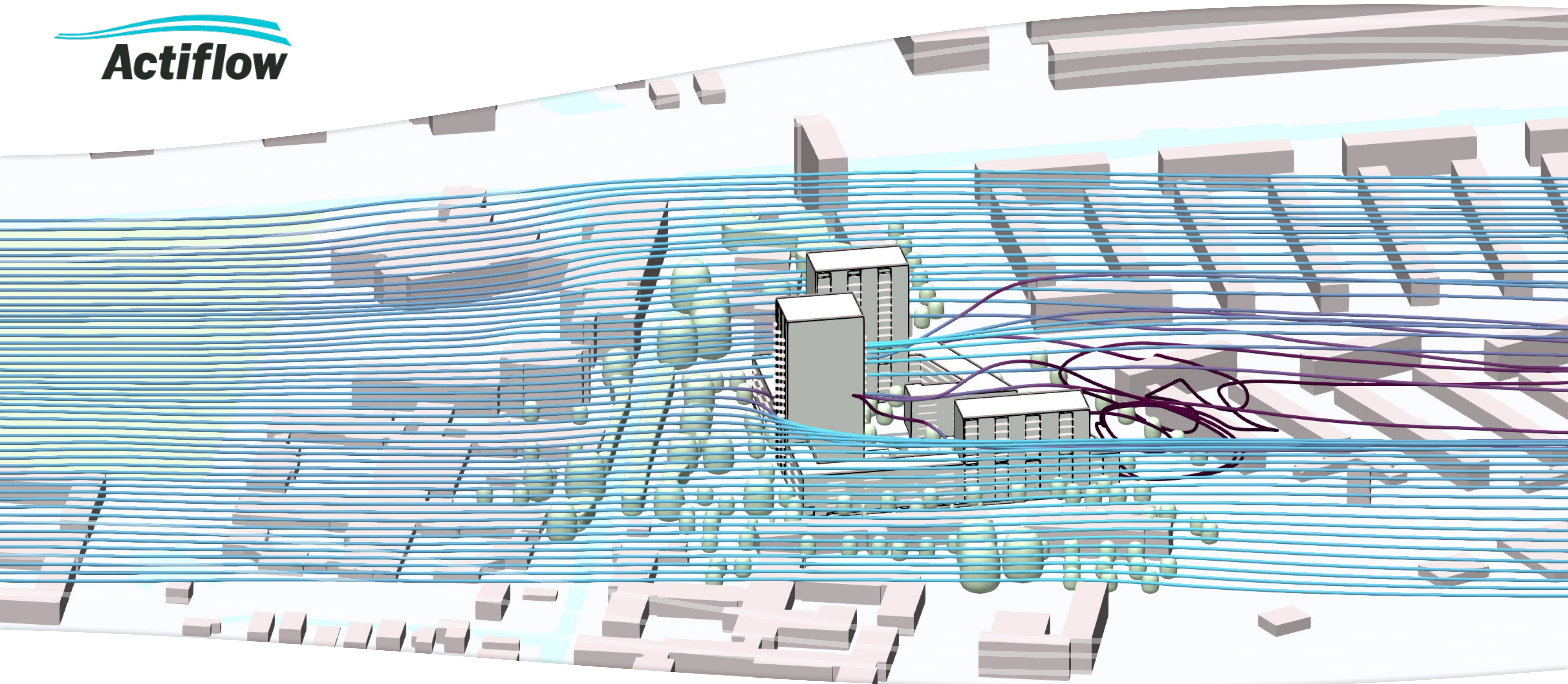




De Schaloen te Den Haag

CFD-studie windhinder en windgevaar

Auteur(s): ir. Samy lousef
Contrôleur(s): ir. Roland Broers,
ir. Shirin Masoudi
Datum: 31 december 2020

AFR - 8001
Versie 4.0
©2020 Actiflow BV

Inhoudsopgave

1 Introductie

2 Normstelling

 2.1 NEN 8100:2006

 2.2 Haags Beleid

3 Opzet van de berekening

 3.1 Software

 3.2 Geometrie en rekenrooster

 3.3 Aannames en randvoorwaarden

4 Resultaten

5 Conclusies

A Inlegvel NEN 8100:2006

B Resultaten per seizoen

C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele wind-
 richtingen

1 Introductie

Dit rapport omvat de uitgangspunten, resultaten en conclusies betreffende een windstudie uitgevoerd door **Actiflow** in relatie tot het project 'De Schaloen' te Den Haag.

De nieuwbouw is gelegen in de wijk Moerwijk tussen de Cannenburglaan, de Hillenraadweg, de Lichtenbergweg en de Loevesteinlaan en wordt doorkruist door de Schaloenstraat. Deze laatste straat vormt ook grofweg de scheiding tussen Fase 1 en Fase 2 van het project.

In de huidige situatie zijn er woongebouwen aanwezig op het kavel tot een hoogte van 3 bouwlagen. In de nieuwe situatie wordt dit vervangen door 2 U-vormige gebouwen met hoogte-accenten tot maximaal 21 bouwlagen. Het inpassen van deze nieuwe volumes zal leiden tot een wijziging van het windklimaat. Het is hierbij de vraag of er na realisatie van de nieuwbouw een acceptabel windklimaat zal zijn.

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'.

De vegetatie heeft met name een positief effect in de lente en zomer wanneer de bomen bladdragend zijn. Om dit effect correct mee te nemen is zowel de herfst/winter als de lente/zomer situatie beschouwd. Vervolgens is het gemiddelde bepaald om zo een correct beeld van het gehele jaar te verkrijgen.

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.



Figuur 1.1:
Impressie van de
de bestaande situatie
met de nieuwbouw-
locatie in blauw
(bron: GoogleMaps)



2 Normstelling

2.1 NEN 8100:2006

De normstelling betreffende het windklimaat in de openbare ruimte vindt haar oorsprong in 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>

2.2 Haags Beleid

NEN8100:2006 geeft richtlijnen omtrent het bepalen van het niveau van windhinder en windgevaar en de classificering en beleving die hieruit voortkomt. Het geeft echter geen eisen betreffende het al dan niet acceptabel zijn van een situatie. De Gemeente Den Haag heeft hier echter prestatie-eisen voor vastgelegd in de 'actualisering van de normen ten aanzien van bezonning en windhinder' d.d. 9 februari 2010.

Het Haags Beleid vermeld:

- Als ondergrens moet minimaal een 'matig' (zoals gekwalificeerd in NEN 8100:2006) windklimaat worden nagestreefd. Een 'slecht' windklimaat wordt slechts bij hoge uitzondering en onder nadere voorwaarden toegestaan.
- Bij windgevaar worden twee kwalificaties gegeven: 'beperkt risico' en 'gevaarlijk'. Het spreekt voor zich dat de kwalificatie 'gevaarlijk' in beginsel moet worden voorkomen.

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.

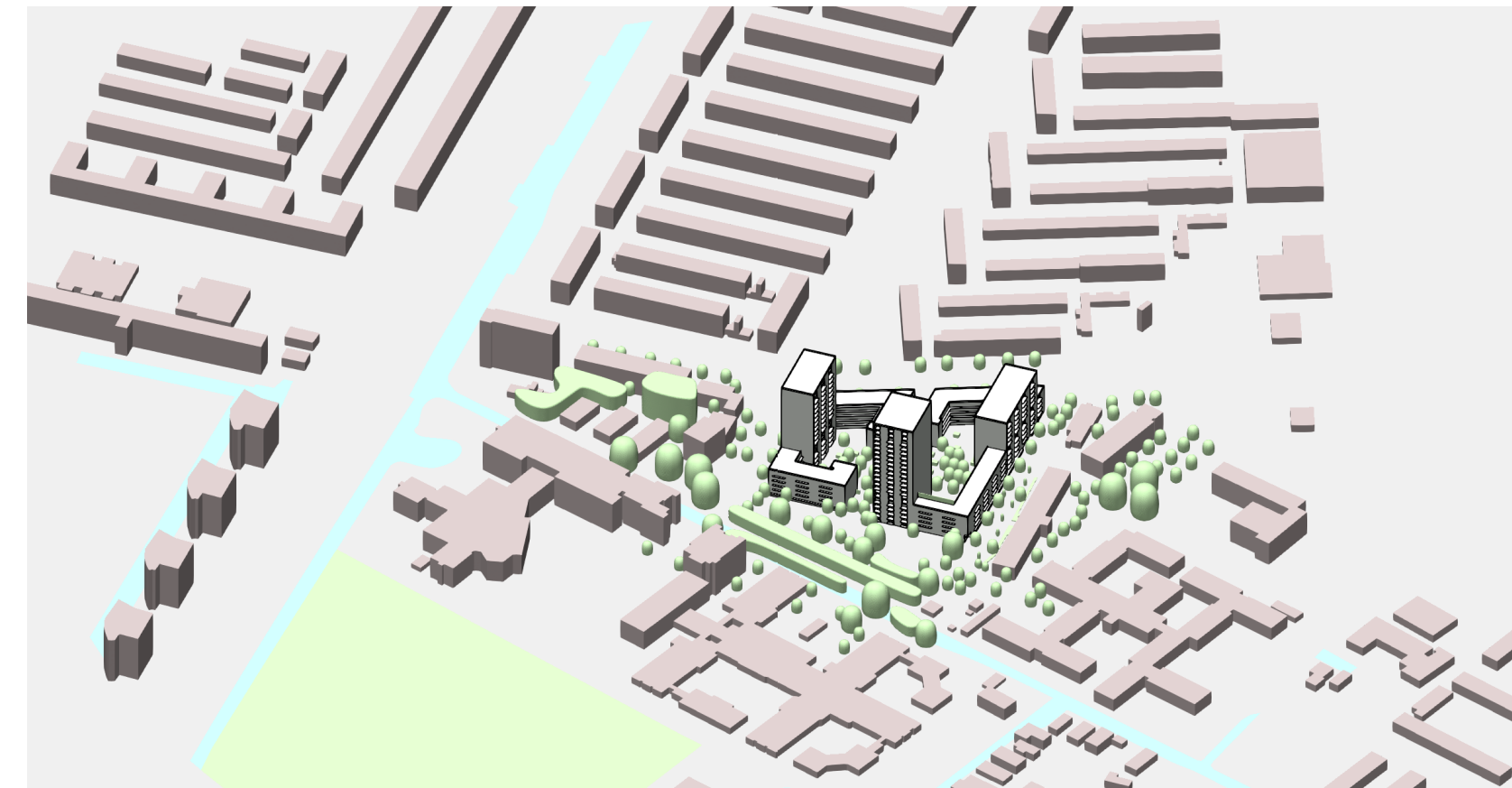
3.1 Software

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- 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 figuren 3.1 en 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 conform NPR 6097:2006.



Figuur 3.1:
Impressie van het model

(a)
Overzicht model



(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 de te bestuderen situatie. Dit rooster bestaat uit 61 275 054 cellen inclusief vegetatie. In figuur 3.2 is een weergave van dit rekenrooster te zien. 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.

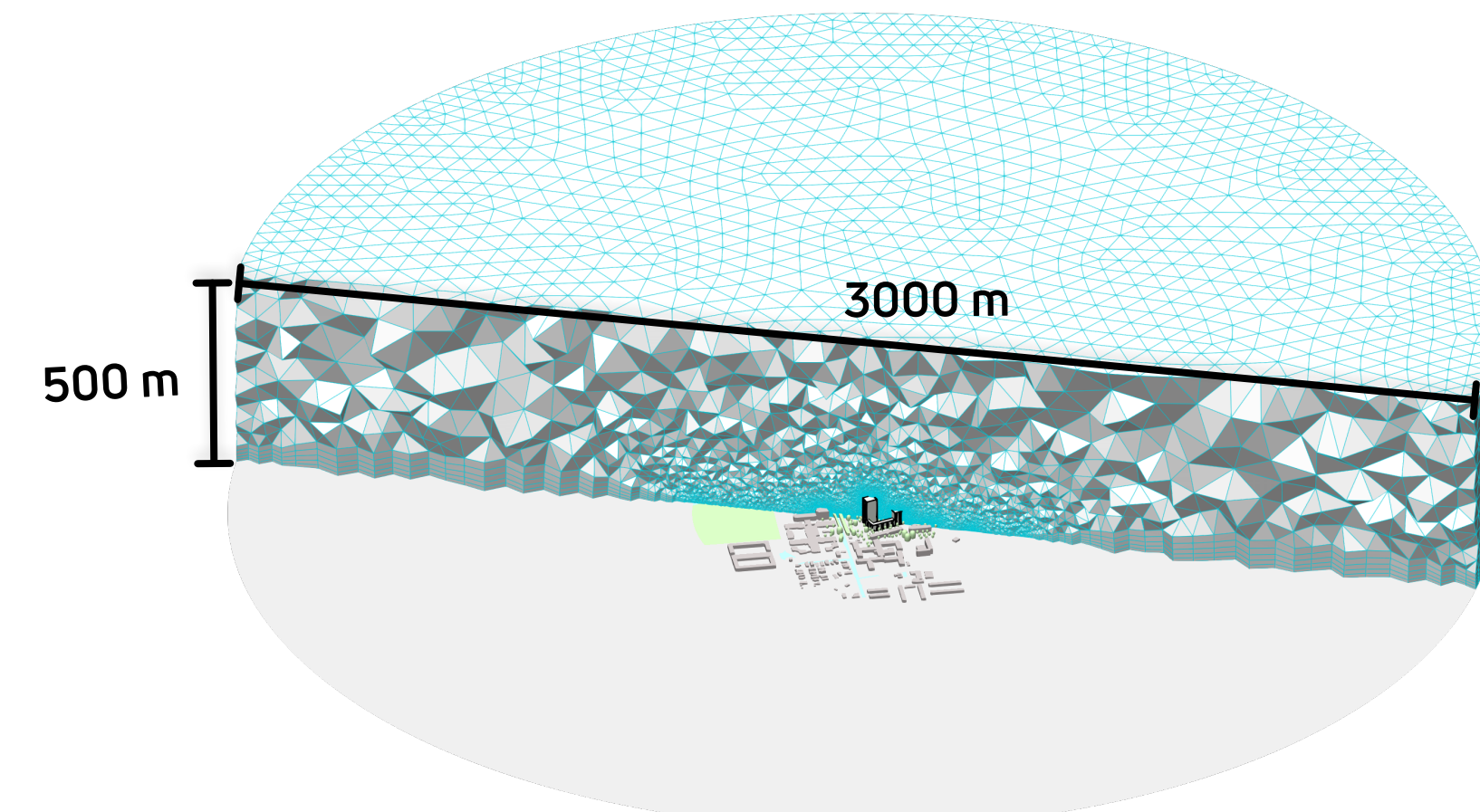
3.3 Aannames en randvoorwaarden

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 (z_{ground}), en z_0 een ruwheidslengte. De ruwheidslengte is een maat voor de ruwheid van het terrein. Verder geldt dat $\kappa = 0,41$.

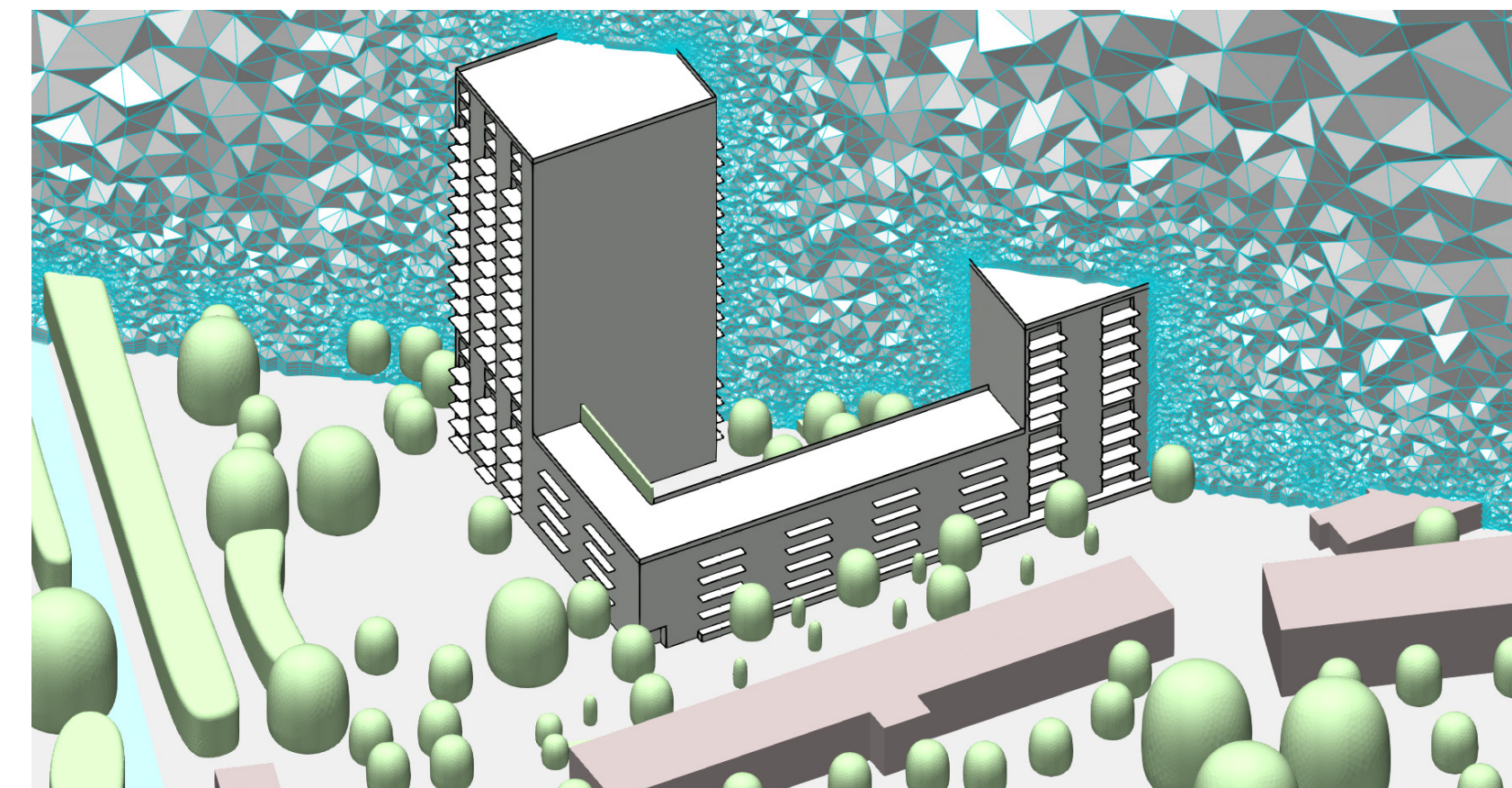
Ook de turbulente grootheden k en ω verlopen volgens een voorgeschreven profiel, zoals aangegeven in vergelijking 3.3 en vergelijking 3.4. Hierin heeft C_μ de waarde 0,09. Deze empirische constante komt voort uit het gebruikte turbulente model (k - ω SST).

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)
Doorsnede van het
rekengrid



(b)
Doorsnede van het
rekengrid - ingezoomd

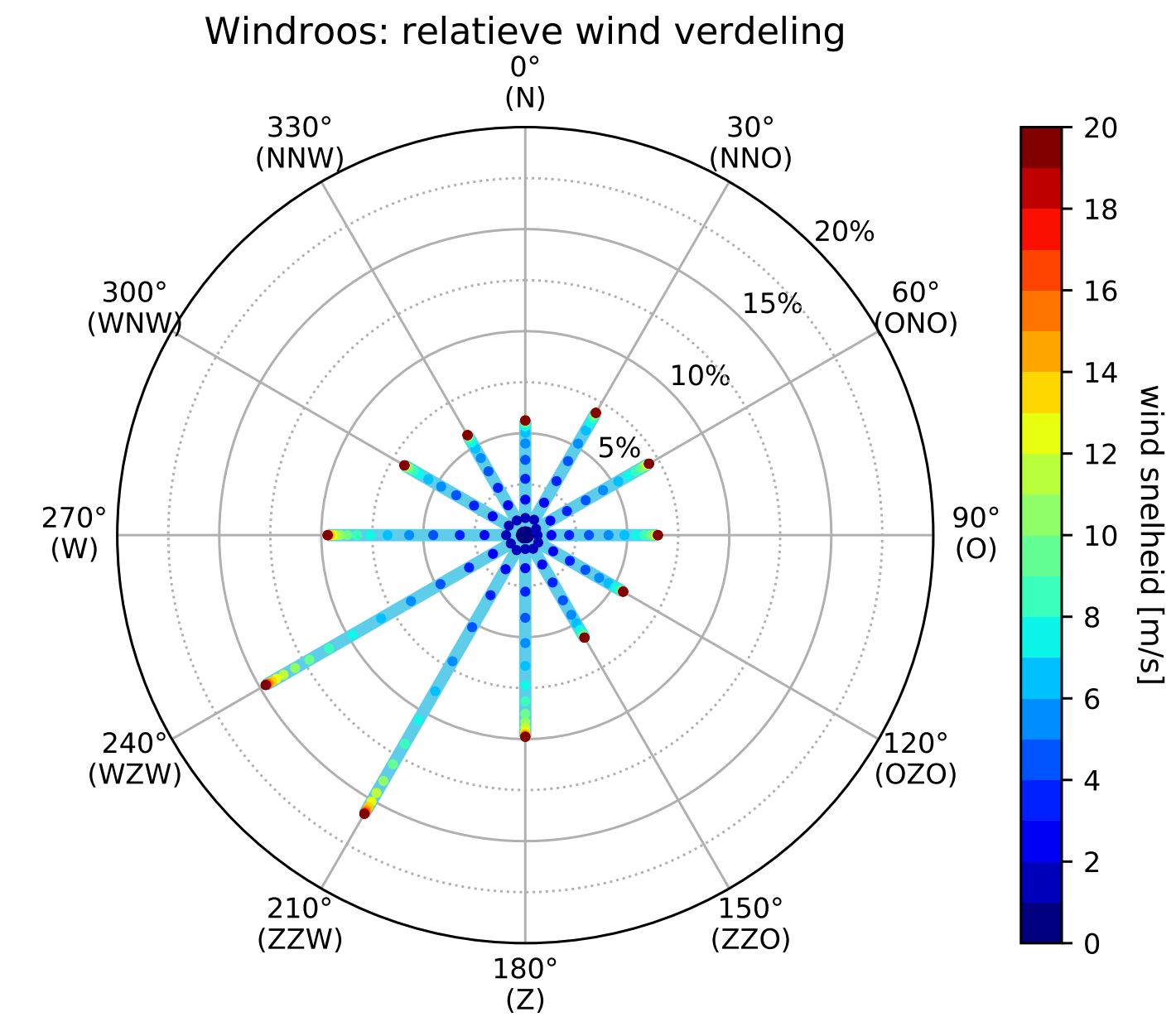
Vervolgens wordt de windstatistiek gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, zodat voor elke windsnelheid op een locatie een overschrijdingskans kan worden bepaald van verschillende windsnelheden. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste kwaliteitsklasse om te bepalen 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 3.4.

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

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

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

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



Figuur 3.4: Visualisatie van de windstatistiek welke is gebruikt bij de bepaling van windhinder en windgevaar.

4 Resultaten

Windhinder en windgevaar

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. Onderstaand wordt dit windklimaat nader beschreven.

Hierbij gelden op basis van de normstelling de volgende richtwaarden:

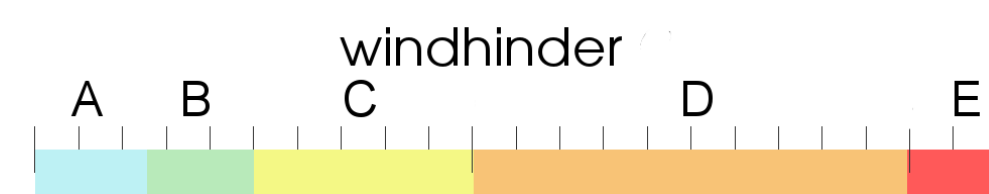
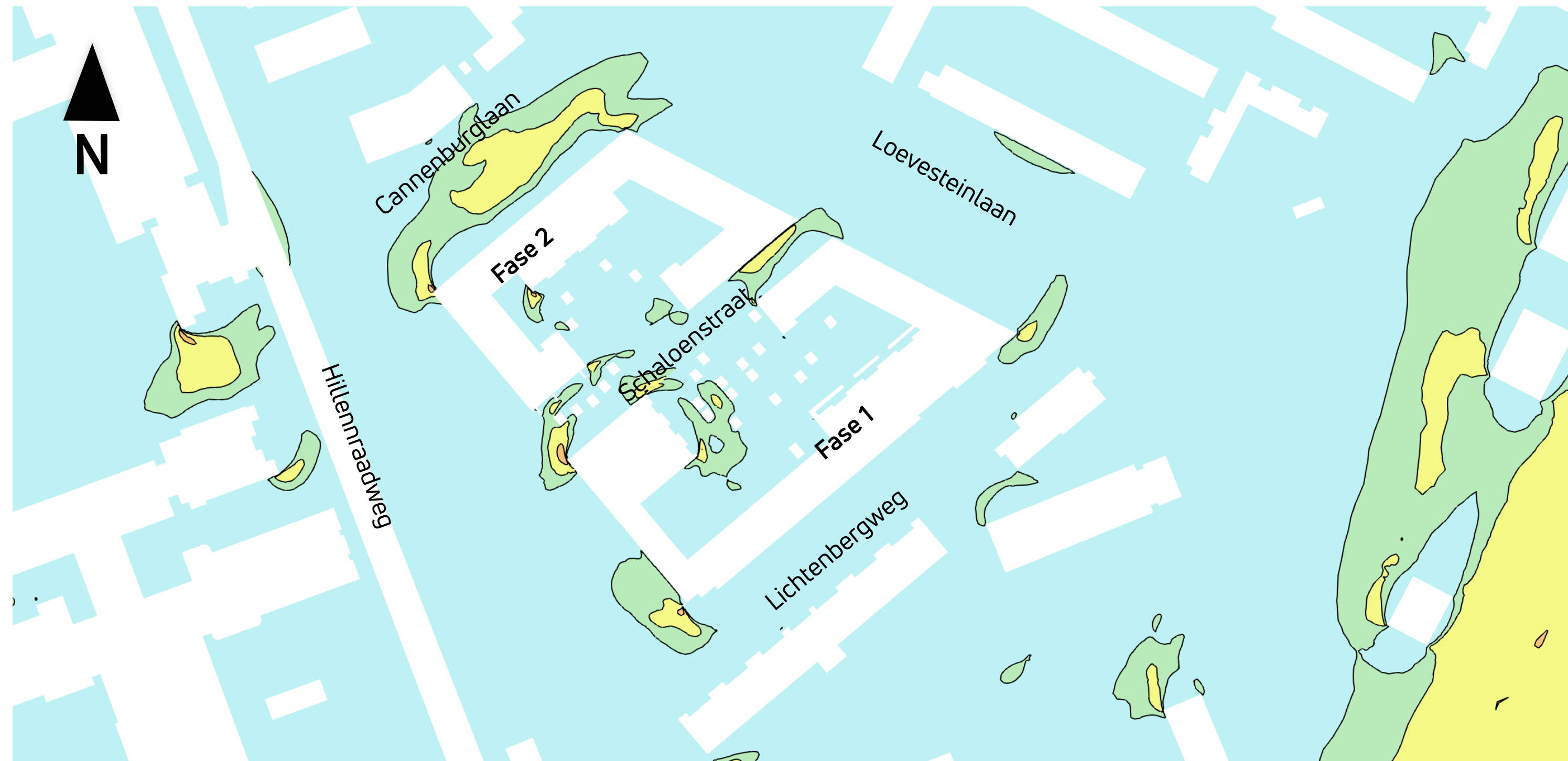
- Locaties met voor voetgangers louter een verkeersfunctie en geen verblijfsfunctie worden beoordeeld als activiteit 'doorlopen'. Hier dient windhinder bij voorkeur klasse A, B of C te zijn. Klasse D biedt een matig niveau, maar kan geaccepteerd worden. Klasse E biedt een slecht niveau en dient vermeden te worden.
- Locaties die gezien kunnen worden als verblijfsgebied voor voetgangers, zoals een winkelpromenade worden beoordeeld als activiteit 'slenteren'. Hier dient windhinder bij voorkeur klasse A of B te zijn. Klasse C biedt een matig niveau, maar kan geaccepteerd worden. Klassen D en E bieden een slecht niveau en dienen op deze locaties vermeden te worden.
- Ter plaatse van gebouwentrees dient tot een afstand van ca. 2,5 m vanaf de deur klasse A of B behaald te worden in relatie tot de bruikbaarheid van de deur. Overige klassen dienen op deze locaties vermeden te worden.
- Windgevaar dient bij voorkeur voorkomen te worden. Een beperkt risico kan lokaal geaccepteerd worden.

De resultaten voor windhinder zijn in figuur 4.1 getoond. Hieruit kan het volgende worden opgemaakt:

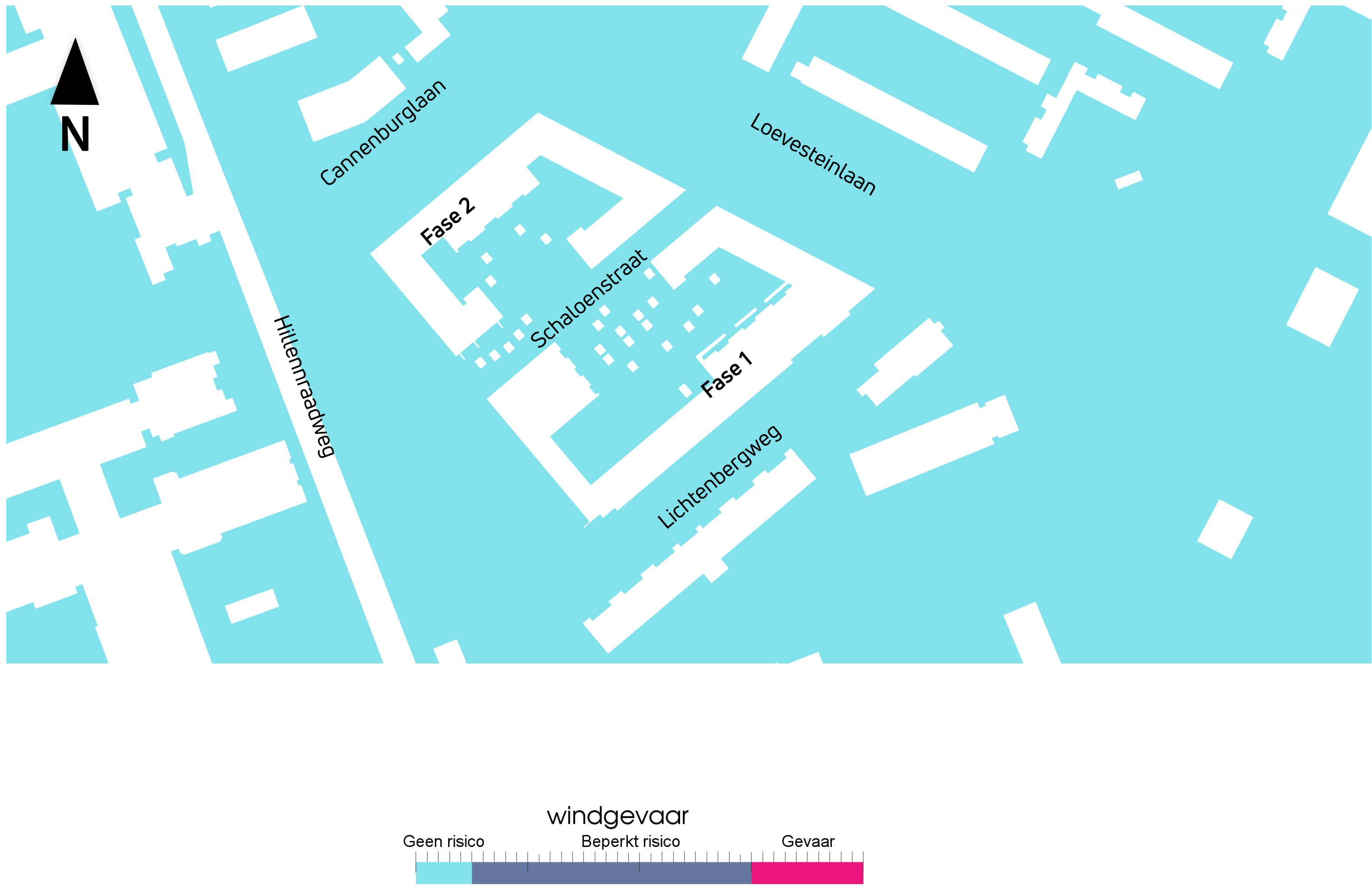
- De resultaten laten zien dat er sprake is van een relatief luw windklimaat rondom de nieuwbouw. Aan de Loevesteinlaan, Lichtenbergweg en Hillennraadweg is het effect van het bouwvolume op het lokale windklimaat beperkt. In dit geval, is veelal een comfortabel windklimaat aanwezig met windhinderklassen A/B en enkele C-regio's. Dit is acceptabel en in lijn met het Haags beleid.
- Aan het Cannenburglaan heeft de nieuwbouw een meer prominent effect op het windklimaat. Hier ontstaat een meer gevarieerd windklimaat met windhinderklassen A, B en C. Hier is duidelijk de invloed te zien van de maatgevende zuidwestelijke windrichtingen, zie bijlage C. Deze zorgen voor versnelling vanaf de zuidwestgevel in de Cannenburglaan.
- Aan de Schaloenstraat is een kleine C/D-regio rondom de zuidwestgevel van Fase 1 aanwezig. Ook hier hebben de zuidwestelijke windrichtingen een belangrijke rol. De bomen/struiken hebben een positief effect op het voetpad.
- De binnentuinen van beide Fase 1 en 2 kennen maximaal windhinderklasse C, evenals omvangrijke zones met windhinderklasse A en B. Dit is acceptabel en in lijn met het Haags beleid.
- De entreegebieden van de nieuwbouw zijn gelegen in gebieden met windhinderklasse A of B. Dit is acceptabel en in lijn met het Haags beleid.

Er is rondom de nieuwbouw geen risico op windgevaar aanwezig, zie figuur 4.2. Dit is acceptabel en in lijn met het Haags beleid.

Figuur 4.1:
Windhinder op voetgangersniveau

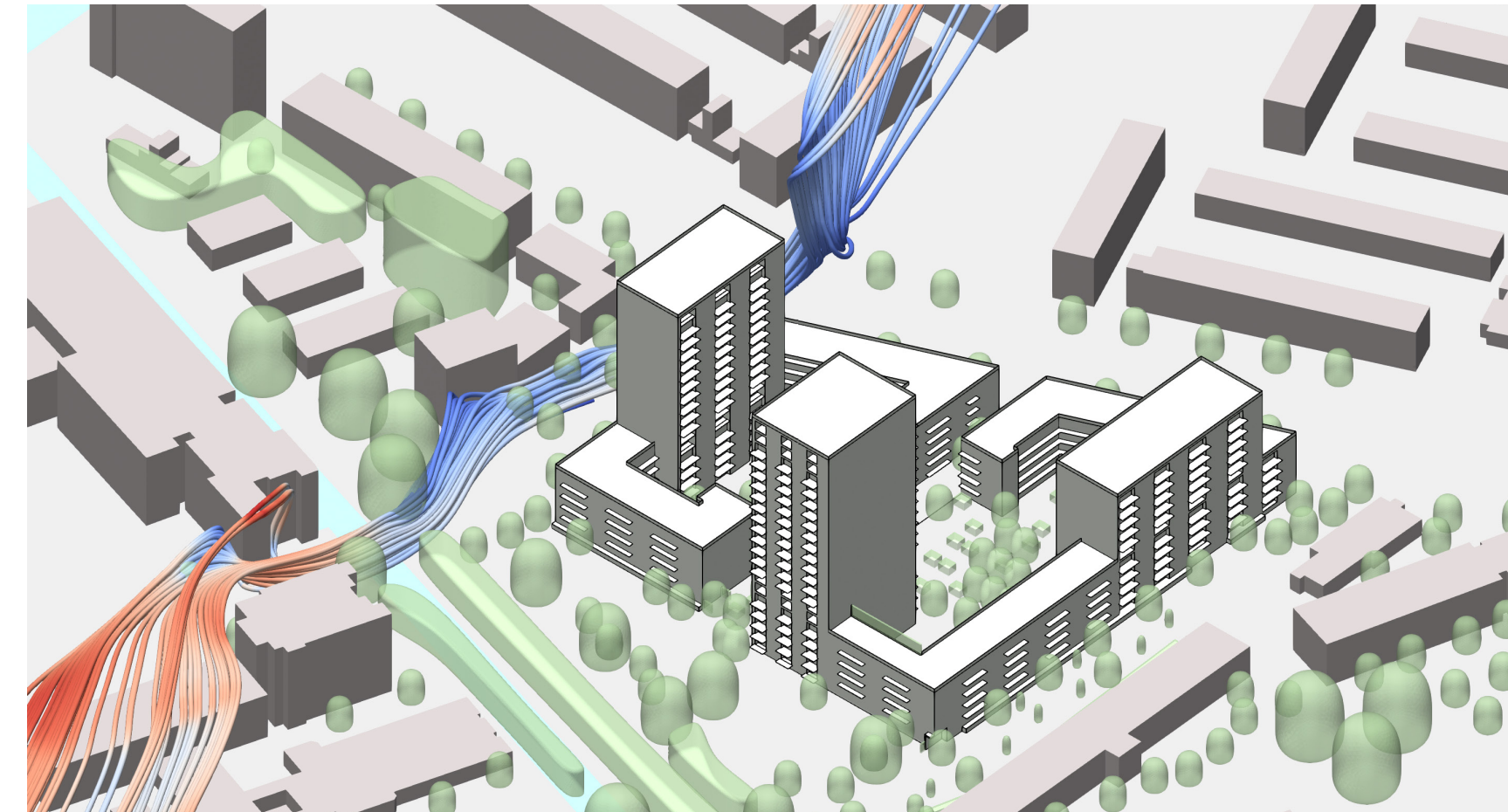


Figuur 4.2:
Windgevaar op voetgangersniveau



In de omgeving van de nieuwbouw zijn twee aandachtspunten:

- De entree van het bestaande appartementengebouw aan de Lichtenbergweg. Hier is een luw windklimaat met voornamelijk windhinderklasse A gevonden. De gemodelleerde setback van de entree, de luifel boven de entree en de vegetatie rondom het gebouw creëren een comfortabel windklimaat.
- De entree van het bestaande appartementengebouw aan de Cannenburglaan 261-273. Hier treedt windhinderklassen A en B op. De stroming richting deze locatie is verder met stroomlijnen uitgewerkt in figuur 4.3. Stroomlijnen geven het pad aan dat de wind volgt wanneer het langs de verschillende obstakels stroomt. In dit geval zien we dat de wind vanuit de maatgevende windrichting zuid-zuidwest relatief horizontaal aanstroomt.



Figuur 4.3:
Stroomlijnen bij windrichting zuidzuidwest -
Richting de Cannenburglaan

5 Conclusies

Dit rapport presenteert een onderzoek naar het windklimaat rondom het nieuwbouwproject 'De Schaloen' te Den Haag. 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.

Voorafgaand aan de hier getoonde windstudie zijn er diverse studies uitgevoerd, waarbij het windklimaat geoptimaliseerd is. Hierbij zijn in het ontwerpproces van zowel het gebouwvolume als het landschap grote stappen gemaakt om een comfortabele en veilige situatie te realiseren.

De studie van deze geoptimaliseerde situatie leidt tot de volgende conclusies:

- Na toevoeging van De Schaloen kent de directe omgeving een luw windklimaat. De hoogste windhinderklassen worden aan de noordwestzijde van het plangebied gevonden.
- Het windklimaat in de binnentuinen van de nieuwbouw is luw met overwegend windhinderklasse A voor Fase 1 en A/B voor Fase 2. Hierdoor kunnen alle gewenste activiteiten comfortabel worden uitgevoerd.
- Nabij de nieuwbouw kennen doorloopgebieden, slentergebieden en gebouwentrees een acceptabel windklimaat.
- Er is geen windgevaar of een beperkt risico hierop aanwezig in de nabijheid van de nieuwbouw.

- De entree van het bestaande appartementengebouw aan de Lichtenbergweg kent windhinderklasse A.
- De entree van het bestaande appartementengebouw aan de Cannenburglaan 261-273 kent windhinderklassen A en B. Hier zorgt relatief horizontale aanstroming vanuit het zuidwesten voor versnelling richting dit gebied.

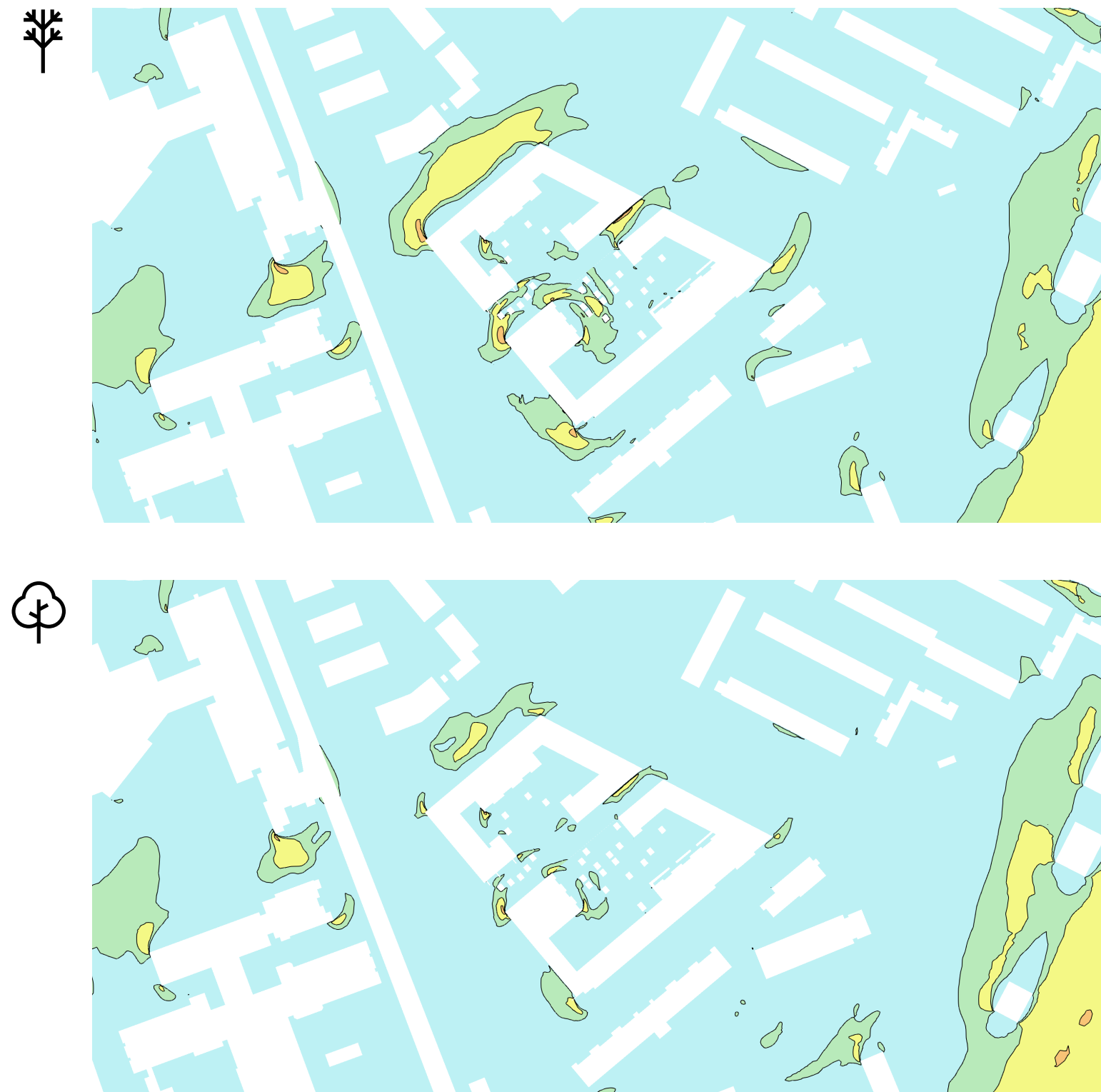
NEN 8100:2005

Technisch inlegvel numerieke simulatie

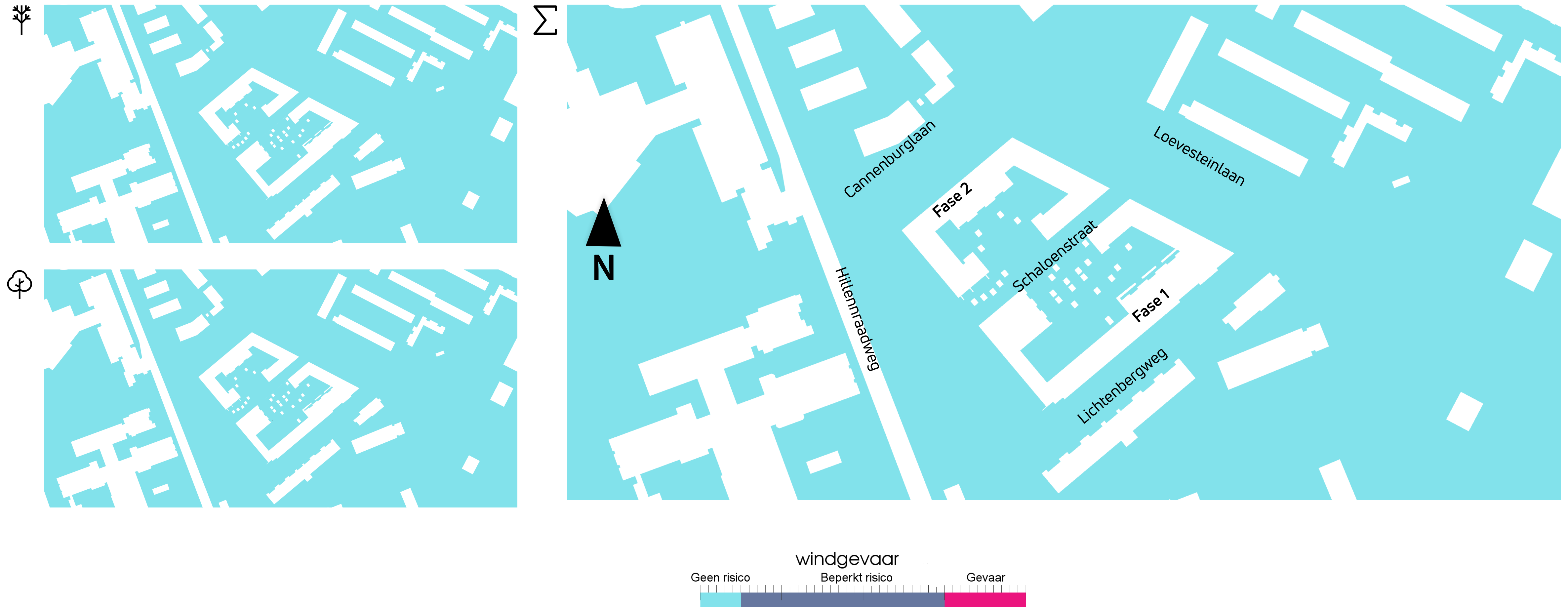
Project	Projectgegevens
Projectnaam	De Schaloen te Den Haag
Opdrachtgever	Sustay
Projectleider	ir. Samy lousef
Datum	31/12/2020
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen (minimaal) 300 m rond kerngebied
Kerngebied	Nieuwe gebouwen
Omgeving	Omgeving in massa's, gedetailleerd nabij het kerngebied
Afmetingen model	Rond met straal 1500 m en hoogte 500 m
Blokkeringsgraad	maximaal 3%
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	12
Onderzochte configuraties	Windhinder, windgevaar en windcomfort
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 Basis: 61 275 054 cellen;
Turbulentiemodellering	k-omega-SST
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: linearUpwindV cellLimited leastSquares 1 Turbulente grootheden: limitedLinear 1 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: 082144Y: 450987
Gepresenteerde resultaten	Windhinder en windgevaar op openbare buitenruimte
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang	

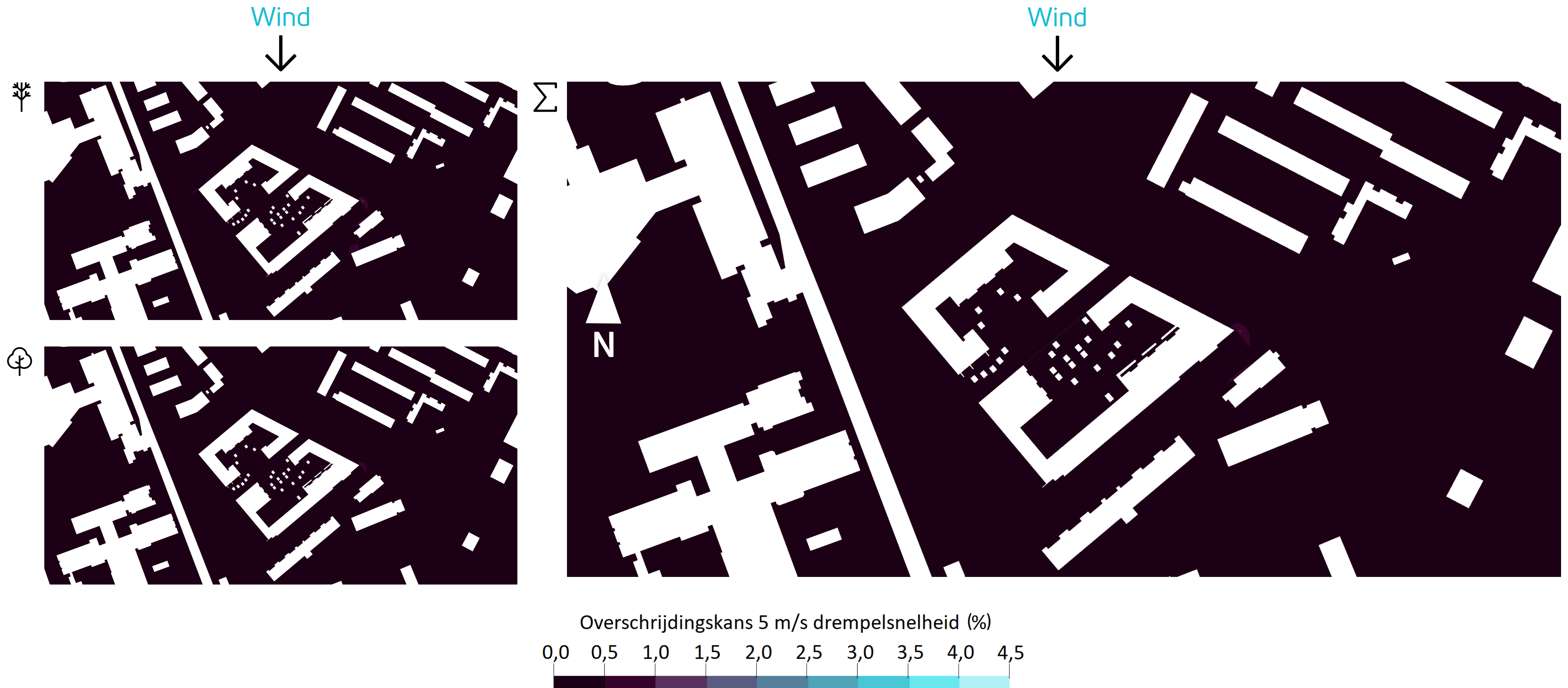
B Resultaten per seizoen



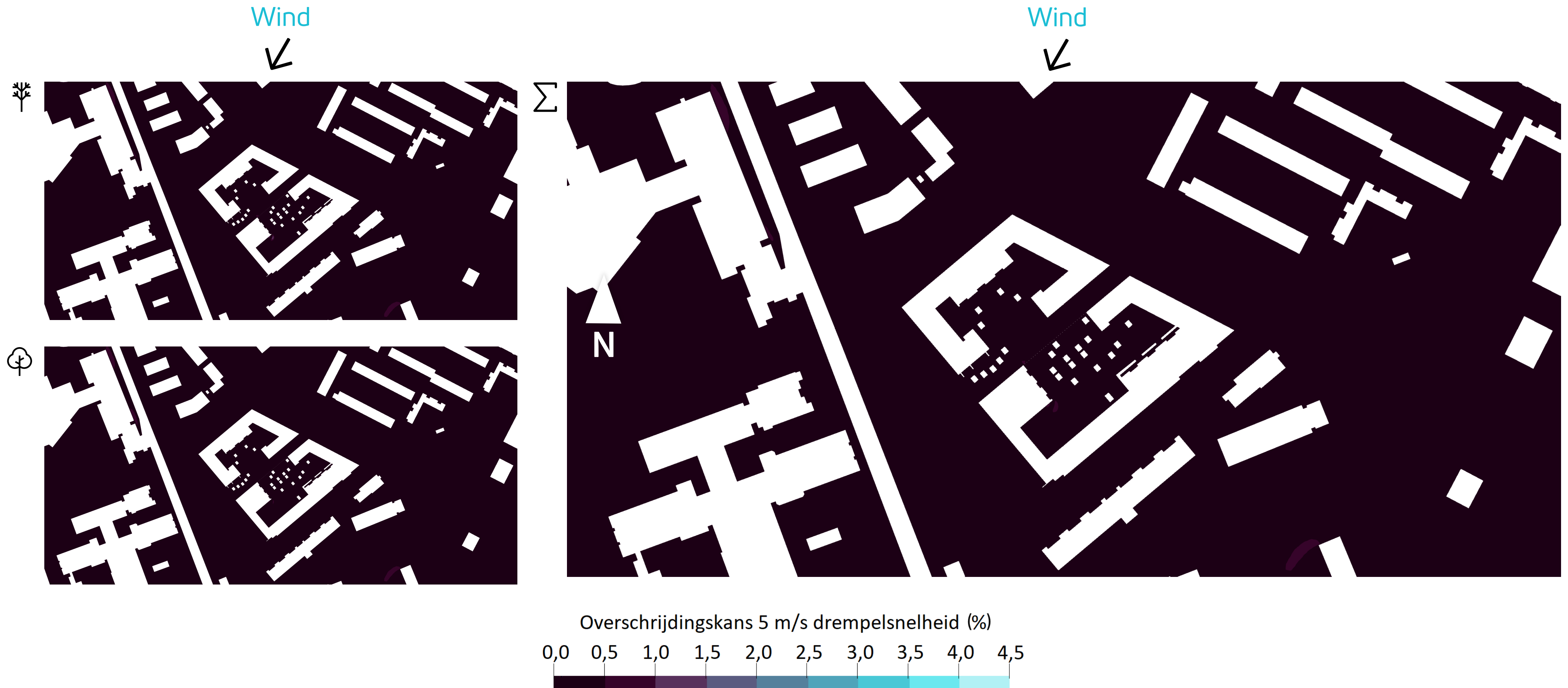
B Resultaten per seizoen



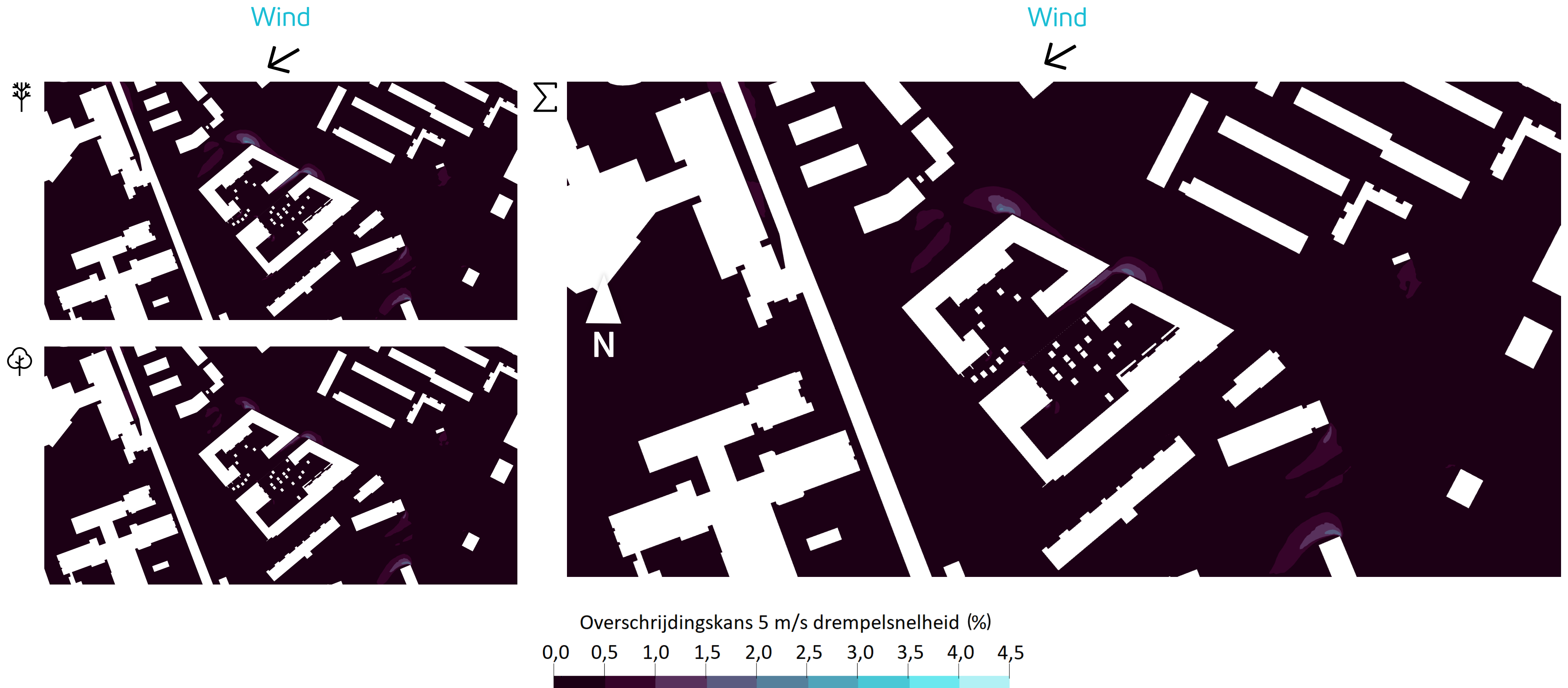
C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



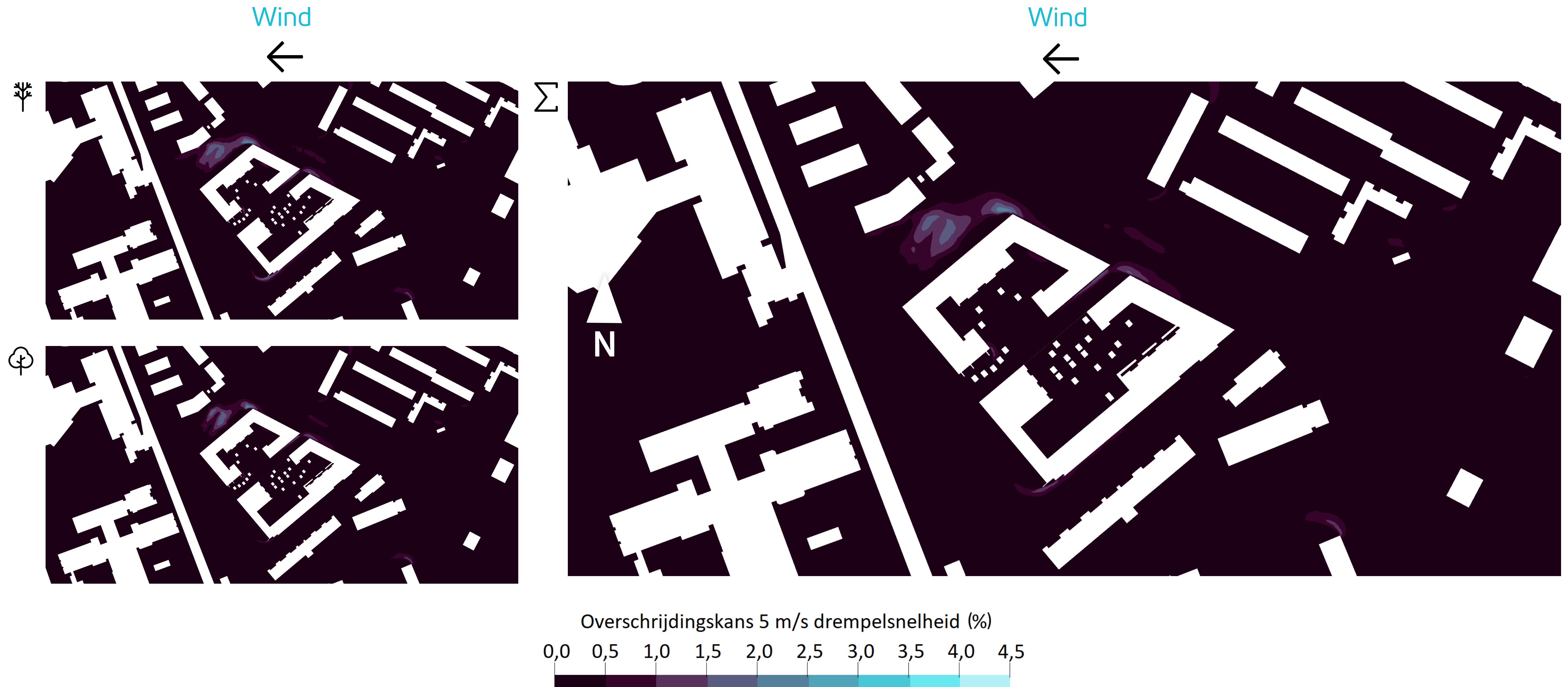
C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



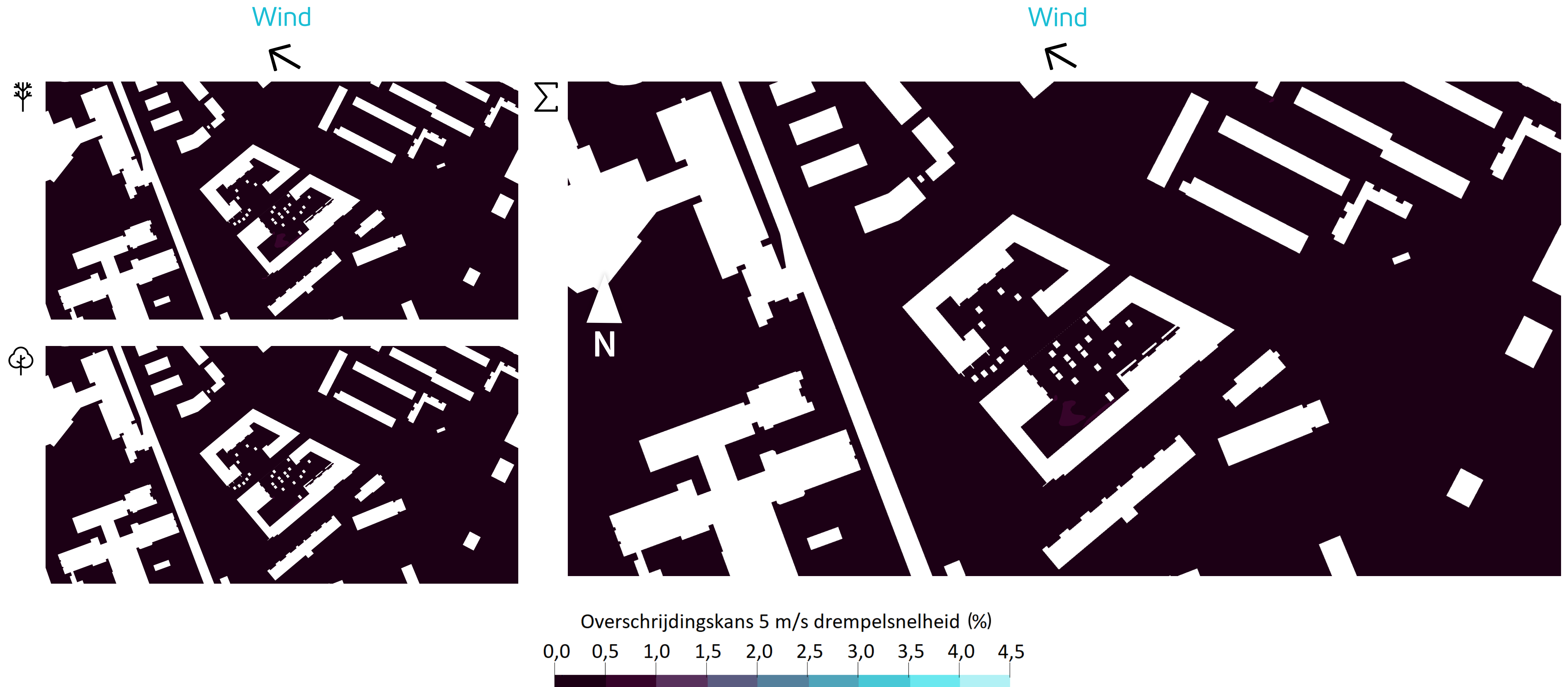
C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



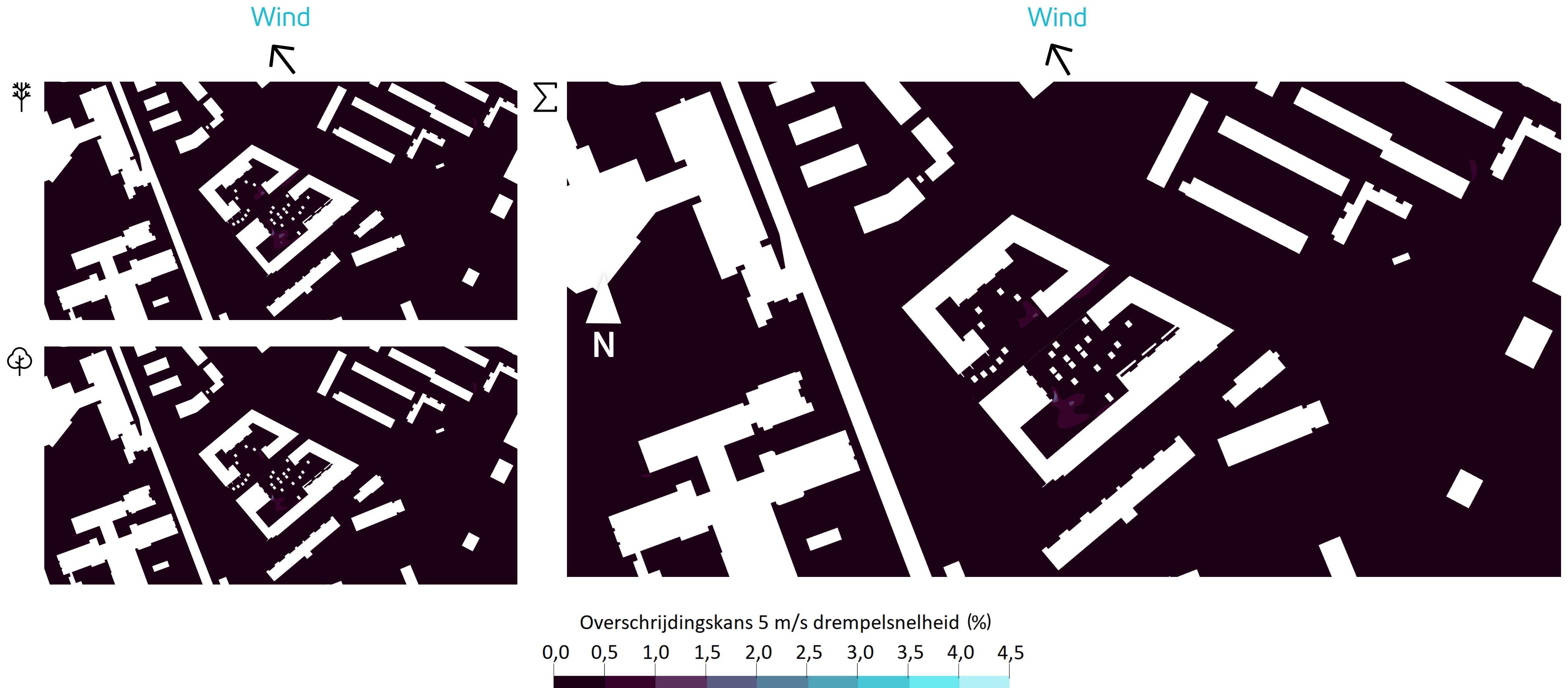
C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



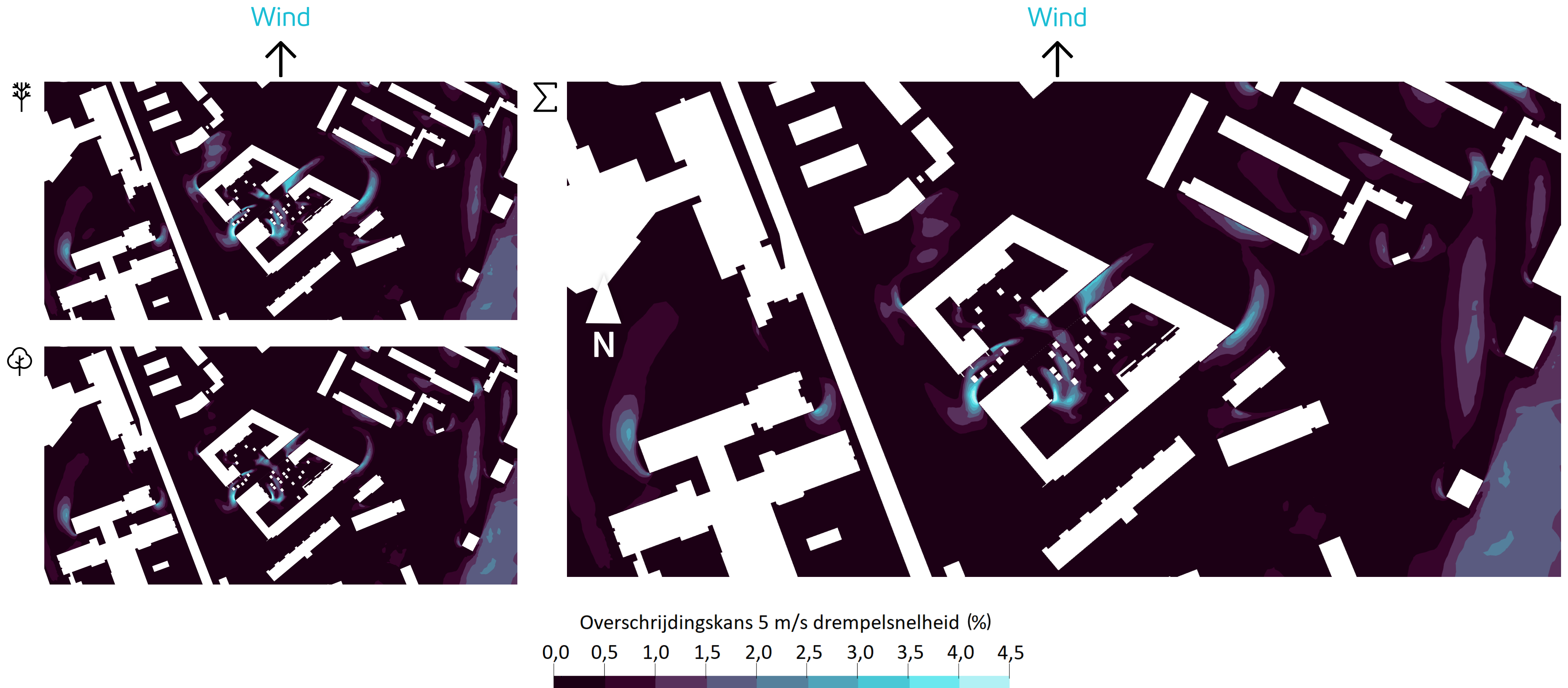
C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



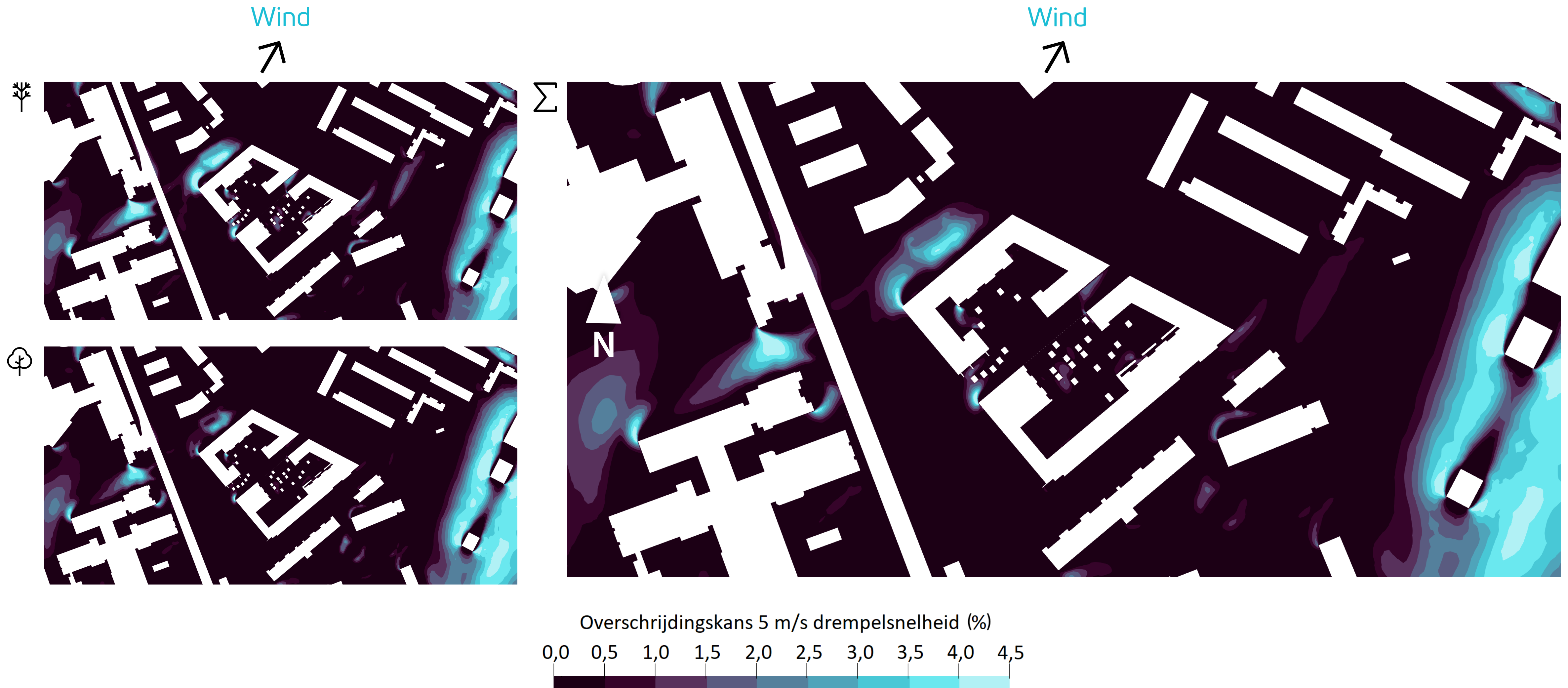
C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



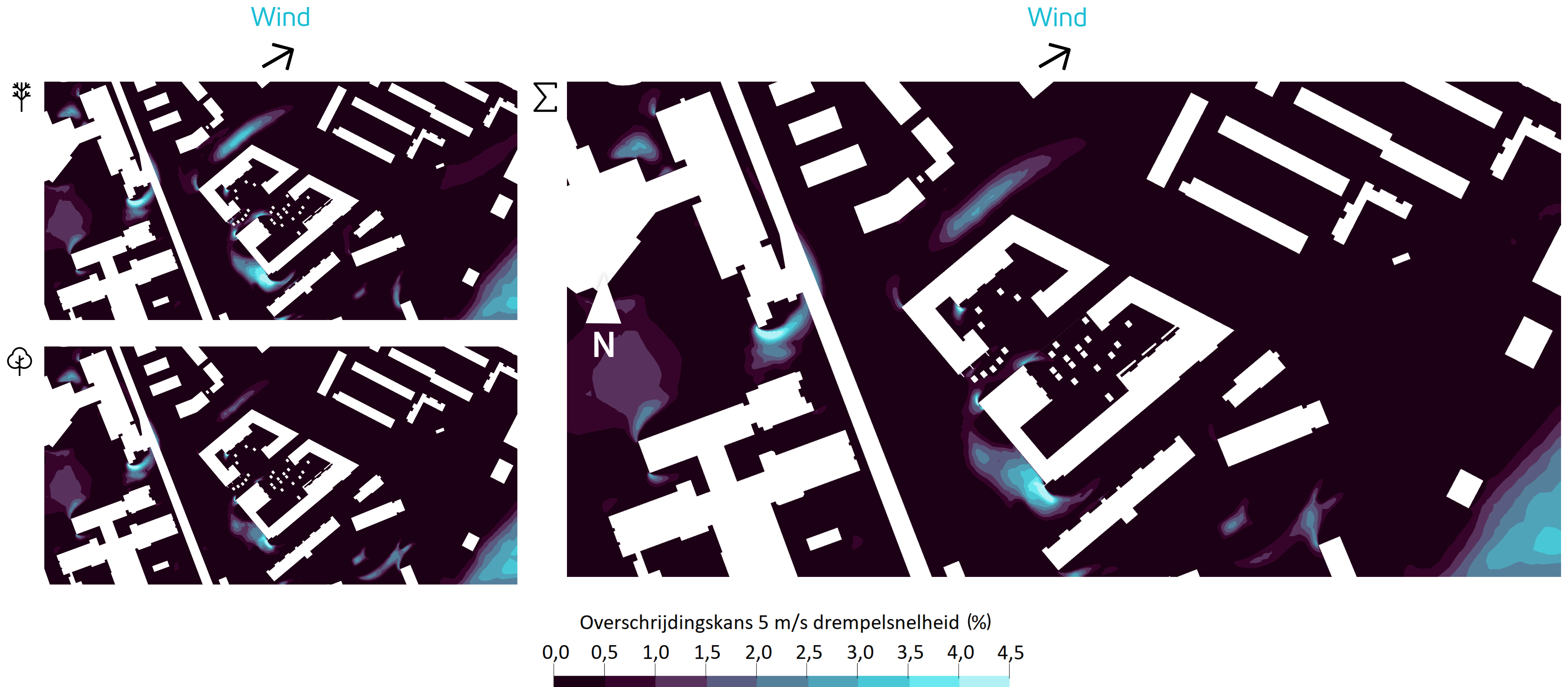
C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



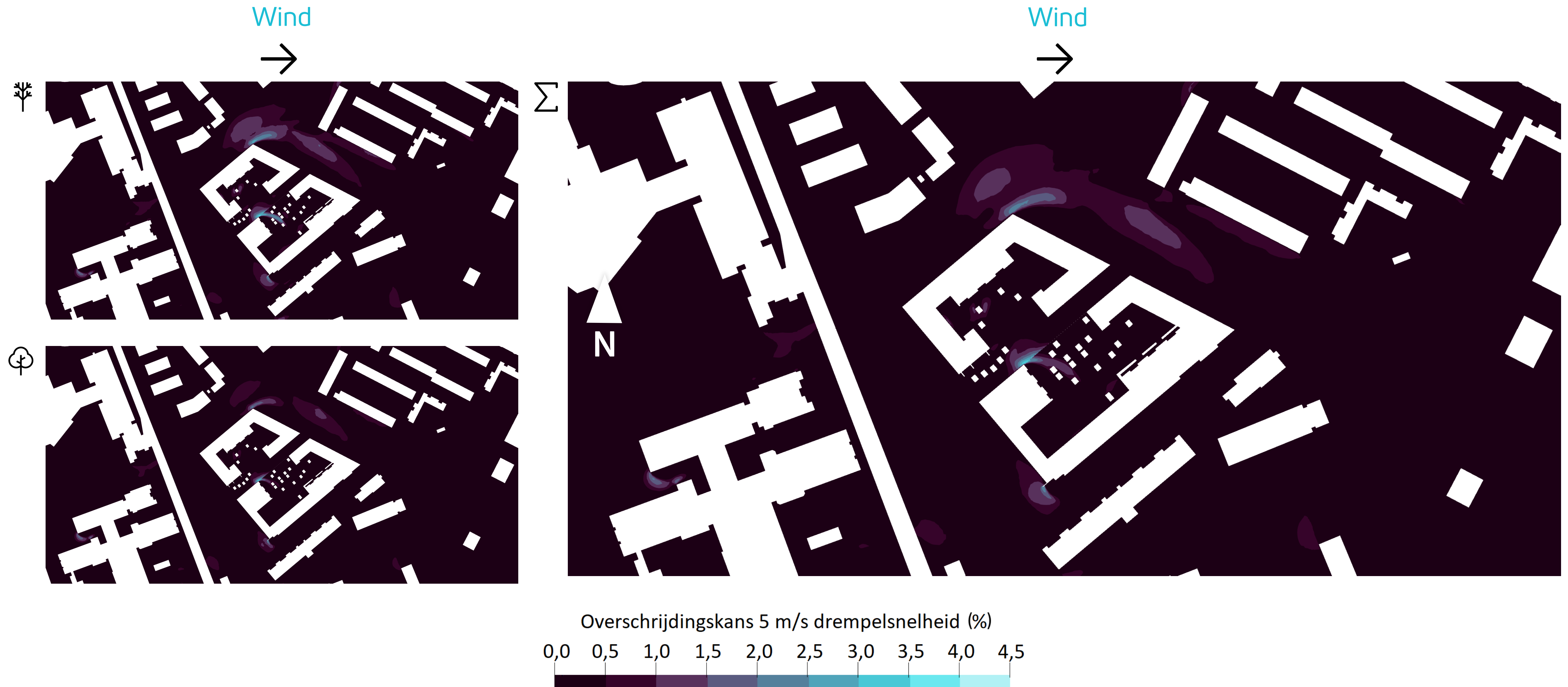
C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



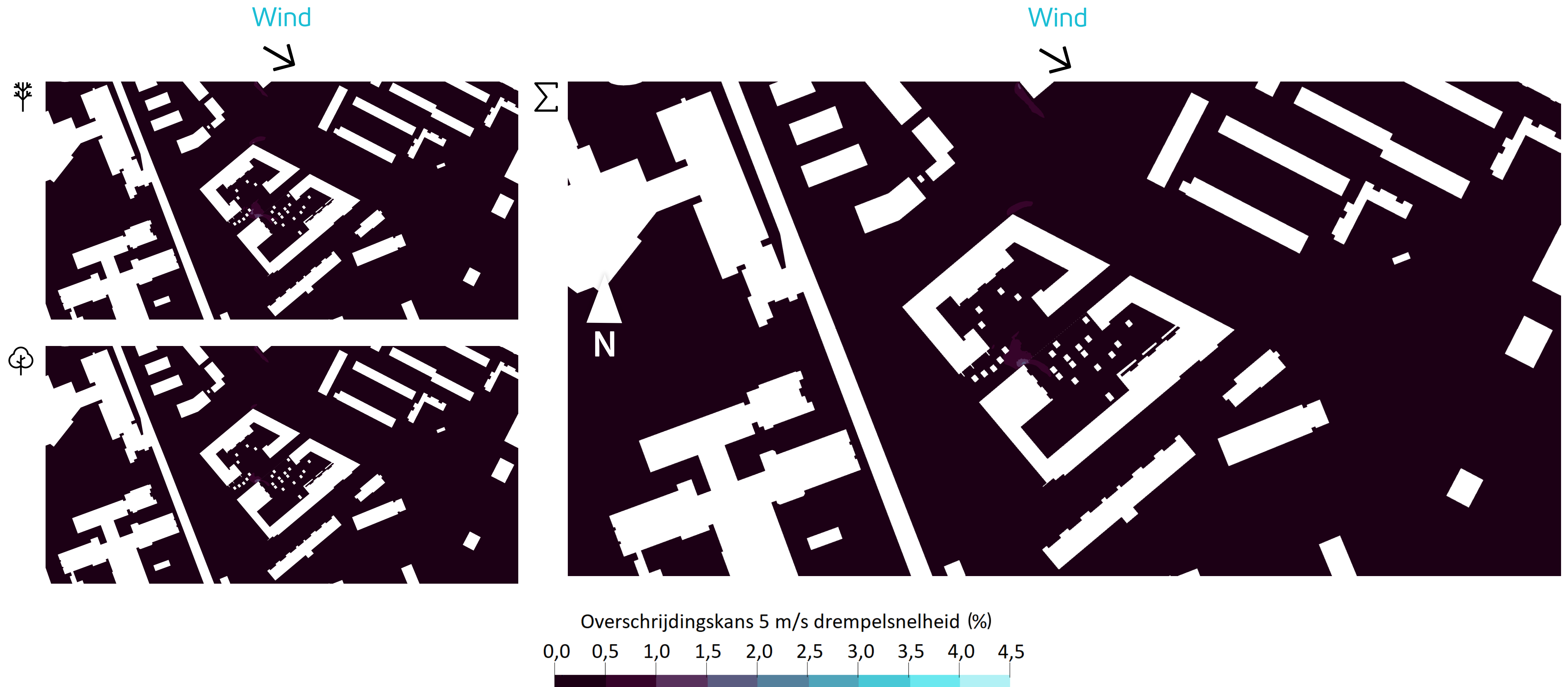
C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



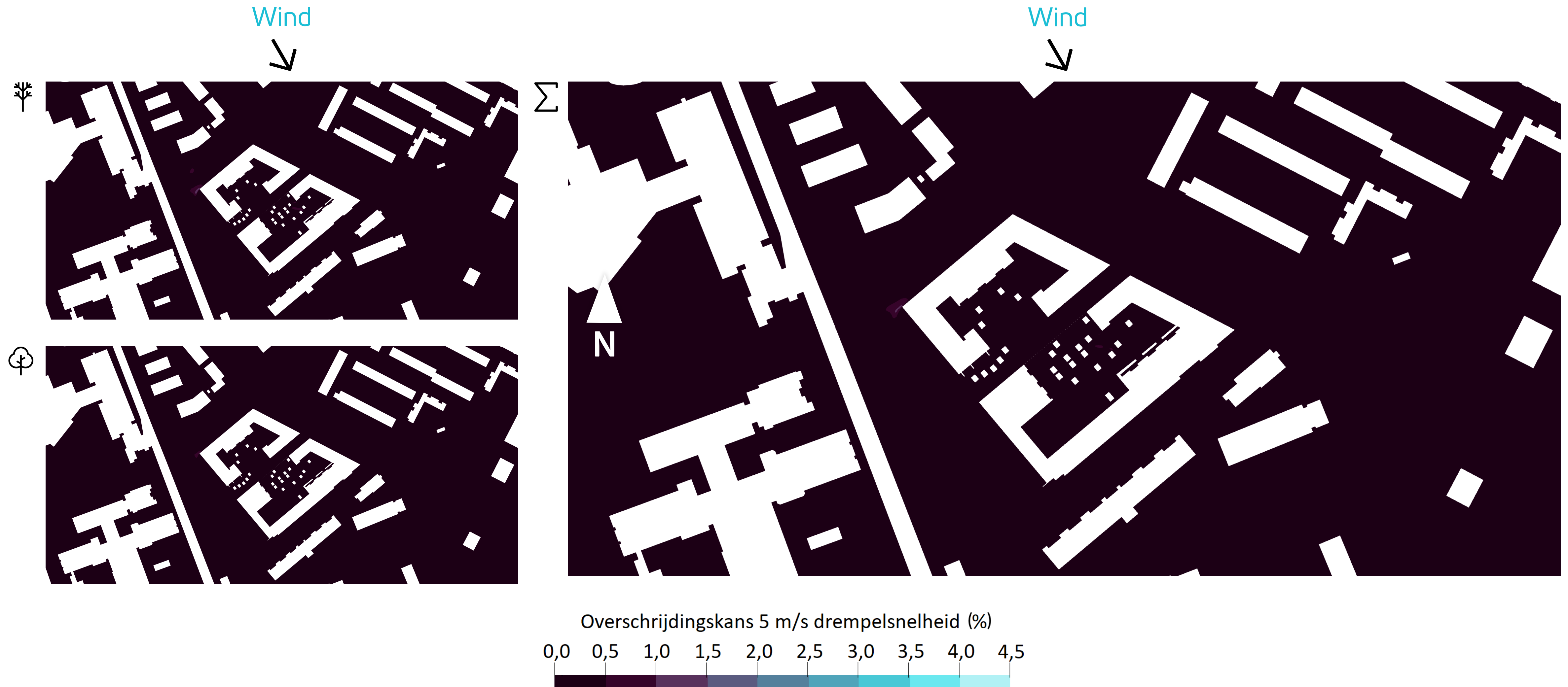
C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



C 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