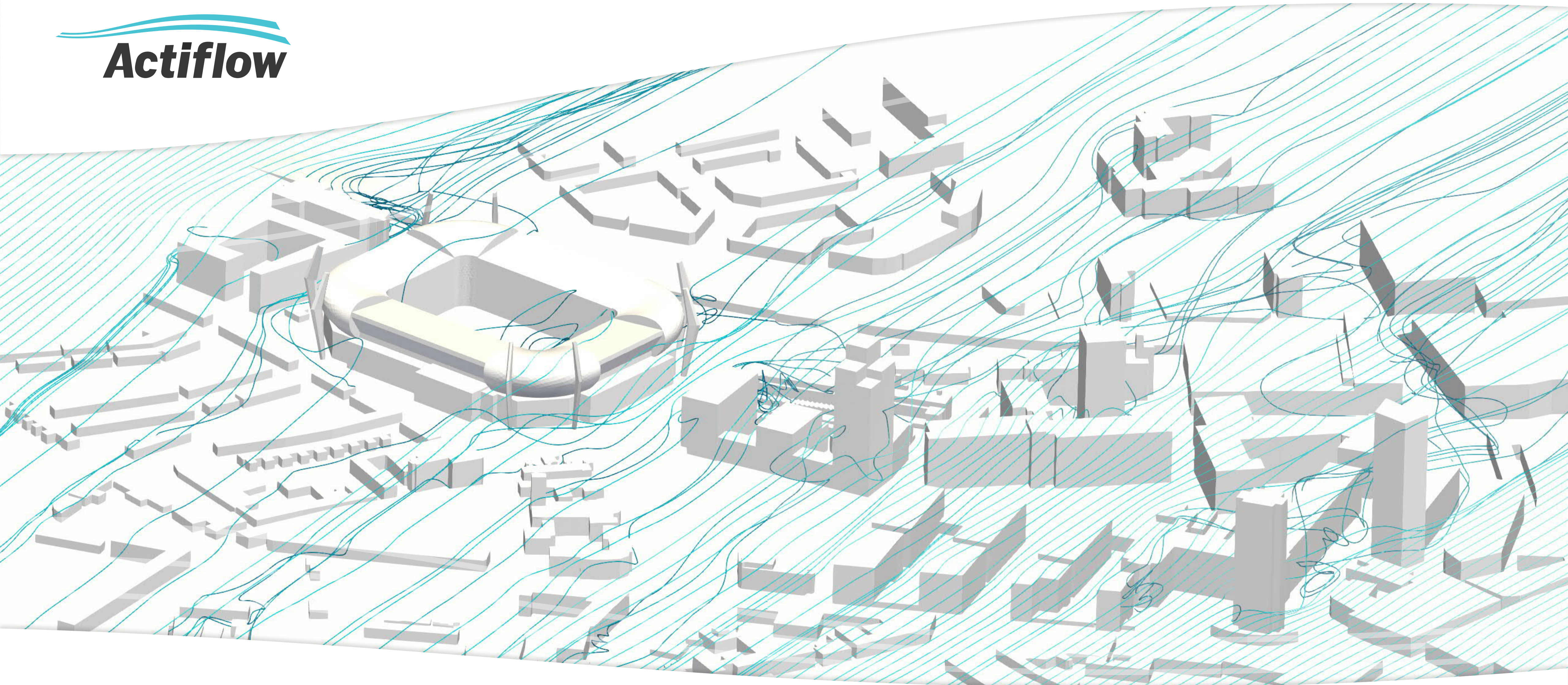




Inhoudsopgave

- 1** Introductie
- 2** Normstelling
 - 2.1 NEN8100:2006
 - 2.2 Gemeentelijk beleid
- 3** Opzet van de berekening
 - 3.1 Software
 - 3.2 Geometrie en rekenrooster
 - 3.3 Aannames en randvoorwaarden
- 4** Analyse en aanbevelingen
- 5** Conclusies

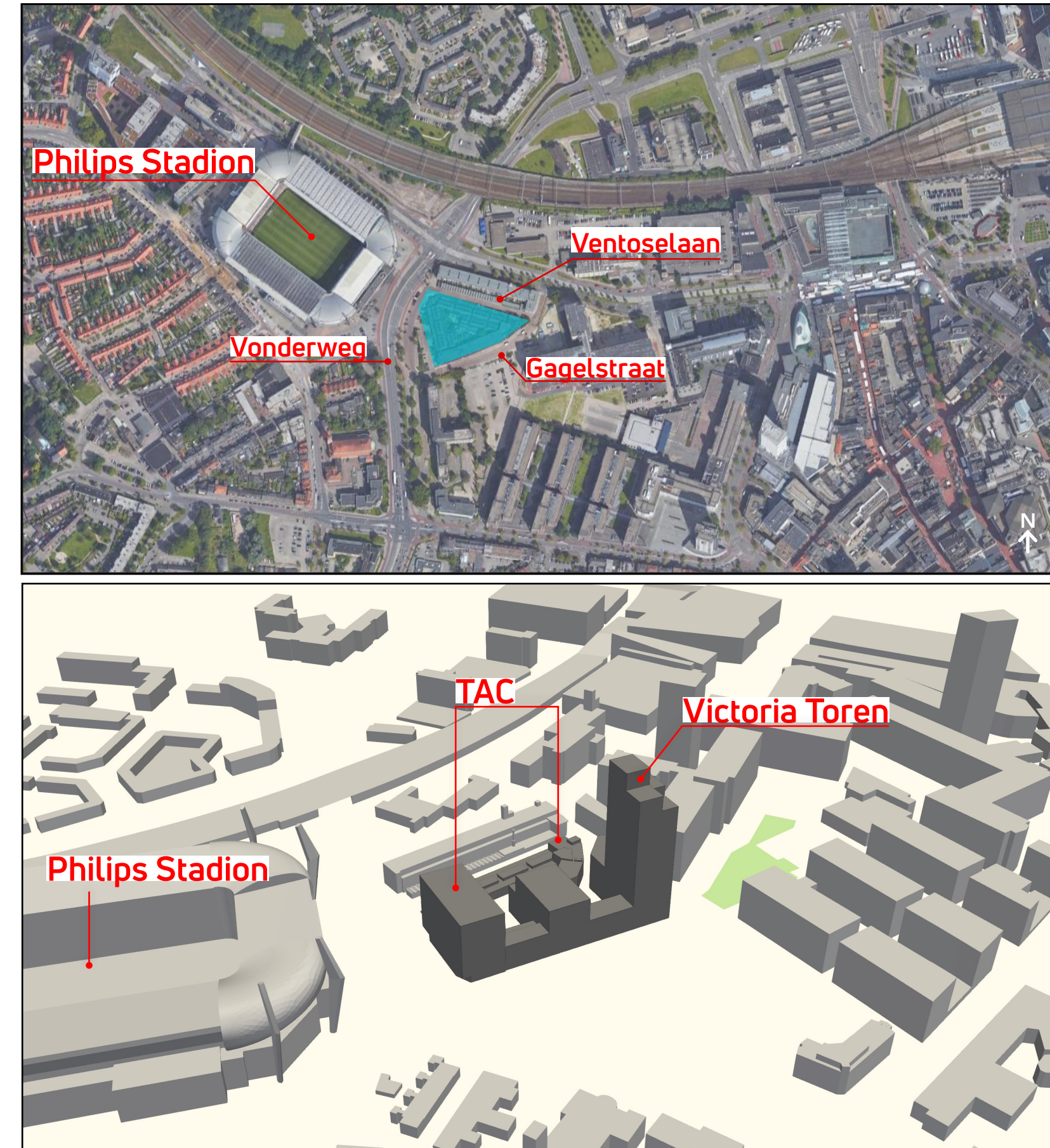
- A** Inlegvel NEN 8100:2006
- B** Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

1 Introductie

Dit rapport beschrijft een windstudie uitgevoerd door [Actiflow](#) in opdracht van Gemeente Eindhoven, voor het project TAC Emmasingelkwadrant in Eindhoven. Deze studie gaat voort op de studie gerapporteerd op 25 september 2020 '20200925_Windstudie_EmmasingelkwadrantEindhoven_Eindsituatie_v2_0' betreffende de windstudie voor het TAC-gebouw te Eindhoven. Emmasingelkwadrant bevindt zich tussen de Gagelstraat, Vonderweg en Ventoselaan (figuur 1.1). In de voorliggende windstudie is het model van het projectgebouw bijgewerkt naar de laatste stand van zaken en het gebouw ten zuiden van het projectgebouw is uit het model verwijderd, aangezien dit recent is gesloopt. Hierdoor beschrijft dit rapport het windklimaat in de situatie waarbij de projectgebouwen TAC en Victoria Toren zich in de bestaande situatie bevinden.

Het doel van onderhavige studie is om enerzijds inzichtelijk te maken welk niveau windklimaat verwacht kan worden bij de huidige opzet van het plan en anderzijds dit te toetsen aan het gemeentelijk beleid op basis van het te verwachten gebruik van de buitenruimte. Indien nodig worden aanbevelingen gegeven om het windklimaat te verbeteren.

Deze rapportage omschrijft de normstelling in hoofdstuk 2, de uitgangspunten en opzet voor de studie in hoofdstuk 3. De analyse en aanbevelingen volgen in hoofdstuk 4 met conclusies in hoofdstuk 5.



Figuur 1.1:
Locatie (boven) en
impressie (beneden)
van het project

2 Normstelling

2.1 NEN8100:2006

In onderhavige windstudie wordt het windklimaat ter plaatse van de openbare buitenruimte in kaart gebracht. Dit wordt gedaan aan de hand van de richtlijnen in NEN 8100:2006. In deze 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	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

^a Dit geldt conform de norm voor een bankje in het park, voor horeca terrassen of private buitenruimtes 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 %	Beperkt risico
> 0.30%	Gevaarlijk

2.2 Gemeentelijk beleid

Eerder genoemde norm NEN8100:2006 wordt niet aangestuurd in landelijke wet- en regelgeving. Sinds 5 juni 2020 (gepubliceerd op 4 juni 2020) beschikt de gemeente Eindhoven over gemeentelijk beleid welke allereerst NEN8100:2006 aanhaalt en in tweede instantie aangeeft welke toetsingscriteria dienen te worden aangehouden.

Het gemeentelijke beleid geeft het volgende aan ten aanzien van het lokale windklimaat nabij nieuwbouw:

- Windhinder en windgevaar moeten conform NEN 8100:2006 in beeld worden gebracht.
- Voor de openbare ruimte moet als ondergrens een 'goed' (zoals gekwalificeerd in NEN 8100:2006) windklimaat worden nagestreefd. Voor 'langdurig zitten' wordt altijd een kwalificatie 'goed' verlangd. Deze kwalificatie geldt ook voor 'slenteren' wanneer een hoofdentree van een gebouw in een dergelijk gebied is gelegen. Een beoordeling 'matig' kan eventueel na bestuurlijke afweging worden geaccepteerd, hierbij spelen kosten van windhinderbeperkende maatregelen en het ontbreken van alternatieven een rol. Een 'slecht' windklimaat is niet toegestaan. In situaties waar, vanwege specifieke locatieomstandigheden, in zeer beperkte mate op niet voor verblijf relevante plekken, het windhinderklimaat in redelijkheid niet kan worden verbeterd, hebben B&W de bevoegdheid van deze eis af te wijken.
- Bij windgevaar moet de kwalificatie 'gevaarlijk' te allen tijde worden vermeden.

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 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 $k-\omega$ SST model.

3.2 Geometrie en rekenrooster

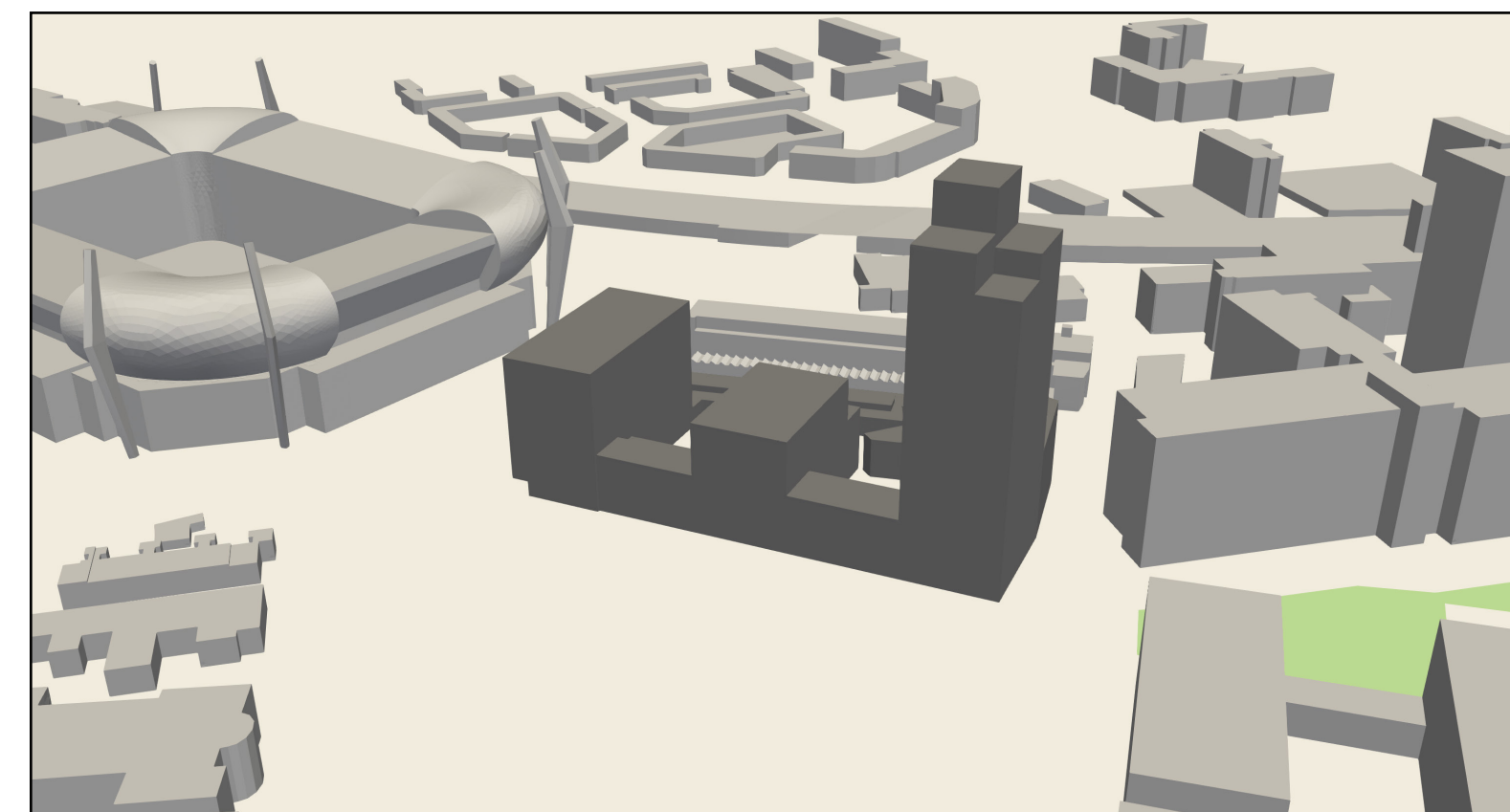
De geometrie van het model is gebaseerd op de verkregen tekeningen van de opdrachtgever. De model omvat alle gebouwen binnen een straal van minimaal 300 meter. Dit betreft de situatie na toevoeging van alle nieuwbouw, zoals weergegeven in figuur 3.1.

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 conform NPR 6097:2006.

Figuur 3.1:
Impressie van
het model van de
eindsituatie



(a)
Overzicht



(b)
Close-up

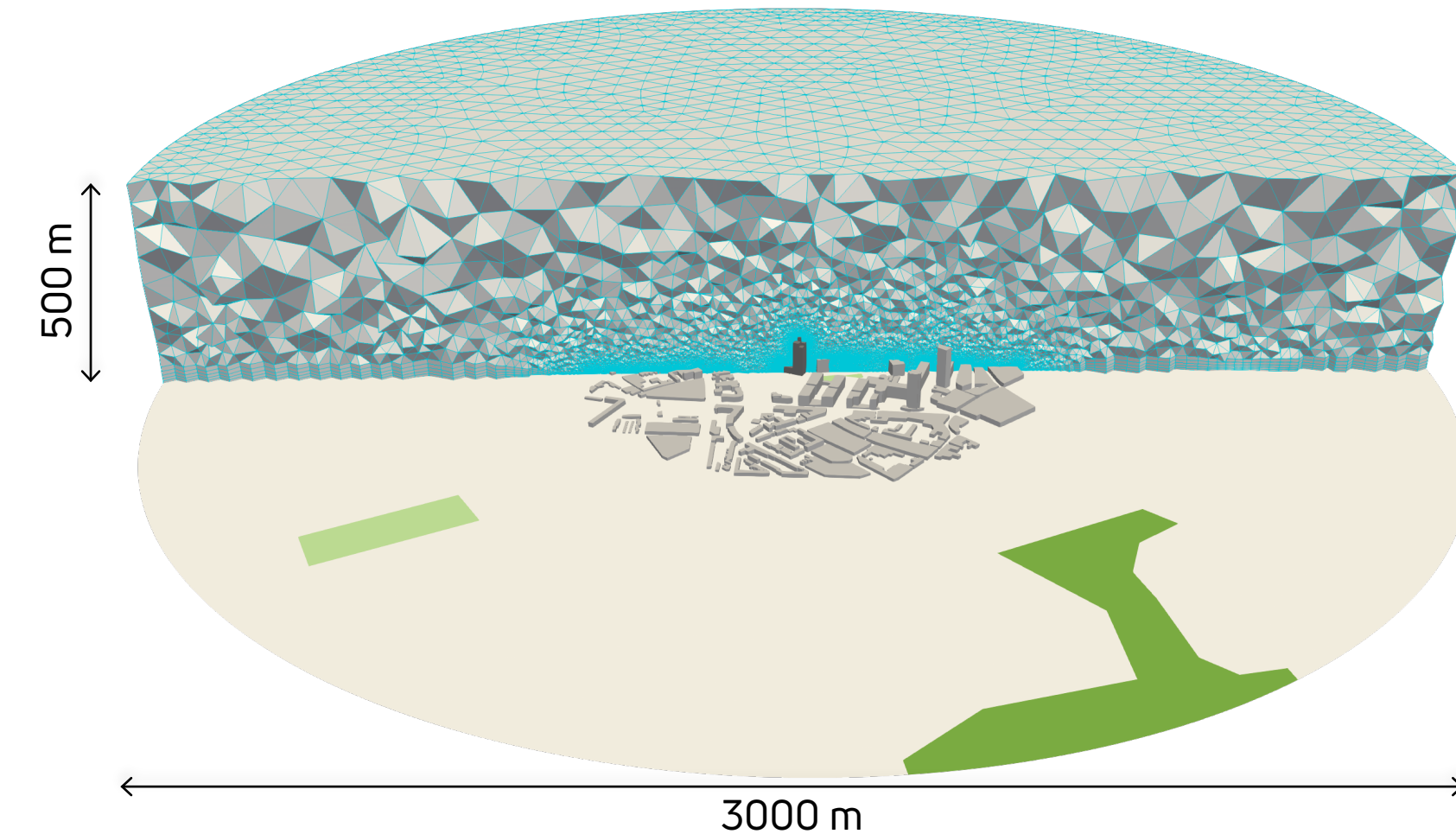
Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster voor onderhavige situatie (figuur 3.2). Dit rooster bestaat uit 30 659 455 cellen. Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vijf lagen 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 $k = 0,41$. Deze empirische constante is gerelateerd aan het gebruik van wandfuncties.

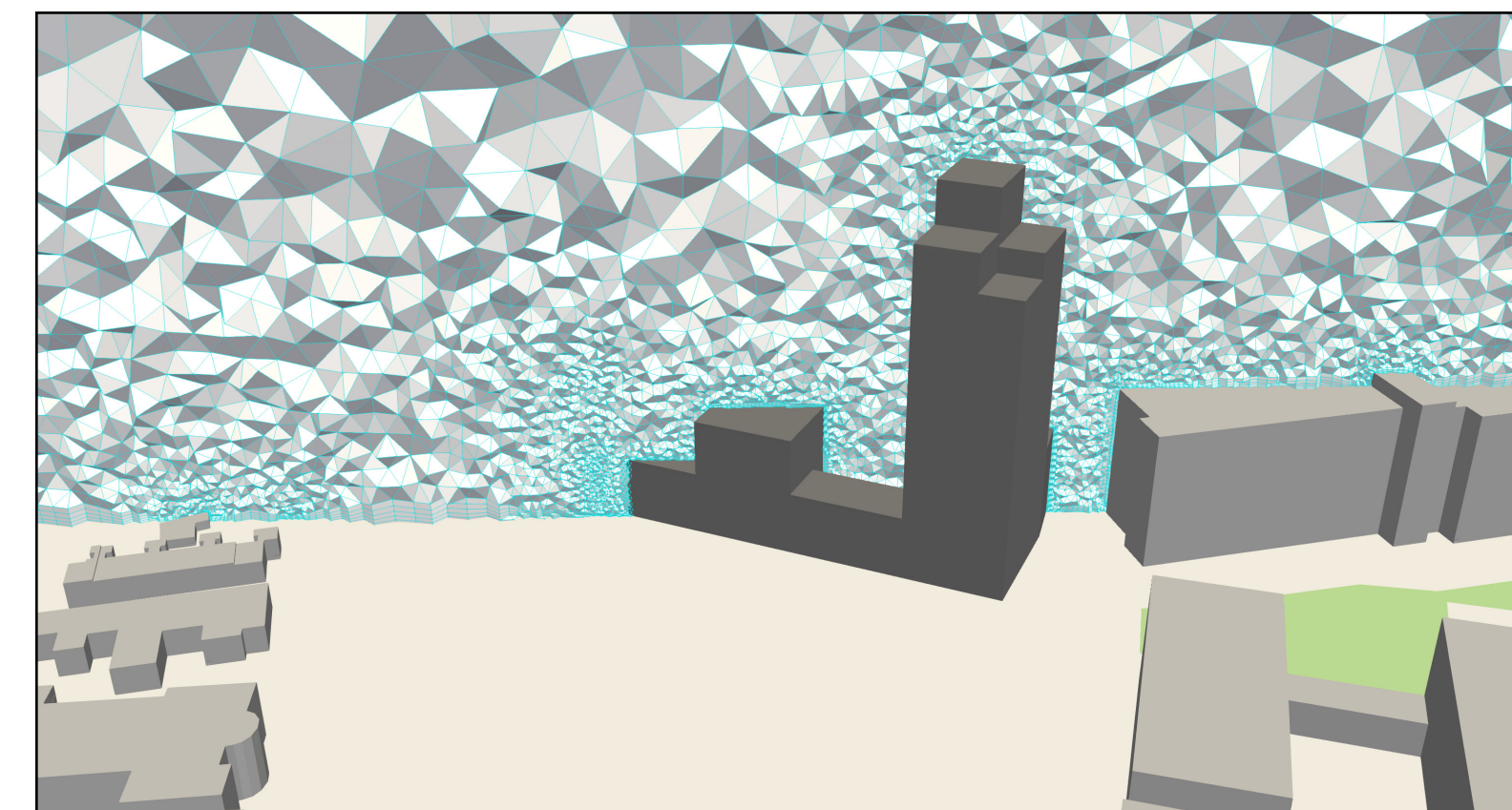
Ook de turbulente grootheden k en ω verlopen volgens een voorgeschreven profiel, zoals aangegeven in vergelijking 3.3 en vergelijking 3.4. Hierin heeft C_μ de waarde 0,09. Deze empirische constante komt voort uit het gebruikte turbulente model (k - ω SST).

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
van de eindsituatie

(a)
Overzicht



(b)
Close-up

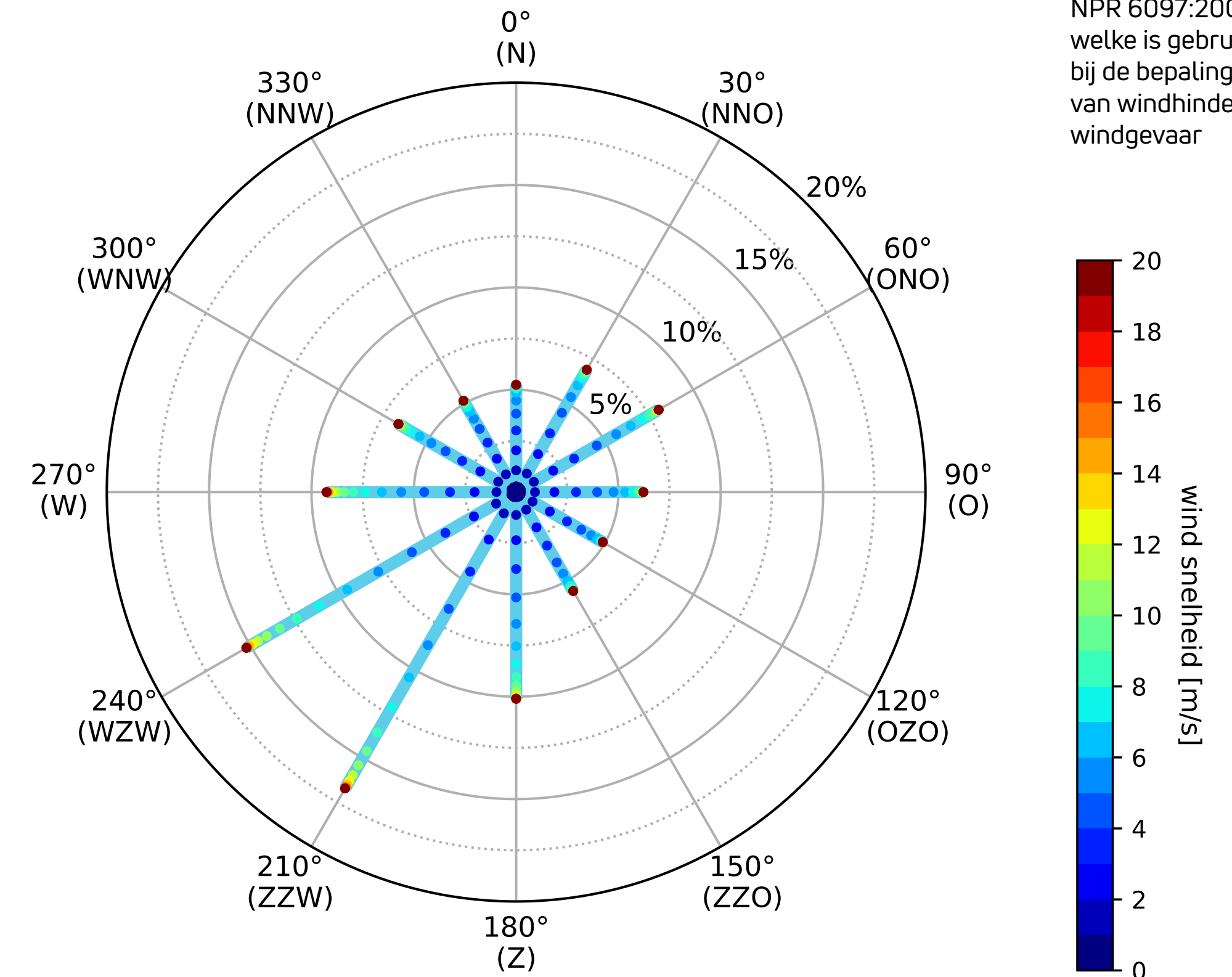
Vervolgens wordt de windstatistiek conform NPR 6097:2006 gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, zodat voor elke windsnelheid op een locatie een overschrijdingskans kan worden bepaald van verschillende windsnelheden. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste kwaliteitsklasse 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 conform
NPR 6097:2006
welke is gebruikt
bij de bepaling
van windhinder en
windgevaar

4 Analyse en aanbevelingen

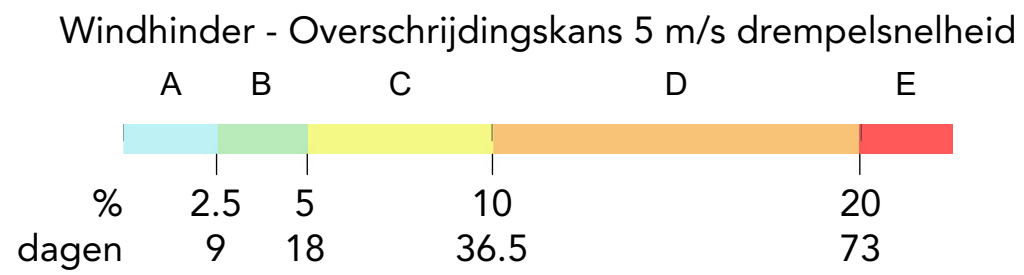
In deze sectie worden de resultaten voor windhinder (figuur 4.1) en windgevaar (figuur 4.2) ter plaatse van de openbare buitenruimte weergegeven conform NEN 8100:2006. Als richtwaarden voor de windhinderklassen wordt het volgende aangehouden:

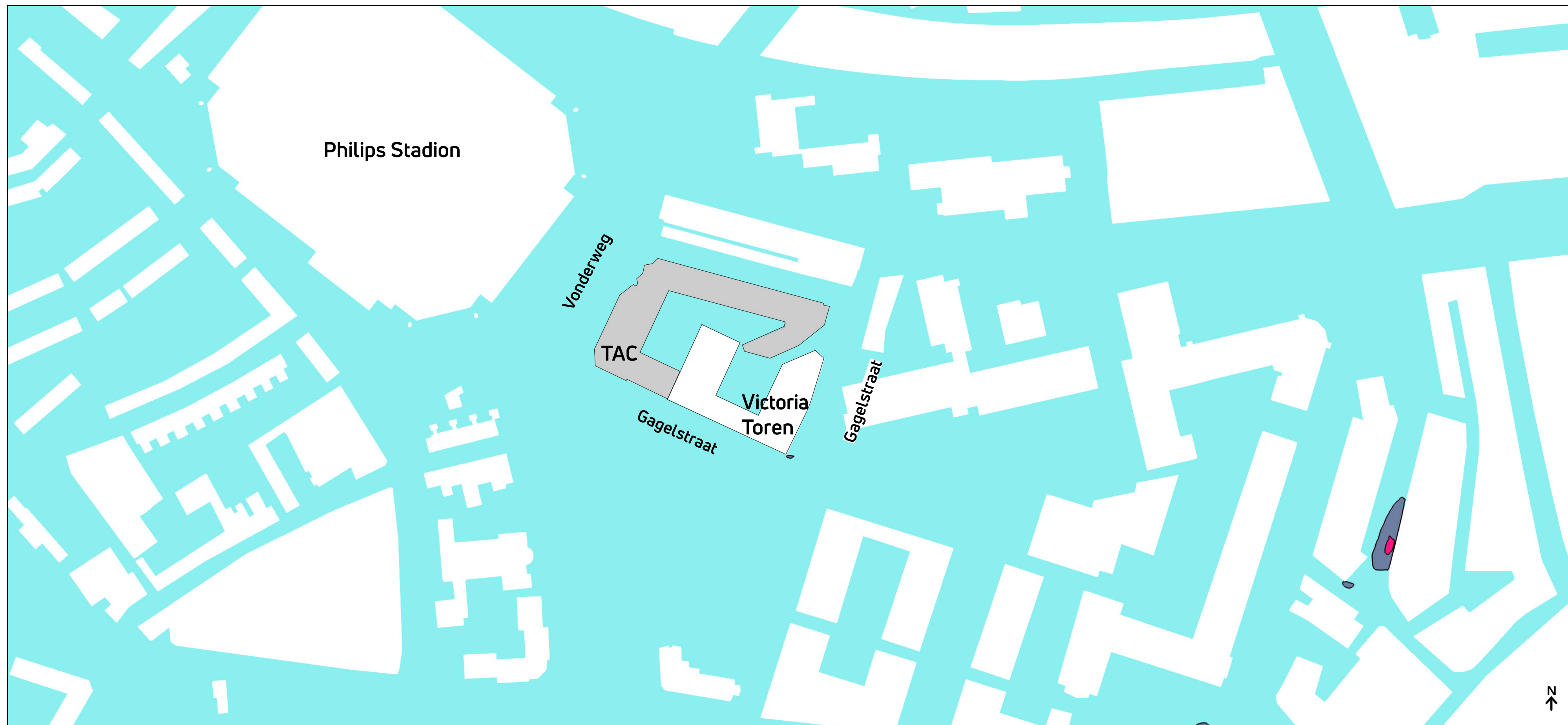
- Op voetpaden dient windhinder klasse A, B of C te zijn. Klasse D biedt een matig niveau en kan alleen onder voorwaarden worden toegestaan. Klasse E biedt een slecht niveau en dient vermeden te worden.
- Entreegebieden (zone tot ca. 2,5 m vanaf de toegangsdeur) dient windhinderklasse A of B te ondervinden (in relatie tot de bruikbaarheid van de deur). Hogere klassen bieden een slecht niveau en dienen vermeden te worden.
- Looppaden in het groen worden gezien als slentergebied en dienen windhinderklasse A of B te hebben. Klasse C biedt een matig niveau en kan alleen onder voorwaarden worden toegestaan. Klassen D en E bieden een slecht niveau en dienen vermeden te worden.
- Terrassen of een bankje in het park dient windhinderklasse A te ondervinden. Klasse B biedt een matig niveau en kan alleen onder voorwaarden worden toegestaan. Klassen C, D en E bieden een slecht niveau en dienen vermeden te worden.
- Op de rijweg en fietspaden gelden geen eisen.
- Windgevaar dient voorkomen te worden. Een beperkt risico kan lokaal geaccepteerd worden.

De resultaten laten zien dat er met name sprake is van windhinderklasse A aan de zuid- en noordzijdes van het project alsook in de binnentuin. Deze klasse A geeft een goed klimaat voor langdurig zitten en voor entrees. Aan de west- en oostzijden van Emmasingelkwadrant ontstaat een minder windklimaat waarbij met name klassen C en D worden gevonden. Voor de activiteit doorlopen bieden de zones met windhinderklasse C een goed klimaat, terwijl de zones met klasse D een matig klimaat bieden. Voor slenteren geldt dat windhinderklasse C een matig comfort en windhinderklasse D een slecht comfort biedt. Het windklimaat is grotendeels oncomfortabel voor langdurig zitten en het plaatsen van entrees, behalve in de zones met windhinderklassen A en B. Nabij de zuidoostelijke hoek van de Victoria Toren is een zeer klein, bijna verwaarloosbaar gebied met klasse E aanwezig. Alhier is er ook een beperkt risico op windgevaar aanwezig. In de verdere omgeving is er geen windgevaar en ook geen beperkt risico op windgevaar aanwezig.



Figuur 4.1:
Windhinder op
voetgangsniveau



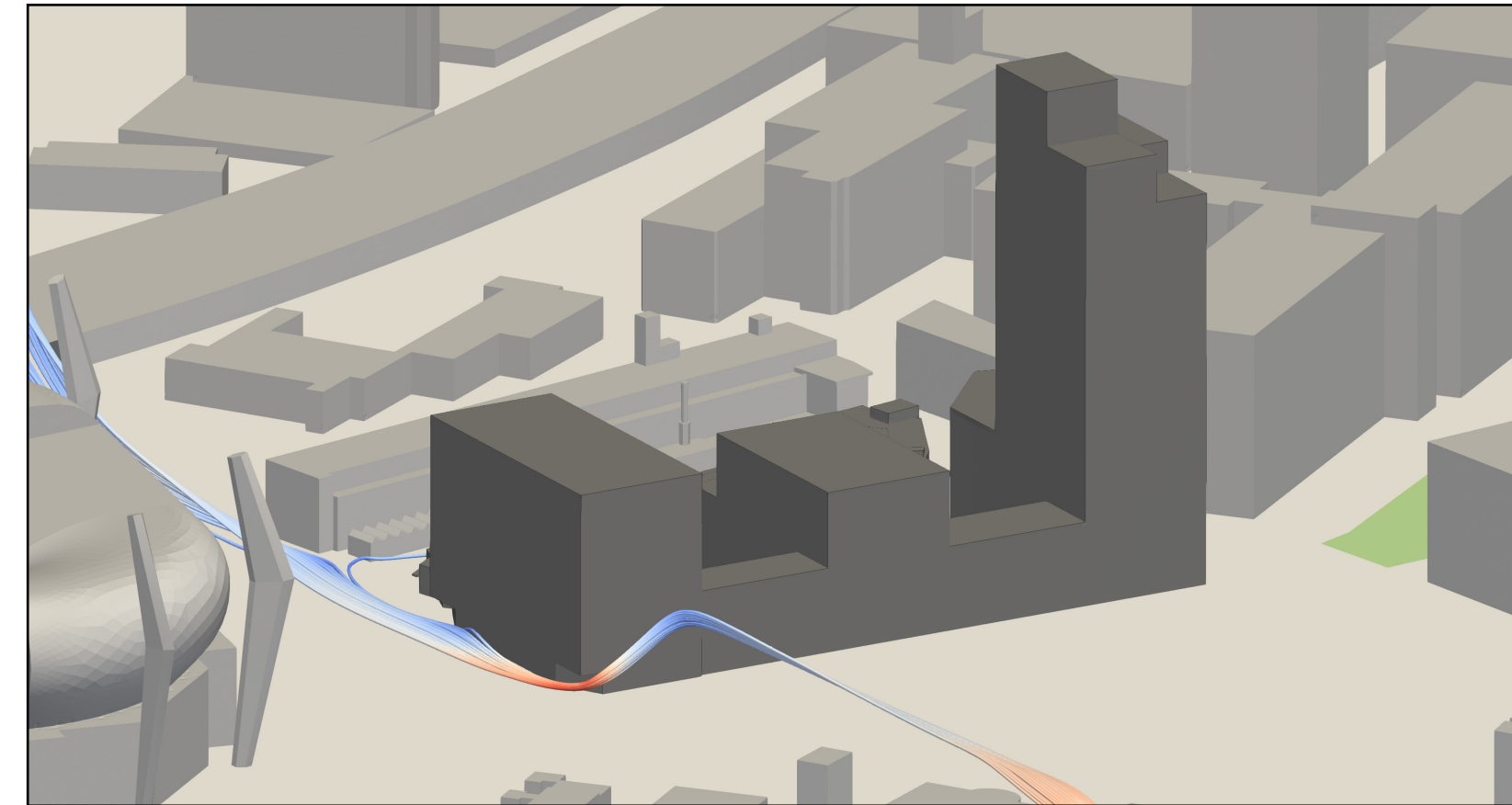


Figuur 4.2:
Windgevaar op
voetgangsniveau

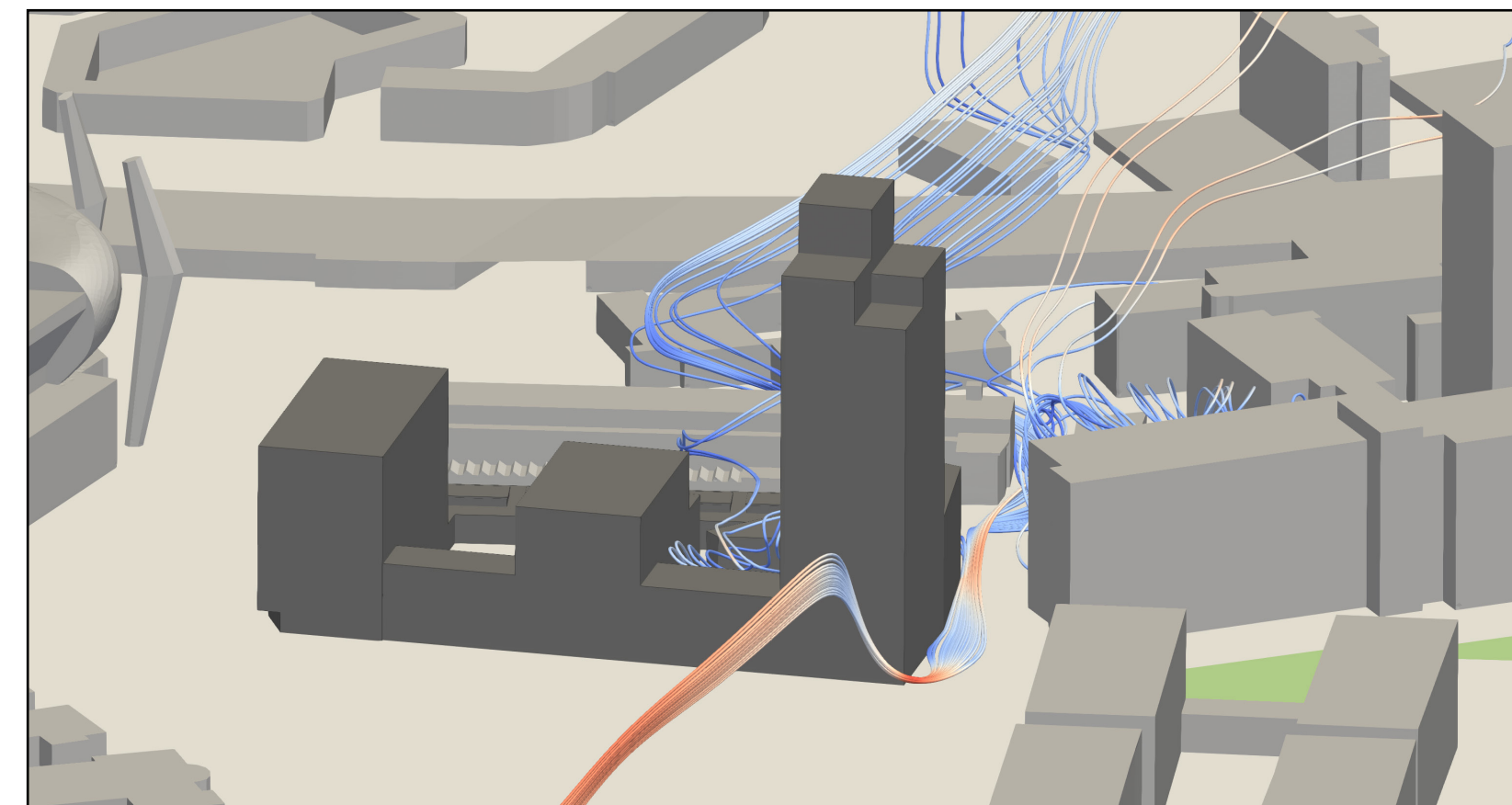


Uit de analyse van de bijdrage van elke individuele windrichting, zie bijlage B, valt op te maken dat met name wind uit het zuidzuidwesten en westzuidwesten een invloed op het lokale windklimaat hebben. Dientengevolge is voor deze windrichtingen de stroming rondom de gebouwen verder geanalyseerd middels stroomlijnen. In figuren 4.3 en 4.4 worden deze getoond voor de meest kritische locaties. De figuren laten zien dat er eerst sprake is van het downwash (valwind) effect en vervolgens van hoekstromen. De valwind leidt wind van hogere hoogte naar beneden en bij de hoeken versnelt deze. Dit is in figuur 4.3 te zien voor zuidzuidwesten wind aan de zuidgevel van het TAC gebouw. Ditzelfde effect is zichtbaar voor de oostzijde van de Victoria Toren, zoals zichtbaar in figuur 4.4.

In onderhavige rapportage wordt met name gekeken naar het windklimaat nabij het TAC gebouw. Dit betekent ook dat enkel adviezen worden uitgebracht om het windklimaat aan de westkant van het Emmasingelkwadrant te verbeteren. Zo zal het plaatsen van een luifel met een breedte van 2 tot 3,5 meter langs de zuidgevel en een gedeelte van de westgevel helpen om het klimaat tussen het Philips Stadion en TAC te verbeteren. Ook toevoegen van vegetatie tussen TAC en het stadion zal helpen.



Figuur 4.3:
Stroomlijnen aan de westkant van TAC bij de ZZW windrichting



Figuur 4.4:
Stroomlijnen aan de oostkant van Victoria Toren bij de ZZW windrichting

5 Conclusie

In onderhavige rapportage heeft [Actiflow](#) inzicht gegeven in het windklimaat van het projectgebouw TAC Emmasingelkwadrant te Eindhoven. De omgeving is hierbij gebaseerd op de huidige situatie.

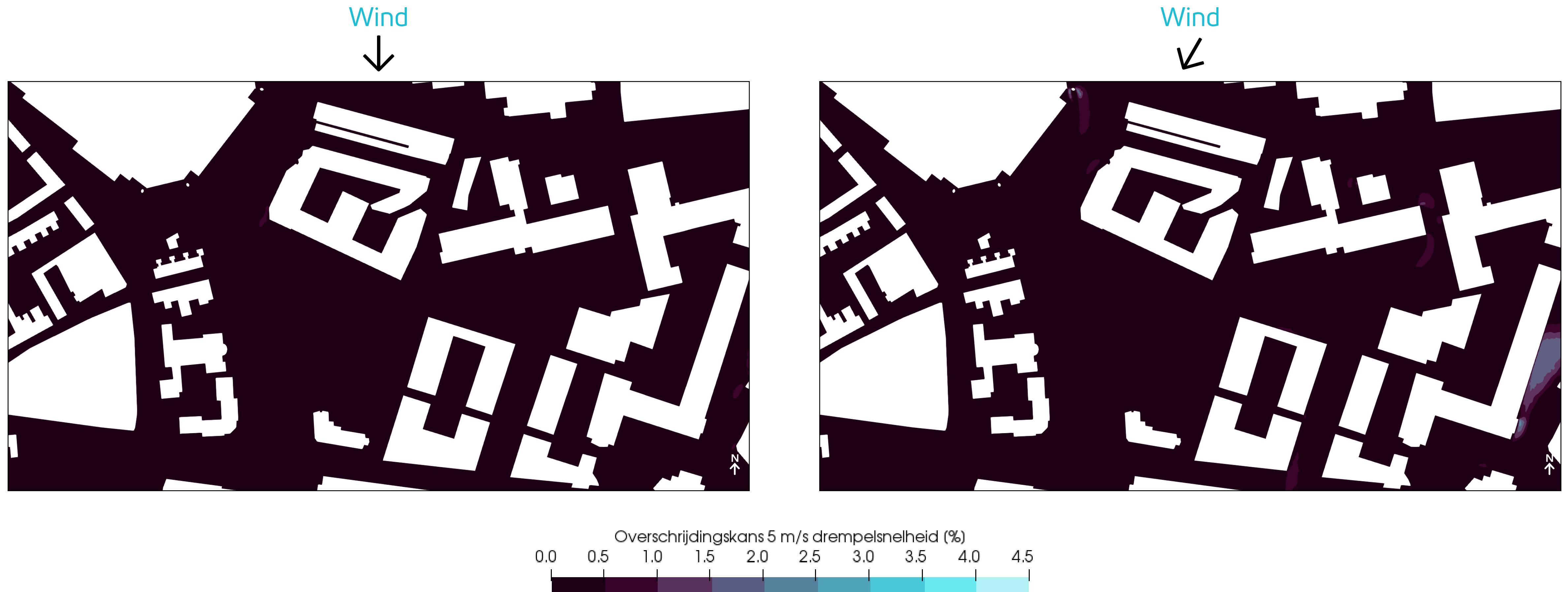
De resultaten laten zien dat er aan de noord- en zuidzijden van de nieuwbouw alsmede in de binnentuin voornamelijk windhinderklasse A aanwezig is. Aan de west- en oostzijden is een minder comfortabel klimaat aanwezig, met name windhinderklassen C en D. Er is geen windgevaar gevonden in dit gebied. Wel is er een kleine zone met beperkt risico op windgevaar gevonden bij de Victoria Toren. Het windklimaat in dit gebied is geschikt voor doorlopen.

Het windklimaat aan de westzijde van TAC kan worden verbeterd middels een luifel van 2 tot 3,5 m geplaatst aan de zuidgevel en ten dele aan de westgevel van de nieuwbouw. Ook het toevoegen van vegetatie tussen de nieuwbouw en het Philips Stadion zal bijdragen aan een beter windklimaat.

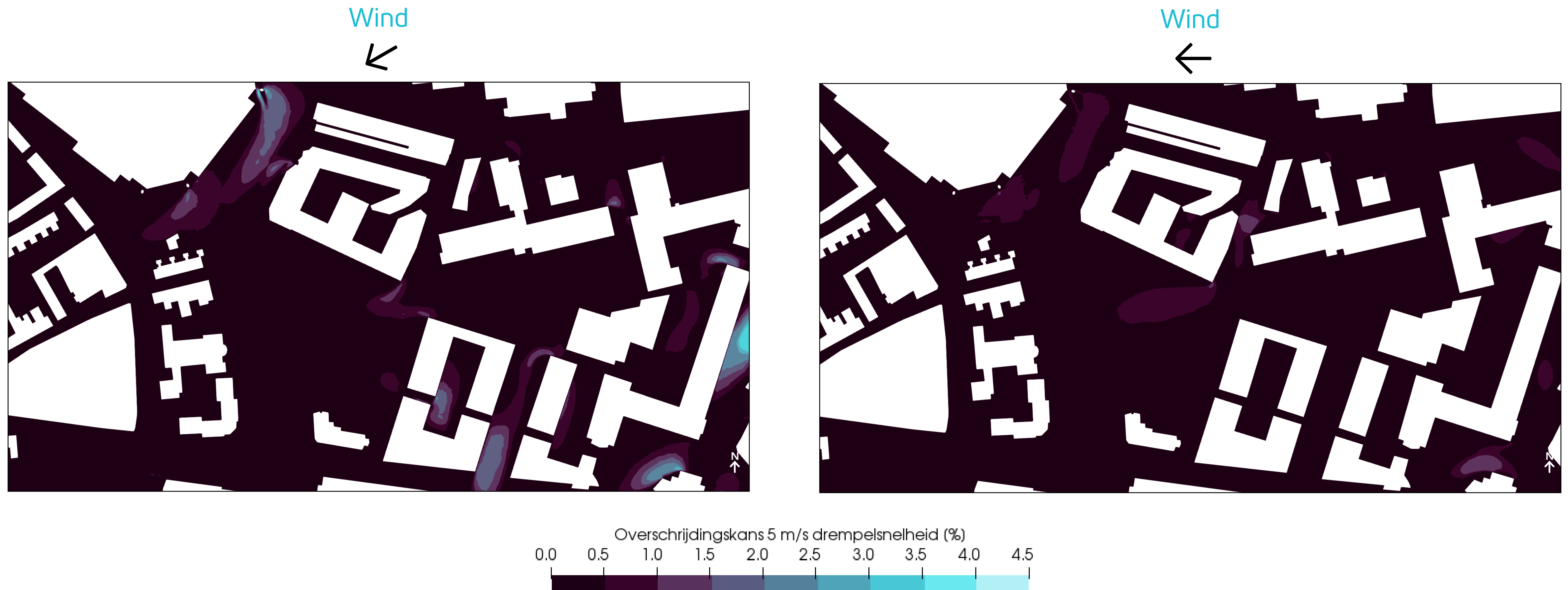
Project	Projectgegevens
Projectnaam	TAC - Emmasingelkwadrant te Eindhoven
Opdrachtgever	Gemeente Eindhoven
Projectleider	
Datum	27/07/2021
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen 300 m rond kerngebied
Kerngebied	Nieuwe gebouwen
Omgeving	Relevante bebouwing, deel van Eindhoven
Afmetingen model	Rond met straal 1500 m en hoogte 500 m
Blokkeringsgraad	maximaal 3%
Gemodelleerd groen	geen
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	12
Onderzochte configuraties	Windhinder en windgevaar voor twee toekomstige situaties
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM (eindige volume methode) ☐ FEM (eindige elementen methode) ☐ anders Programmatuur: OpenFOAM Versie: 18.12
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: tetraëders met prismalaag 30 659 455 cellen
Turbulentiemodellering	k-omega-SST
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: linearUpwindV cellLimited Gauss linear 0.5 Turbulente grootheden: upwind Scalaire variabelen: n.v.t.

Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden
Instroomprofiel	Logaritmische atmosferische grenslaag
Uitlaat	Druk-uitlaat
Boven-/Zijwanden	Slip-wanden
Vloer/bodem	No-slip, lokale ruwheid
Overige	No-slip, lokale ruwheid
Gegevensverwerking en -beoordeling	informatie voor locatie en berekening windklimaat
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X: 160733Y: 383422
Gepresenteerde resultaten	Windhindercontouren en klassenindeling, windgevaarcontouren
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang	

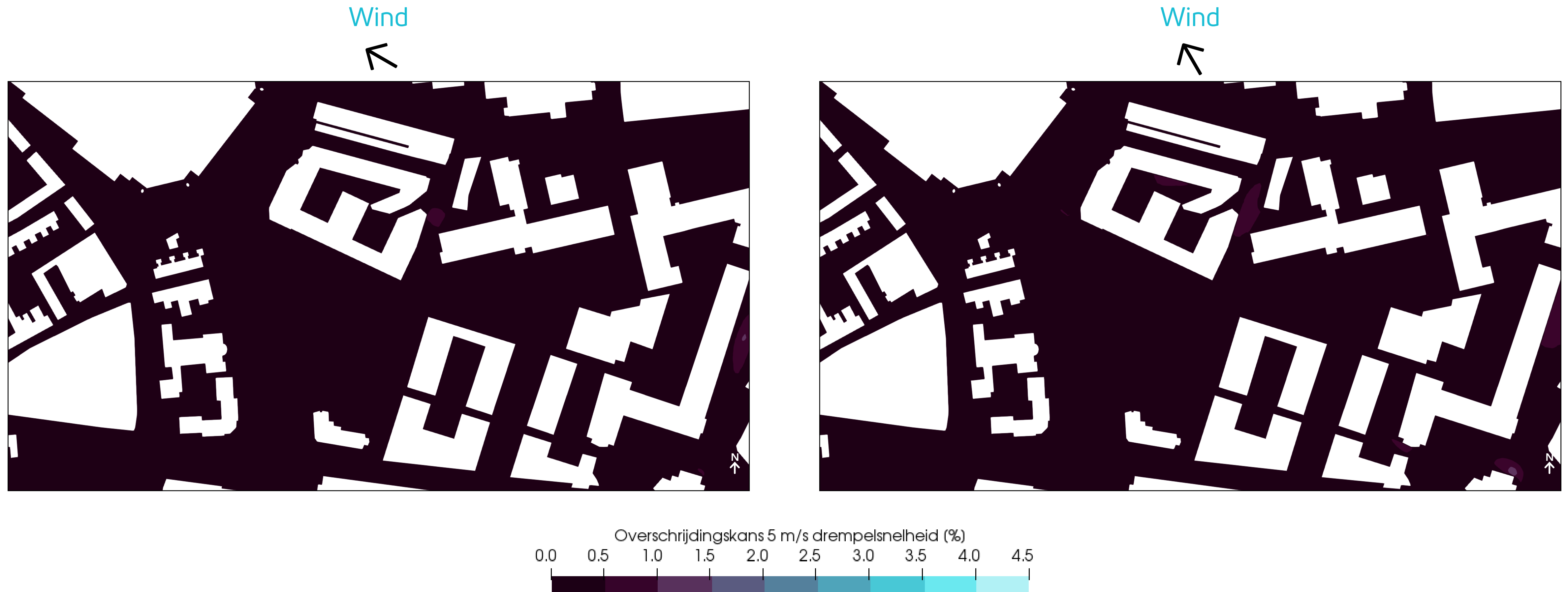
B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



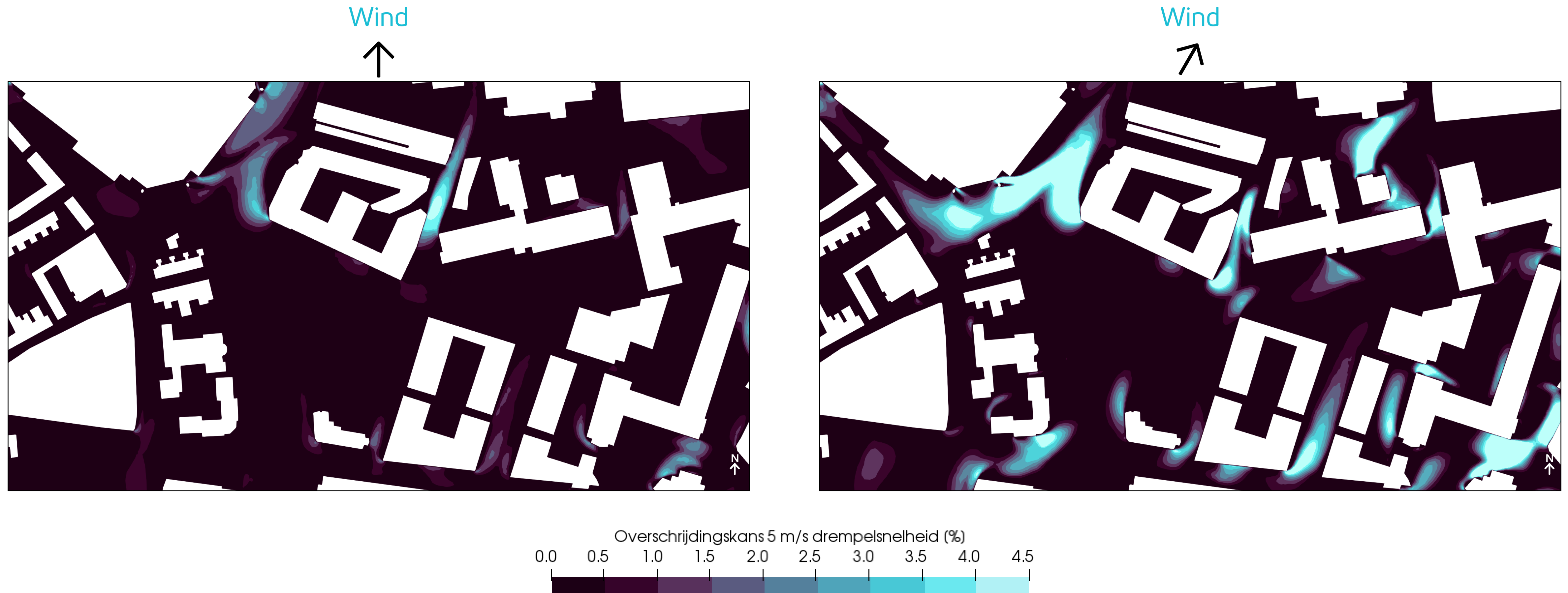
B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



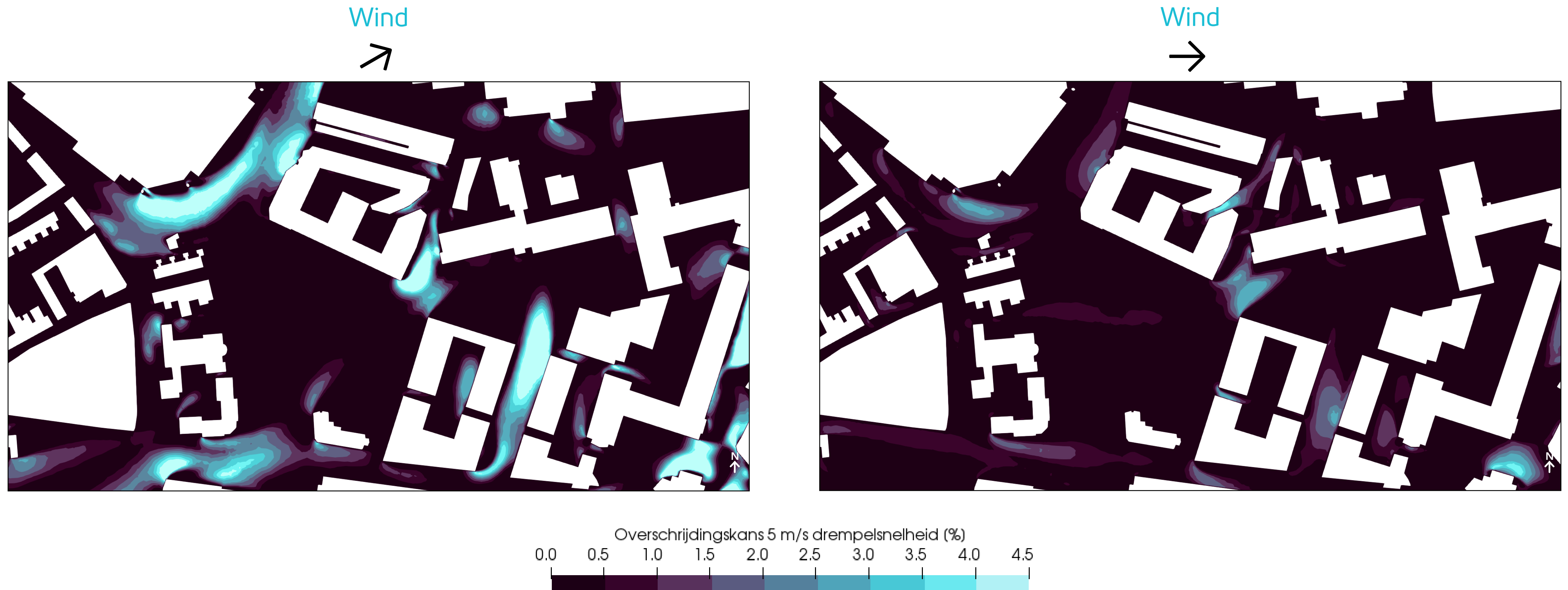
B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



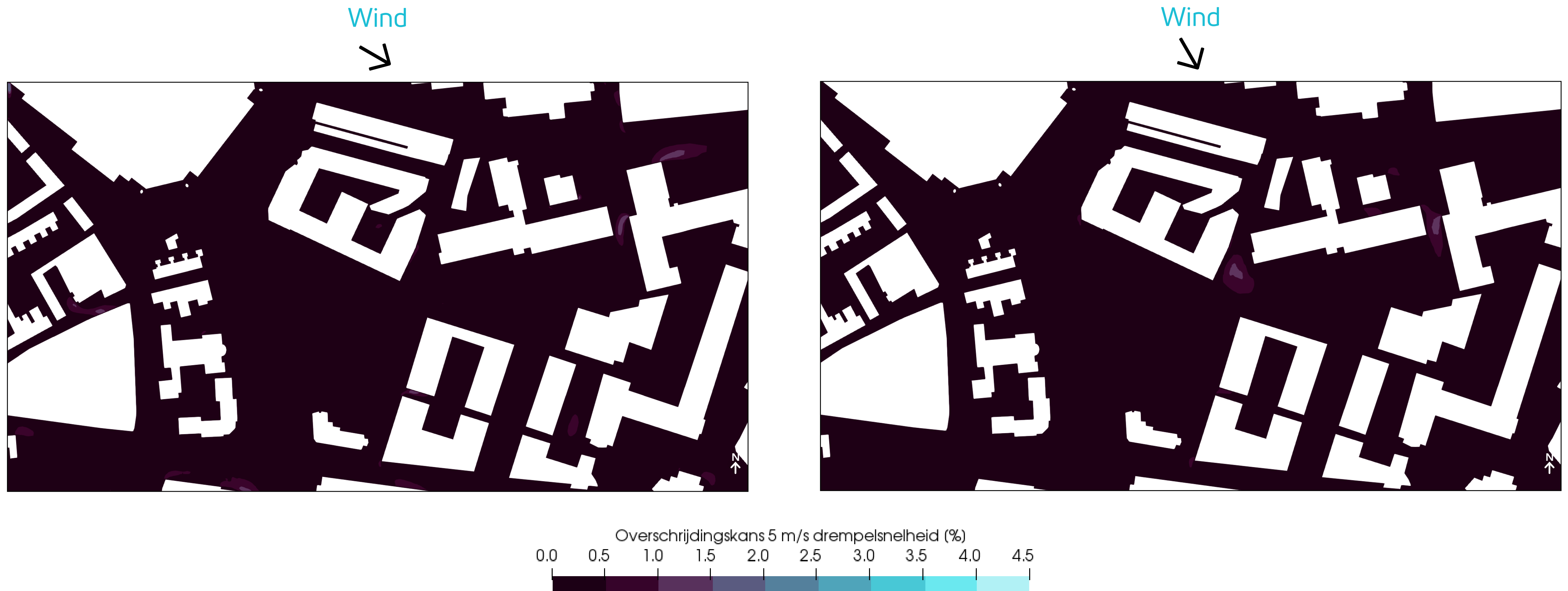
B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen





Actiflow BV
Tramsingel 1,
4814 AB Breda
+31 (0)76 5422 220
contact@actiflow.com
www.actiflow.nl