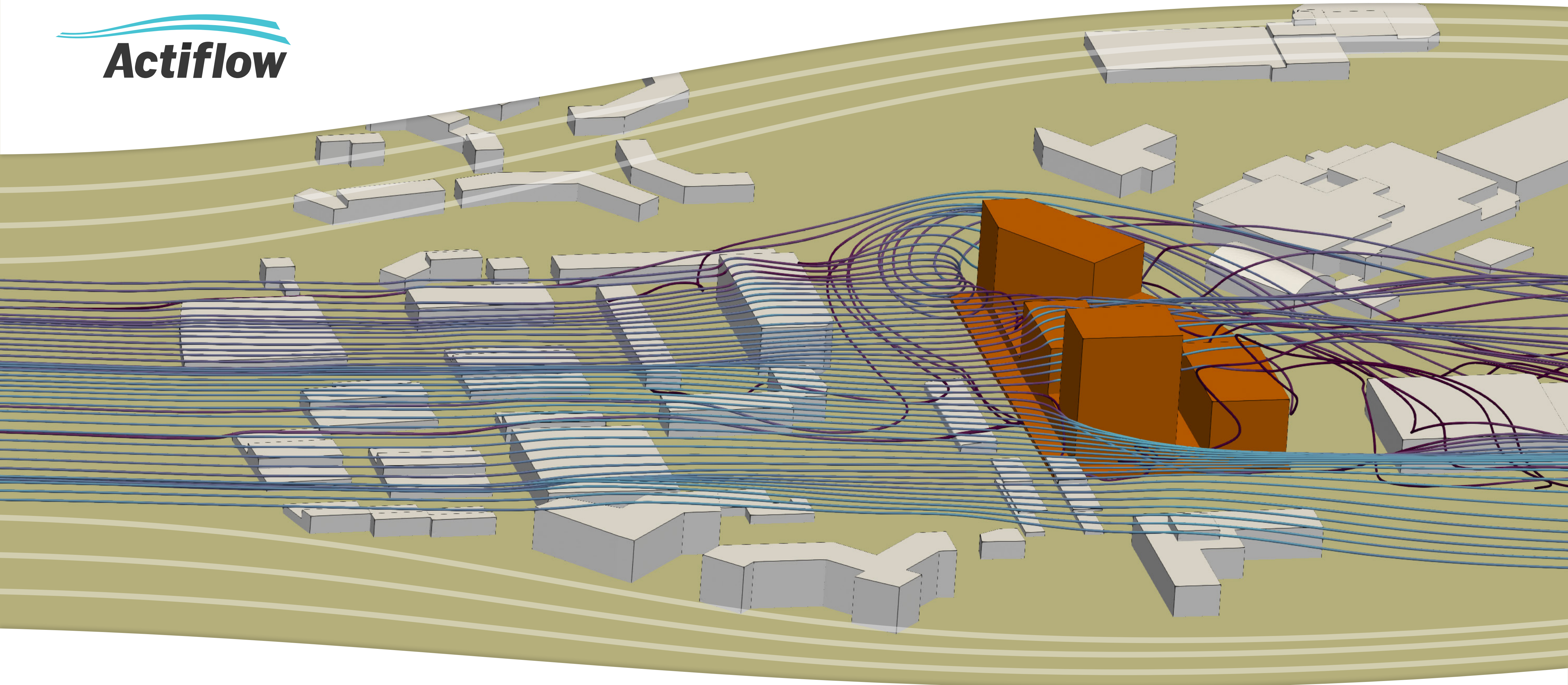




Nieuwbouw PostNL Locatie te Alkmaar

CFD-studie windhinder en windgevaar

Auteur(s): ir. Samy lousef
Controlleur: ir. Tom Fahner
Datum: 06/02/2020

AFR - 7938
Versie 1.0
©2020 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 - openbare buitenruimten

4.2 Windgevaar - openbare buitenruimten

5 Conclusie en aanbevelingen

5.1 Conclusie

5.2 Aanbevelingen

A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

B Inlegvel NEN 8100:2006

1 Introductie

Het project betreft de ontwikkeling van nieuwbouw op de PostNL Locatie in Alkmaar. Voorliggende rapportage omschrijft een windstudie, uitgevoerd door [Actiflow](#) in opdracht van VenhoevenCS in relatie tot de ontwikkeling van deze nieuwbouw.

De nieuwbouw is voorzien op een perceel aan de Hertog Aalbrechtweg te Alkmaar, grenzend aan station Alkmaar Noord. In de huidige situatie is een industriegebouw (postsorteercentrum) aanwezig met een hoogte van 2 bouwlagen. In de nieuwe situatie is een plint voorzien over het gehele perceel met hierop enkele hogere volumes tot 45 m hoogte. De nieuwbouw krijgt een gemengde woon-werk functie. Een illustratie van de nieuwbouw wordt getoond in figuur 1.1.

Het bouwproject veroorzaakt een verandering in het straatbeeld en dit heeft een invloed op het windklimaat. De vraag is of het windklimaat in het gebied acceptabel is na realisatie van het nieuwe gebouw.

[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 en aanbevelingen volgen in hoofdstuk 5.



Figuur 1.1
Impressie van het nieuwbouwproject, zoals verkregen van de opdrachtgever

2 Normstelling

In onderhavige windstudie wordt het windklimaat ter plaatse van de openbare buitenruimte in kaart gebracht. De toetsing hiervan vindt plaats aan de hand van de normstelling uit NEN 8100:2006. In de norm wordt onderscheid gemaakt tussen windhinder en windgevaar. De definitie van windhinder is het ondervinden van hinder door wind. Dit zal bij een gemiddeld persoon gebeuren wanneer de lokale uurgemiddelde windsnelheid meer dan 5 m/s bedraagt.

Windgevaar is het optreden van een dergelijk hoge windsnelheid waarbij in ernstige mate problemen optreden bij het lopen, zoals evenwichtsverlies, waardoor het onmogelijk wordt zich staande te houden of zich lopend voort te bewegen. Windgevaar vindt vooral tijdens vlagen plaats. Dit fenomeen wordt vanwege de benodigde rekenkracht en conform de norm, niet gemodelleerd in een tijdsafhankelijke berekening, maar in een aanvulling op de statistische windhinderanalyse. Hier wordt aangenomen dat windgevaar optreedt als de uurgemiddelde lokale windsnelheid meer dan 15 m/s bedraagt.

NEN 8100:2006 geeft een indeling voor windhinder naar kwaliteitsklassen. Deze indeling is terug te vinden in tabel 2.1. Aan de hand van de kans op overschrijding van de grenswaarde voor windhinder wordt bepaald in welke klasse een locatie valt. Afhankelijk van het gebruiksdoel van de locatie wordt een bepaalde klasse gekarakteriseerd als goed, matig of slecht.

Tabel 2.2 toont de indeling en kwalificatie voor de kans op windgevaar op vergelijkbare wijze als voor windhinder wordt gedaan. Hierbij dient te worden opgemerkt dat voor activiteitsklassen '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 (overschrijdingskans $> 0.30\%$) 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

3 Opzet van de berekening

Voor een overzicht van de instellingen bij de berekening wordt verwezen naar het inlegvel uit de NEN 8100:2006, welke is toegevoegd in bijlage B.

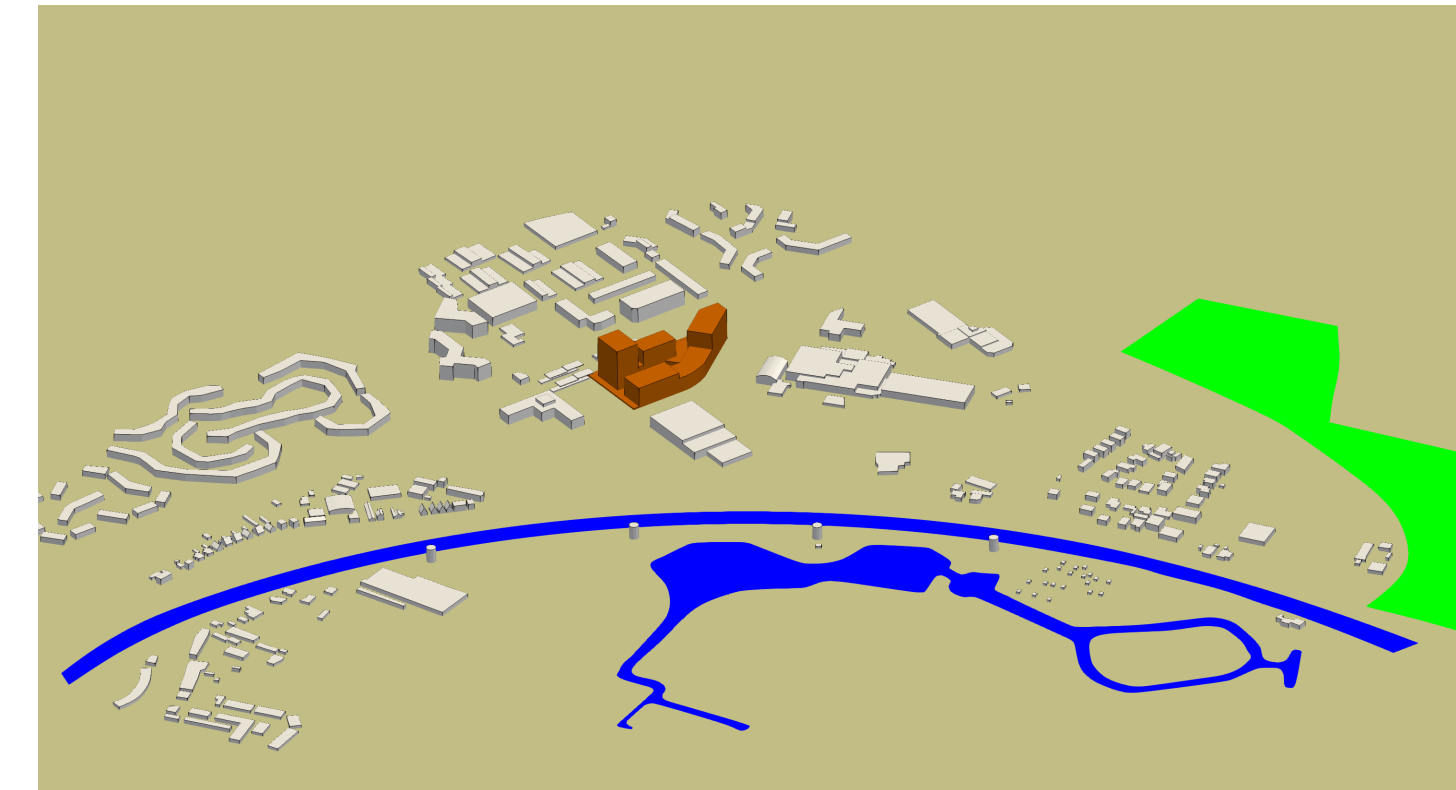
3.1 Software

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

3.2 Geometrie en rekenrooster

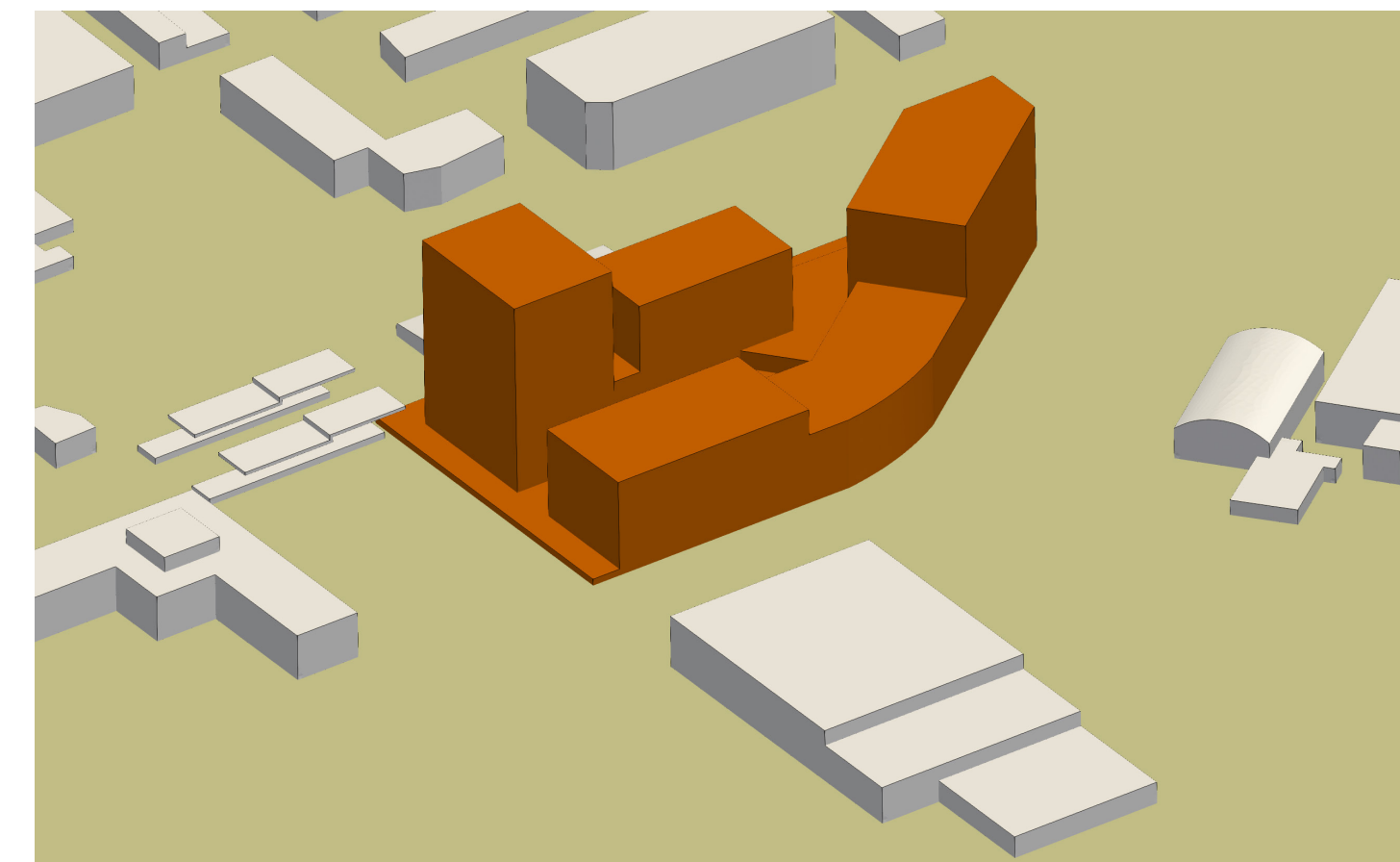
De geometrie van het model is gebaseerd op de verkregen tekeningen en modellen van de opdrachtgever. Het 3D-model is weergegeven in figuur 3.1. Het model omvat alle gebouwen binnen een straal van minimaal 300 meter.

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



Figuur 3.1:
Impressie van het
model

(a)
Overzicht model



(b)
Close-up

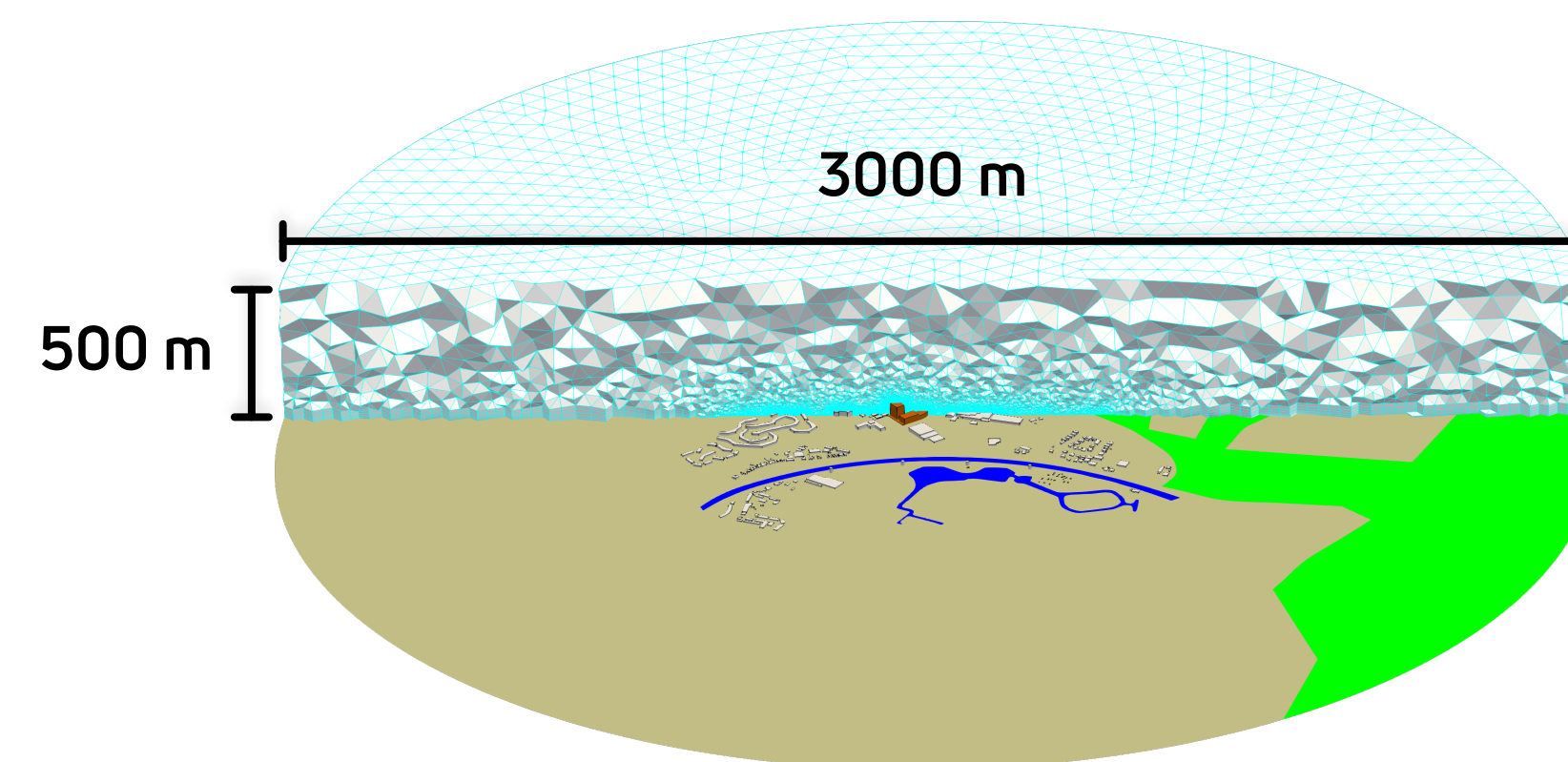
Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster voor onderhavige situatie (figuur 3.2). Dit rooster bestaat uit 14 897 542 cellen. Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vijf lagen 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 doorerekend, 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.

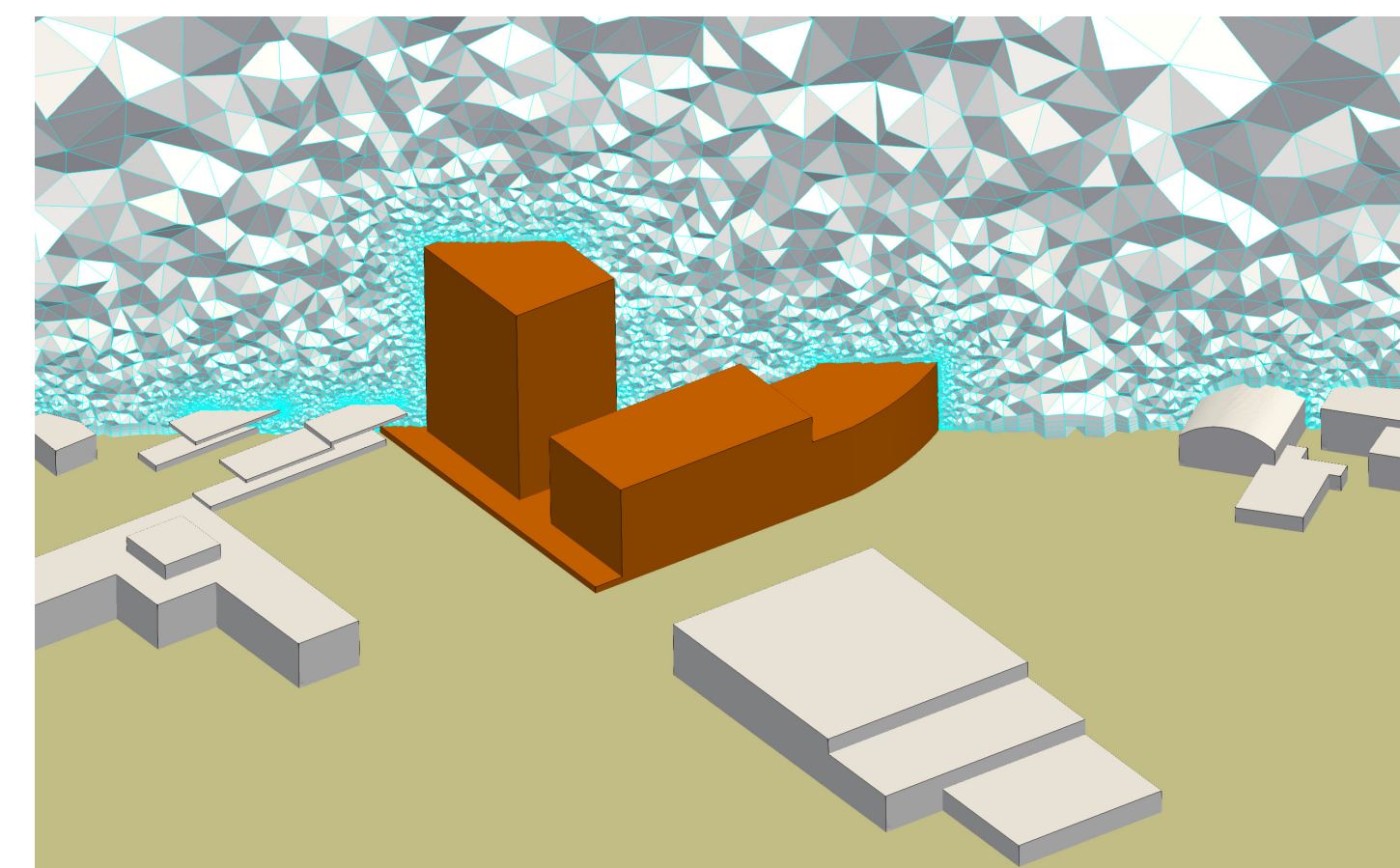
Ook de turbulente grootheden k en ω verlopen volgens een voorgeschreven profiel, zoals aangegeven in vergelijking 3.3 en vergelijking 3.4. Hierin heeft C_μ de waarde 0,09. Deze empirische constante komt voort uit het gebruikte turbulente model (k - ω SST).

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)
Doorsnede van het
rekengrid



(b)
Doorsnede van het
rekengrid - ingezoomd

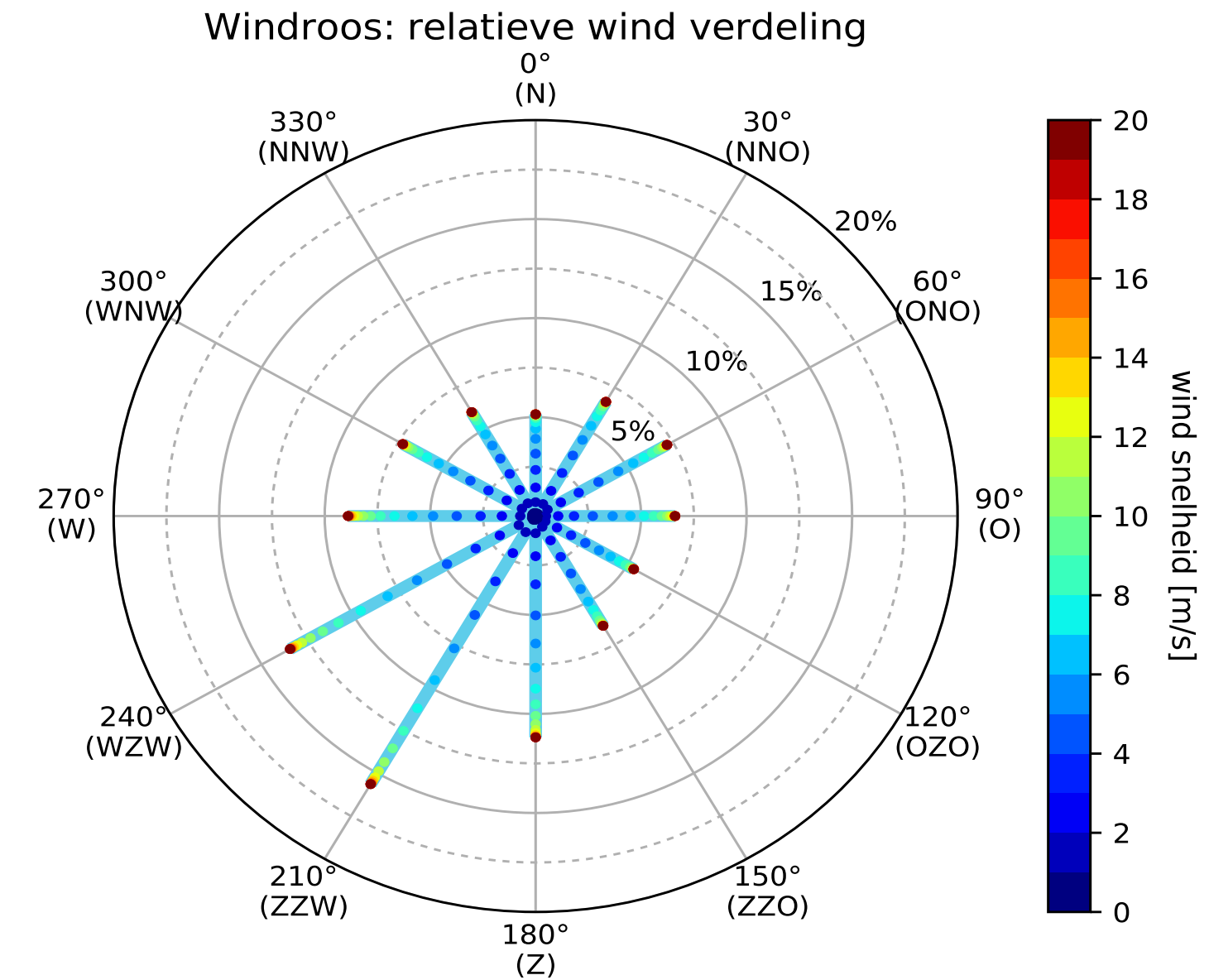
Vervolgens wordt de windstatistiek gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, zodat voor elke windsnelheid op een locatie een overschrijdingskans kan worden bepaald van verschillende windsnelheden. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste kwaliteitsklasse om te bepalen 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 3.3.

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

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

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

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



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

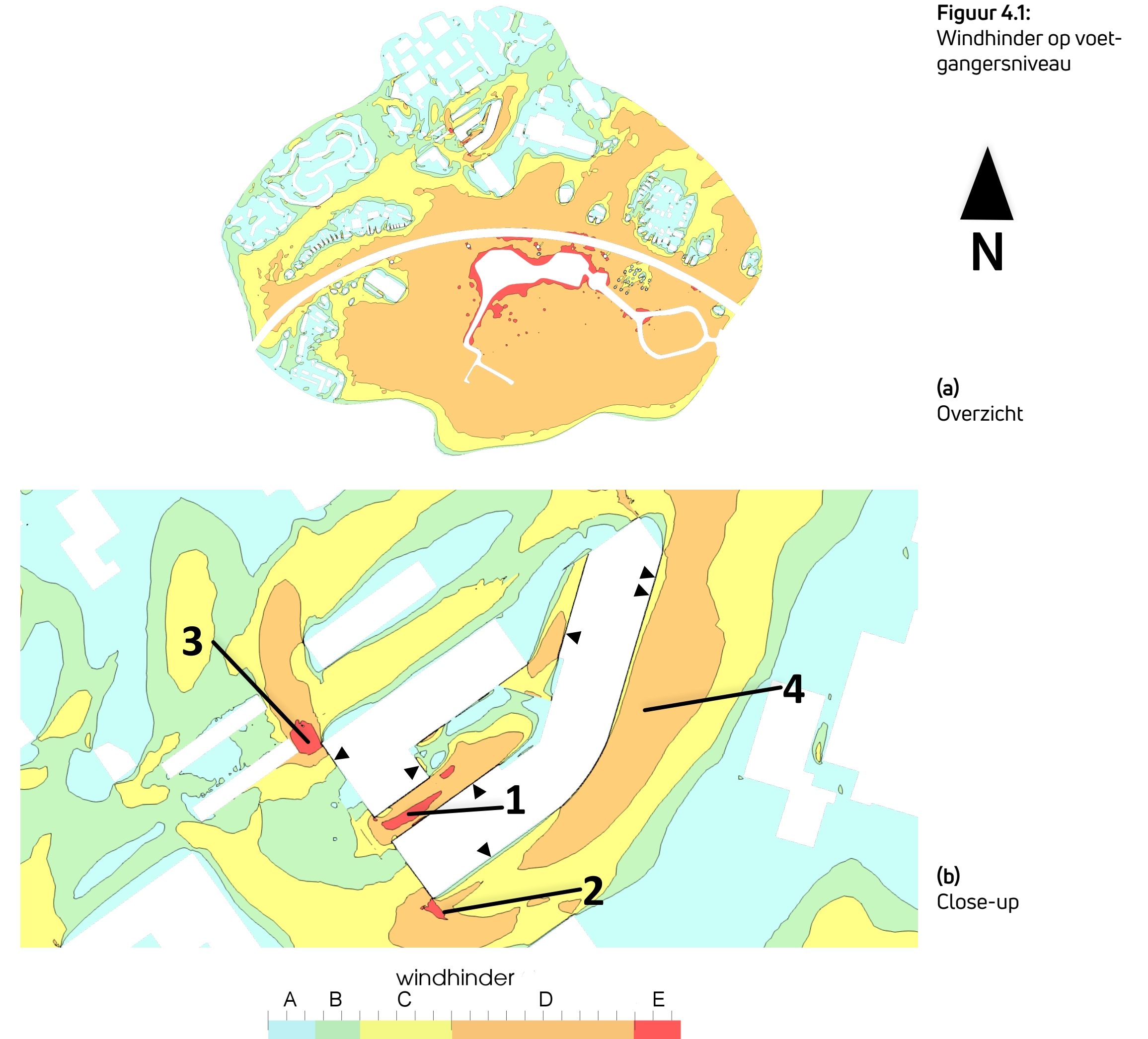
4 Resultaten

In deze sectie worden de resultaten voor windhinder en windgevaar ter plaatse van de openbare buitenruimte weergegeven conform NEN 8100:2006. De resultaten van de openbare buitenruimte worden weergegeven op horizontale doorsneden op 1,75 m boven maaiveld. Figuren 4.1 t/m 4.3 tonen de resultaten van de openbare buitenruimte.

- 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.

4.1 Windhinder - openbare buitenruimten

De resultaten (figuur 4.1) laten zien dat alle klassen van windhinder op kunnen treden in de nabijheid van de nieuwbouw. Klasse D is in oranje weergegeven in figuur 4.1. Zoals hierboven is uitgelegd, karakteriseert klasse D de gebieden waar de windsnelheid 5 m/s of hoger is voor 10% tot 20% van de tijd. Voor klasse E is dit meer dan 20% van de tijd. De zones met klasse E zijn in figuur 4.1b genummerd met '1', '2' en '3', de zone met klasse D met '4'.



Om de resultaten te verklaren, worden stroomlijnen getoond in figuur 4.2. Stroomlijnen geven het pad aan dat de wind volgt wanneer het langs de verschillende obstakels stroomt.

In figuur 4.2a, kan worden gezien dat als de wind uit het westzuidwesten komt, het downwash fenomeen optreedt. In dit geval stroomt de wind over het naburige gebouw ten westzuidwesten (aangegeven met een X) en stroomt tegen de zuidwestelijke gevel van de hoogste toren (aangegeven met een Y). Hierna stroomt de wind vrij naar beneden richting de hoek van bovengenoemde toren en de wind versnelt in de passage tussen gebouwen Y en H, wat zorgt voor de mindere kwaliteit betreffende windhinder rondom zone 1.

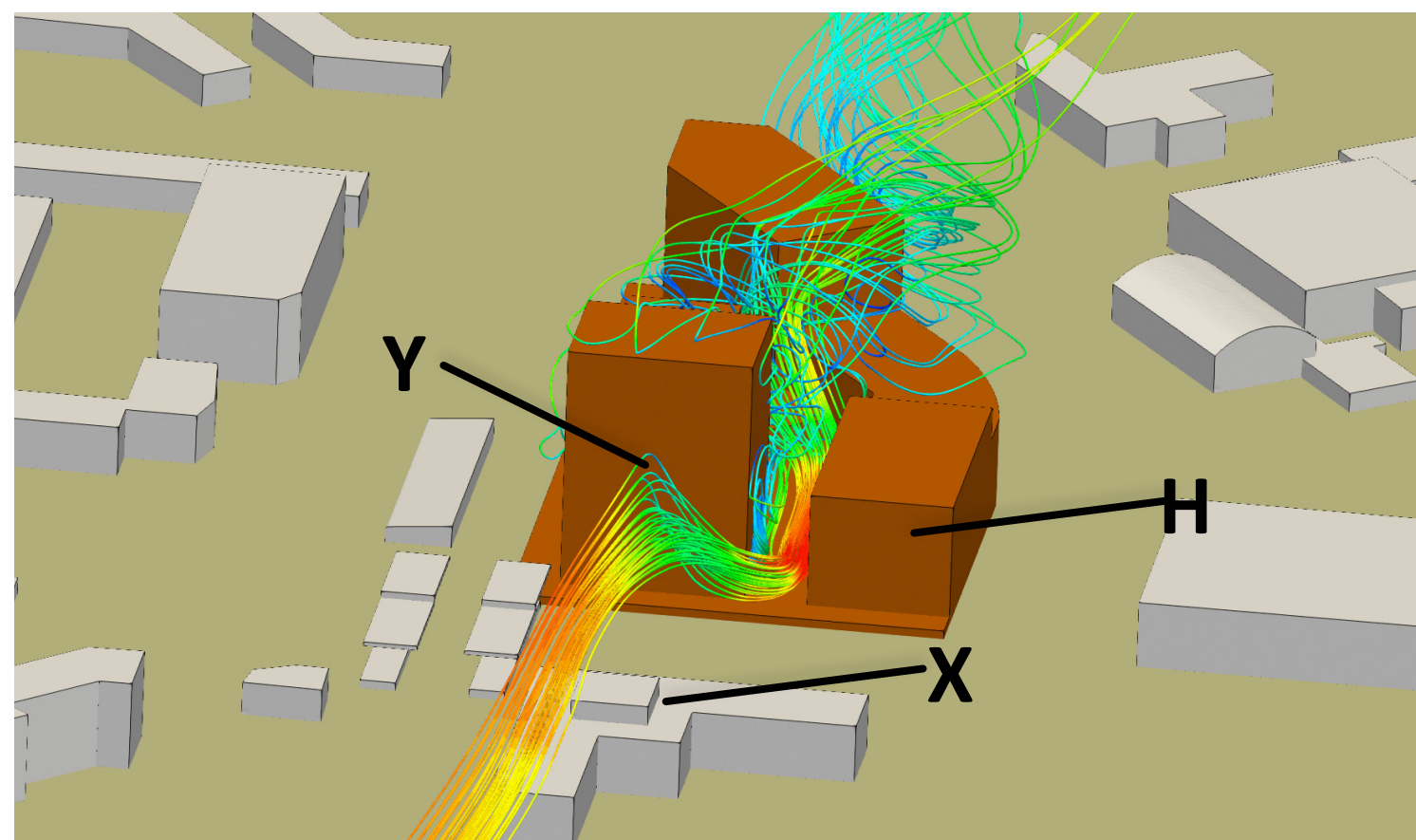
In zone 2 is het downwash effect ook zichtbaar. Met wind uit de zuidwestelijke richtingen komt deze over het naburige gebouw (met een X gemarkeerd in figuur 4.2b) en stroomt het vervolgens tegen de zuidwestelijke gevel van gebouwvolume H. Hierna wordt de wind neerwaarts afgebogen richting het trottoir en de zuidwestelijke hoek van het gebouw, waar het zogeheten hoekstroomeffect optreedt. Loslating en versnelling van de stroming rond deze hoek speelt een dominante rol in de verslechtering van het windklimaat en het creëren van de zones met windhinderklassen D en E rondom zone 2.

Ook voor zone 3 zijn de downwash en het hoekstroomeffect de belangrijkste oorzaken van de mindere kwaliteit van het windklimaat, zie figuur 4.2c. Er kunnen dan ook vergelijkbare conclusies worden getrokken als voor zone 2. In dit geval is het voornamelijk de wind uit het zuidzuidwesten die belangrijk is met betrekking tot het windklimaat in zone 3.

Betreffende zone 4 en de windhinderklasse D, welke een groot deel tussen het bouwproject en de Hertog Aalbrechtweg beslaat, kan het volgende worden vermeld. Wanneer de wind vanuit het zuiden waait, wordt deze afgebogen over het naburige gebouw (gebouw J in figuur 4.2d) in de zuidoostelijke richting en stroomt tegen de gevels van de nieuwbouw in de directe omgeving van de Hertog Aalbrechtweg. Ook hier treedt het downwash fenomeen op en is een versnelling van de luchtstroming te zien langs de bovengenoemde gevels (figuur 4.2d).

In figuur 4.1b zijn de entreegebieden aangegeven met zwarte markeringen. Deze entrees liggen veelal in gebieden met windhinderklassen C en D.

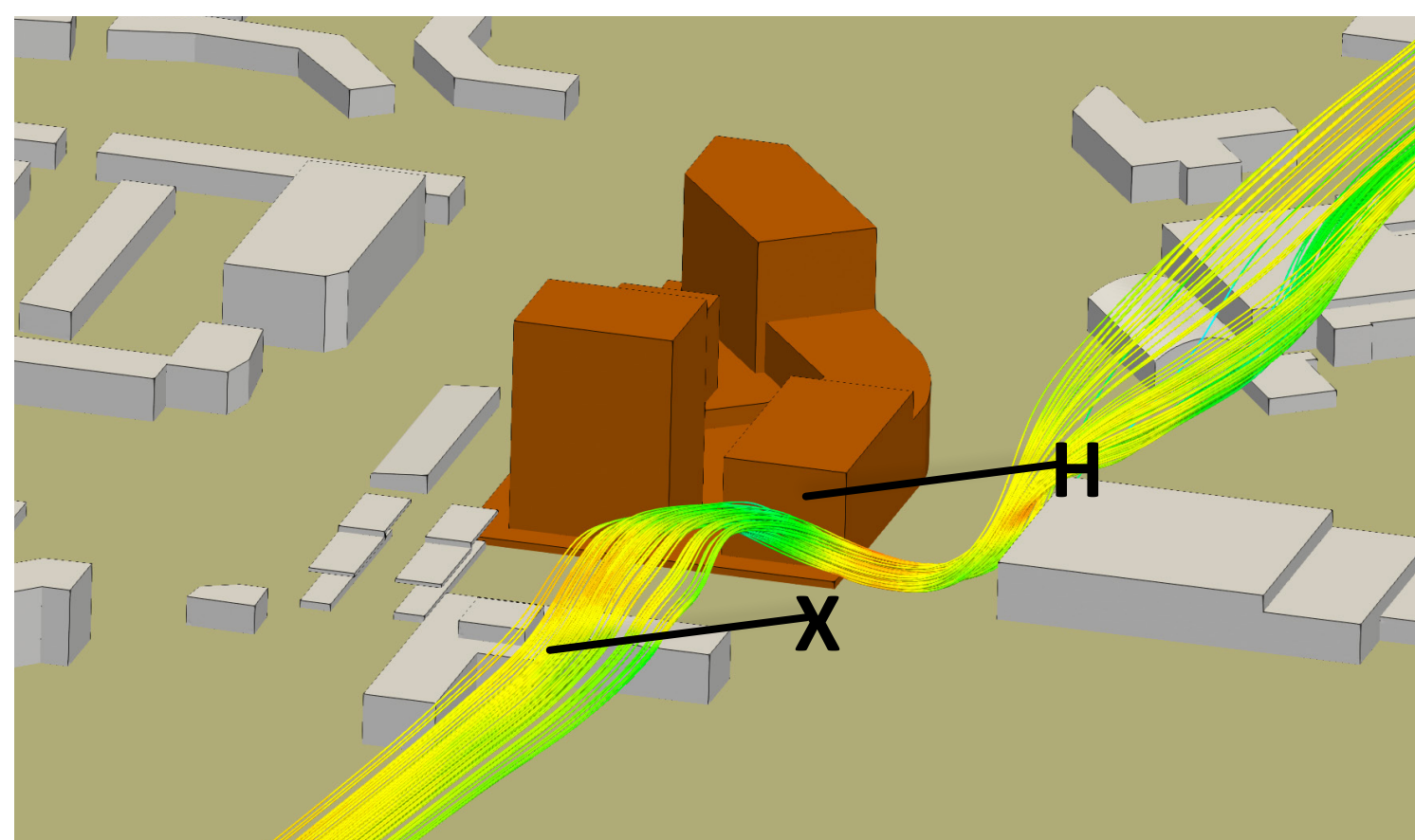
Merk op dat de windhinderklasse D/E regio's niet mogen worden geassocieerd met windgevaarlijke regio's, maar 'slechts' met oncomfortabele omstandigheden bij de gedefinieerde functies: doorlopen, slenteren en langdurig zitten. Zoals aangegeven in sectie 2.1, geven de windhinderklassen een schatting van het aantal uren per jaar dat de drempel van 5 m/s wordt overschreden. Daartoe wordt in bijlage A de overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor afzonderlijke windrichtingen uitgezet. In dit geval wordt het effect van de windstroom uit het zuidzuidwesten, westzuidwesten en zuiden hierdoor duidelijker gemaakt.



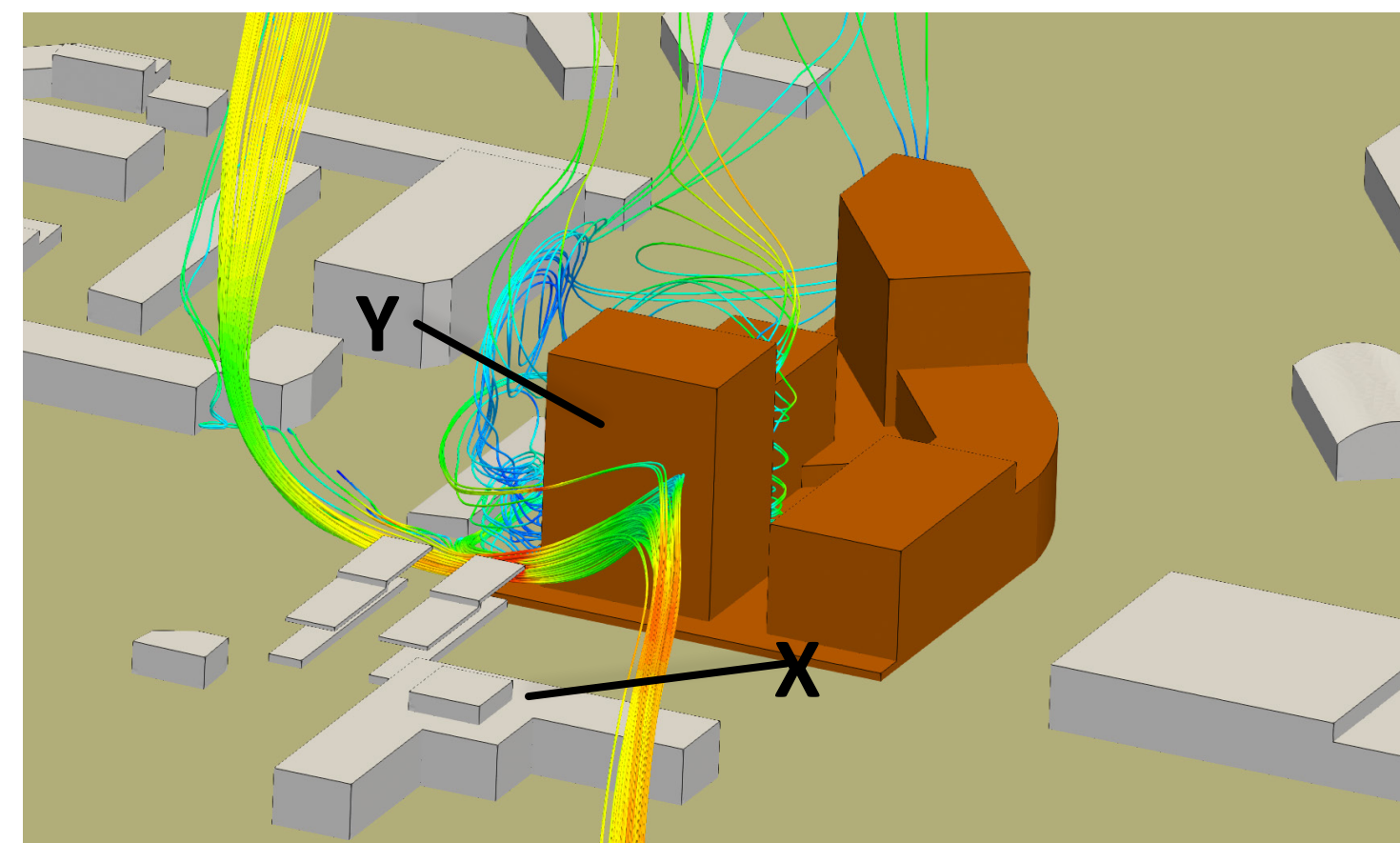
Figuur 4.2:
Stroomlijnen rond de
gebouwen van belang.

Blauw geeft een lage
windsnelheid aan terwijl
rood een hoge windsnel-
heid betekent

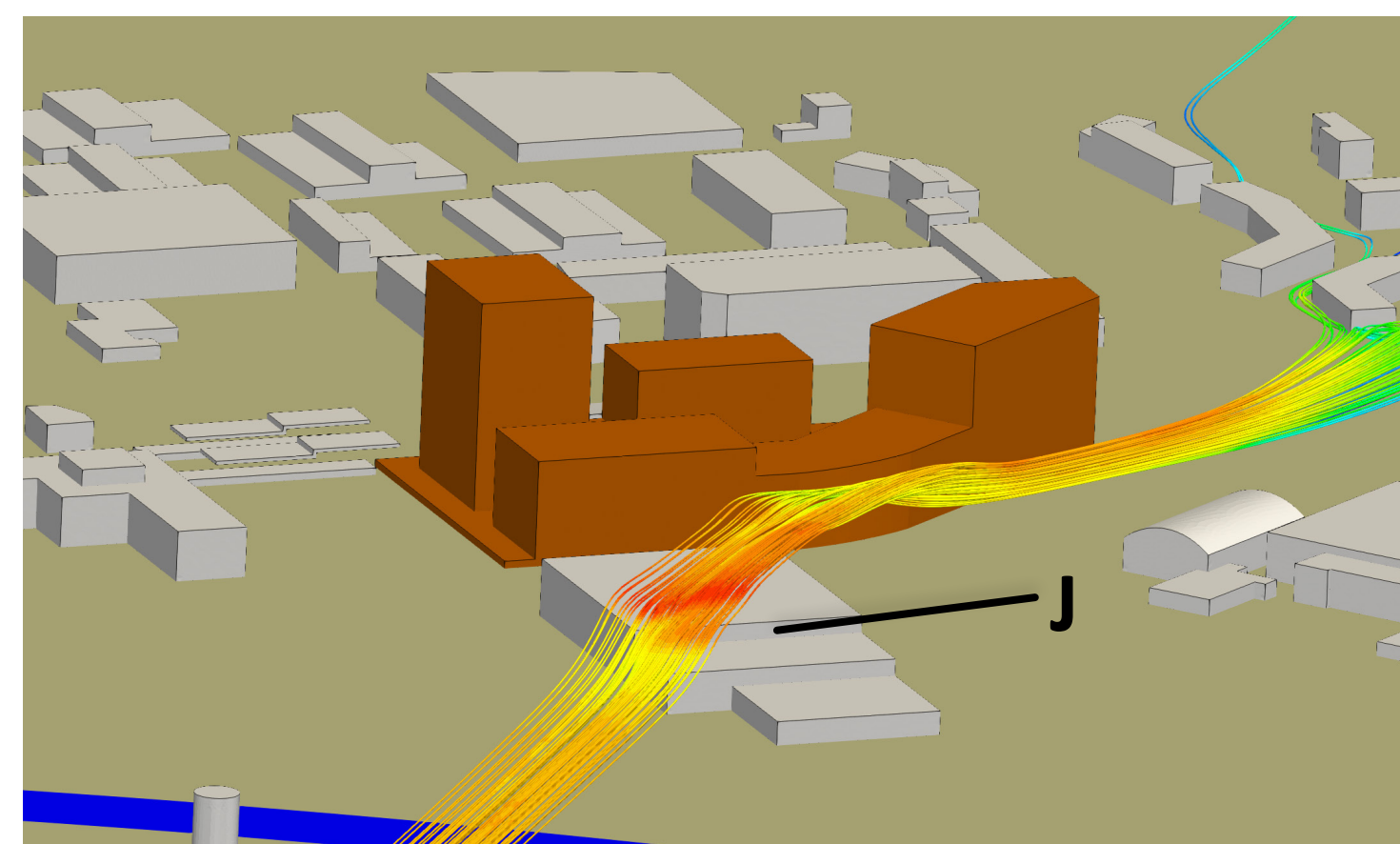
(a)
Wind uit WZW richting,
gezien vanuit het zuid-
westen



(b)
Wind uit WZW richting,
gezien vanuit het zuid-
westen



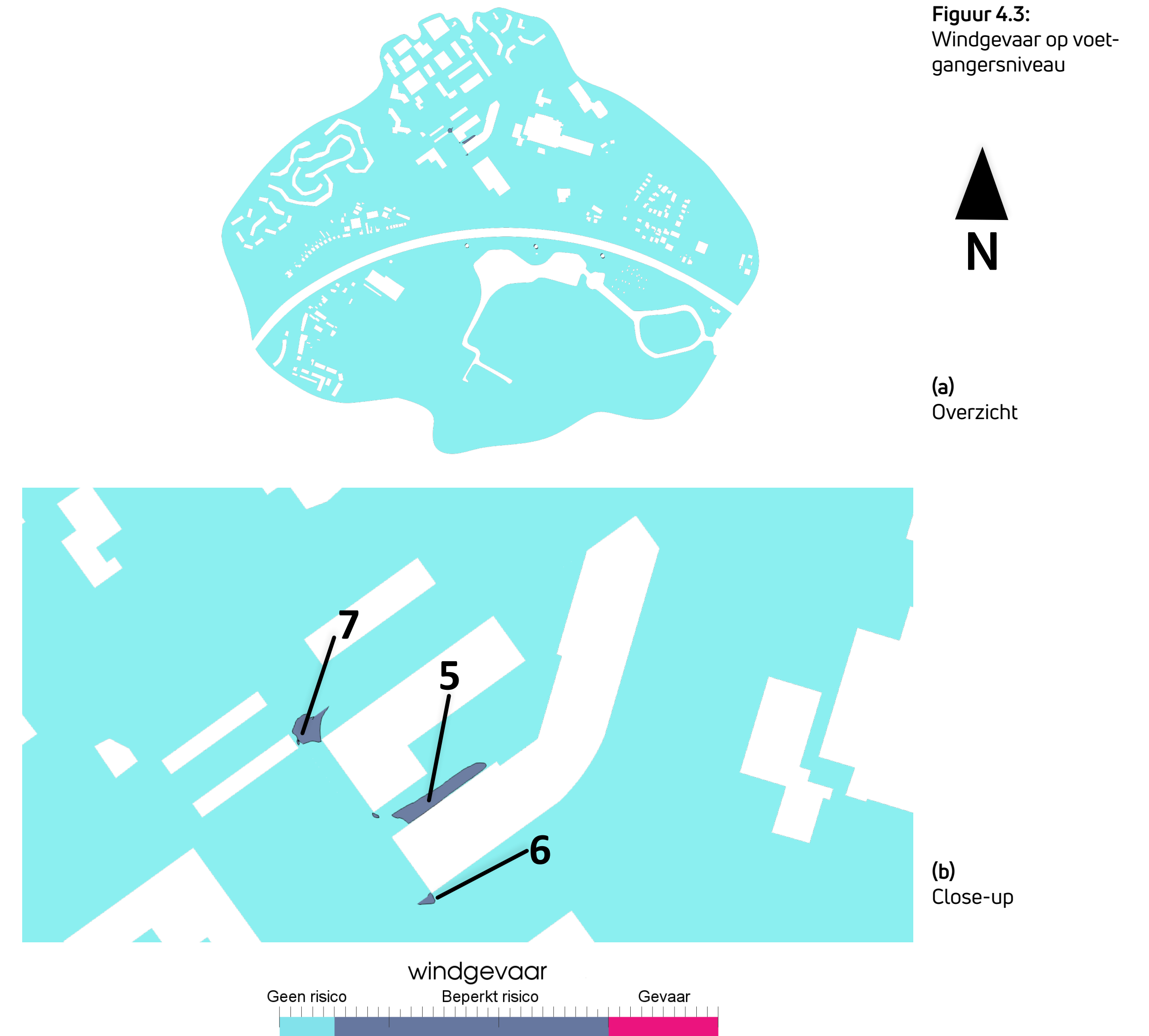
(c)
Wind uit ZWZ richting,
gezien vanuit het zuid-
westen



(d)
Wind uit Z richting,
gezien vanuit het
zuidoosten

4.2 Windgevaar - openbare buitenruimten

In figuur 4.3 wordt de windgevaar-analyse gepresenteerd. De analyse geeft aan dat er zones met 'beperkt risico' worden gevonden in de directe omgeving van de nieuwbouw (genummerd met '5', '6' en '7'). De aanwezigheid van deze zones worden geassocieerd met de hierboven beschreven fenomenen (downwash, versnelling door de passage en het hoekstroomeffect) bij respectievelijk zones 1, 2 en 3.



5 Conclusie en aanbevelingen

5.1 Conclusie

Dit rapport presenteert een onderzoek naar het windklimaat rondom het project 'Nieuwbouw PostNL Locatie te Alkmaar'. 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.

Uit de analyse volgt dat alle windhinderklassen aanwezig zijn rondom de nieuwbouw. De aanwezigheid van de gebieden met windhinderklassen D en E aan de buitenste grenzen van het project worden voornamelijk toegeschreven aan de zogeheten downwash- en hoekstroomeffecten. Het mindere windklimaat in de binnenplaats wordt mede veroorzaakt door versnelling van de lucht in de passage aan de zuidwest kant van het bouwproject. Het dient te worden opgemerkt dat de binnenplaats een functie als publieke ruimte heeft, met de aanwezigheid van een kinderdagverblijf en een sportschool. Het huidige windklimaat is niet comfortabel in het kader van deze openbare functie.

Om het aanwezig zijn van windhinderklassen D/E in bepaalde gebieden te voorkomen worden passende maatregelen aanbevolen. Deze zijn afhankelijk van de functie van het gebied. Dergelijke aanbevelingen worden beschreven in paragraaf 5.2 en zijn bedoeld om het windcomfort te verbeteren.

5.2 Aanbevelingen

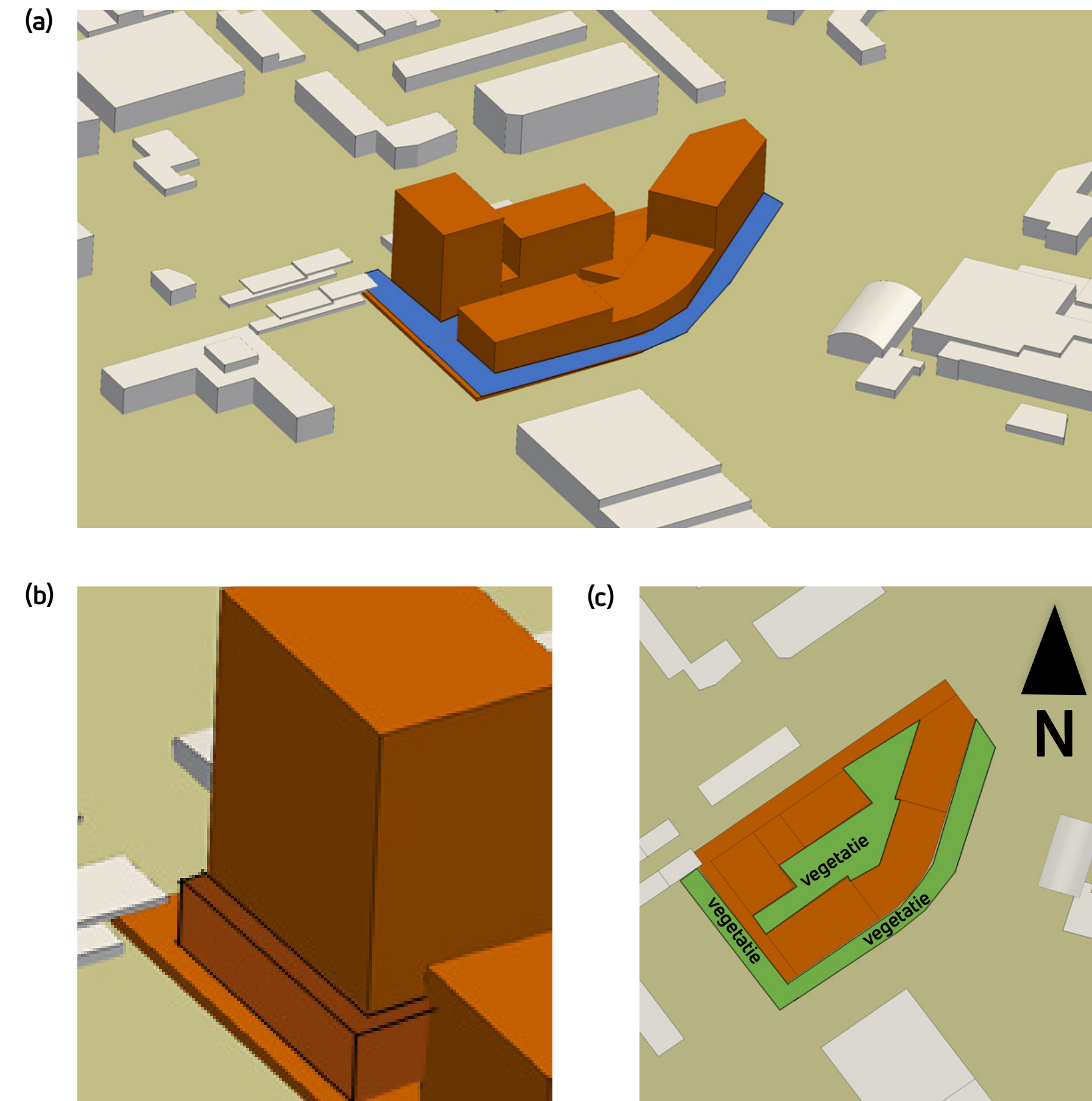
Het lokale windklimaat kan worden geoptimaliseerd op basis van mitigerende maatregelen. Zoals in de vorige paragrafen is opgemerkt zijn de belangrijkste aandachtspunten aanwezig op de hoeken van het bouwvolume en in de verhoogde binnentuin tussen de hogere volumes.

Om het windklimaat te verbeteren heeft het de voorkeur om de volgende volgorde in stappen te doorlopen: 1. aanpassingen in het bouwvolume, 2. toepassen lokale bouwkundige maatregelen, 3. wijzigen van functie, en 4. toevoegen vegetatie.

Om de windhinderklasse D/E rondom het volume te verbeteren kan een luifel geplaatst worden aan de facades, zoals getoond in figuur 5.1a. Het is aanbevelen om de luifel tenminste een diepte van 5 meter mee te geven en circa 4 tot 5 meter boven de grond te plaatsen. Deze luifel kan de versnelling van de downwash (gedeeltelijk) blokkeren en zo een comfortabelere situatie op voetgangersniveau creëren.

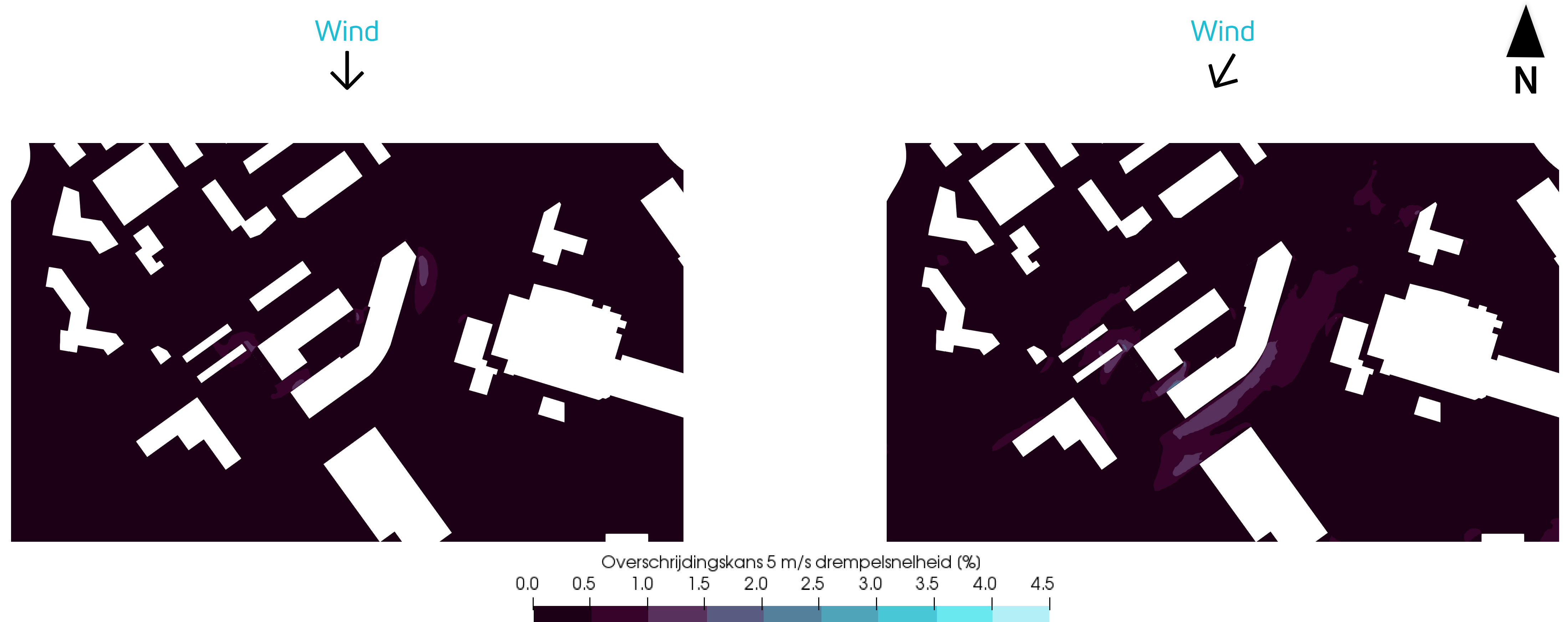
Als alternatief voor het gebruik van luifels kan een plint worden toegepast binnen het ontwerp van het huidige bouwvolume. Zulke aanpassingen werden al bekeken in het aangeleverde document (pagina 53, 'Transformatie PostNL tot de Noordpost'). Ten aanzien van het plintontwerp dat daar wordt gepresenteerd lijkt het echter zo te zijn dat het downwash fenomeen voor de hoge toren (toren Y in figuur 4.2a) niet kan worden opgelost. Daarom wordt een alternatief ontwerp voorgesteld in figuur 5.1b. De hoogte en diepte van de plint zouden vergelijkbaar zijn als genoemd voor de luifels (5 meter diep en 4 tot 5 meter hoog).

Bovengenoemde opties kunnen gecombineerd worden met het toevoegen van bomen en struiken rondom het bouwproject en op de binnenplaats (figuur 5.1c). Aanbevolen wordt om hier vegetatie met een afwisselende hoogte (struiken: 2 tot 3 m, bomen: 5 tot 8+ m), opbouw (kruin hoog of laag) en ook porositeit (wintergroen of bladverliezend) toe te passen.

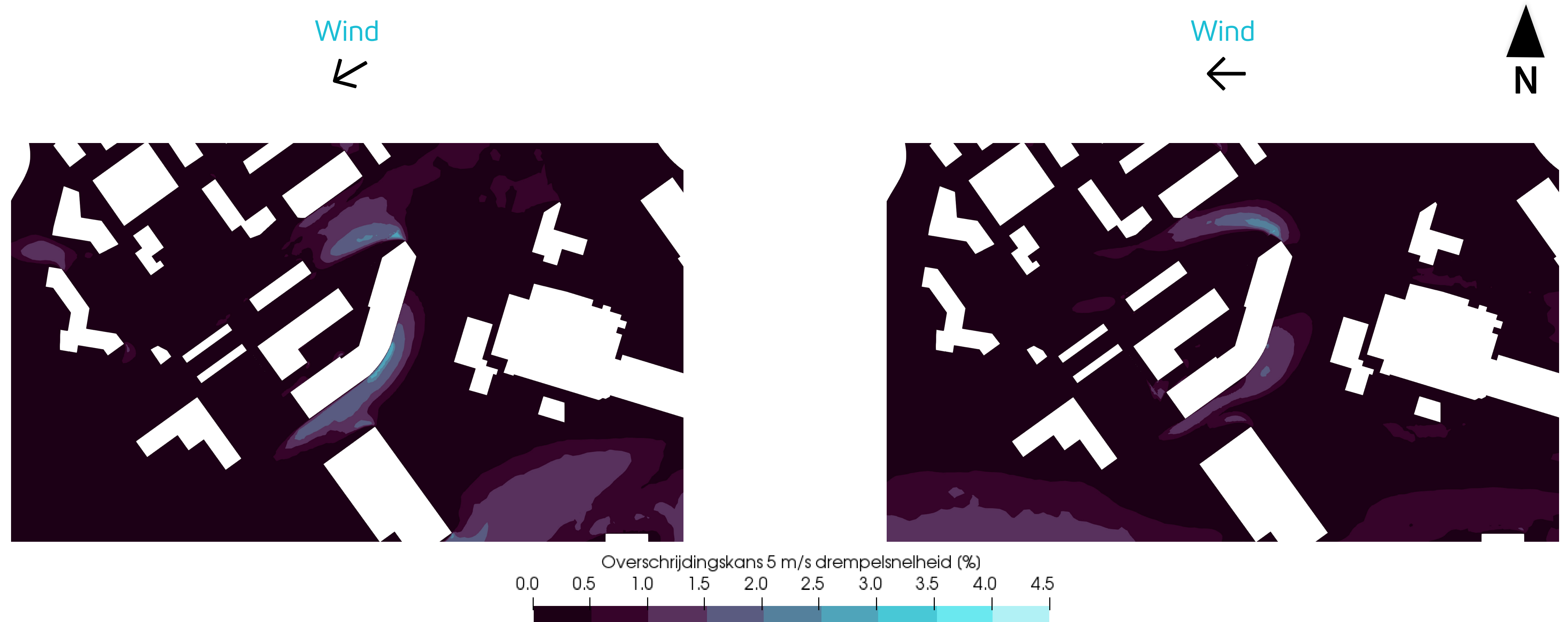


Figuur 5.1:
Impressie van de aanbevelingen:
(a) luifelontwerp;
(b) positie van de plint;
(c) locatie van de bomen/
struiken

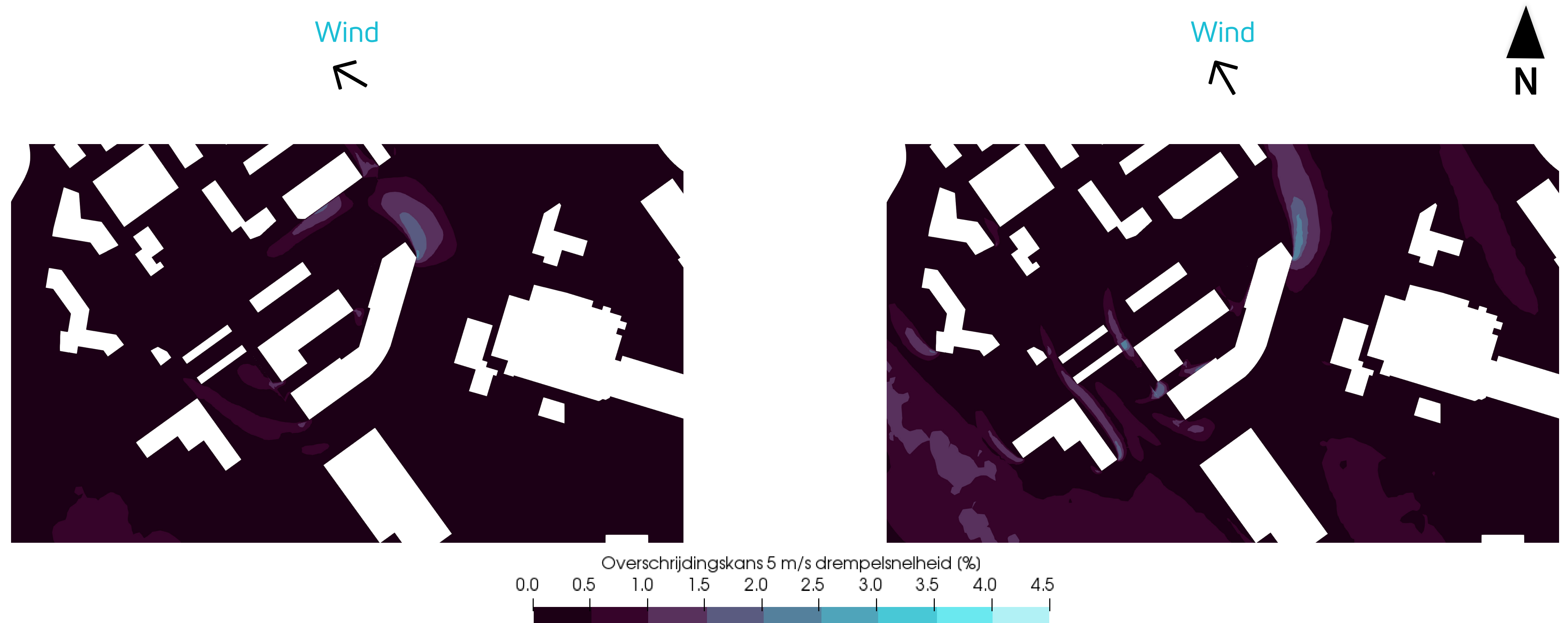
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



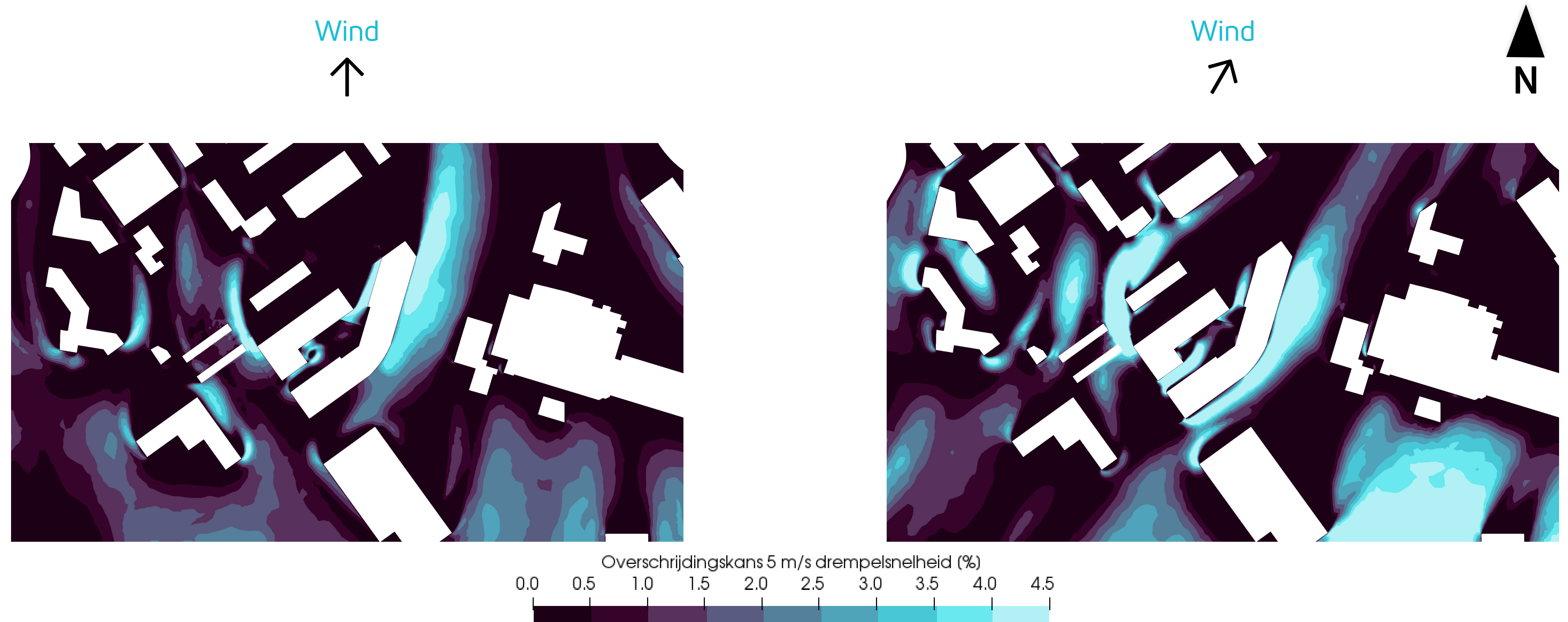
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



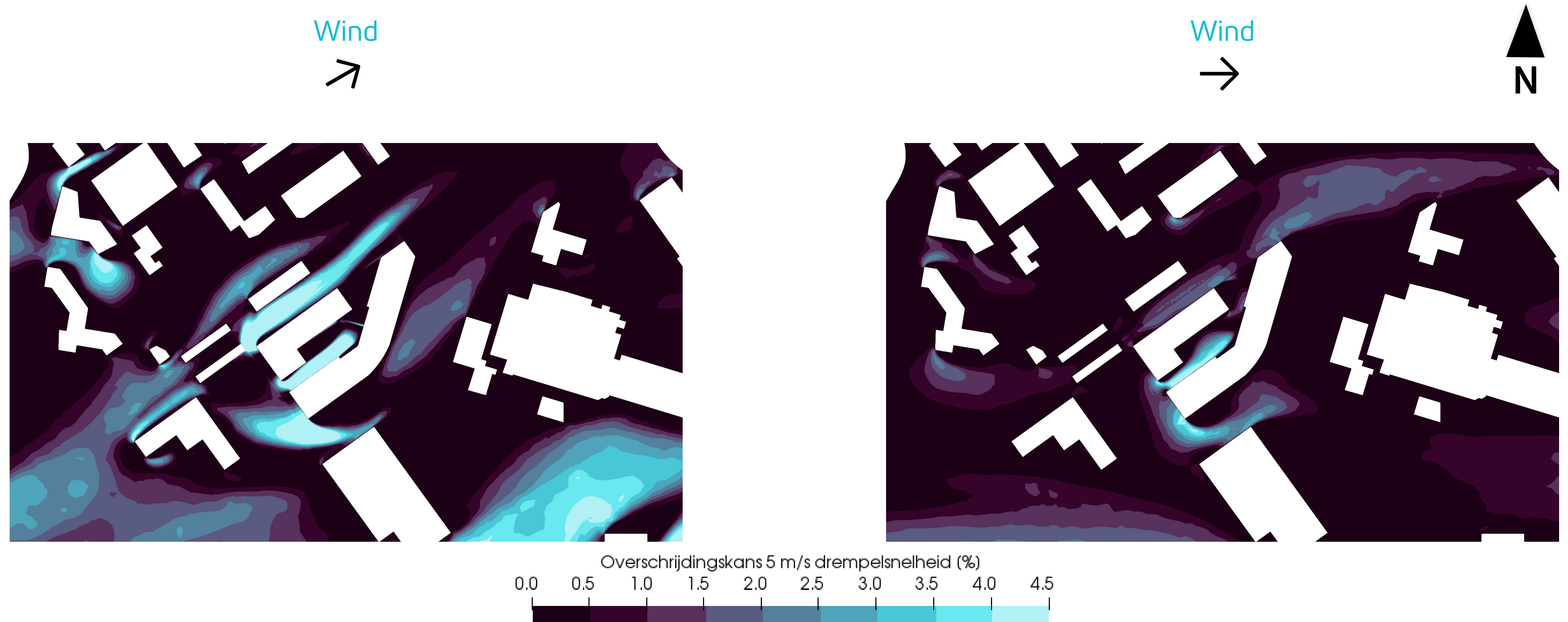
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



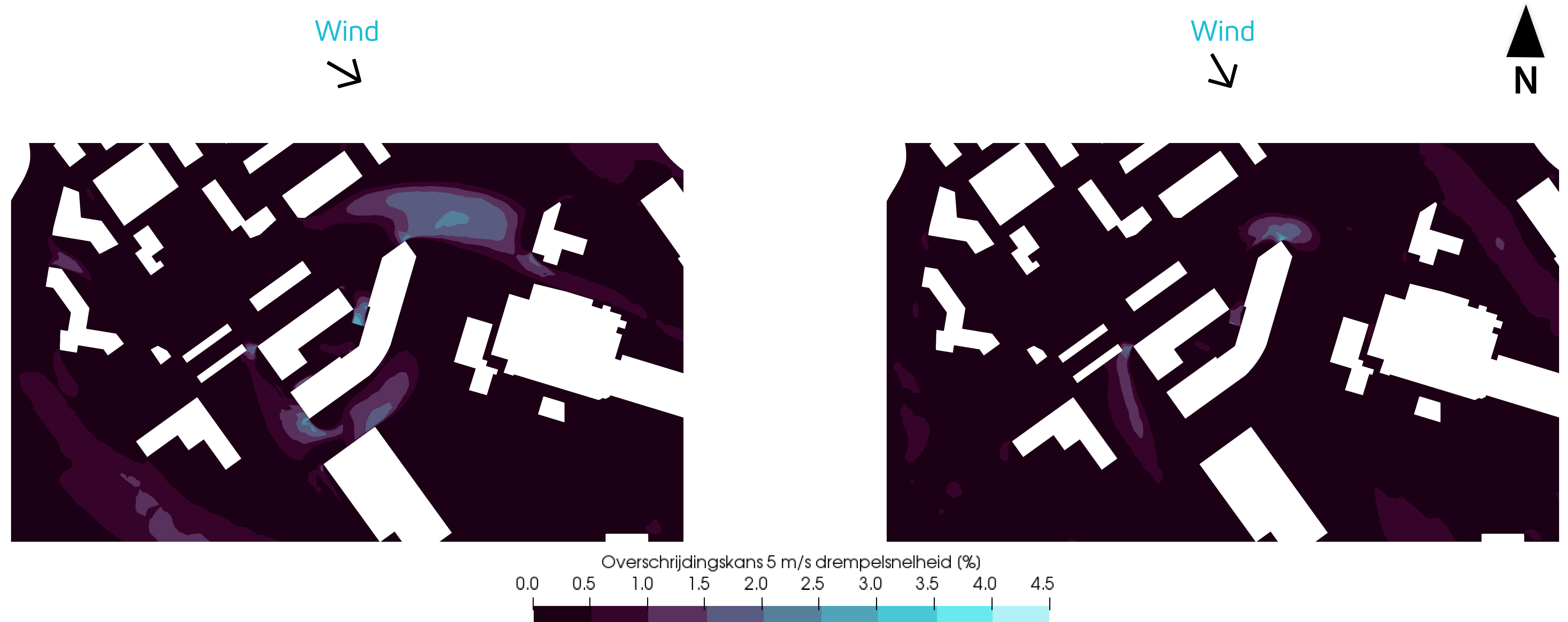
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



B Inlegvel NEN 8100:2006

NEN 8100:2005

Technisch inlegvel numerieke simulatie

Project	Projectgegevens
Projectnaam	Nieuwbouw PostNL Locatie te Alkmaar
Opdrachtgever	VenhoevenCS
Projectleider	ir. Samy lousef
Datum	06-02-20
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen 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%
Gemodelleerd groen	geen
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	12
Onderzochte configuraties	Windhinder en windgevaar
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: 14 897 542 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: 112856Y: 517157
Gepresenteerde resultaten	Windhindercontouren, klassenindeling en windgevaarcontouren
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang	Maatregelen nodig bij gebouwentrees en binnenplaats, bouwkundige elementen zullen helpen om grootste problemen tegen te gaan



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