetgangersniveau
- nieuwe situatie

(a)
Overzicht



(b)
Close-up



Figuur 4.3:
Windgevaar op v
gangersniveau
- bestaande situa

(a)
Overzicht



(b)
Close-up



Figuur 4.4:
Windgevaar op voet-
gangersniveau
- nieuwe situatie

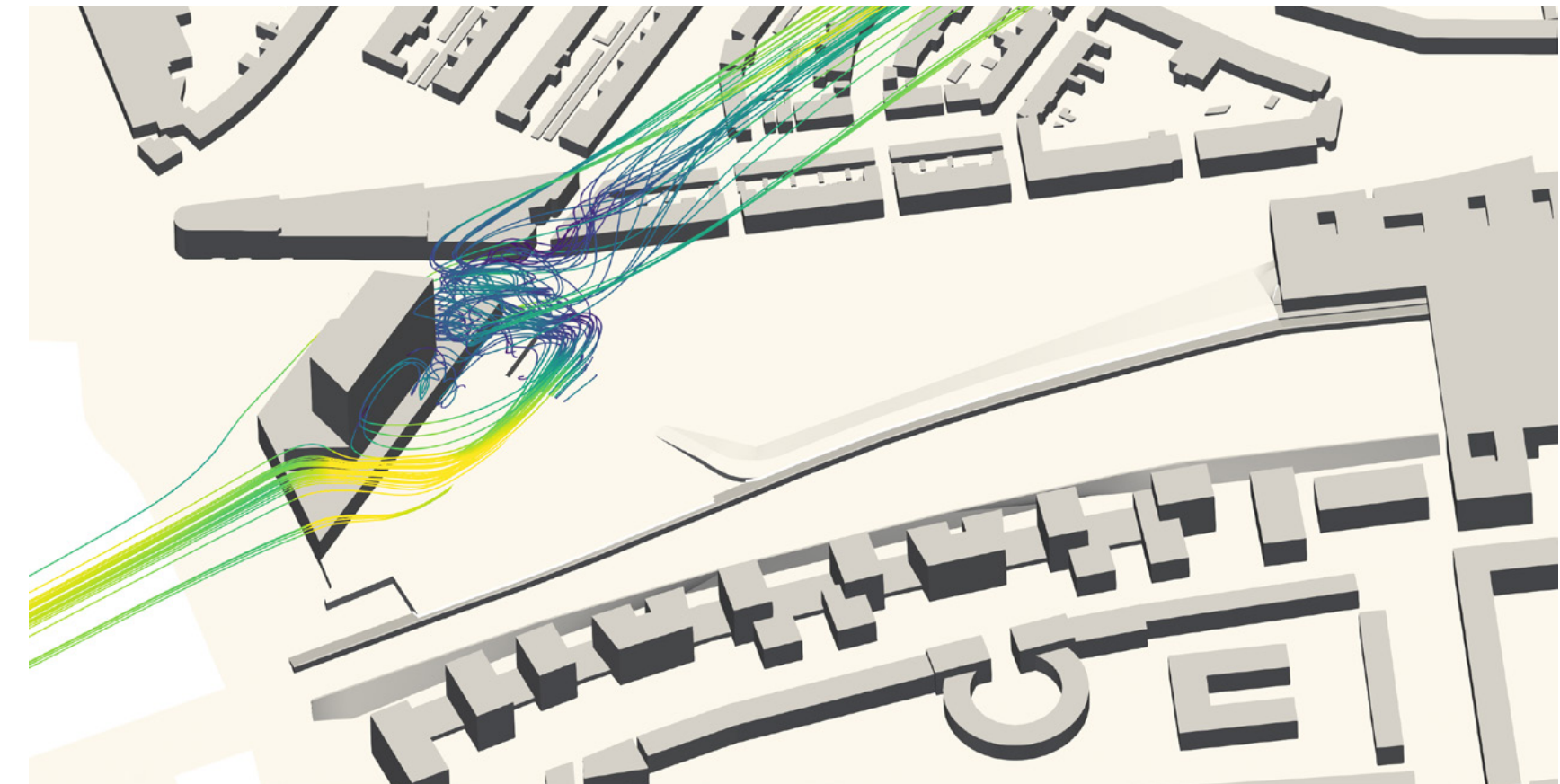
(a)
Overzicht



(b)
Close-up

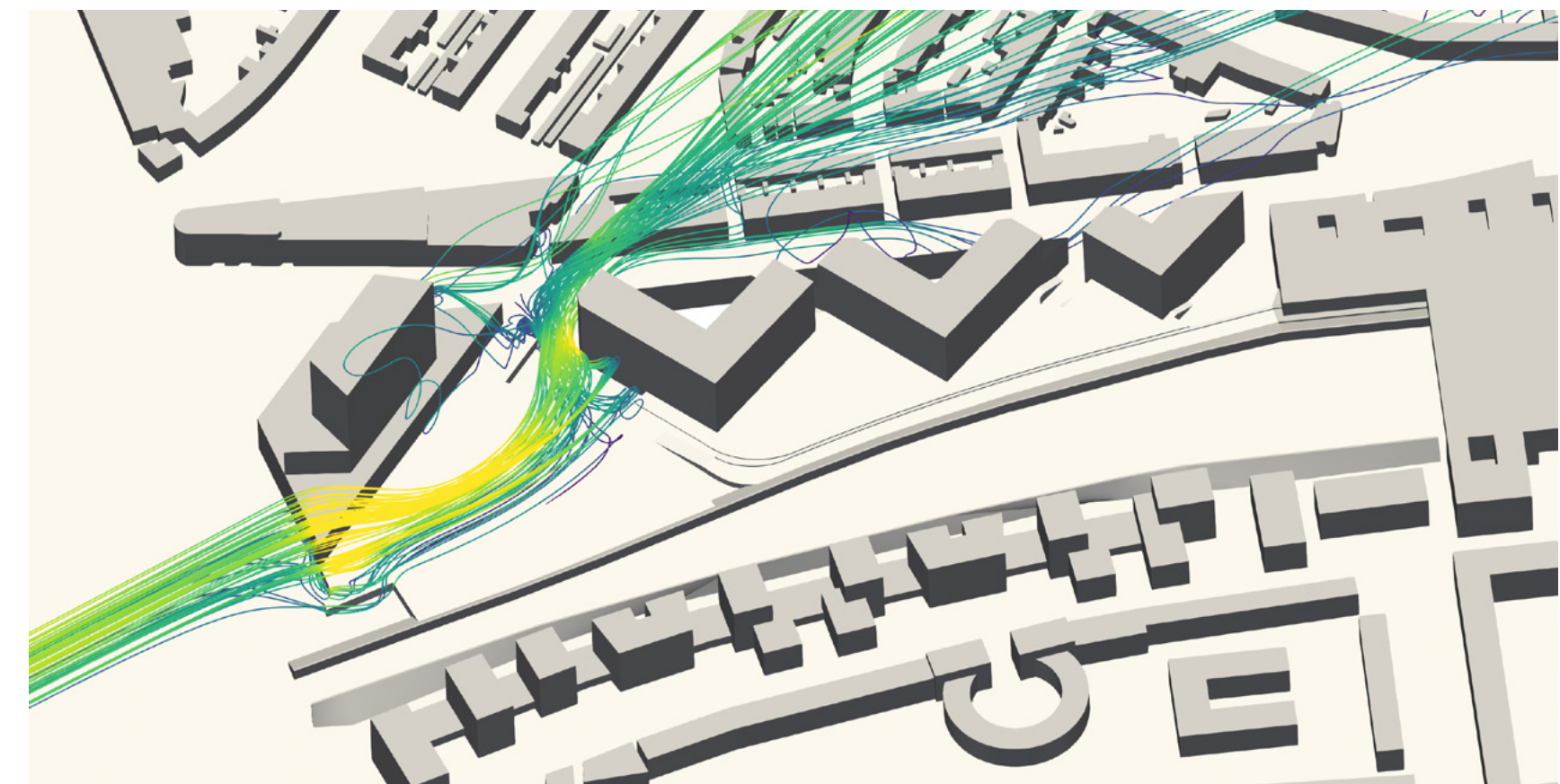


Figuur 4.5 laat met behulp van stroomlijnen zien hoe de zone B uit bovenstaande figuur 4.2 wordt veroorzaakt. Er is te zien dat met een gelijkwaardige wind vanuit de maatgevende westzuidwestelijke windrichting er een verandering in het stromingspatroon wordt getoond. In de bestaande situatie kan de wind vrij over het terrein achter het gerechtsgebouw stromen om zich vervolgens te mengen met de wind vanuit andere richtingen. In de nieuwe situatie zal deze wind vrij stromen over het gerechtsgebouw en daarna het eerste bouwvolume van 5TRACKS tegenkomen. Hier zal een hoekstroom ontstaan waarbij de wind versnelt en daarna de straat aan de noordkant instromen. Hierdoor ontstaat er een windhinderklasse D/E op de hoek van het gebouw van 5TRACKS. Het is van belang hier te kijken naar de functie van dit gebied of hier maatregelen noodzakelijk zijn.



Figuur 4.5:
Stroomlijnen voor visualisatie, wind vanuit WZW-richting

(a) Stroomlijnen voor de bestaande situatie



(b) Stroomlijnen voor de nieuwe situatie.

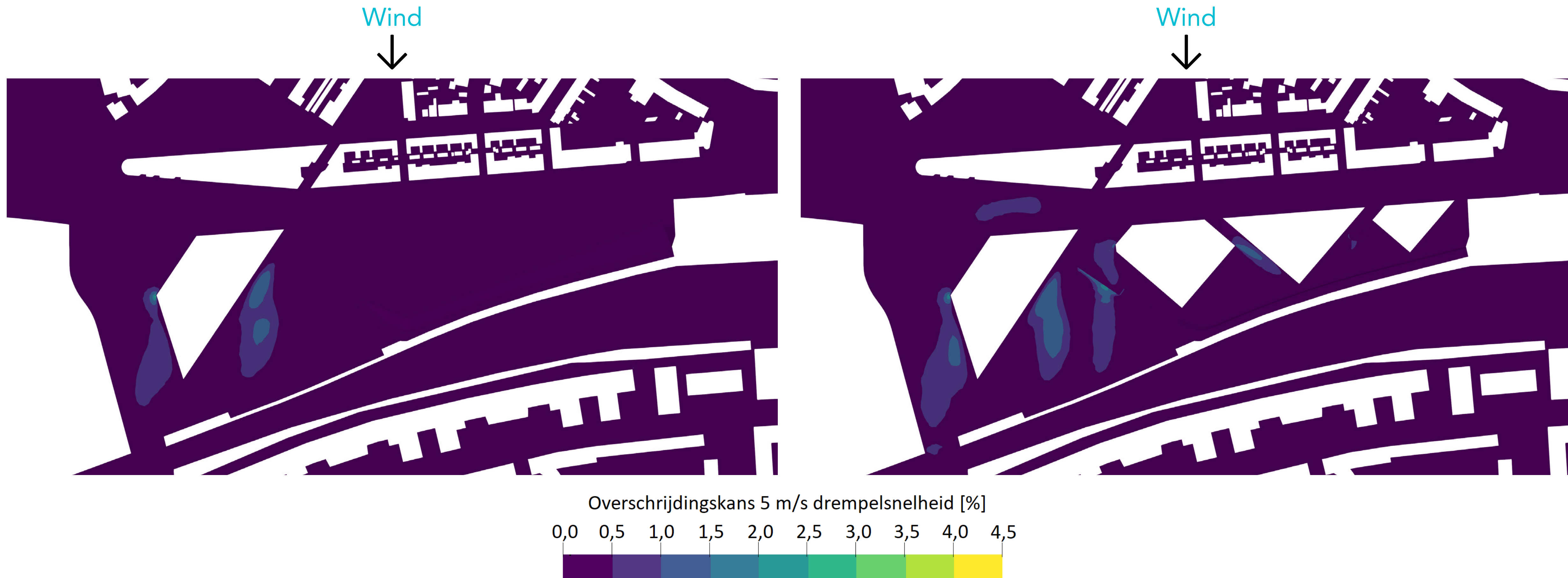
5 Conclusie en maatregelen

Dit rapport presenteert een onderzoek naar het windklimaat rondom het nieuwbouwproject 5TRACKS aan de spoorlaan in Breda. Het onderzoek is uitgevoerd door [Actiflow](#).

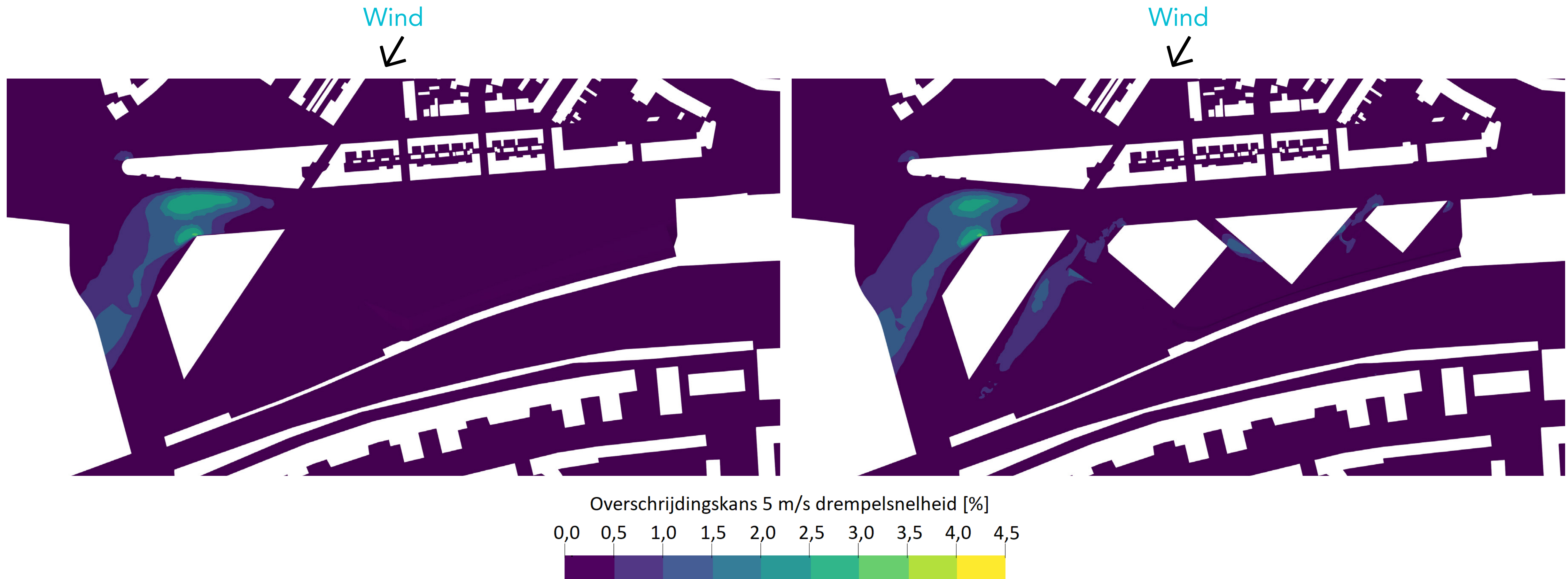
Voor de analyse is de Nederlandse norm "NEN 8100: 2006: Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving" gebruikt. Hierbij is een geometrisch model van het gebouw en zijn omgeving opgesteld. Een rekengrid met hoge resolutie is rond deze geometrie opgetrokken als basis voor Computational Fluid Dynamics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

Bij vergelijking van de bestaande situatie en de nieuwe situatie op het gebied van zowel windhinder als windgevaar is er, op een zone na, geen verslechtering van het windklimaat te zien. Het is van belang te kijken in het bestemmingsplan of de zone waar de verslechtering optreedt een functie heeft passend bij het windklimaat of dat hier verdere maatregelen genomen dienen te worden. Indien er verdere maatregelen genomen dienen te worden kan [Actiflow](#) hierover geadviseerd worden.

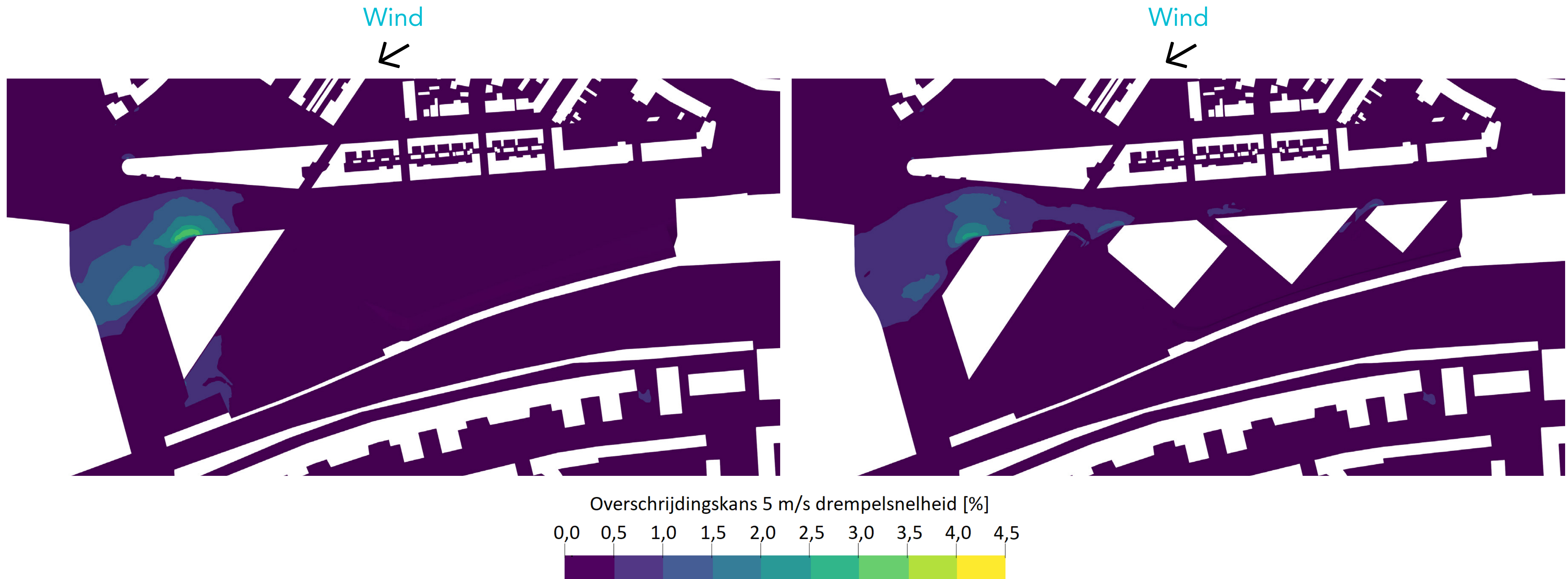
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



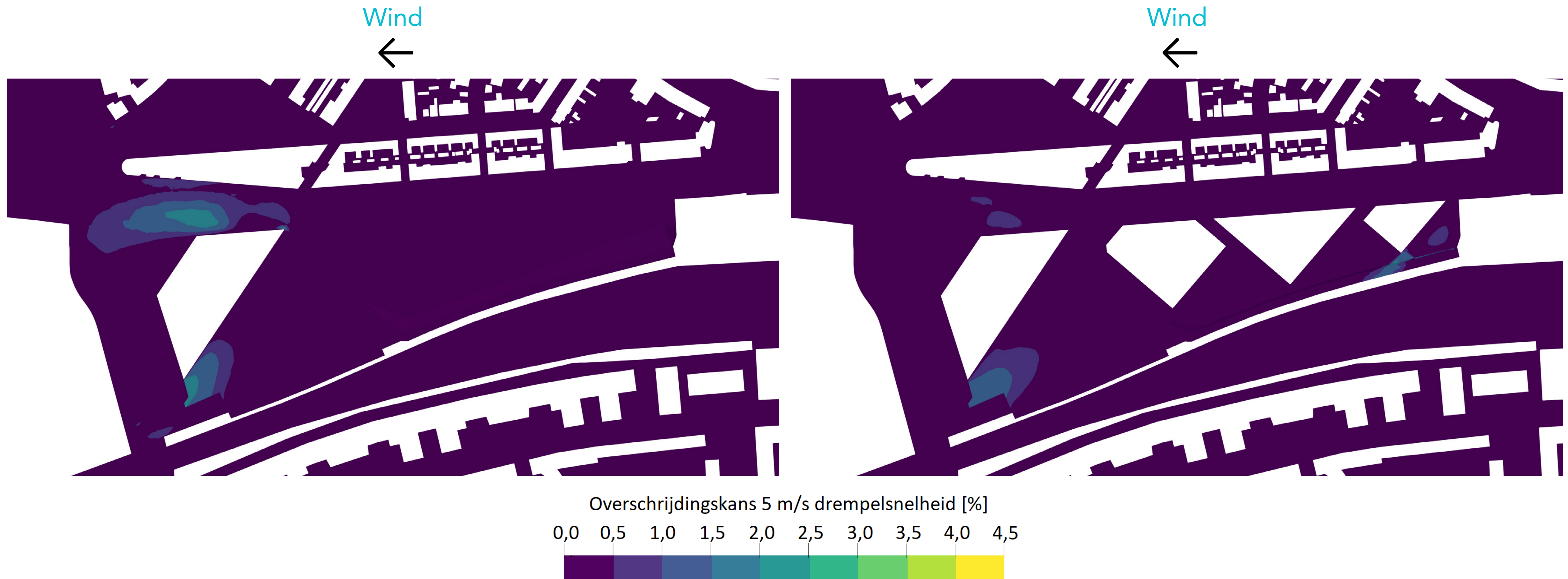
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



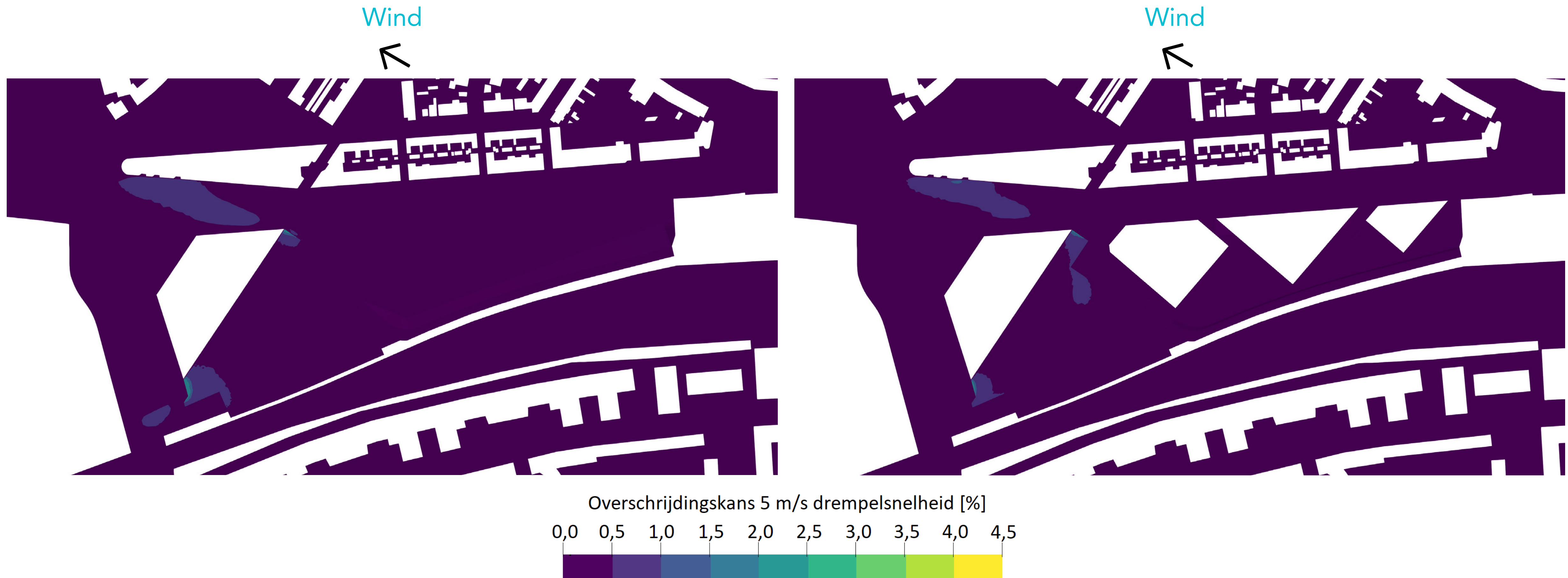
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



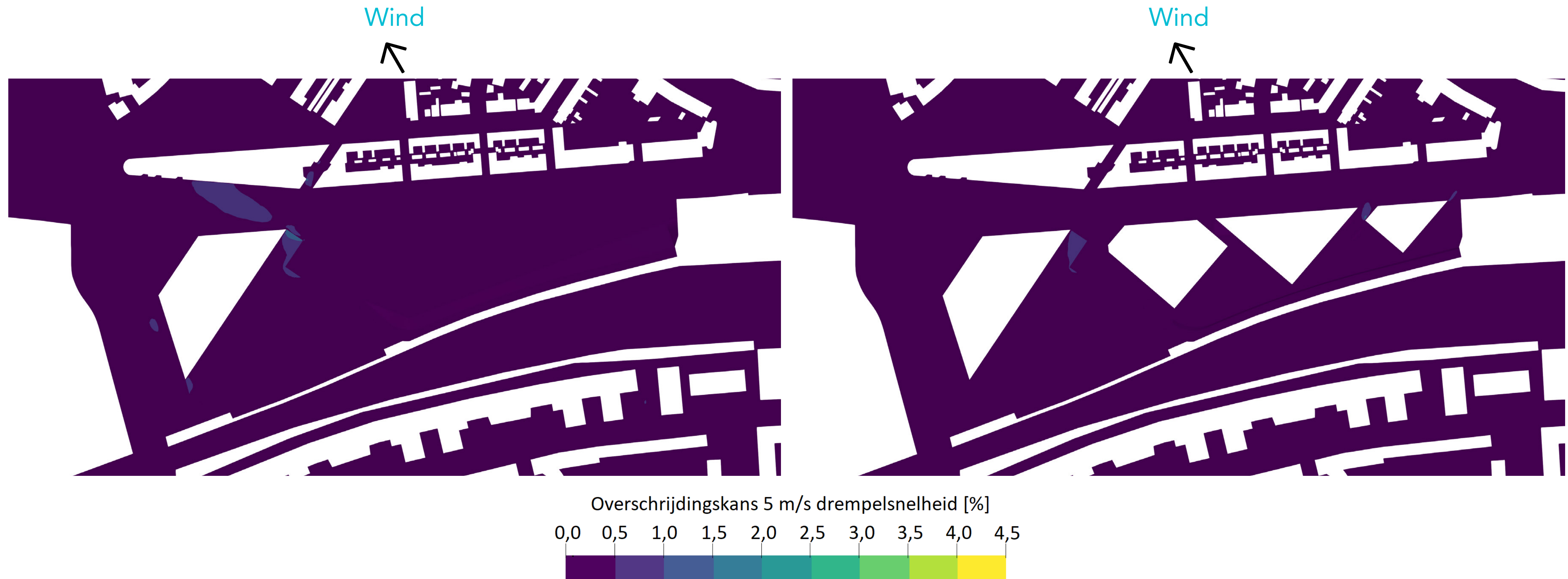
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



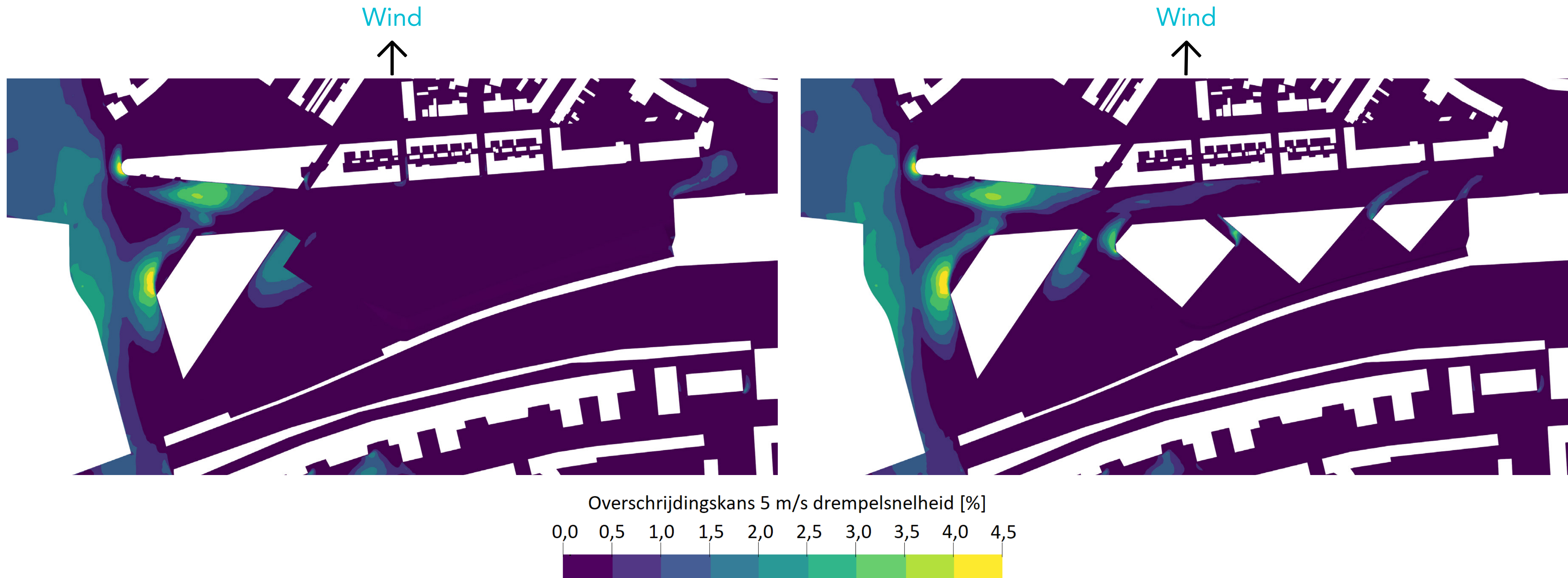
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



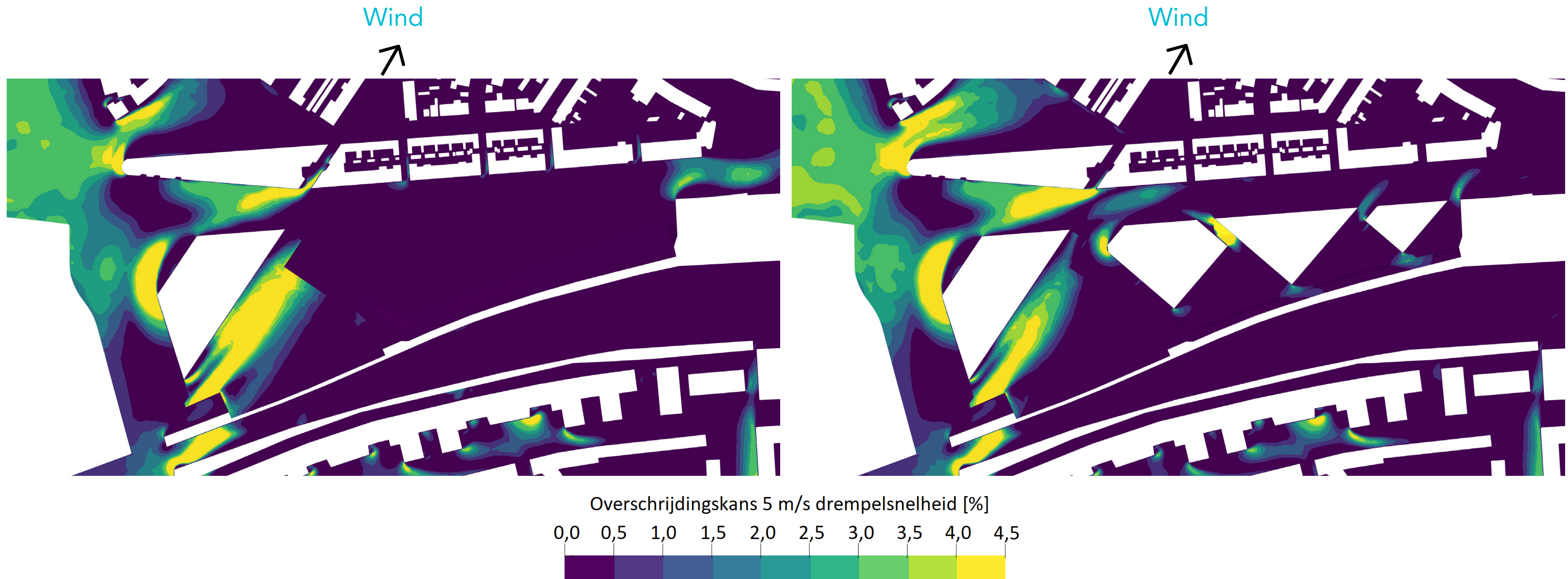
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



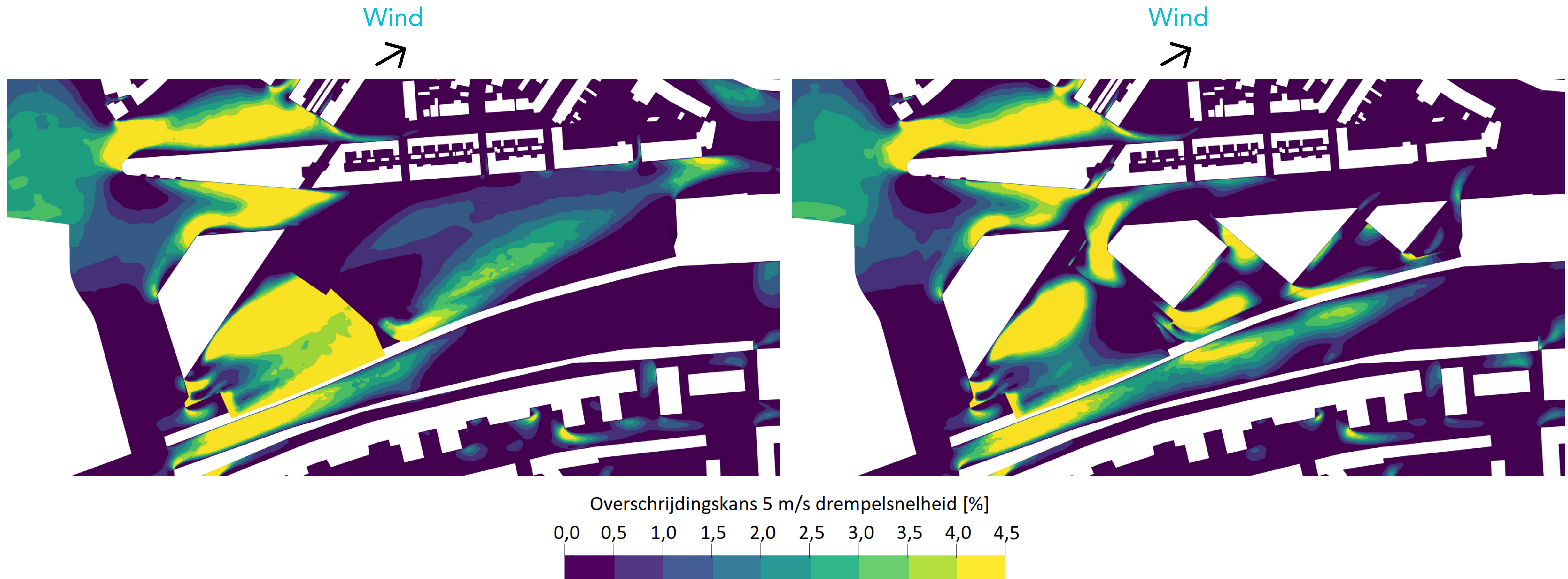
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



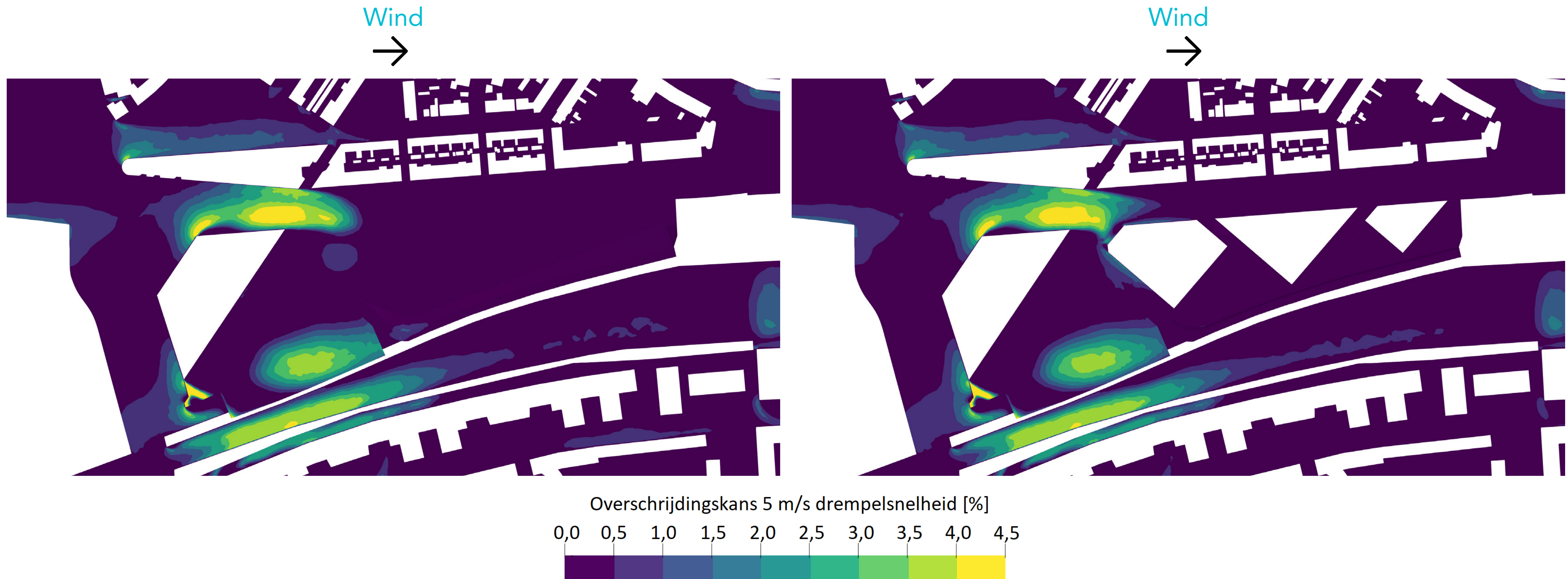
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



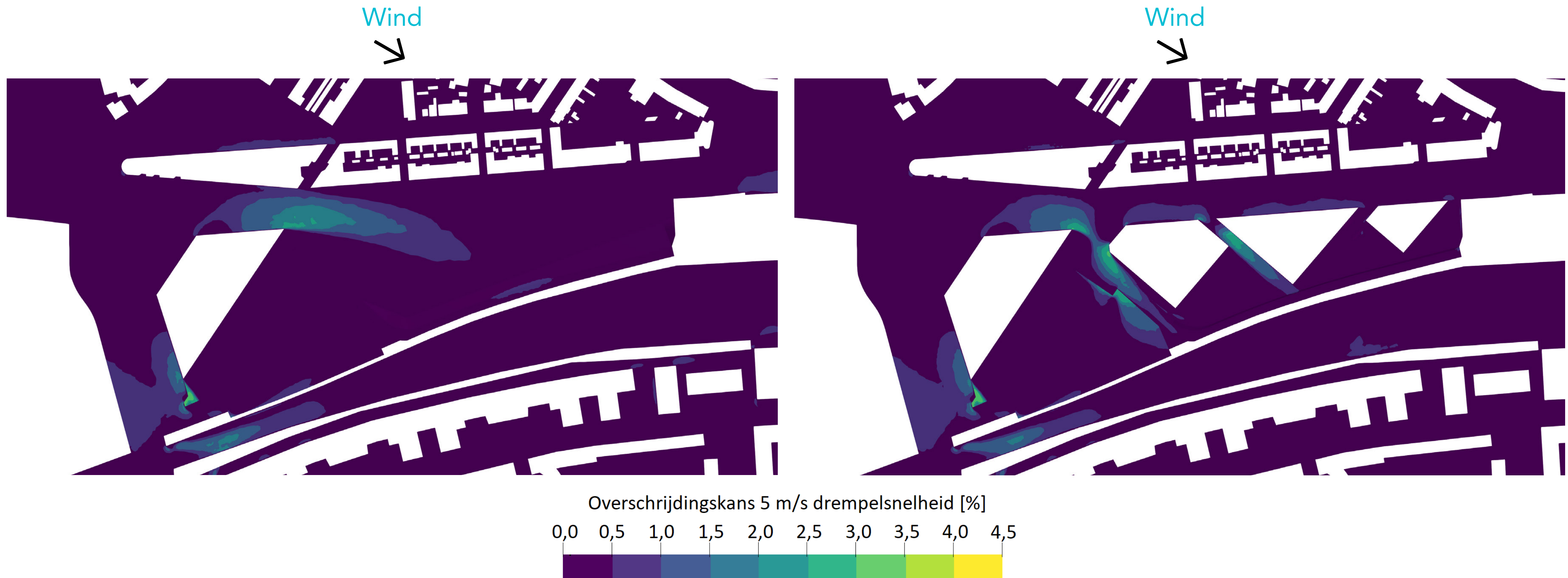
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



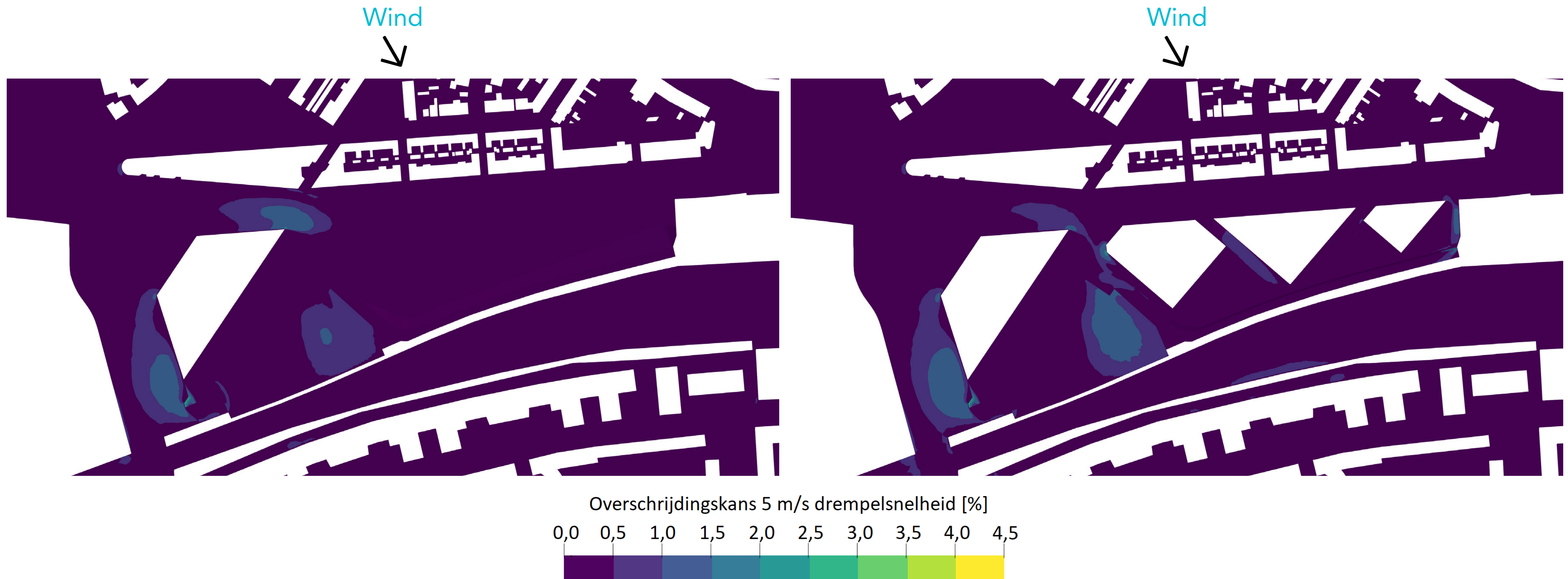
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



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	Windstudie - 5TRACKS te Breda
Opdrachtgever	LBP Sight B.V.
Projectleider	Ir. Ashly Berghuizen
Datum	4 Februari 2019
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen ca. 600 m rondom de nieuwbouw
Kerngebied	Geschematiseerde model met de nieuwe situatie
Omgeving	Omgeving in massa's, gedetailleerd nabij het kerngebied
Afmetingen model	Rond met straal 1.500 m en hoogte 500 m.
Blokkeringsgraad	Maximaal 4 %
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	12
Onderzochte configuraties	Windhinder en windgevaar (bestaande en nieuwe situatie)
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM (eindige volume methode) ☐ FEM (eindige elementen methode) ☐ anders Programmatuur: OpenFOAM Versie: 18.06.x
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: tetraëders met prismalaag, 19.900.654 cellen (oude
Turbulentiemodellering	k-omega SST
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: linearUpwindV Turbulente grootheden: upwind 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_{DR} m/s	Gewenste kwaliteits-klasse	Overschrijdings-kans %	Beoordeling
Voor comfort			$p(V_{LOK} > V_{DR;H})$	
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.	$p \geq 0,3$	gevaarlijk
Gepresenteerde resultaten	Windhindercontouren en klassenindeling, windgevaarcontouren			
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang				



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