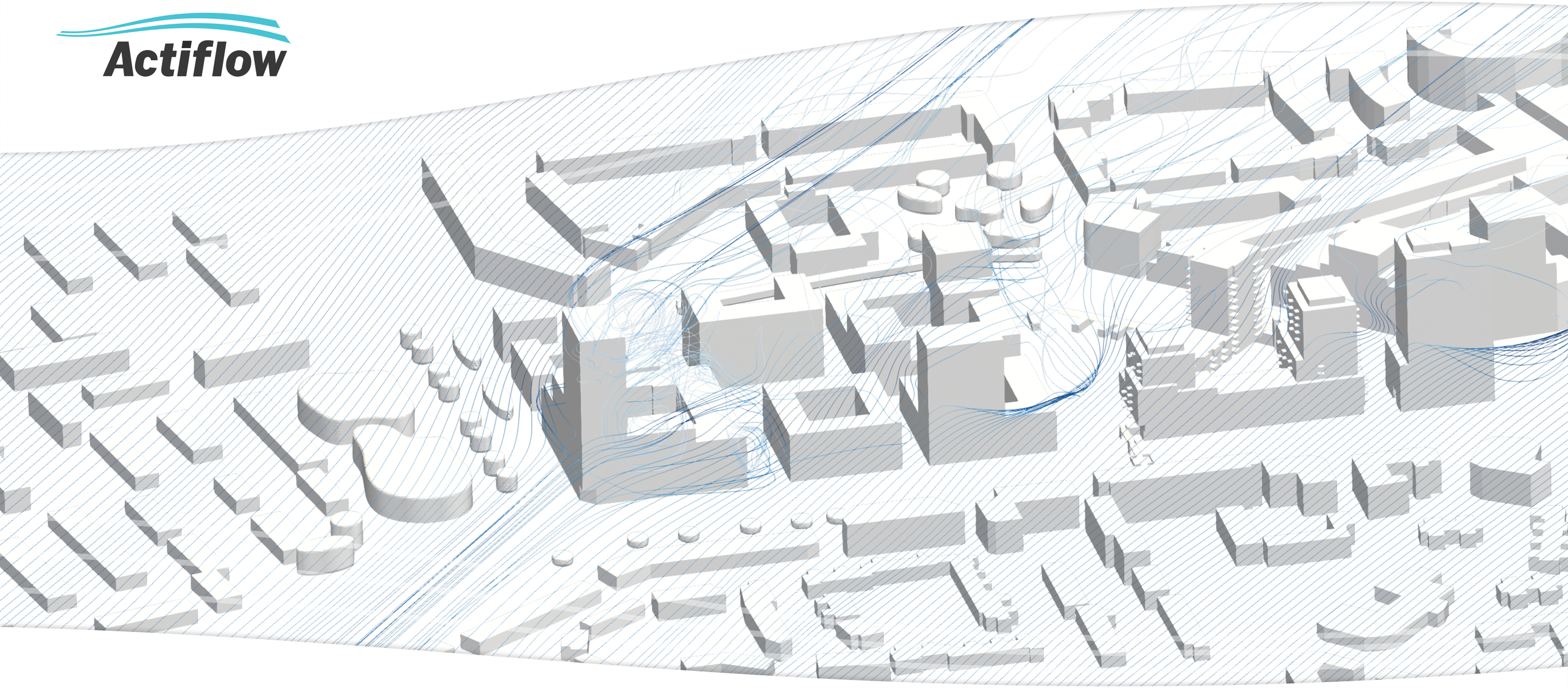


City te Nieuwegein

CFD-studie windhinder en windgevaar

Auteur(s): ir. Shirin Masoudi
Controlleur: ir. Reinier Maas
Datum: 07/05/2021

AFR - 7093
Versie 1.0
©2021 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

4.1 Windhinder en windgevaar - openbare buitenruimten
4.2 Heersende stromingsfenomenen

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies
5.2 Aanbevelingen

A Inlegvel NEN 8100:2006

B Resultaten per seizoen

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

1 Introductie

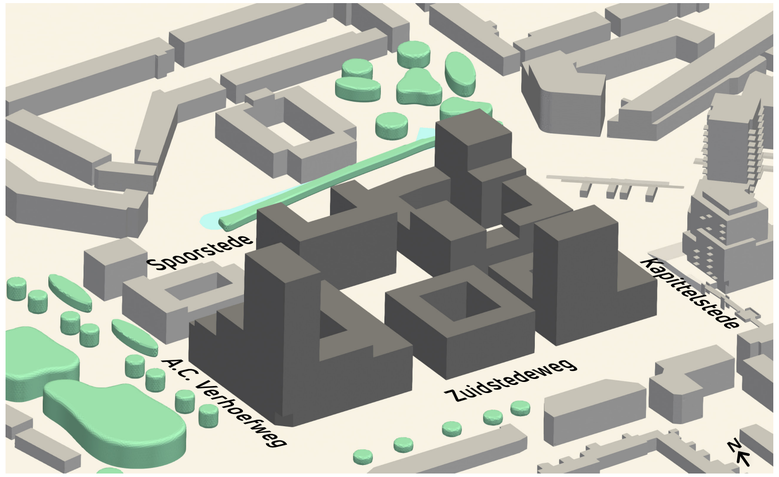
Voorliggende rapportage omschrijft een windstudie, uitgevoerd door Actiflow in opdracht van Gemeente Nieuwegein in relatie tot de ontwikkeling van de nieuwbouw City te Nieuwegein. Het project vervangt een aantal relatief lage gebouwen en een parkeergelegenheid. De nieuwbouw van City (figuur 1.2) betreft een vijftal gebouwen met een hoogte die varieert tussen 4 en 8 bouwlagen en met twee hogere torens die een hoogte bereiken van ca. 52 en 72 m. Het inpassen van de nieuwbouw zal leiden tot een wijziging van het lokale windklimaat. Dit kan zorgen voor een situatie die als onprettig of gevaarlijk wordt ervaren. Daarnaast vraagt de functie van de gebouwen en het verwachte gebruik van de openbare buitenruimte om een acceptabel comfortniveau ten aanzien van wind. Het is dan ook noodzakelijk het windklimaat inzichtelijk te maken, zodat mogelijke knelpunten kunnen worden aangepakt.

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'.

Vegetatie, zoals bomen, rondom het plangebied heeft een invloed op het lokale windklimaat. Er is 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 het positie van het nieuwbouwproject (Bron: Google Earth)



Figuur 1.2
Impressie van de nieuwbouw

2 Normstelling

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: Criteria 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: Criteria 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

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 v2012, 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 incompressibile Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) vergelijkingen en houdt rekening met turbulentie. Turbulentie is gemodelleerd gebruik makend van het k-ω SST model.

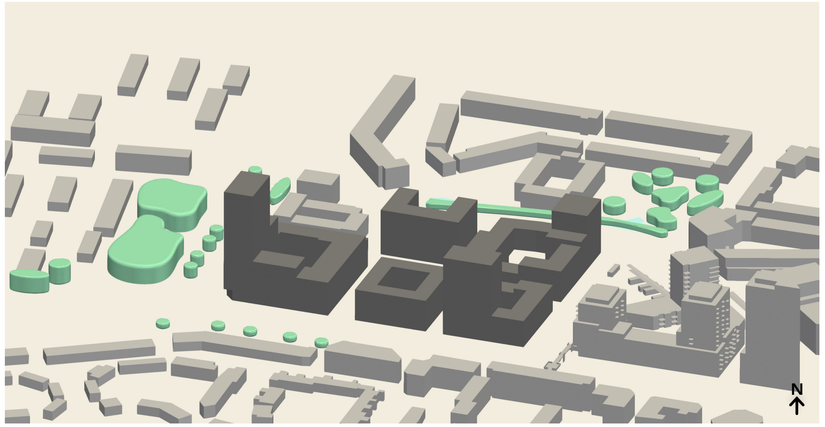
3.2 Geometrie en rekenrooster

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 minimaal 300 meter. Daarnaast is bestaande vegetatie in de nabijheid van de nieuwbouw expliciet gemodelleerd.

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)
Nieuwbouw en directe omgeving



(b)
Close-up

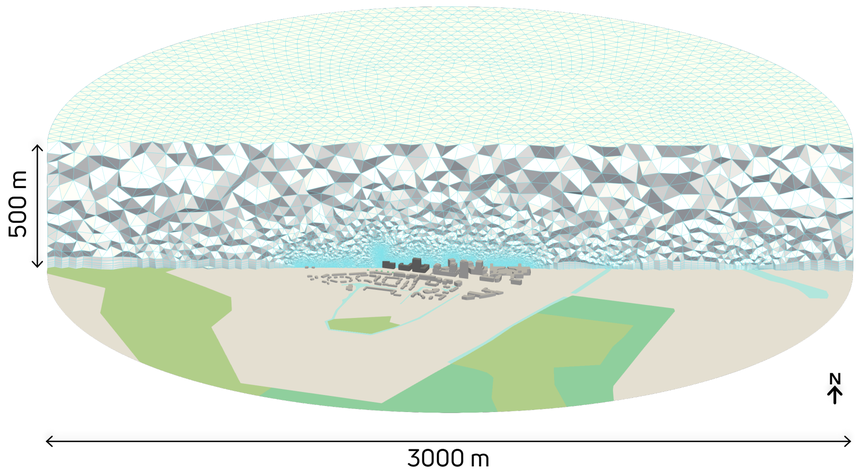
Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster voor de beschouwde situatie (figuur 3.2). Dit rooster bestaat uit 27 056 640 cellen. Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vijf lagen 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 op de volgende pagina. 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 $\kappa = 0{,}41$.

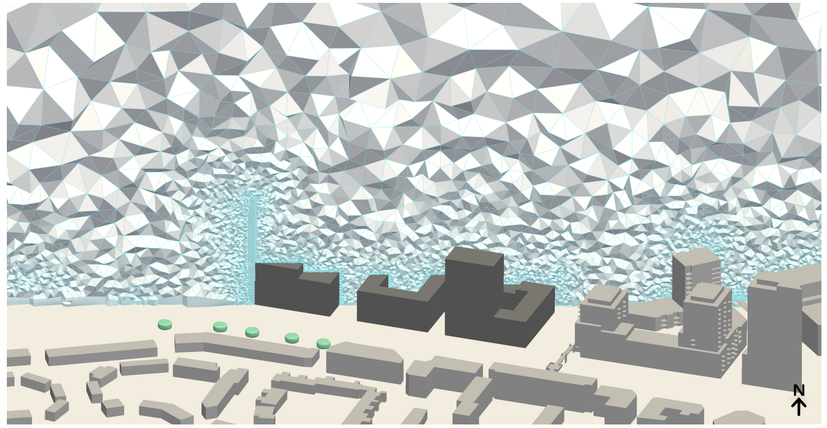
Ook de turbulente grootheden k en ω verlopen volgens een voorgeschreven profiel, zoals aangegeven in vergelijking 3.3 en vergelijking 3.4. Hierin heeft C_μ de waarde 0,09. Deze empirische constante komt voort uit het gebruikte turbulentemodel (k-ω SST).

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

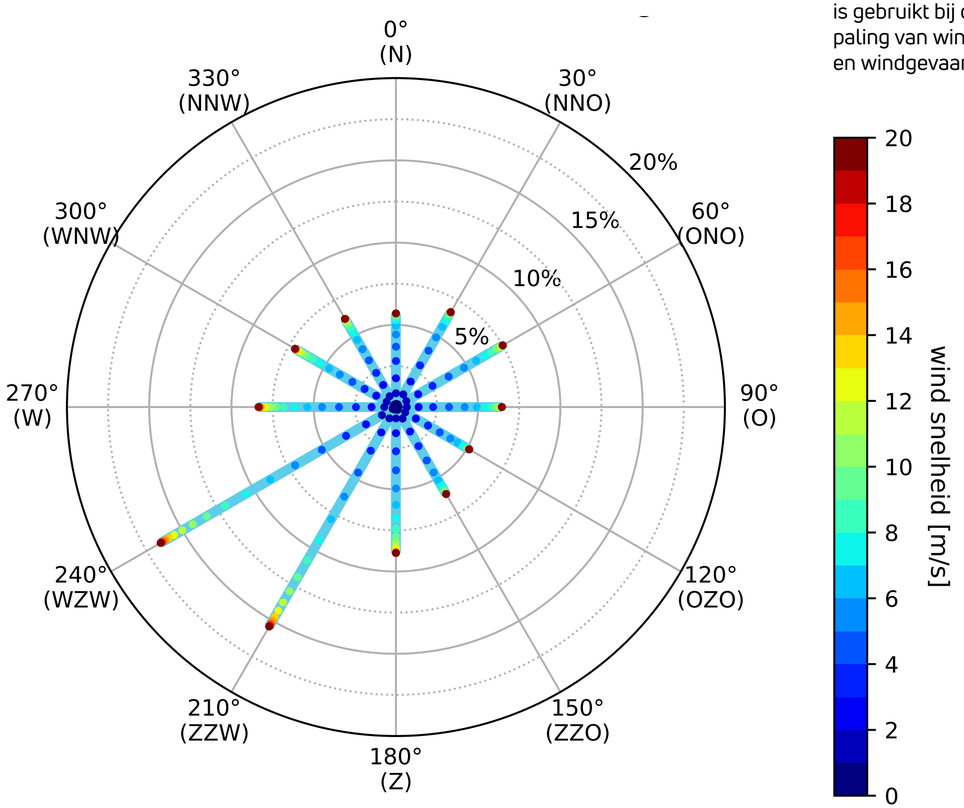
Vervolgens wordt de windstatistiek gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, zodat voor elke windsnelheid op een locatie een overschrijdingskans kan worden bepaald van verschillende windsnelheden. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste kwaliteitsklasse om te bepalen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

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

$$U^*(z0, U_{ref}, z_{ref}) = \frac{\kappa \cdot U_{ref}}{\ln\left(\frac{z_{ref}+z_0}{z_0}\right)} \tag{3.2}$$

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

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



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. Onderstaand wordt dit windklimaat nader beschreven.

Hierbij gelden op basis van de normstelling de volgende richtwaarden:

- 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 of B behaald te worden. Klasse C biedt een matig niveau. Klassen 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.

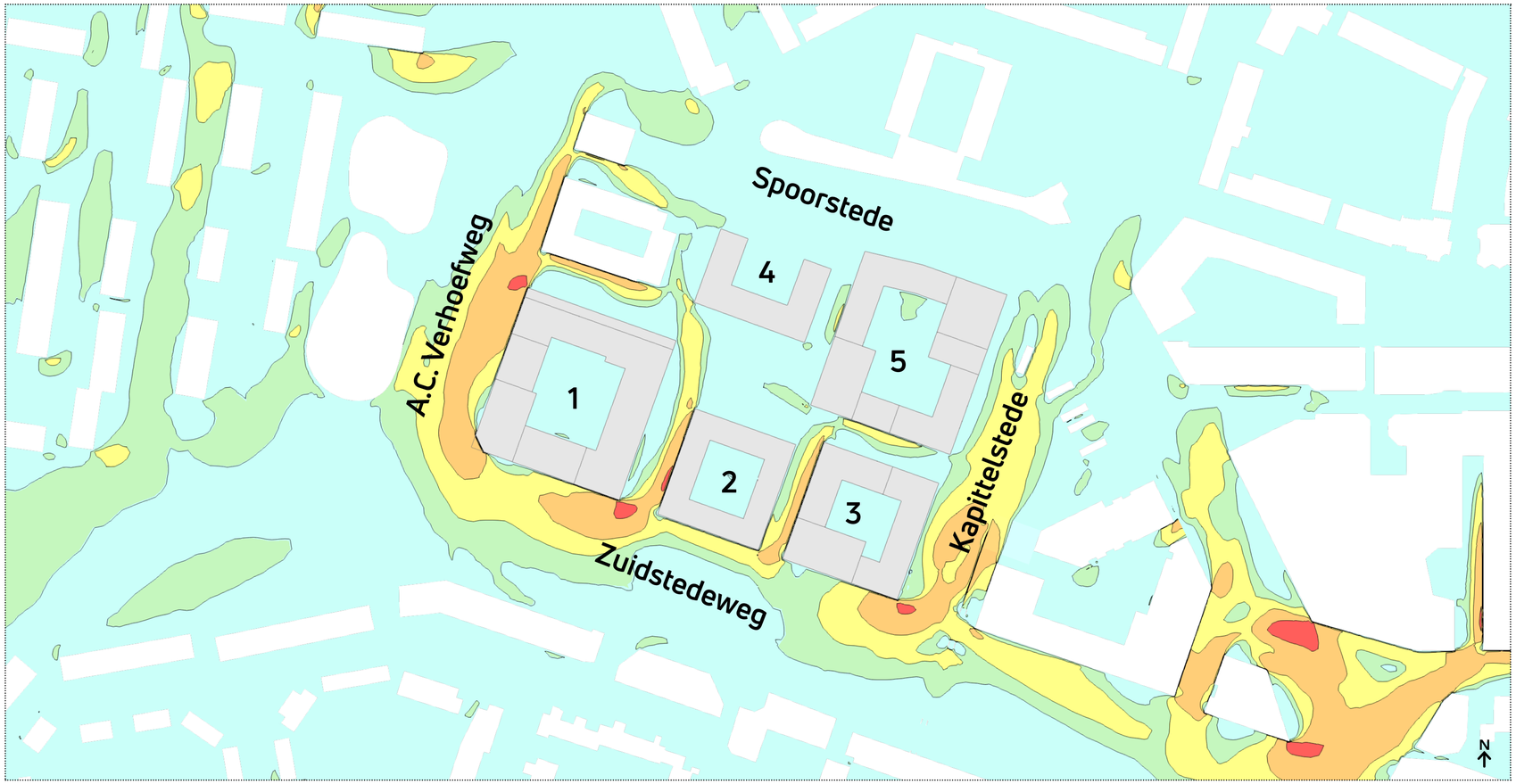
4.1 Windhinder en windgevaar- openbare buitenruimten

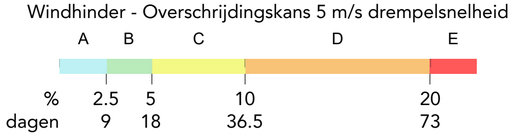
De resultaten voor windhinder zijn in figuur 4.1 getoond. Hieruit kan het volgende worden opgemaakt:

- Het windklimaat aan de A.C. Verhoefweg, Kapittelstede en tussen de gebouwen aangegeven met een 1, 2 en 3 kenmerkt zich door klasse C en D. Aan de noordoosthoek van gebouw 1 en aan de westkant van gebouw 2, bevinden zich zones met windklasse E. Dit is een windrijk gebied.
- De Zuidstedeweg vooral gekenmerkt door windklasse A, B en C. Het klimaat verslechtert echter in de zone nabij de nieuwe gebouwen waar het klasse D en E bereikt. Specifiek in gebieden met klasse E kan lopen als oncomfortabel ervaren worden.
- Het gebied rond gebouwen 4 en 5 en Spoorstede wordt gekenmerkt door windklasse A, behalve aan de west -en zuidzijde van gebouw 5 waar klasse B en C aanwezig zijn. Een zelfde klimaat is te zien aan de zuid -en westkant van de omliggende bebouwing ten noordwesten van het project. Dit klimaat is acceptabel om te slenteren en te lopen. Maatregelen dienen hier enkel getroffen te worden in het geval er een ingang in klasse C aanwezig is.
- De binnenplaatsen van alle gebouwen hebben een goed windklimaat (overwegend klasse A), hier kan langdurig zitten als comfortabel worden beschouwd.
- Een beperkt risico op windgevaar is aanwezig aan de noordwestelijke en zuidoostelijke hoek van gebouw 1, zie figuur 4.2. Dit geldt ook voor de zuidoostelijke hoek van gebouw 3, ook aan de westkant van dit gebouw is een beperkt risico op gevaar. Gebouw 2 kent naast een beperkt risico aan de westzijde ook een gebied met gevaar. Verder kent het naastgelegen gebouw in het noordwesten een beperkt risico aan de zuidelijke gevel. Merk op dat deze zones grofweg overeenkomen met zones met windhinderklassen D en E.

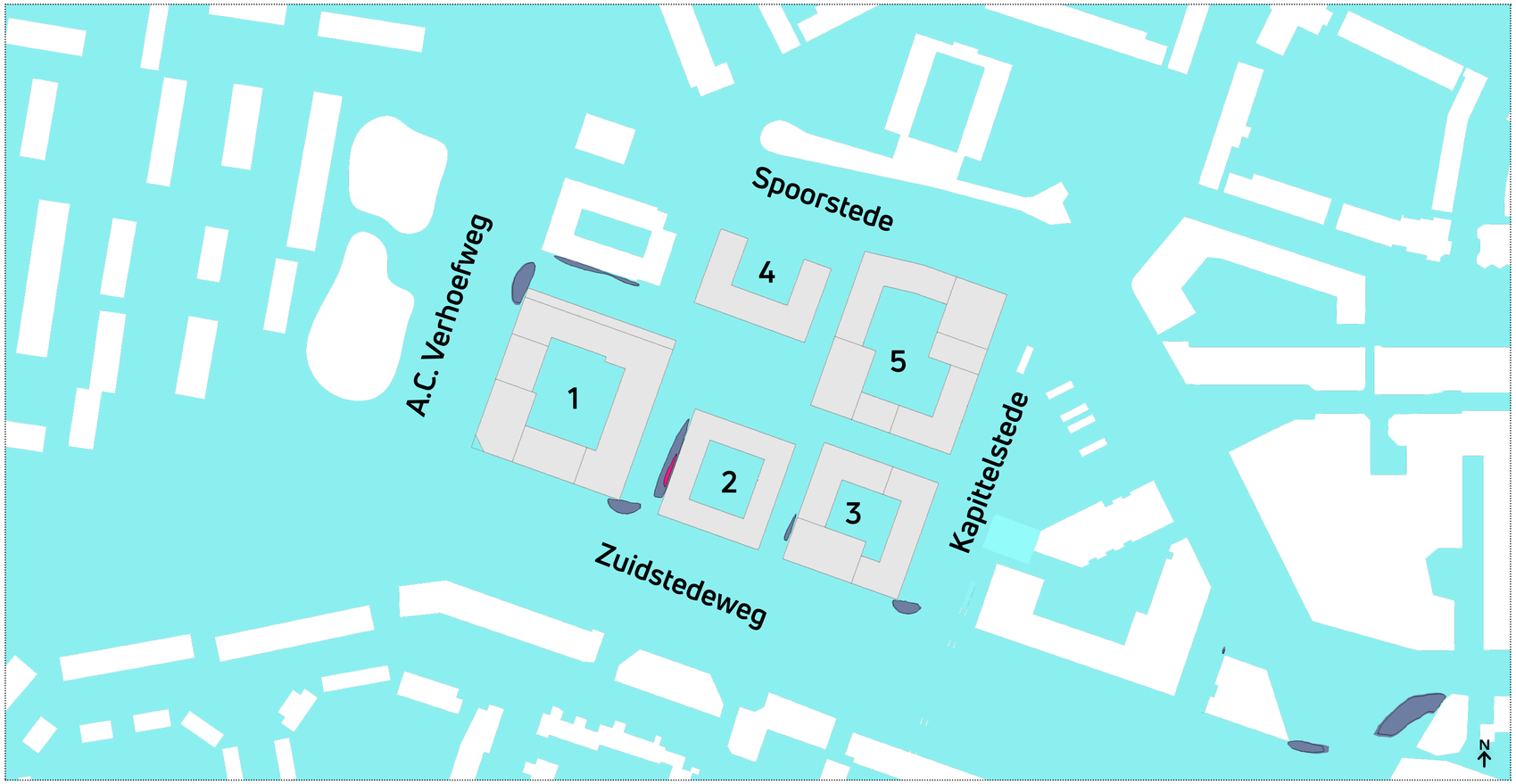
De resultaten in figuur 4.1 en 4.2 zijn de jaargemiddelde resultaten. Dit gemiddelde is tot stand gekomen door tussen de resultaten met vegetatie (lente-zomer periode) en de resultaten zonder vegetatie (herfst-winter periode) te middelen. De resultaten van de individuele simulaties zijn weergegeven in bijlage B.

In figuren 4.3a-c is er een jaargemiddeld overzicht gegeven van verschillende activiteiten en waar deze comfortabel uitgevoerd kunnen worden. In de figuren zijn de resultaten voor doorlopen, slenteren en langdurig zitten afzonderlijk van elkaar te zien, waarbij de laatstgenoemde alleen de lente/zomer periode met vegetatie laat zien.





Figuur 4.1:
Windhinder op voetgangersniveau



Figuur 4.2:
Windgevaar op voetgangersniveau

Figuur 4.3:
Windcomfort beoordeling per activiteit

(a)
Beoordeling activiteit doorlopen

(b)
Beoordeling activiteit slenteren

(c)
Beoordeling activiteit lang zitten (zomer situatie)

Goed Matig Slecht

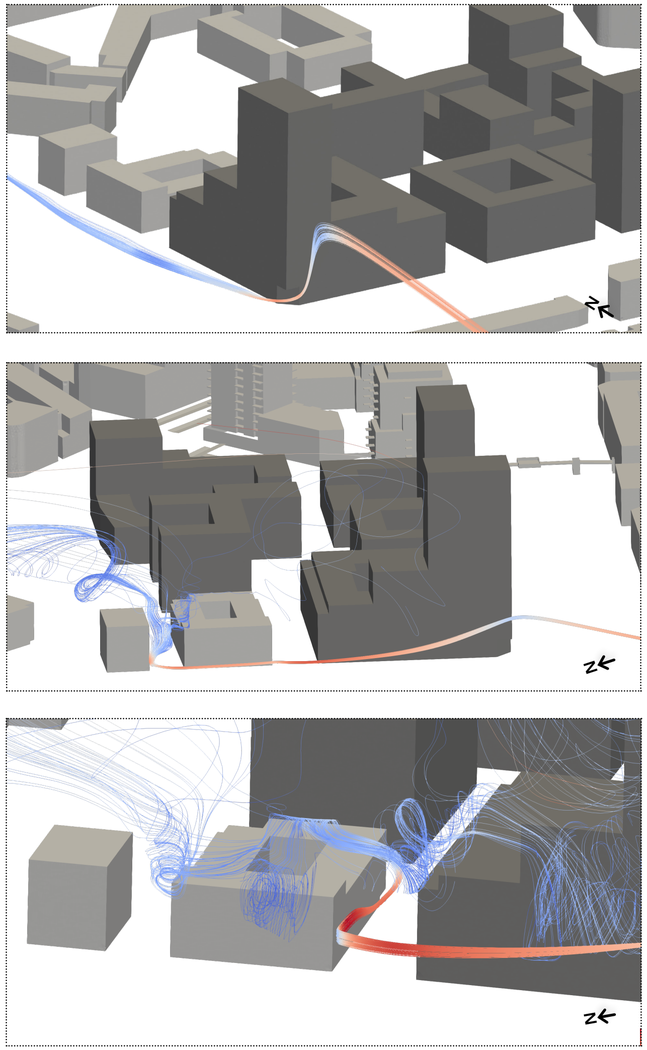
4.2 Heersende stromingsfenomenen

De bijdrage van alle windrichtingen is onderzocht om een beter beeld te krijgen van het windklimaat rond de nieuwe gebouwen. Uit de resultaten, getoond in bijlage C, is te zien dat richtingen zuidzuidwest en westzuidwest de grootste invloed hebben op de windrijke zones nabij de nieuwbouw.

Deze twee windrichtingen zijn verder bekeken om te zien hoe de wind richting en om de gebouwen stroomt. De windstromen van de meeste kritische punten zijn weergegeven in figuur 4.4a-h.

Figuren 4.4a-c laten de oorzaken zien voor het slechte klimaat aan de zuidwestelijke hoek van gebouw 1, aan de A.C. Verhoefweg en zuidelijk van de omliggende gebouwen naar het noordwesten. Voornamelijk de heersende wind (ZZW en WZW) raakt de zuidwestelijk hoek van gebouw 1 en wordt verbogen richting de A.C. Verhoefweg. De wind gaat gedeeltelijk verder in het verlengde van de straat waar de stroming het klimaat verslechtert aan de westzijde van de gebouwen. Vervolgens buigt een deel van de stroming om de noordwestelijke hoek van gebouw 1 en stroomt parallel aan de zuidelijke kant van het bestaande gebouw aan de noordzijde. Hetzelfde gebeurt in mindere mate in de opvolgende noordelijke straat.

Figuren 4.4d-h laten zien wat er in de Zuidstedeweg en in de straten tussen gebouwen 1, 2 en 3 gebeurt. De heersende zuidwestelijke wind stroomt hier langs de zuidgevel van de nieuwe gebouwen en buigt vervolgens af in noordelijke richting tussen de gebouwen. Nabij de hoeken treedt hierbij versnelling op. Figuur 4.4g laat zien hoe de wind vervolgens via de zuidgevel van gebouw 5 richting de zuidoostelijke hoek stroomt, hier afbuigt naar het noorden en langs de oostgevel blijft stromen.



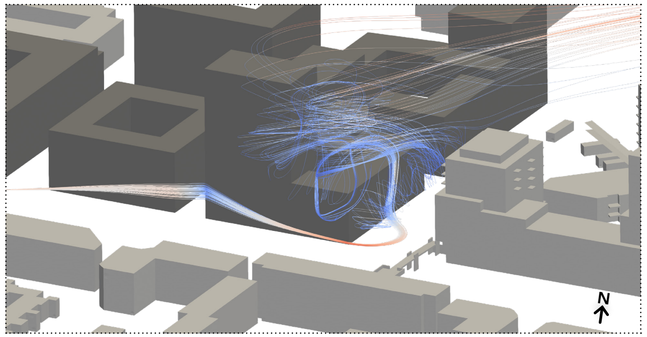
Figuur 4.3:
Stroomlijnen nabij de nieuwbouwen bij de heersende windrichtingen.

(a)
Wind uit ZZW richting

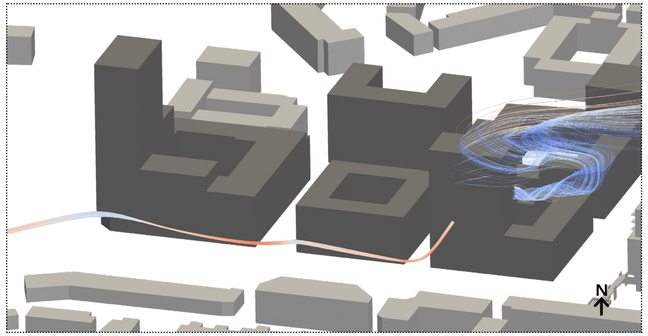
(b)
Wind uit WZW richting

(c)
Wind uit WZW richting

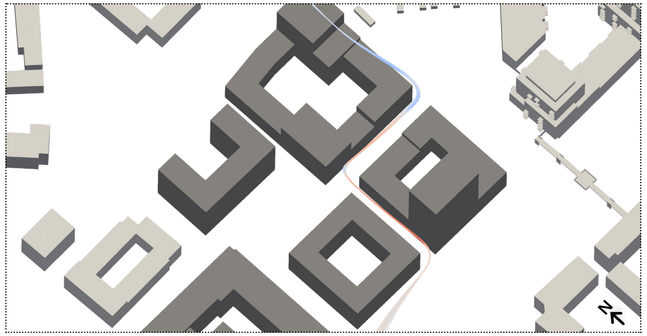
Over het algemeen is het windklimaat geschikt om te lopen (doorlopen), behalve op de plaatsen waar windklasse E heerst. Het windklimaat is in zones met windhinderklasse D ook relatief windrijk, dus beperking van de omvang van deze zones is gewenst. Om een geschikt windklimaat op voetgangersniveau te hebben zullen er maatregelen getroffen moeten worden in de aangegeven gebieden. Ook zullen er maatregelen getroffen moeten worden in de nabijheid van entrees. Hier dient het klimaat gekenmerkt te worden door klasse A of B.



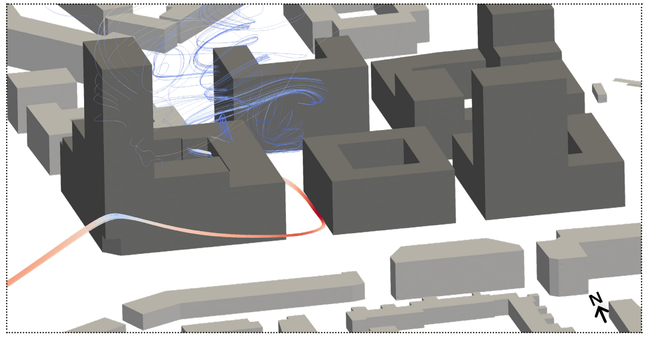
(f)
Wind uit WZW richting



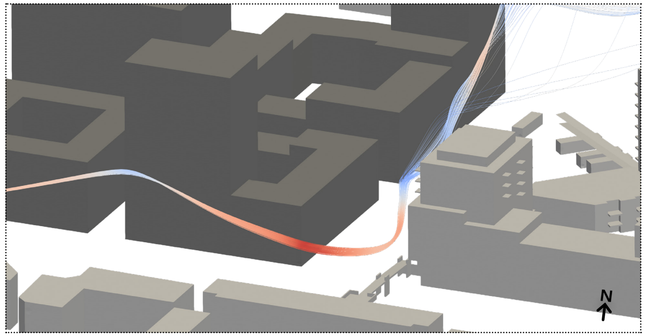
(d)
Wind uit WZW richting



(g)
Wind uit WZW richting



(e)
Wind uit WZW richting



(h)
Wind uit WZW richting

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Dit rapport presenteert een onderzoek naar het windklimaat rondom de nieuwbouw City te Nieuwegein. 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.

Uit de resultaten kan worden geconcludeerd dat het windklimaat rond de nieuwe gebouwen gevarieerd is. Met name aan de A.C. Verhoefweg en de Zuidstedeweg is sprake van een windrijk klimaat. Meer noordelijk en centraal in het plangebied is het windklimaat relatief luw. Hier zorgt de zuidelijke rij nieuwbouw voor afscherming. De gebieden waar lopen oncomfortabel is en waar gevaar kan optreden, bevinden zich aan de noordwestelijke hoek van gebouw 1, aan de zuidoostelijk hoek van gebouw 1 en 3 en deels aan de westelijke zijde van gebouwen 2 en 3.

De binnenplaatsen van alle gebouwen kennen een klimaat dat geschikt is om langdurig comfortabel te zitten.

Aanvullend kan het hier getoonde windklimaat gebruikt worden om functies toe te kennen. Zo kunnen windgevoelige activiteiten, zoals entreezones, winkelstraten, een speeltuin e.d. geplaatst worden in zones die een windluw klimaat tonen.

5.2 Aanbevelingen

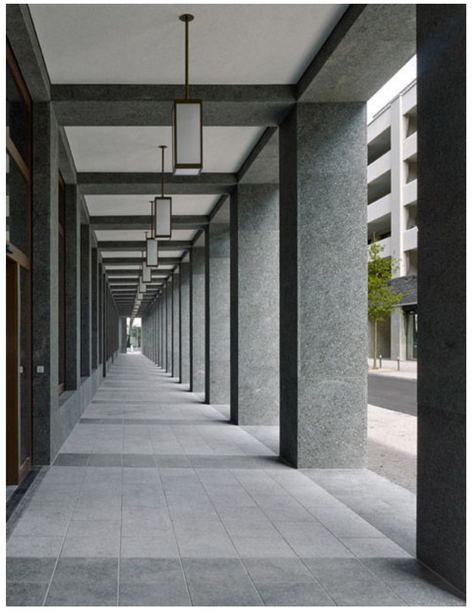
In deze paragraaf worden enkele maatregelen voorgesteld om het windklimaat rond de nieuwe gebouwen te verbeteren. Het eerste voorstel is om de bouwvolumes te herschikken en in het bijzonder om de torens van de zuidwestelijke hoek, te verplaatsen naar de noordoostelijke kant van het project. Op deze manier zal er minder wind richting de A.C. Verhoefweg en Zuidstedeweg stromen en uiteindelijk dus ook minder tussen de gebouwen.

Ook kan het naar achter plaatsen (een zogenaamde setback) van de zuidelijke gevels van gebouwen 1, 2 en 3 ervoor zorgen dat de wind in mindere mate naar het voetgangersniveau stroomt. Denk hierbij aan een setback op een hoogte van bijvoorbeeld 9-12 m met een diepte van ca. 3-5 m. Een luifel aan de zuidzijde van de drie gebouwen kan voor een gelijkaardig effect zorgen.

Een ander mogelijkheid is het toepassen van een passage aan de zuidzijde, boven het voetgangersgebied. Deze optie zal ook een beperkt effect hebben op het klimaat aan de westzijde van de gebouwen 2 en 3. Een voorbeeld van een passage wordt in figuur 5.1 gegeven.

De gebieden rond de ingangen kunnen afgeschermd worden door de ingangen dieper in de gebouwen te plaatsen, zie figuur 5.2 voor een voorbeeld. Hierdoor wordt lokaal een windluwe nis voorzien.

Als laatste kan het plaatsen van vegetatie aan de zuid-, west -en oostzijde van het project, tussen de gebouwen 1, 2 en 3 en tussen gebouw 1 en het naastgelegen gebouw richting het noorden, helpen om de wind te remmen en zo een beter windklimaat te realiseren.



Figuur 5.1:
Impressie van een arcade. (Bron: https://www.pinterest.com/pin/348747564895496287/)

Figuur 5.2:
Maatregelen om het windklimaat nabij de entrees van gebouw te verbeteren. (Bron: https://www.pinterest.com/olson1677/architectural-entrance/)

Figuur 5.3 laat een voorbeeld zien van hoe alle genoemde maatregelen hierboven, mooi samen kunnen komen in één ontwerp.

Figuur 5.3:
Impressie van de combinatie van meer maatregelen (Bron: https://www.pinterest.com/pin/387380005426062133/)

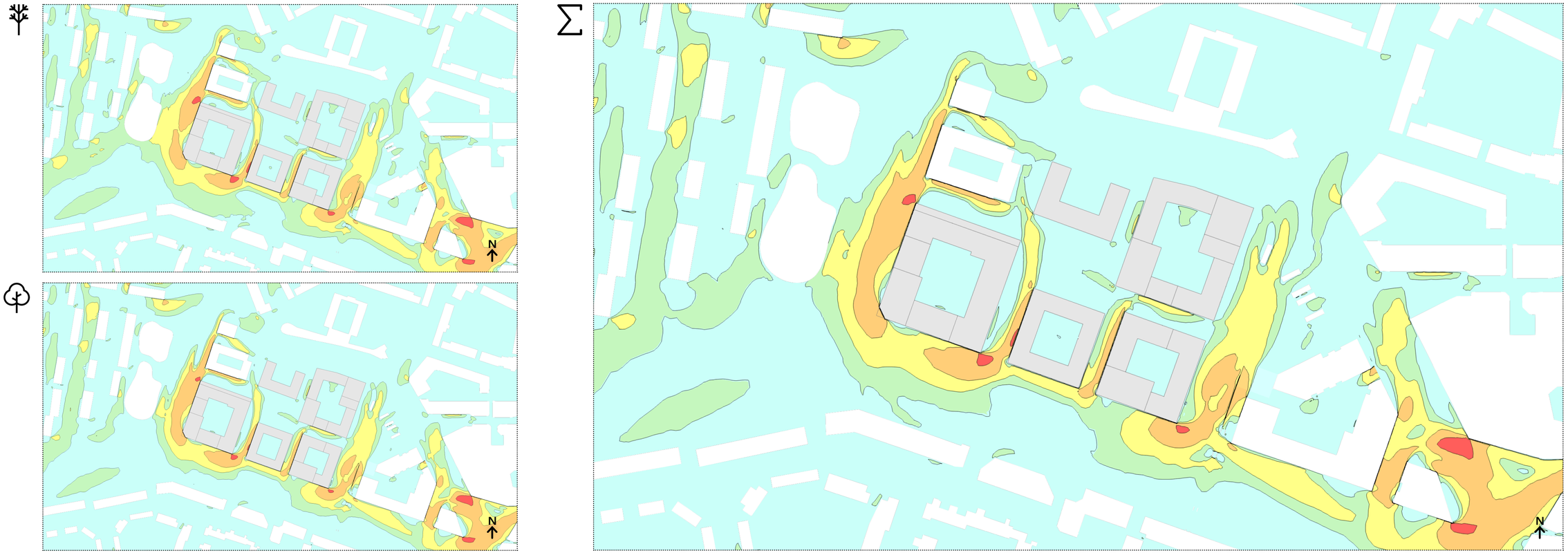
A Inlegvel NEN 8100:2006

Project	**Projectgegevens**
Projectnaam	City te Nieuwegein
Opdrachtgever	Gemeente Nieuwegein
Projectleider	Ir. Shirin Masoudi
Datum	07/05/2021
Model	**Algemene gegevens van het model**
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen ca. 300 m rondom de nieuwbouw
Kerngebied	Geschematiseerd model met de nieuwe situatie
Omgeving	Omgeving in massa's
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 voor bestaande en toekomstige situatie
Computeropstelling	**Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur**
Programmatuur	■ FVM (eindige volume methode) ☐ FEM (eindige elementen methode) ☐ anders Programmatuur: OpenFOAM Versie: 2012
Algemeen	■ drie-dimensionaal ■ tijd-onafhankelijk ■ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: tetraëders met prismalaag. Cellen: 27 056 640
Turbulentiemodellering	k-omega SST
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: linearUpwindV Turbulente grootheden: limitedLinear 1.0 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:133854		Y: 448755	
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 ≥ 0,3	gevaarlijk
Gepresenteerde resultaten	Windhindercontouren en klassenindeling, windgevaarcontouren			
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang				

B Resultaten per seizoen

Windhinder op voetgangersniveau zonder vegetatie (linksboven) met vegetatie (linksonder) en gemiddelde over het jaar (rechts)

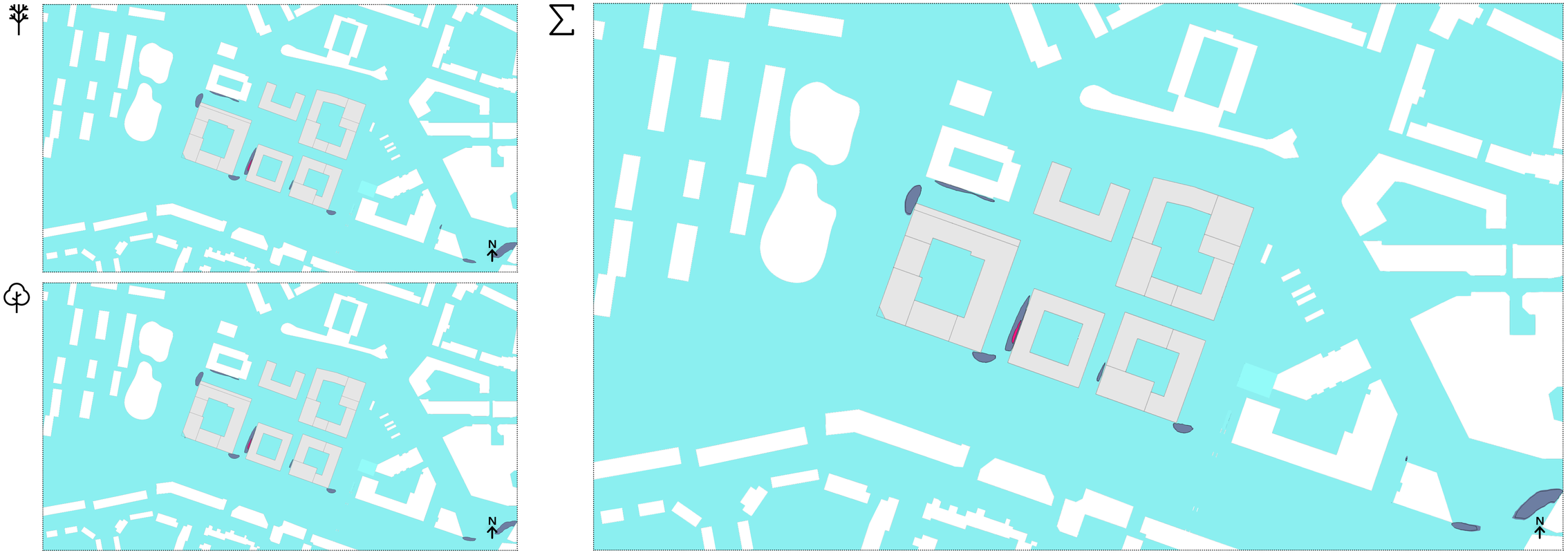


Windhinder - Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid

	A	B	C	D	E
%	2.5	5	10		20
dagen	9	18	36.5		73

B Resultaten per seizoen

Windgevaar op voetgangersniveau zonder vegetatie (linksboven) met vegetatie (linksonder) en gemiddelde over het jaar (rechts)



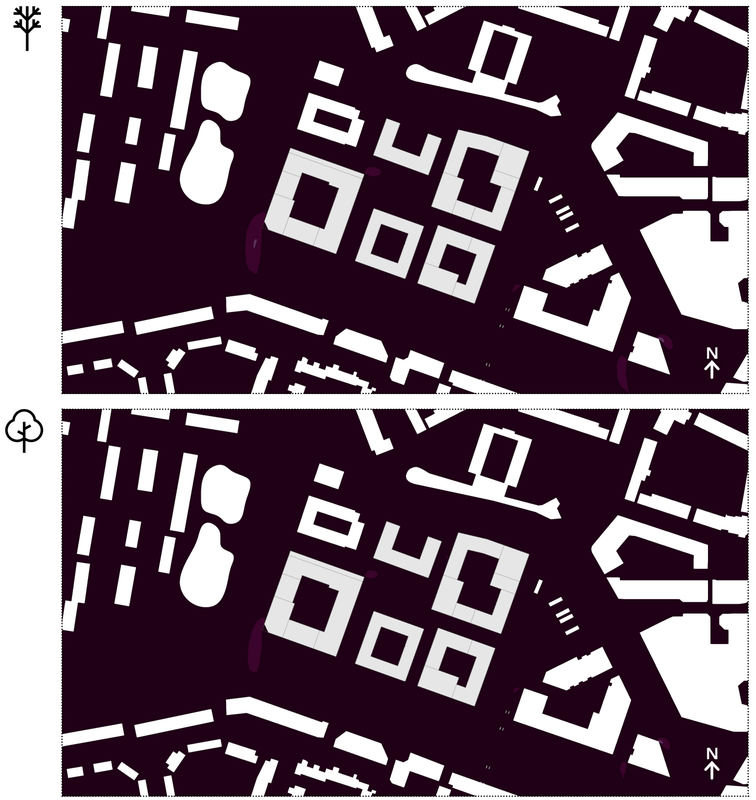
Windgevaar - Overschrijdingskans 15 m/s drempelsnelheid [%]

Geen risico | Beperkt risico | Gevaar

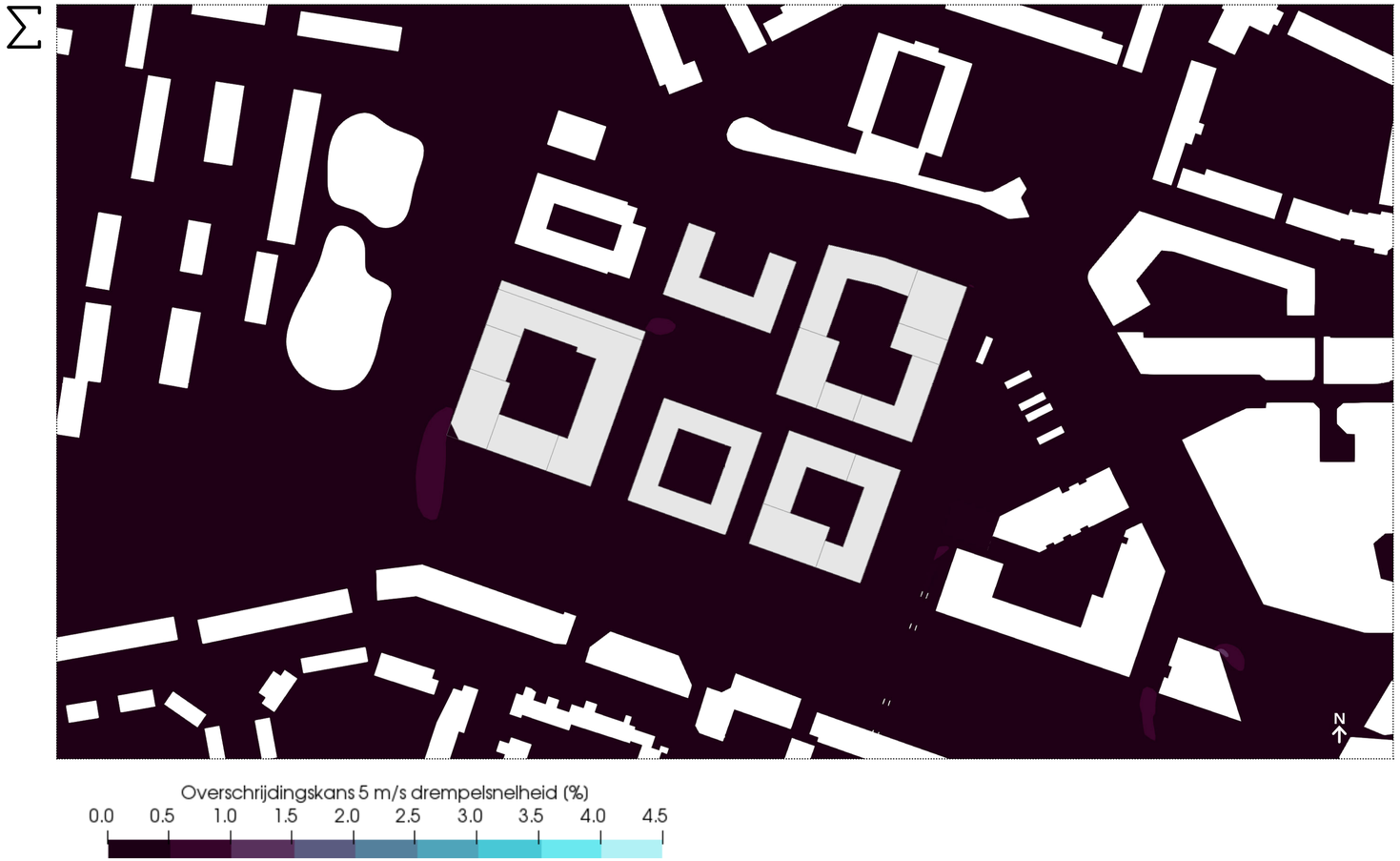
%	0.05	0.3
dagen	0.2	1

C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Wind

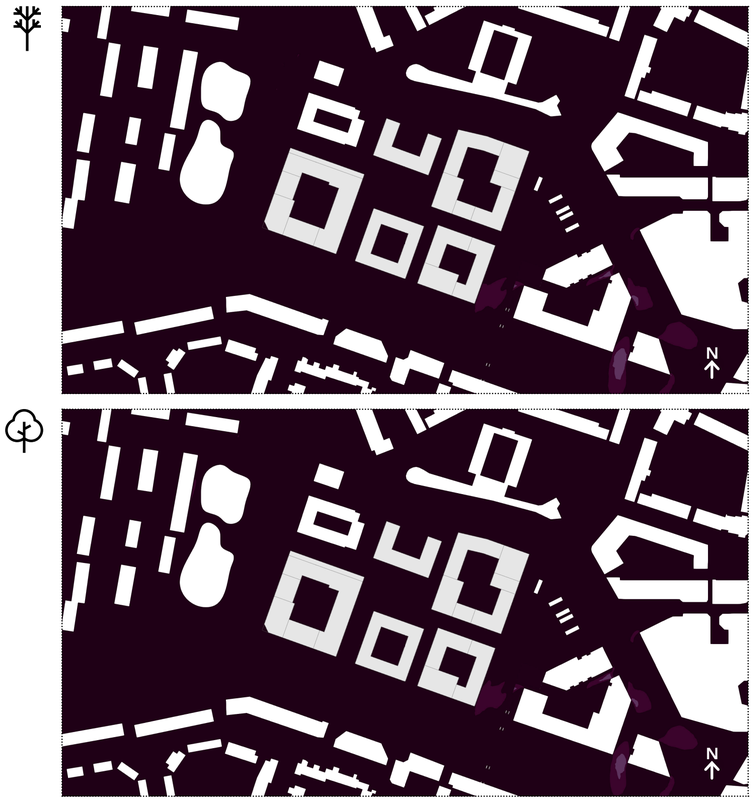


Wind

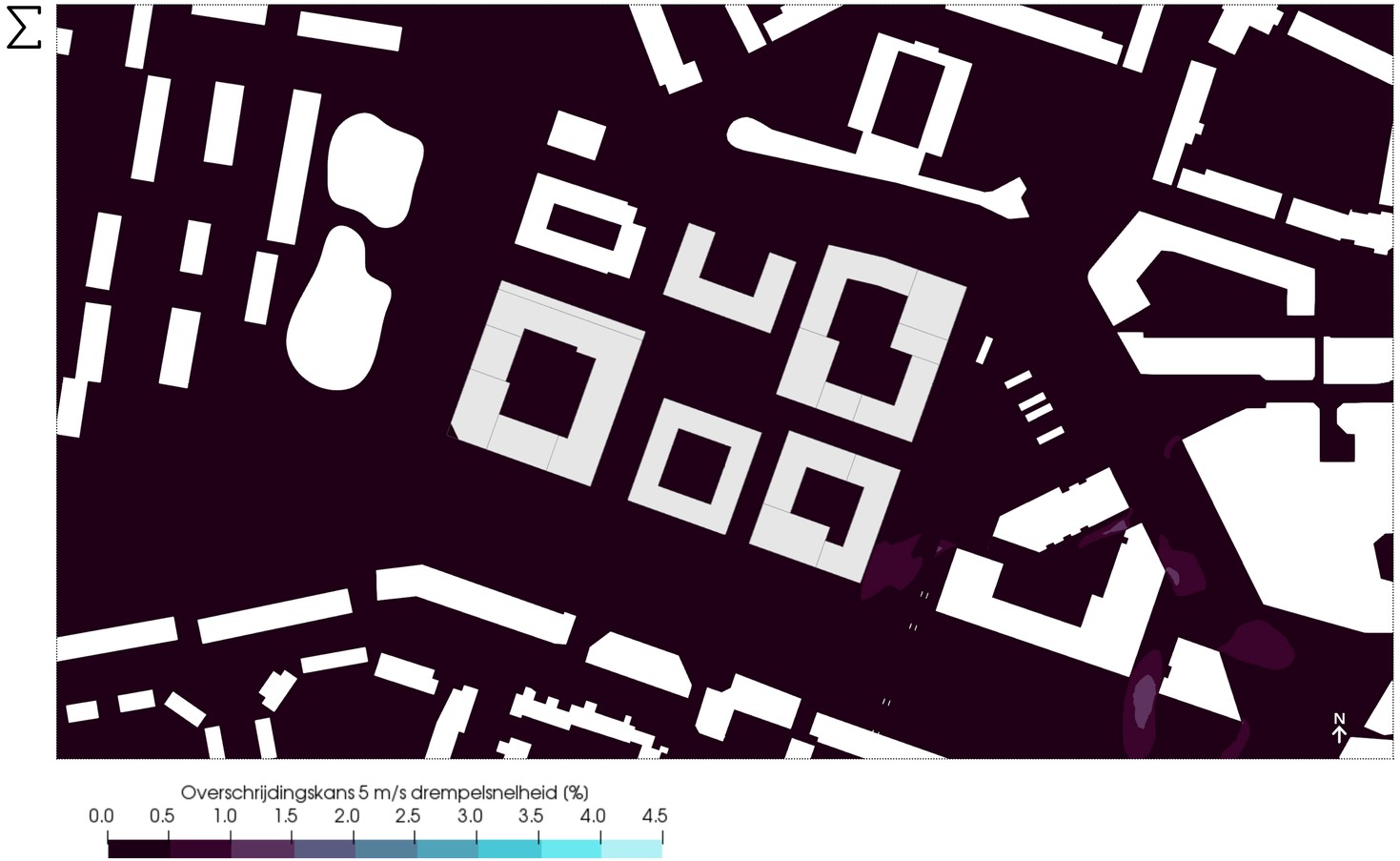


C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Wind

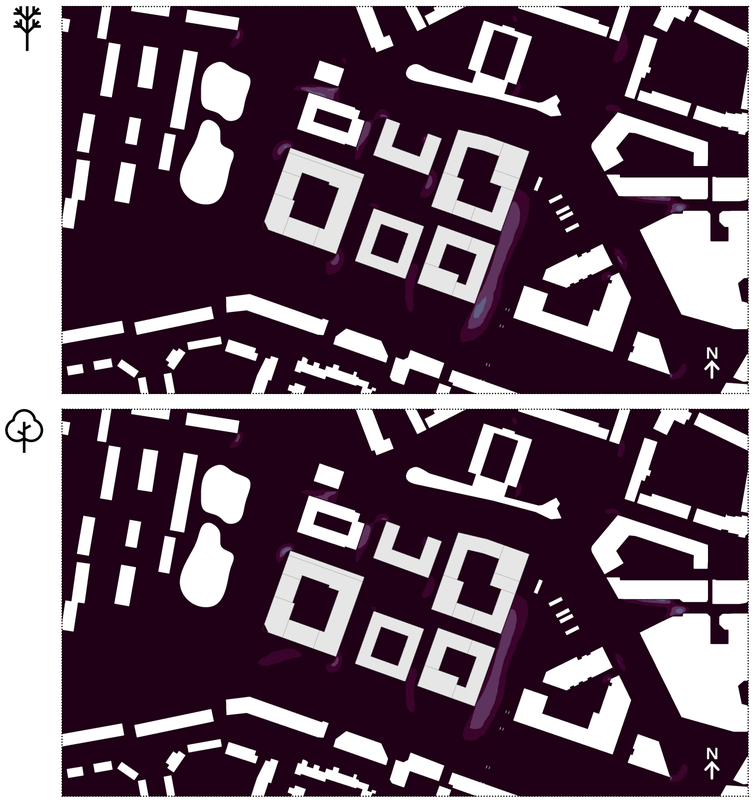


Wind

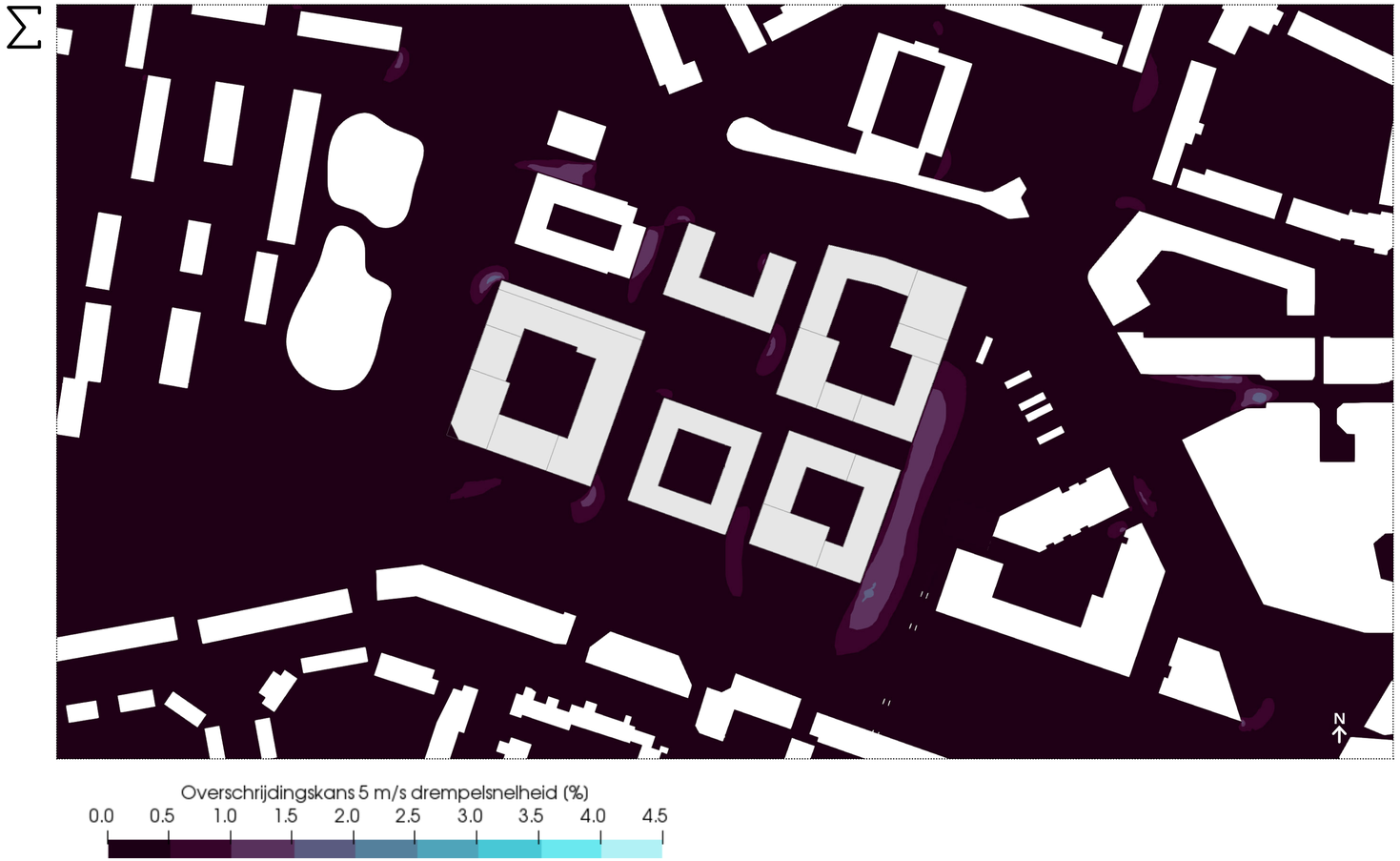


C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Wind

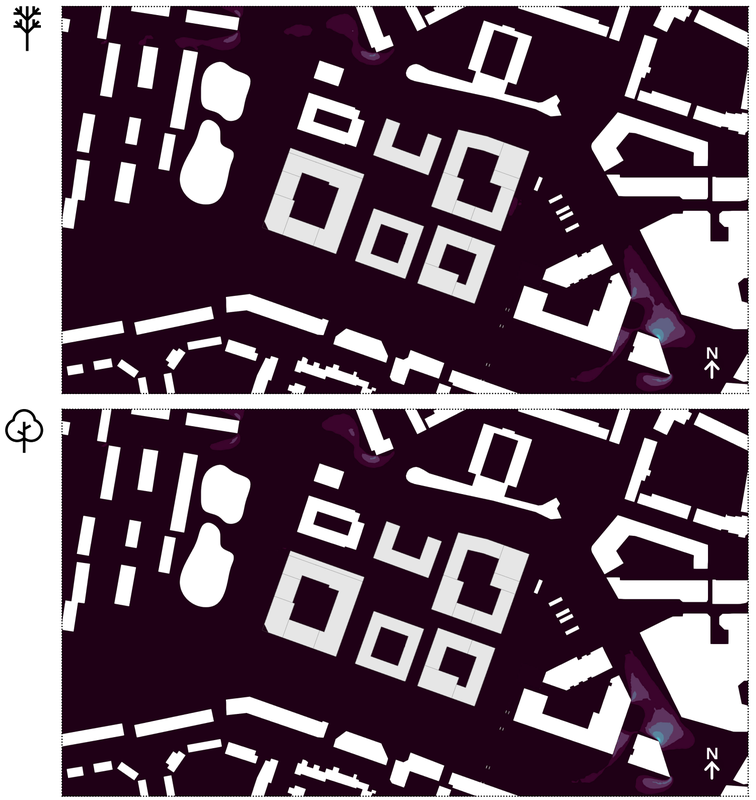


Wind

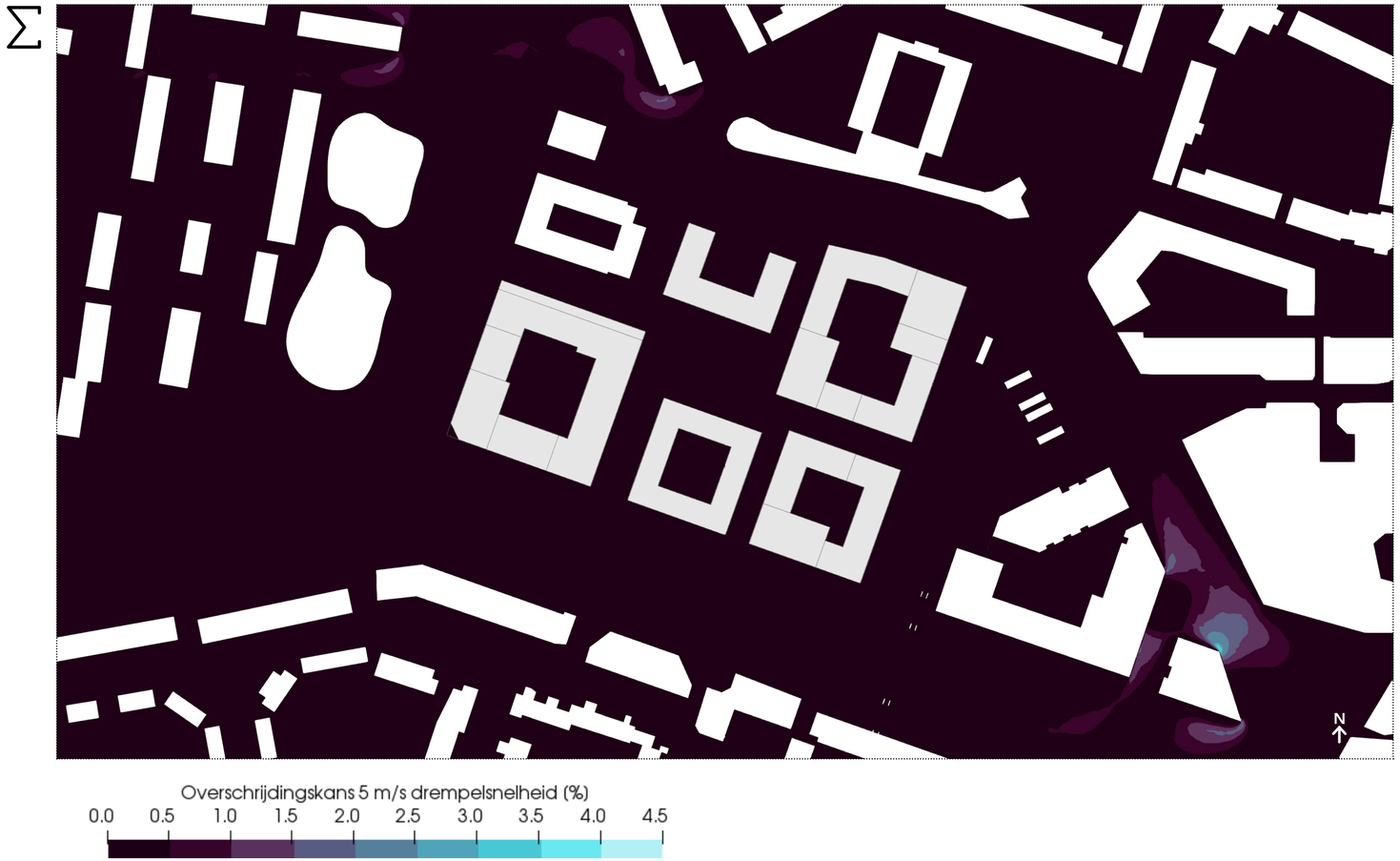


C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Wind

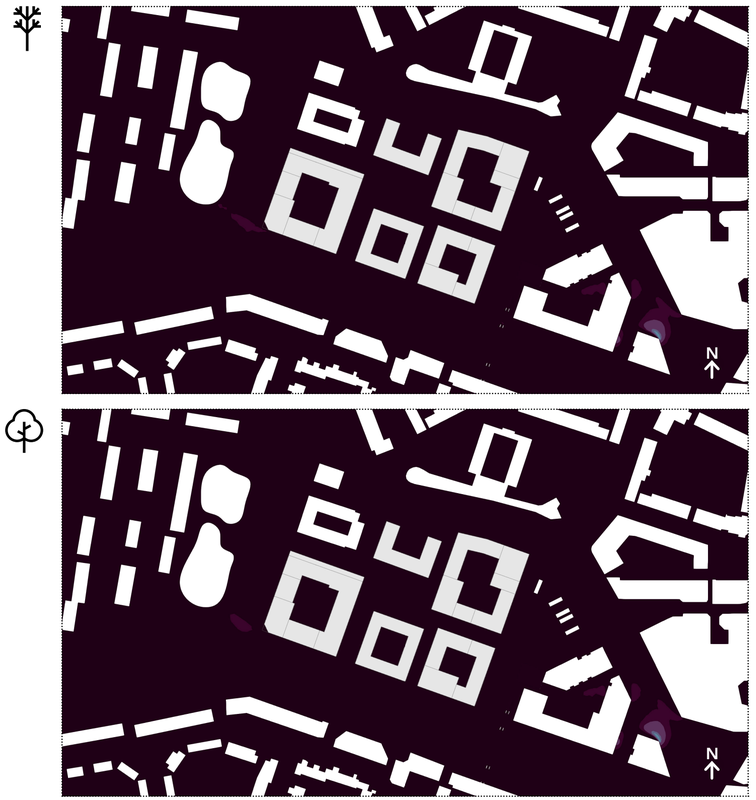


Wind

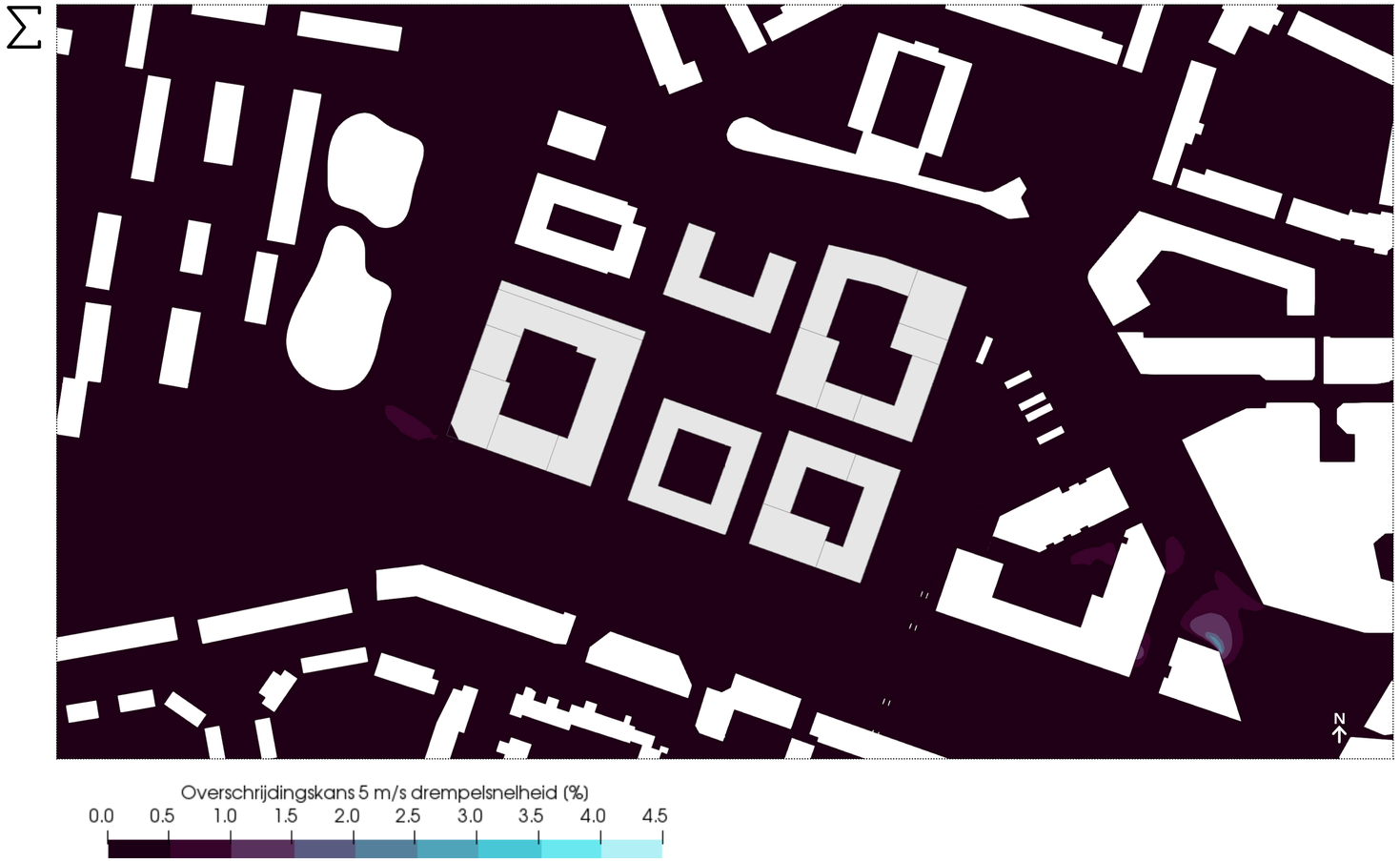


C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Wind

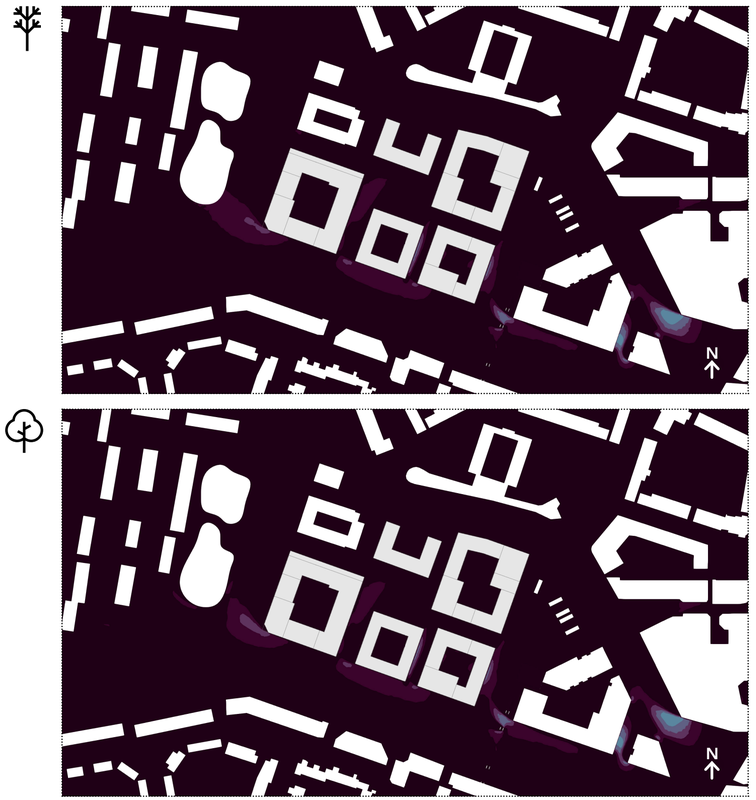


Wind

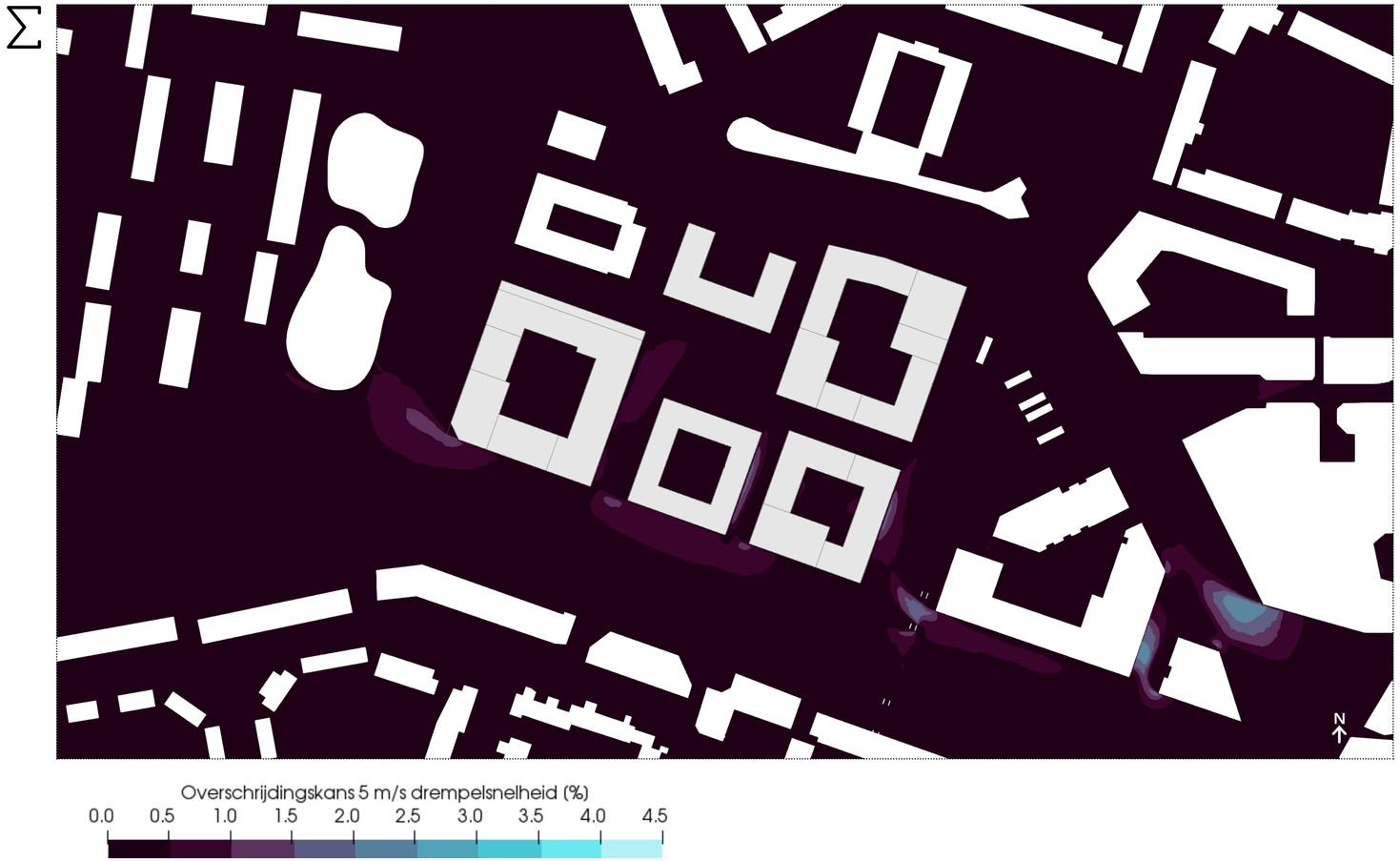


C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Wind

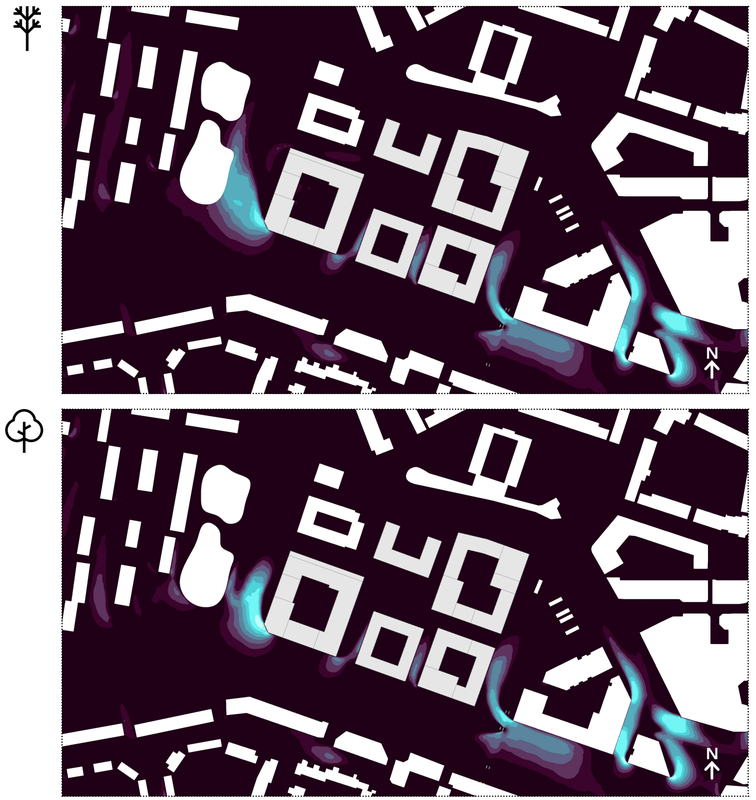


Wind

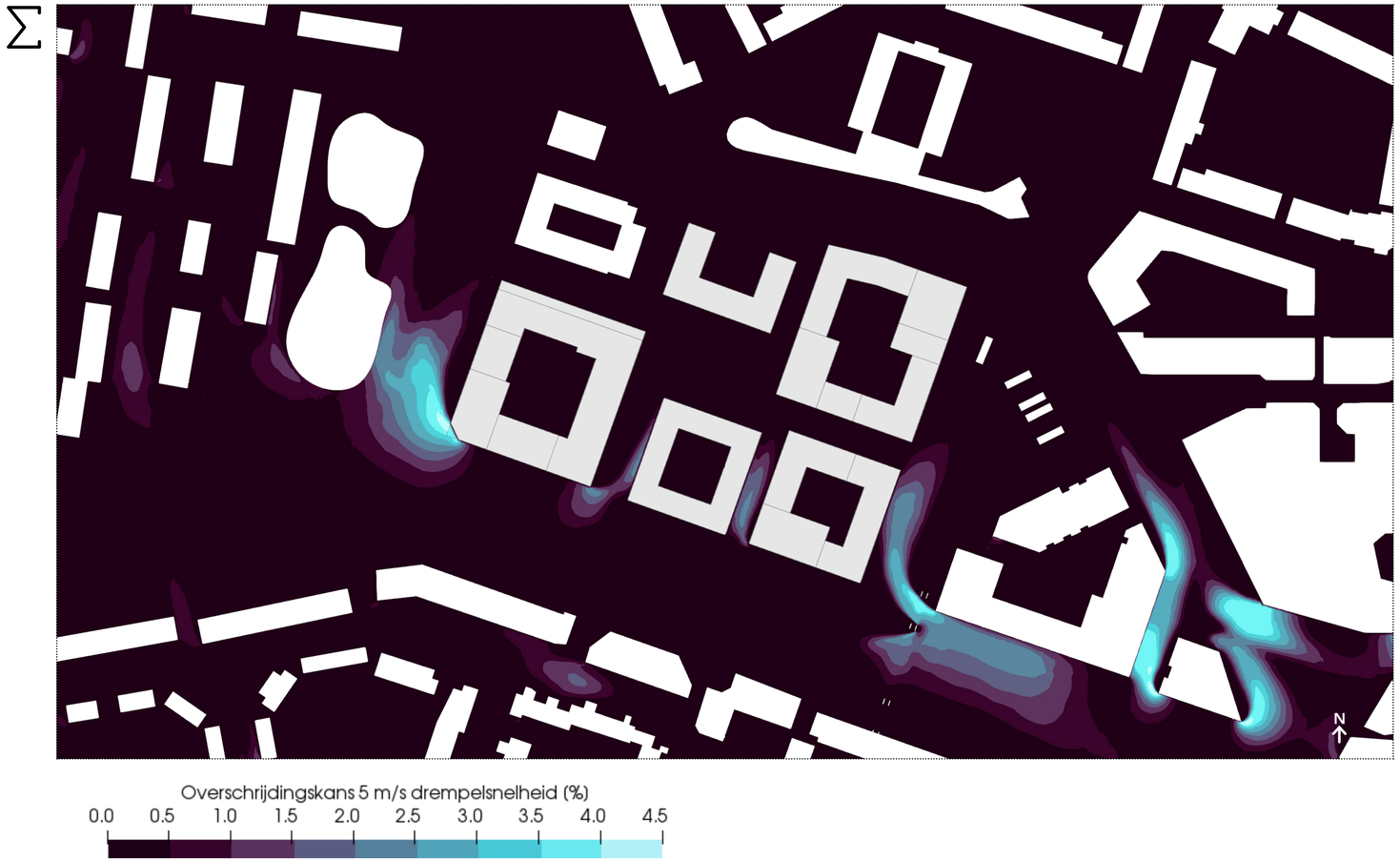


C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Wind

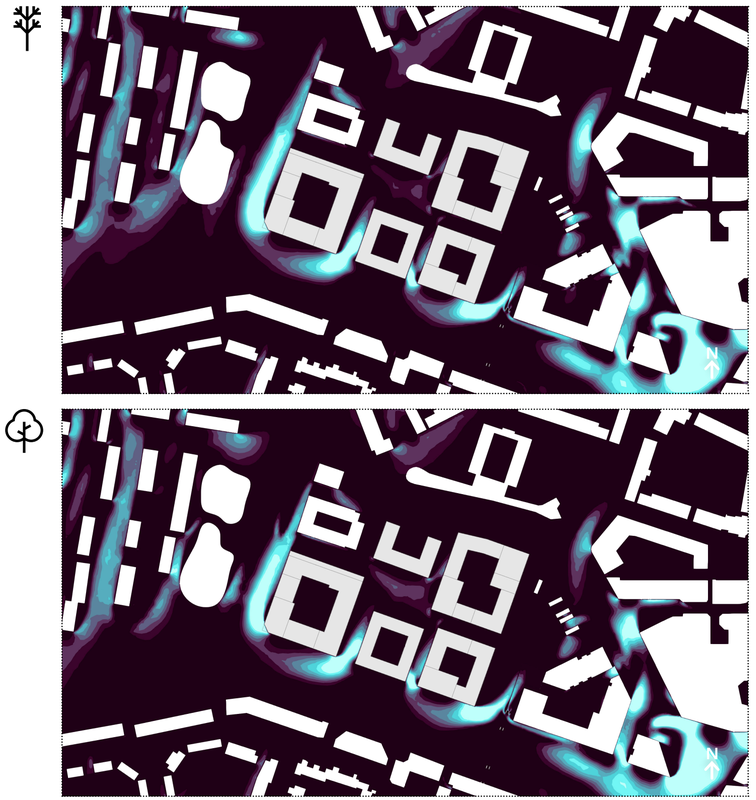


Wind

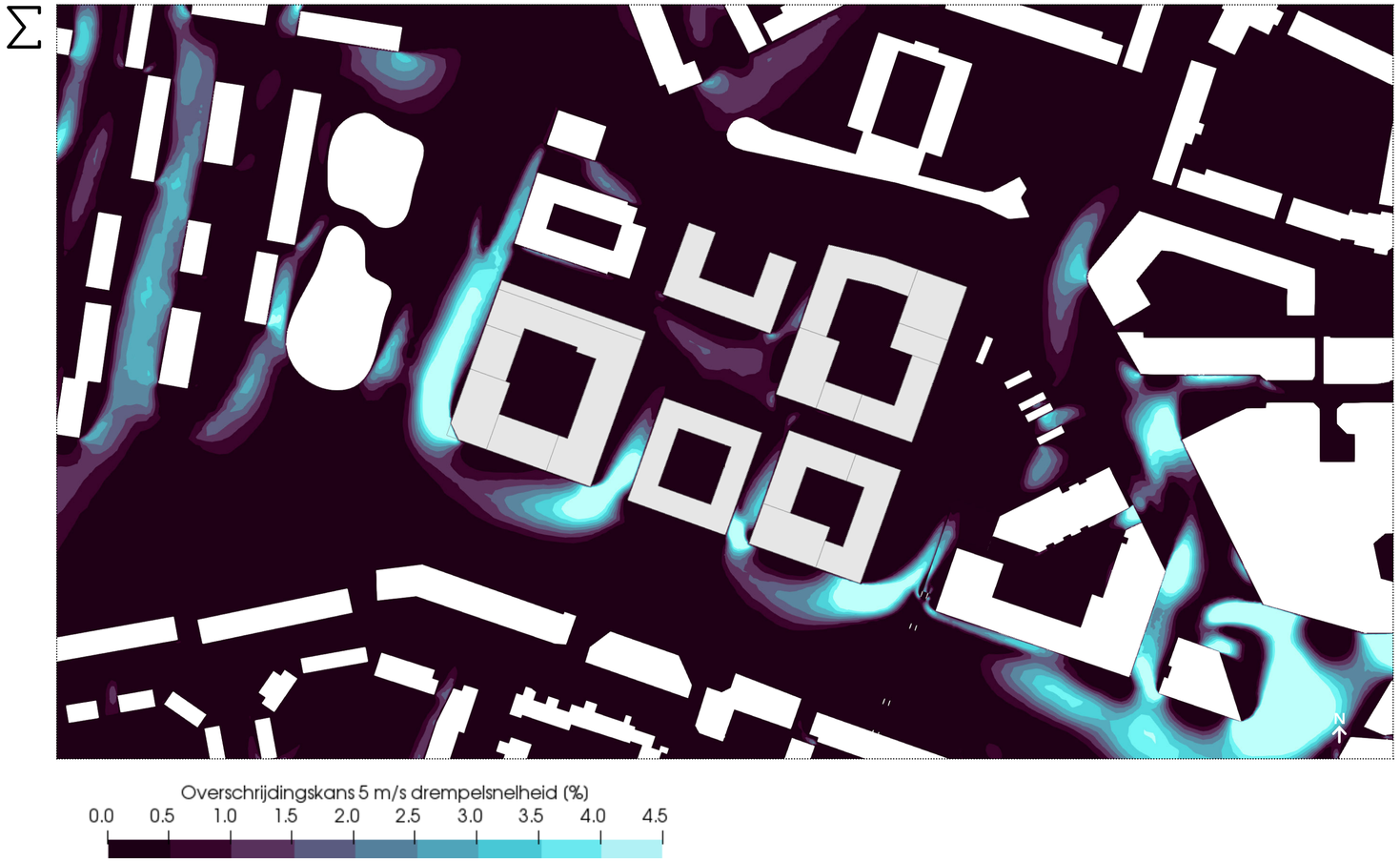


C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Wind

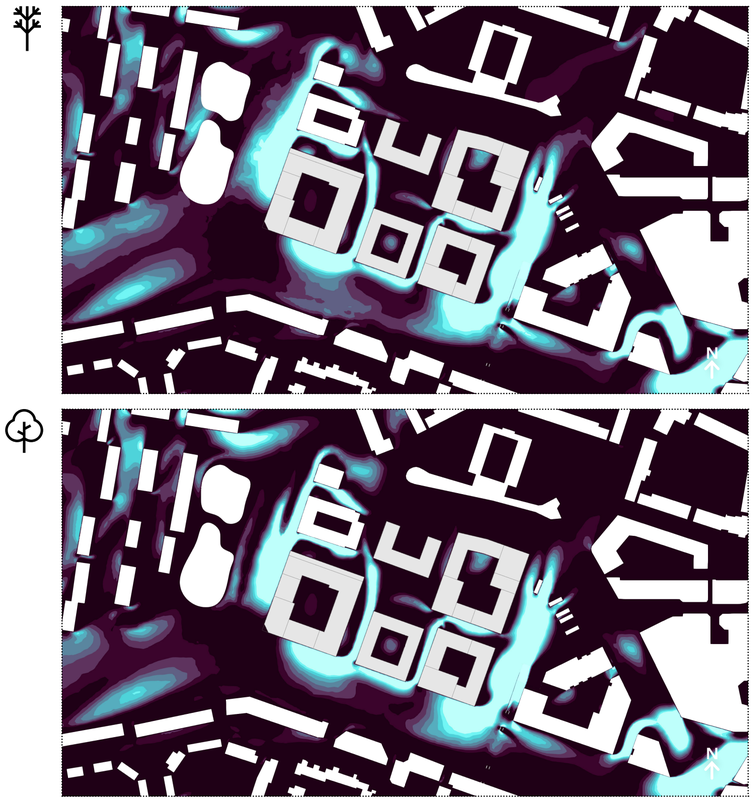


Wind

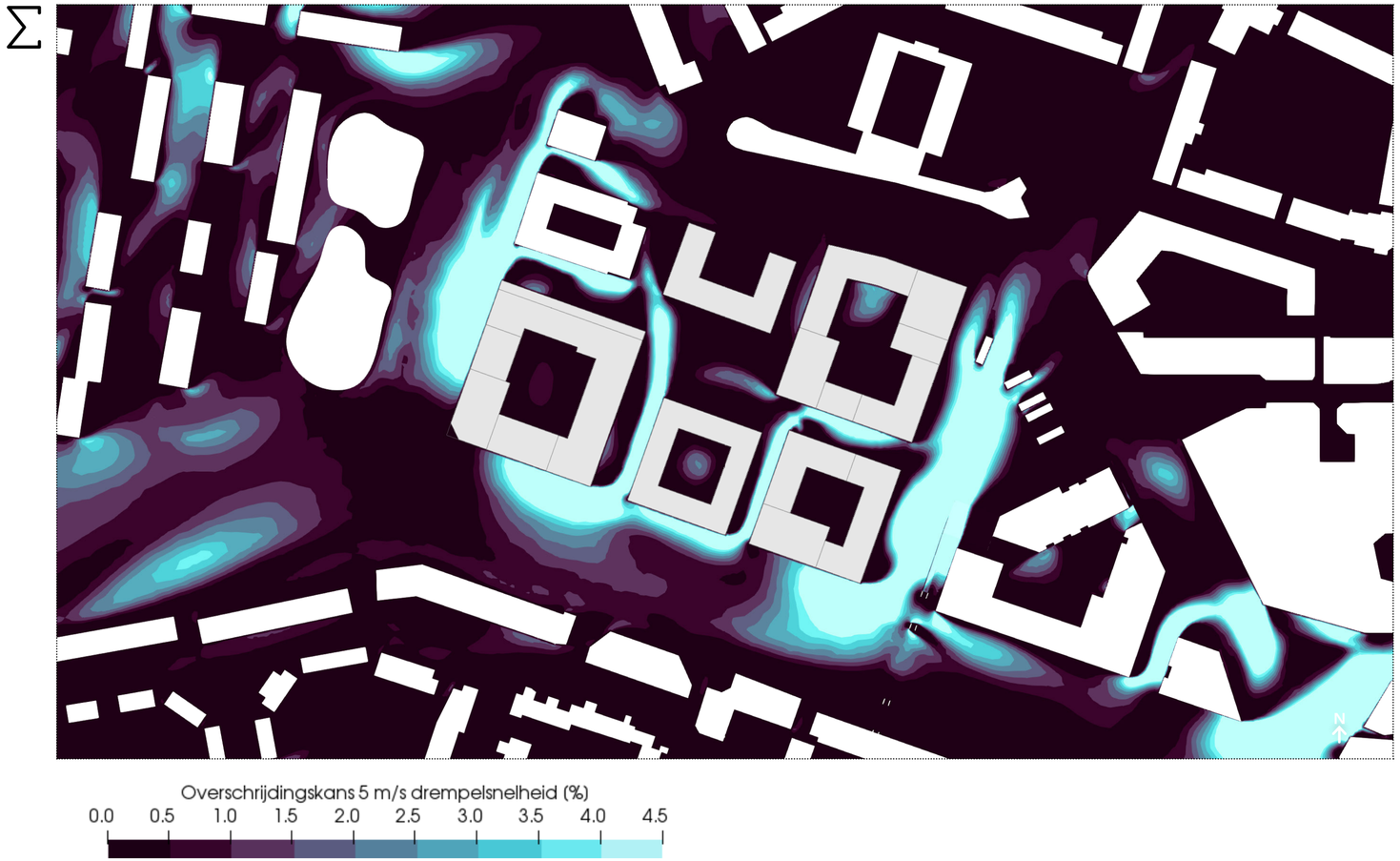


C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Wind



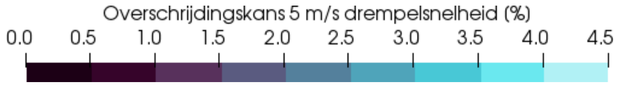
Wind



C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

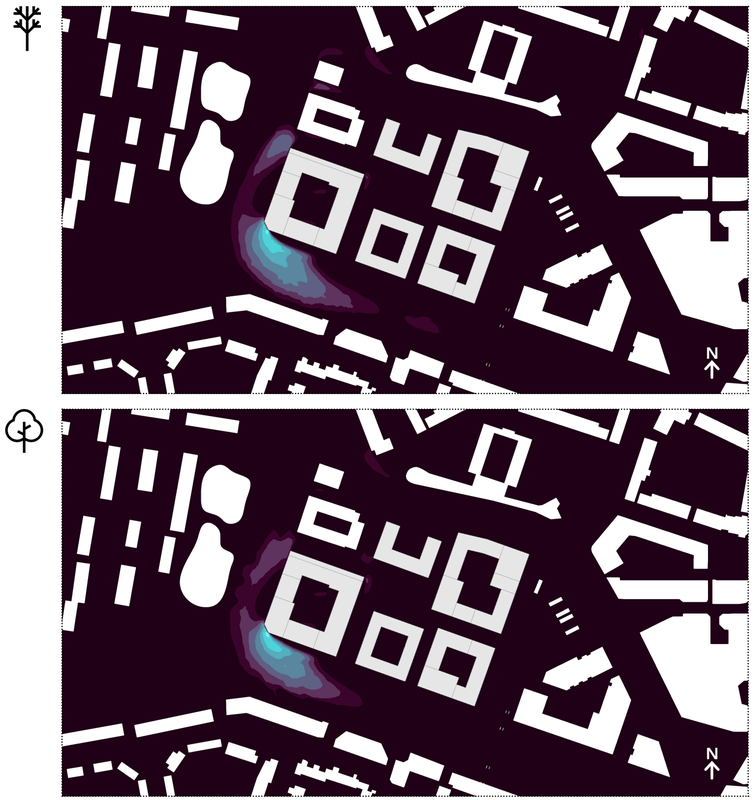
Wind →

Wind →

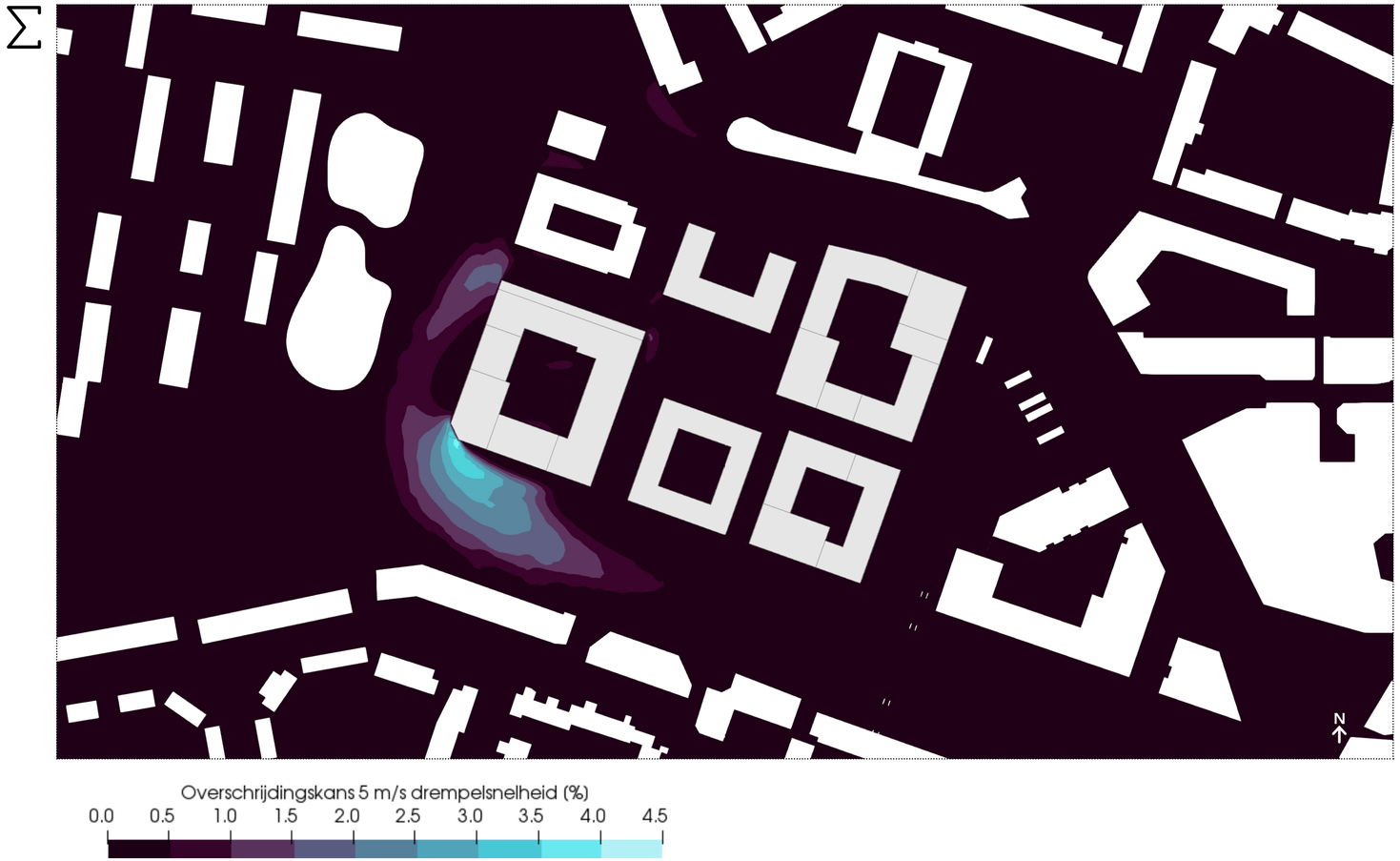


C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Wind

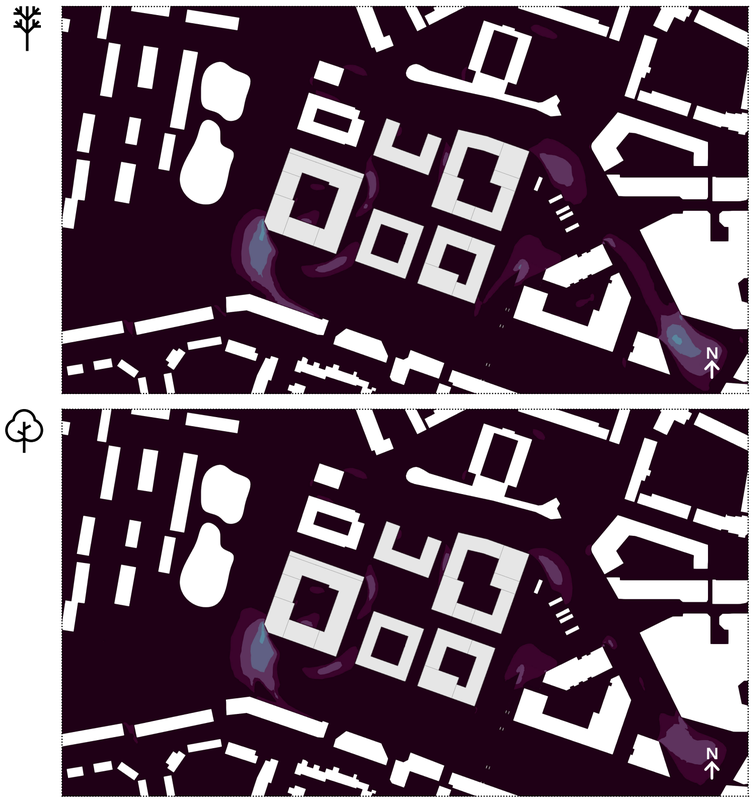


Wind

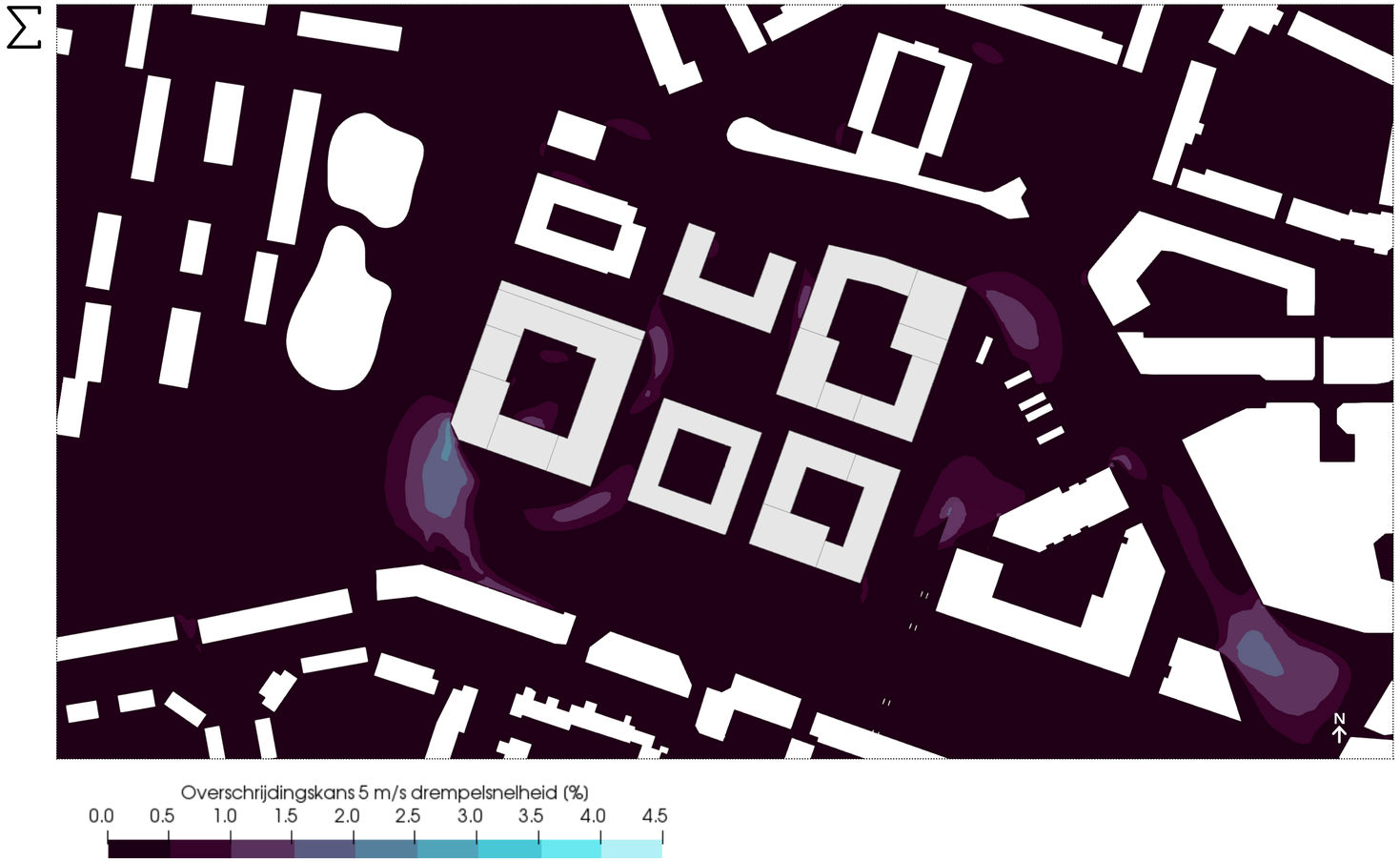


C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Wind



Wind



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