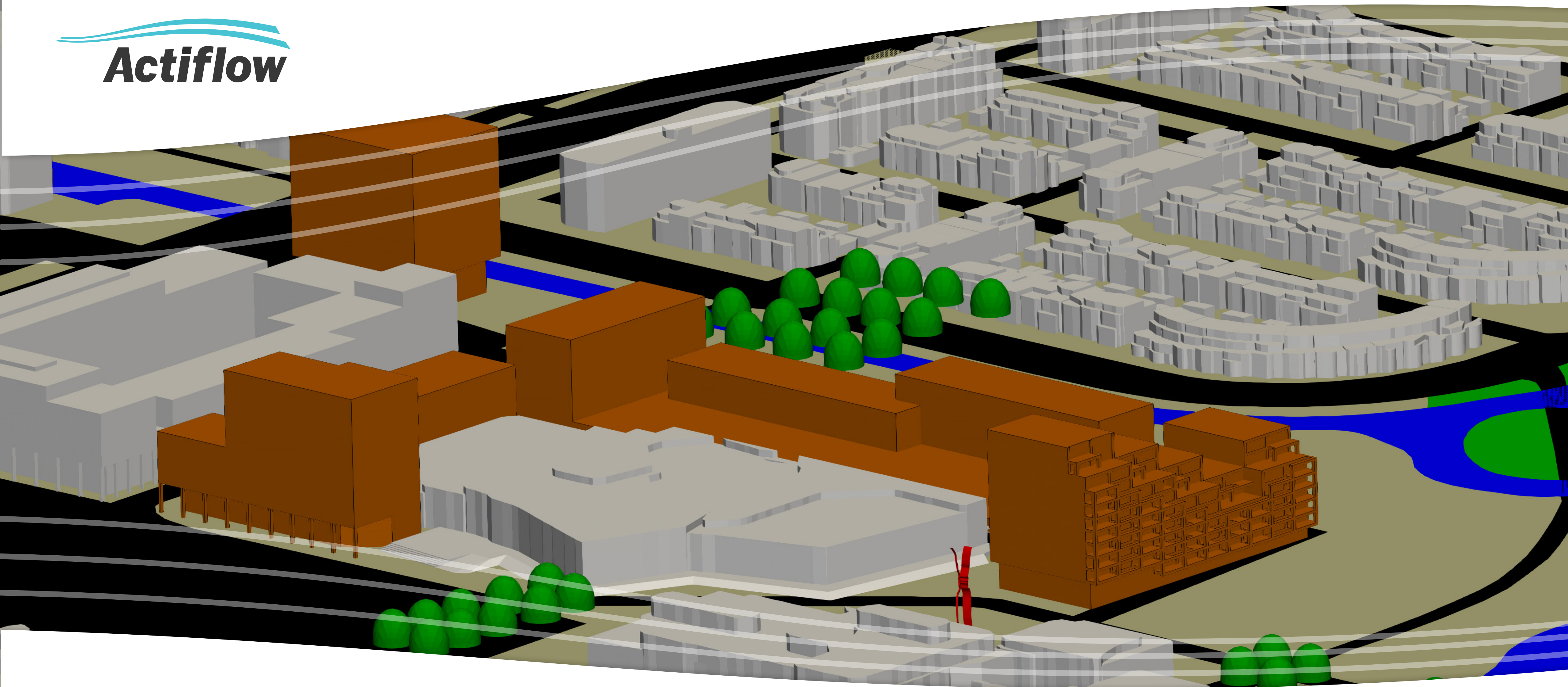




Marktplaats Zuid te Amsterdam

CFD-studie windhinder en windgevaar

Auteur(s): ir. Ragiël Wildvank

Controlleur: ir. Reinier Maas

Datum: 24/11/2020

AFR - 7951

Versie 1.2

©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
- 5 Conclusie

- A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

- B Inlegvel NEN 8100:2006

1 Introductie

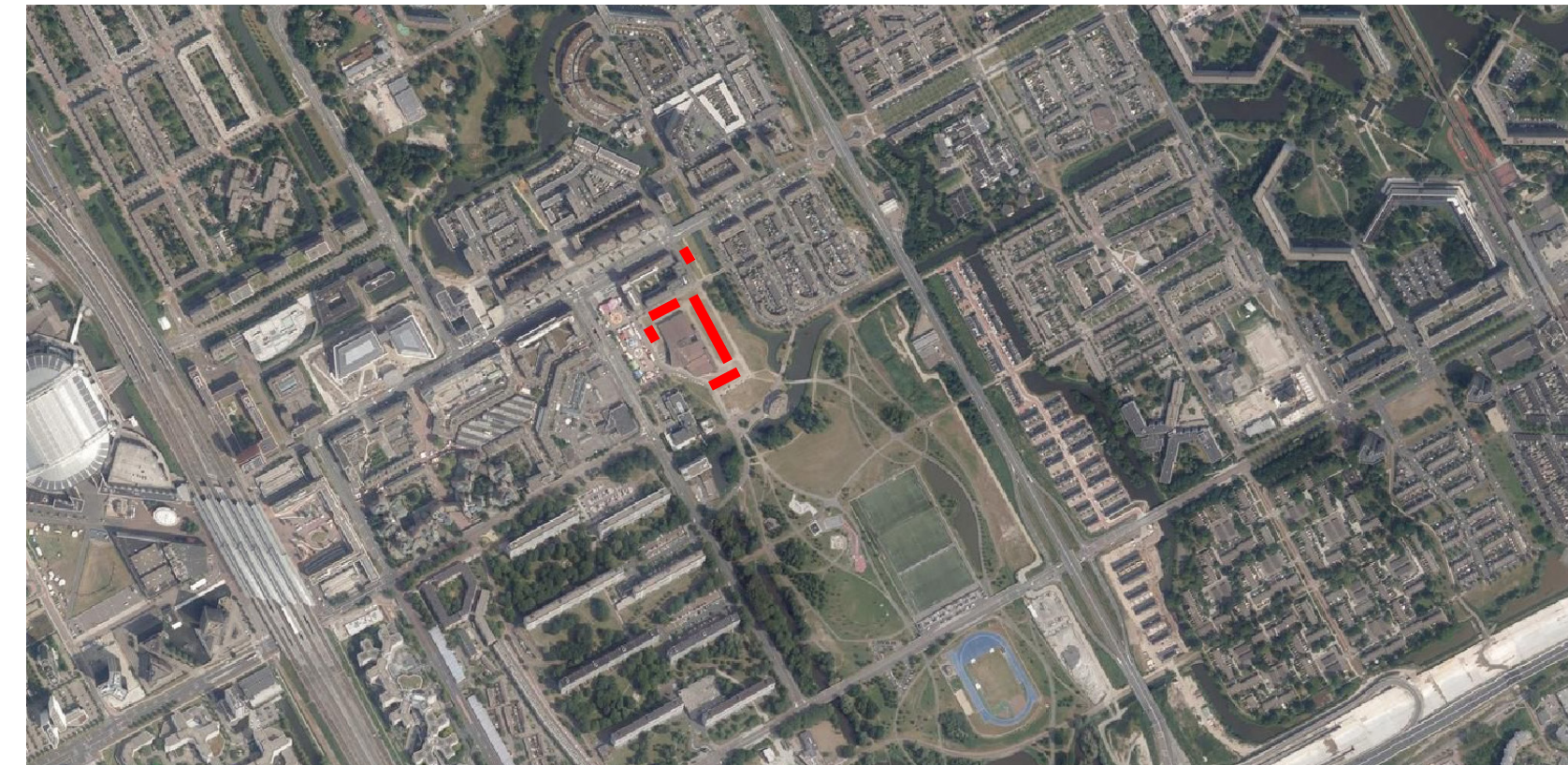
Het project 'Marktpluin Zuid' betreft de ontwikkeling van nieuwbouw te Amsterdam. Voorliggende rapportage omschrijft de uitvoering en resultaten van een windstudie van **Actiflow** in relatie tot deze nieuwbouw.

Het project betreft een vijf bouwvolumes, welke ingetekend zijn in Figuur 1.1a. Dit bestaat uit de Blok A: Parktoren, welke het meest noordelijk is gesitueerd. Daarnaast zijn er vier bouwvolumes die het Bijlmer Sportcentrum deels omsluiten. Blok B: Marktstraat is gelegen aan de noordzijde van het sportcentrum. Blok C: Anton de Kom betreft een hoger bouwvolume gelegen aan het Marktpluin. Blok D: Parkrand is gelegen aan de oostzijde. Blok E: Stadswonen aan het park is gelegen aan de zuidzijde en kent een gevarieerde bouwhoogte. In Figuur 1.1b is een impressie te zien van het 3D-CAD-model dat als basis is gebruikt voor de studie. In bijlage C zijn een aantal figuren opgenomen welke laten zien hoe gebouw E is geactualiseerd.

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

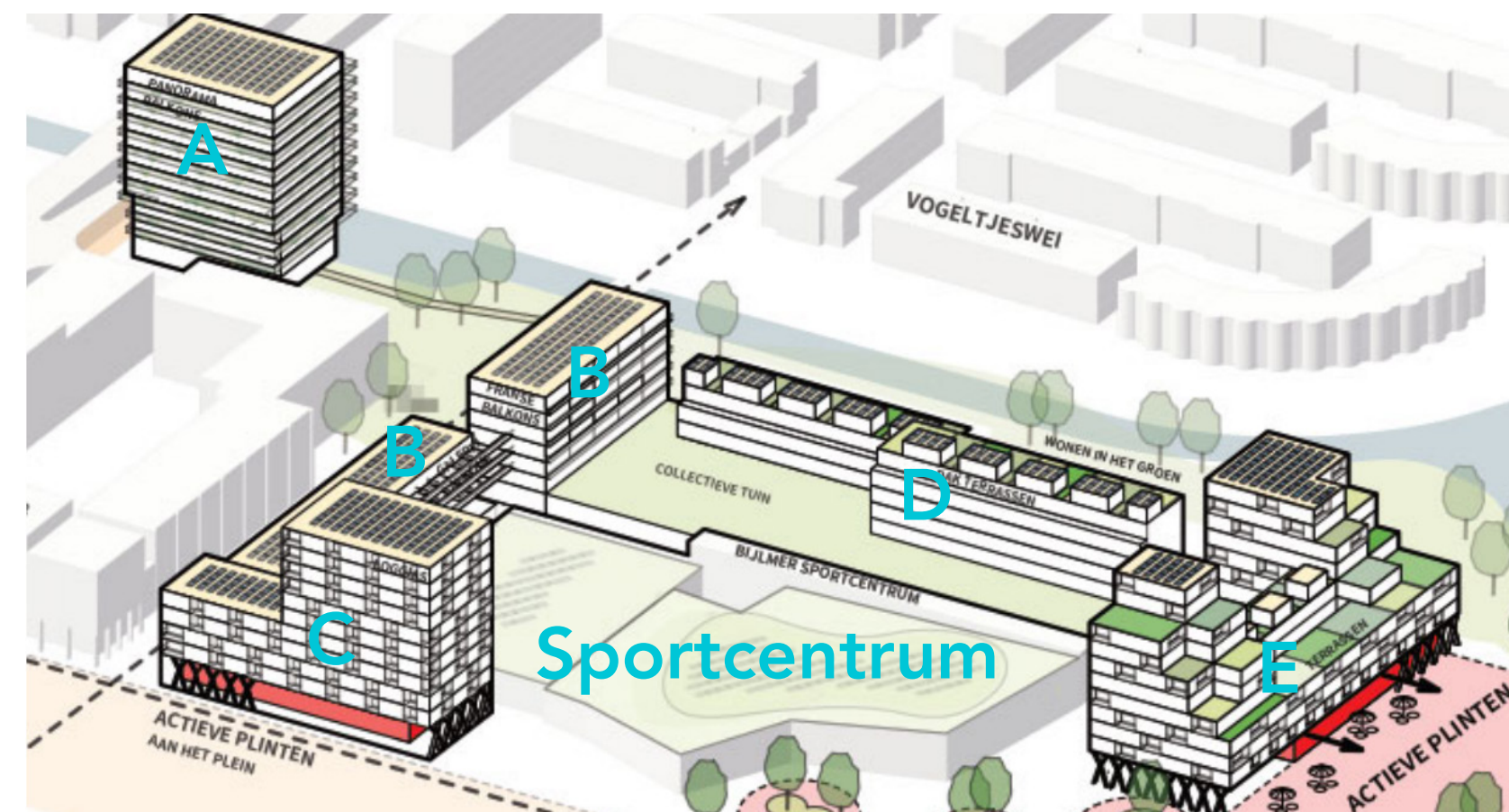
Actiflow is gevraagd om voor deze ontwikkeling het windklimaat inzichtelijk te maken met behulp van berekeningen op basis van Computational Fluid Dynamics (CFD). Bij deze studie is gebruik gemaakt van de normstelling omtrent windhinder en windgevaar, de Nederlandse norm NEN 8100:2006 'windhinder en windgevaar in de gebouwomgeving'.

Onderhavige rapportage beschrijft de windstudie 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 de omgeving en de nieuwbouwlocatie

(a)
de huidige omgeving met de nieuwbouwlocatie in rood (bron: google maps)



(b)
Impressie van de nieuwbouw, gebouw E is geactualiseerd (zie appendix C).

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 in voetgangersgebieden. Toetsing vindt hierbij plaats op een hoogte van 1,75 m boven het grondoppervlak (hoofdhoogte voetgangers).

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.

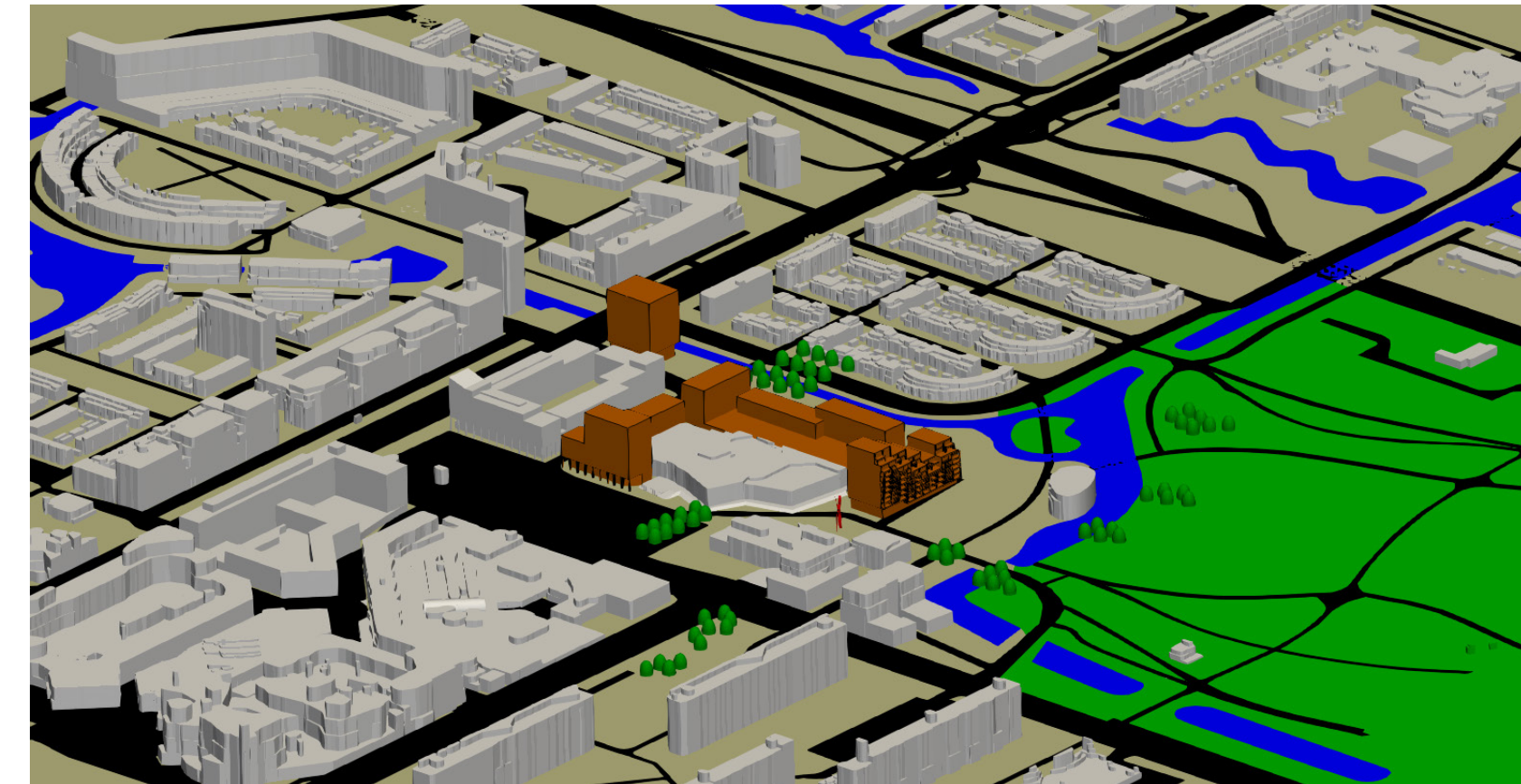
3.1 Software

De berekening is uitgevoerd met behulp van OpenFOAM v1912, 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.

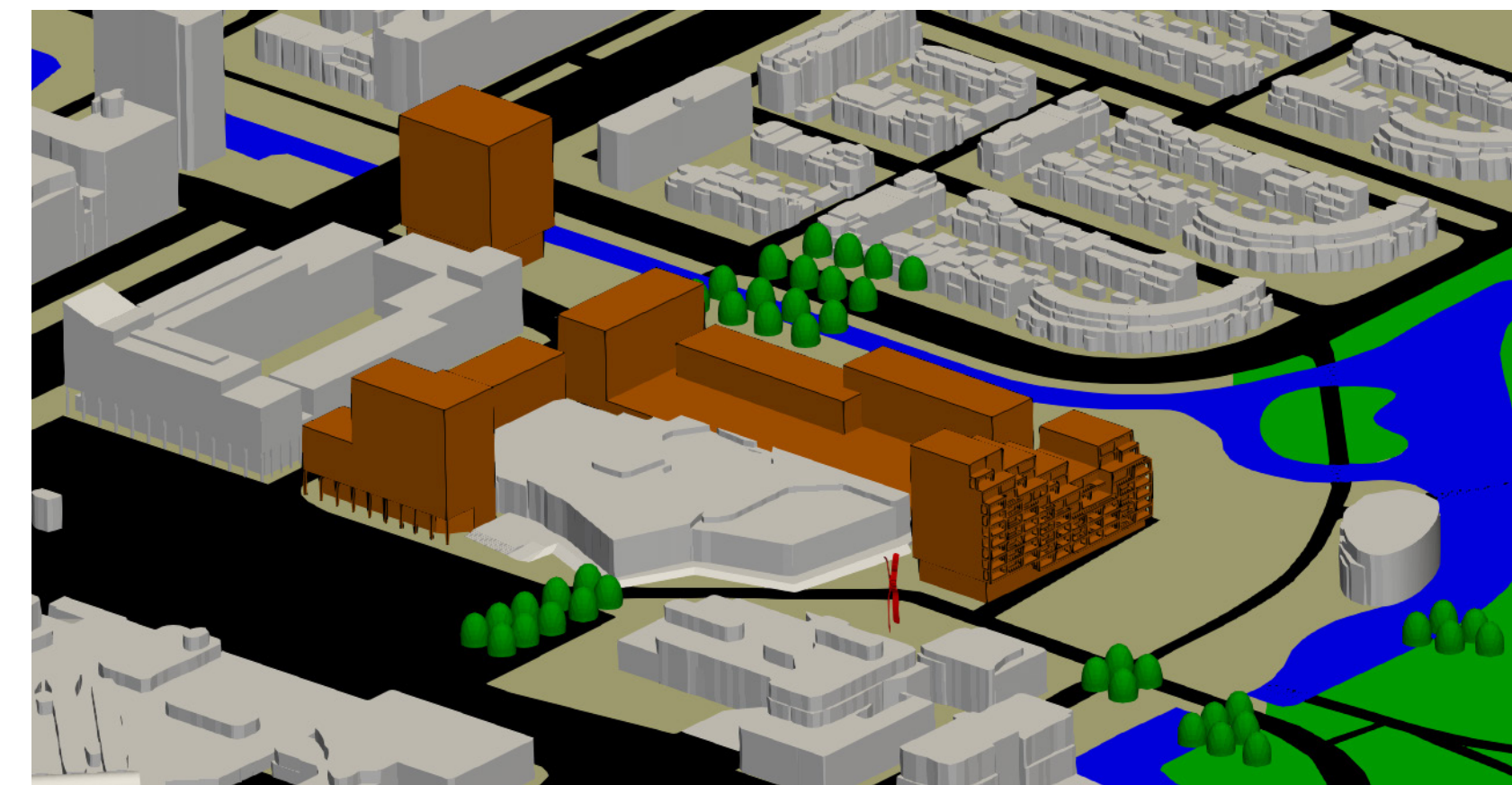
3.2 Geometrie en rekenrooster

De geometrie van het model is gebaseerd op de verkregen tekeningen en modellen van de opdrachtgever. Het opgestelde 3D-model is weergegeven in figuur 3.1. Het model omvat alle gebouwen binnen een straal van minimaal 350 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 model



(a)
Overzicht model

(b)
Plangebied met de
nieuwbouw

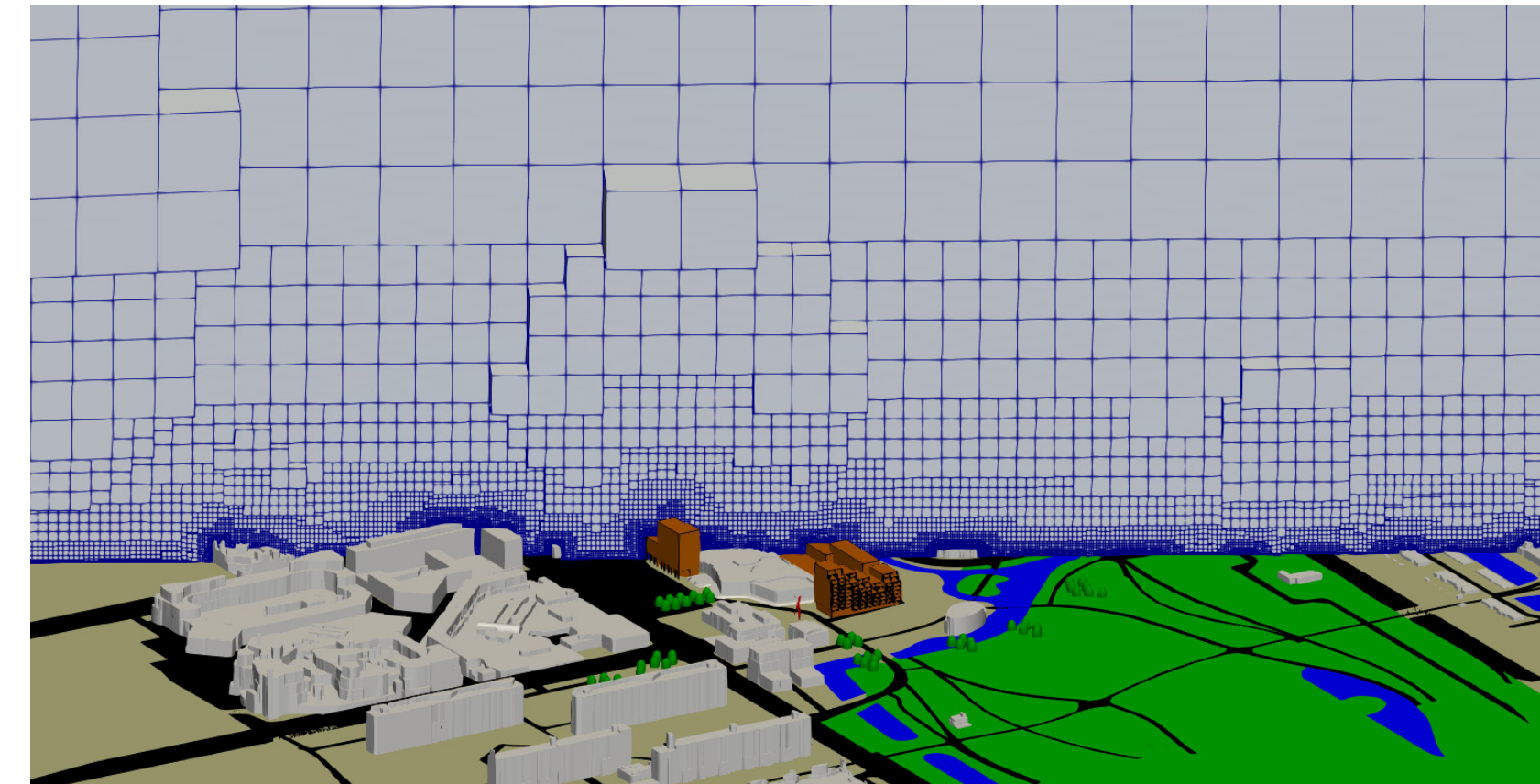
Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster voor onderhavige situatie (figuur 3.2). Dit rooster bestaat uit 29 035 516 cellen. Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vijf lagen 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 op pagina 5. 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.

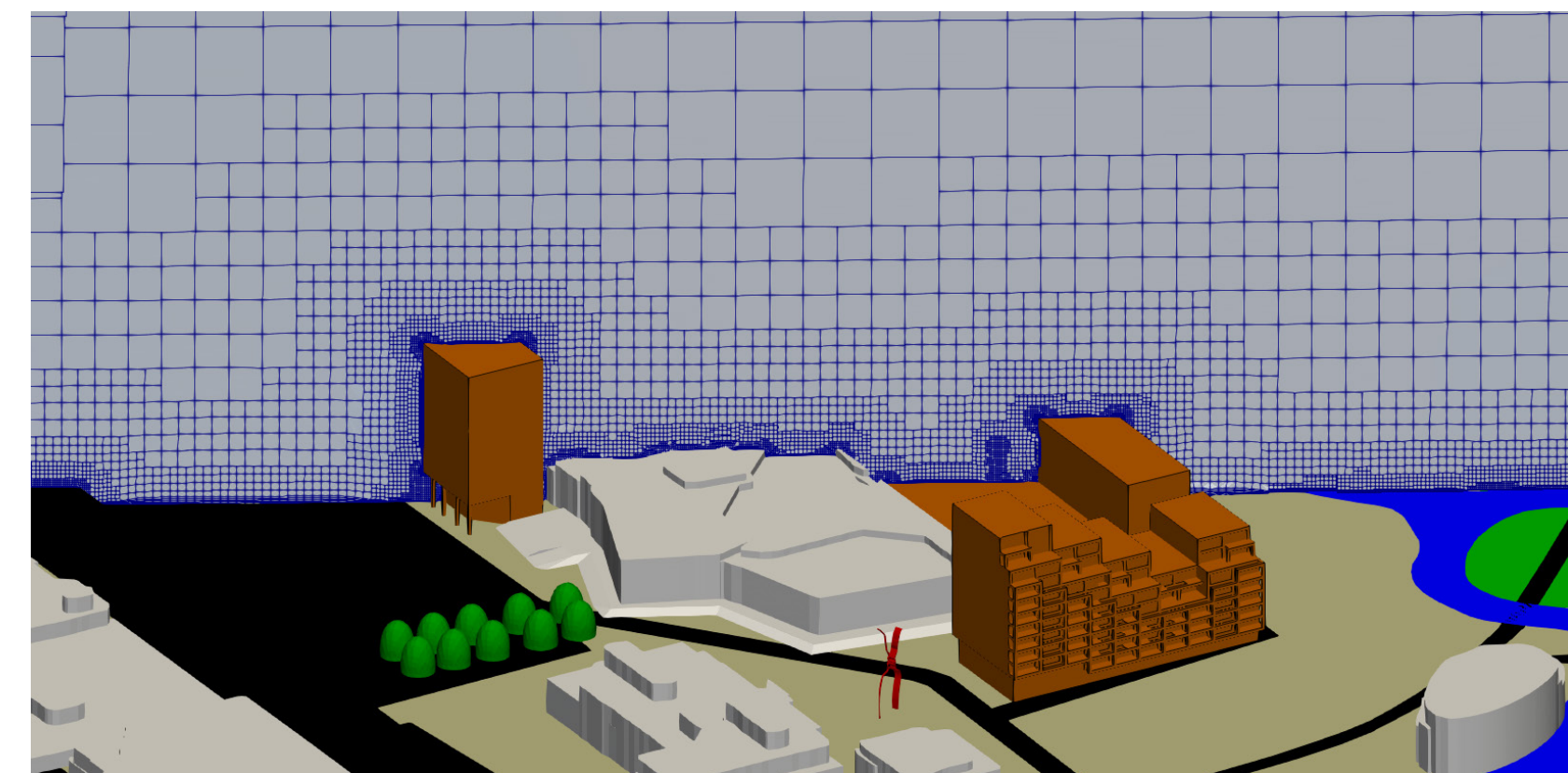
Ook de turbulente grootheden k en ω verlopen volgens een voorgeschreven profiel, zoals aangegeven in vergelijking 3.3 en vergelijking 3.4. Hierin heeft C_μ de waarde 0,09. Deze empirische constante komt voort uit het gebruikte turbulente model (k - ω SST).

Voor de berekeningen is een referentie-windsnelheid van 5 m/s op een referentiehoogte 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 rekenruid

(a)
Doorsnede over het rekenruid



(b)
Doorsnede over het rekenruid nabij de nieuwbouw

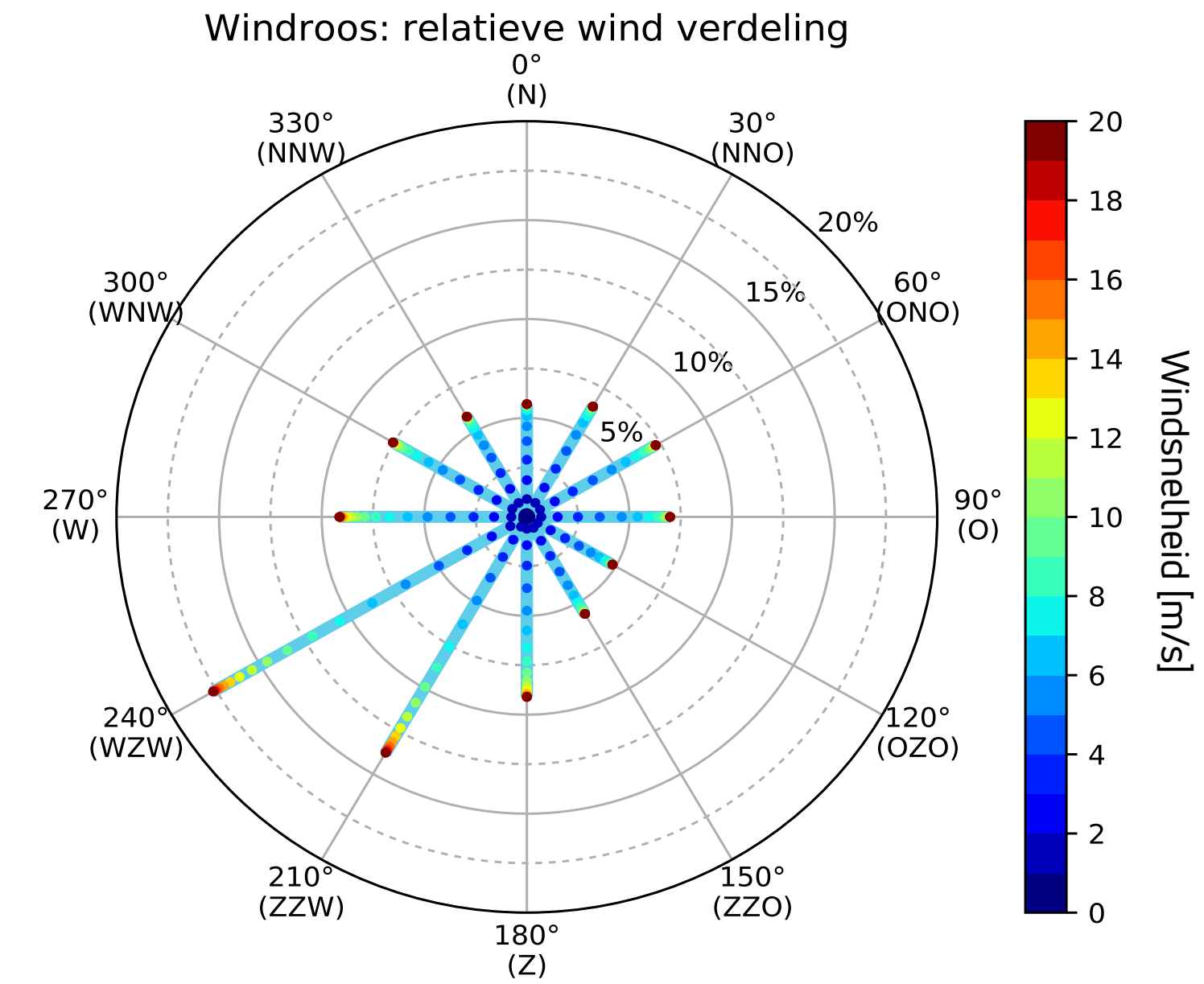
Vervolgens wordt de windstatistiek op 60 m hoogte conform NPR 6097:2006 gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, zodat voor elke windsnelheid op een locatie een overschrijdingskans kan worden bepaald van verschillende windsnelheden. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste 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.

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

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

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

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



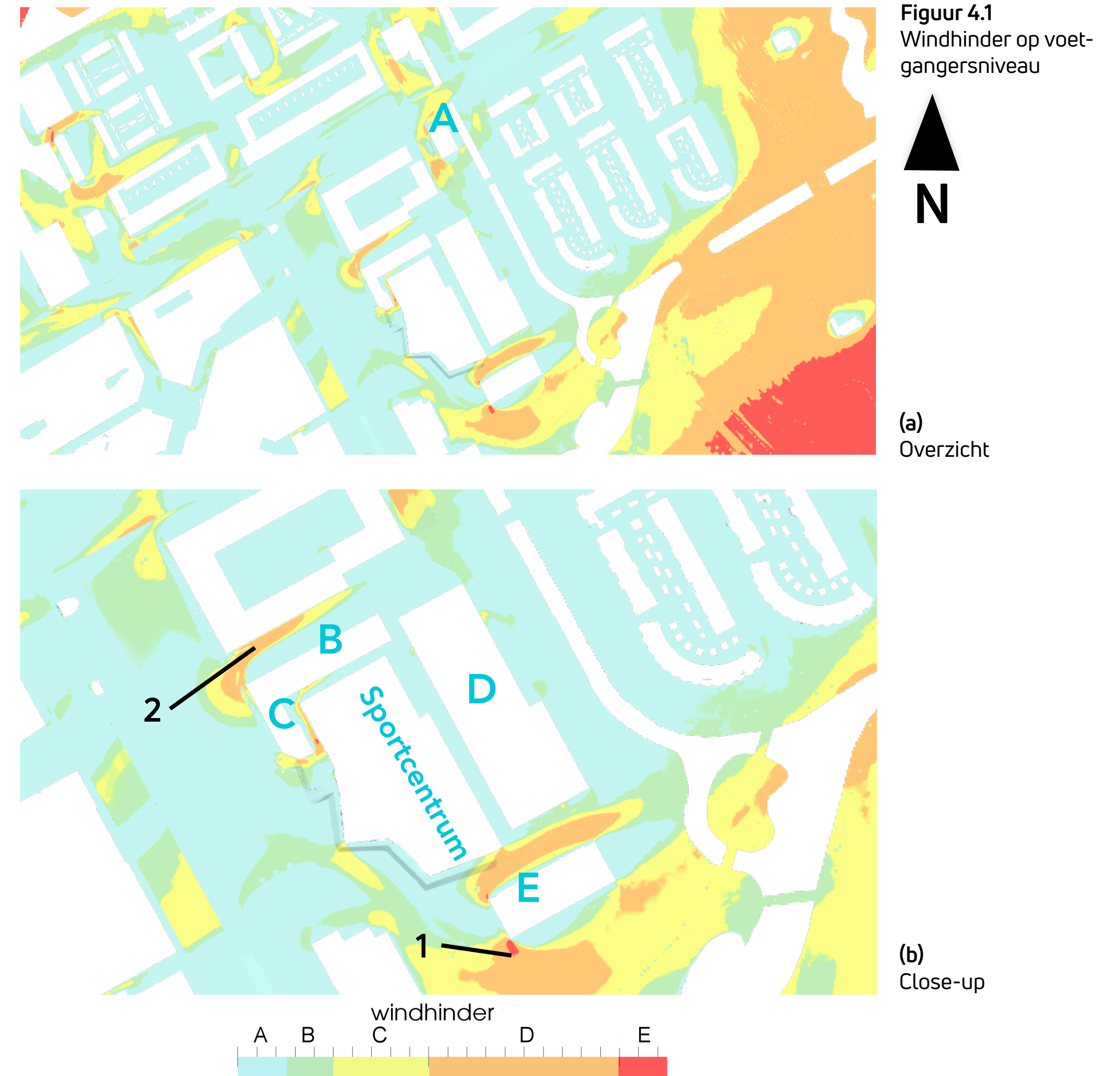
Figuur 3.3: Visualisatie van de windstatistiek welke is gebruikt bij de bepaling van windhinder en windgevaar.

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 4.3 tonen de resultaten van de openbare buitenruimte.

Hierbij hanteren we de volgende richtwaarden voor het windklimaat:

- Op locaties met voor voetgangers louter een verkeersfunctie en geen verblijfsfunctie (trottoir) 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 (Marktpllein, winkelstraat) 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.
- Voor zowel dakterrassen, balkons, tuinen en horeca-terrassen worden in de norm geen specifieke eisen benoemd. Gezien het gebruik van deze zones verdienen zij wel aandacht. Hierbij benoemen we windhinderklasse A als richtwaarde voor een goed windklimaat en B als matig.
- Windgevaar dient bij voorkeur voorkomen te worden. Een beperkt risico kan lokaal geaccepteerd worden in zones met louter een verkeersfunctie.



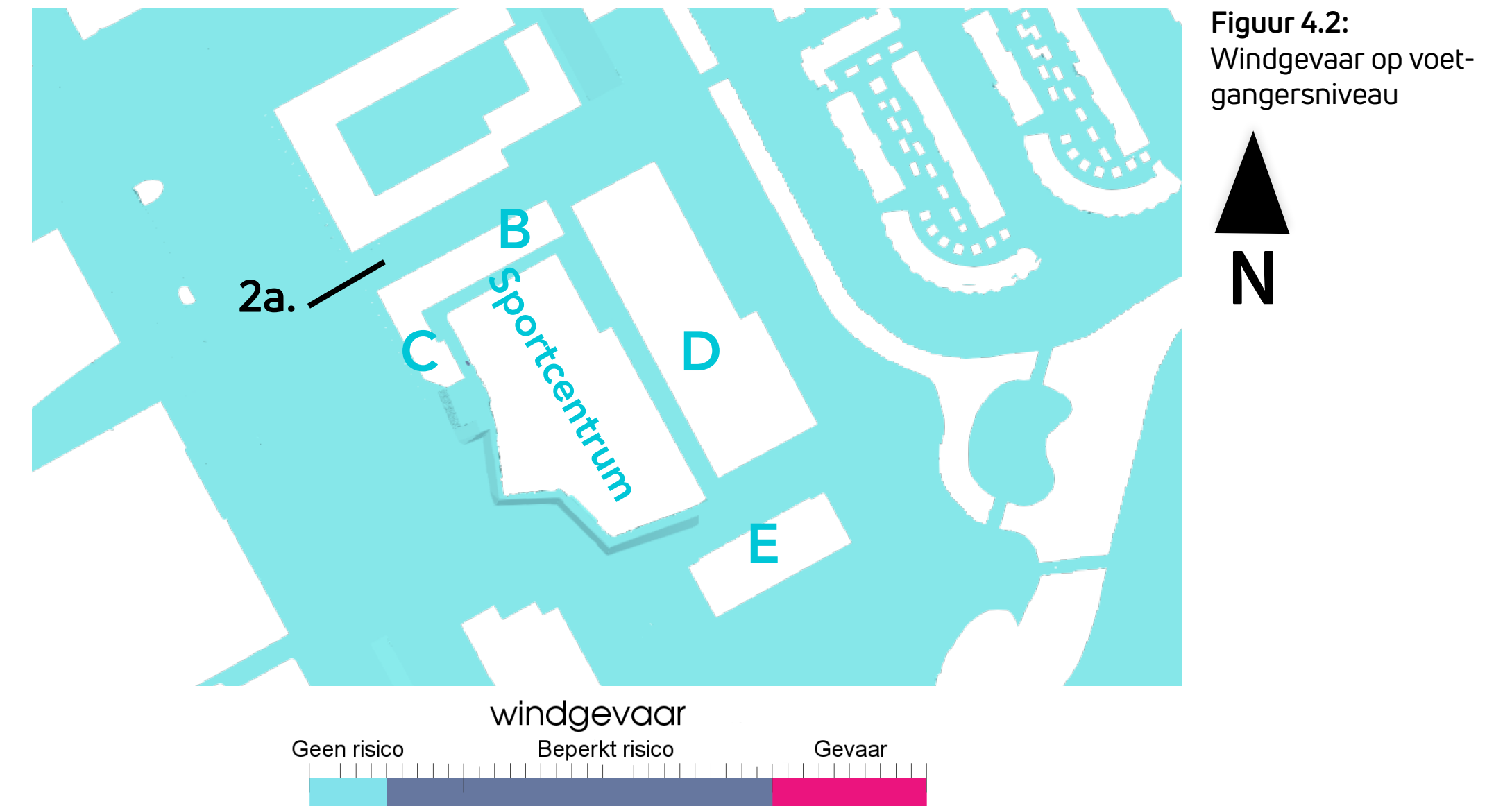
De resultaten laten zien dat alle klassen van windhinder op kunnen treden in de nabijheid van de nieuwbouw. In de ruime omgeving (figuur 4.1a) is te zien dat de windstroming gedomineerd wordt door zuidwest-noordoost georiënteerde windhinderklassen C, D en E. Dit is ook terug te zien nabij de nieuwbouw in figuur 4.1b.

De meest kritische windhinderklassen D en E zijn weergegeven in oranje en rood. Hierbij geldt dat de drempelwaarde voor hinder door wind 10-20% respectievelijk meer dan 20% van de tijd in het jaar wordt overschreden. In figuur 4.1b zijn twee van deze locaties aangegeven die nader onderzocht worden.

De oorsprong van het getoonde windklimaat komt voort uit een combinatie van factoren. Dit zijn onder meer:

- De overheersende en maatgevende windrichtingen zijn westzuidwest en zuid-zuidwest, zie figuur 3.3 en bijlage A. Deze windrichtingen zijn zeer dominant en de windsnelheden vanuit deze windrichtingen zijn relatief hoog.
- De hoogte van de nieuwbouw is op een aantal plekken hoger dan de omgeving. Hierdoor kan wind vanuit de dominante windrichtingen relatief ongestoord aanstromen. De wind wordt hierdoor niet geremd en zal de nieuwbouw als eerste obstructie op haar pad tegenkomen. Hier zal versnelling optreden.

Door bovengenoemde factoren ontstaan op enkele locaties ook een beperkt risico op windgevaar, zie figuur 4.2. Hier is locatie 2a, welke overeenkomt met locatie 2 betreffende windhinder.



Locatie 1 wordt veroorzaakt door ondermeer downwash van de westgevel van Blok E. Doordat de wind over het politiebureau, langs het kunstwerk, de hoge gevel treft van de nieuwbouw, wordt de luchtstroom naar beneden gestuwd. Een deel van deze lucht gaat langs de zuidzijde van Blok E en veroorzaakt de hoge lichtsnelheden op locatie 1, zie ook figuur 4.3. Het andere gedeelte gaat tussen Blok E en het Sportcentrum door. De hoge lichtsnelheid zit als het ware vast tussen twee gebouwen (zgn. tunneling) en veroorzaakt uiteindelijk een zone met windhinderklasse C en D.

De omgeving van Blok E kenmerkt zich dan ook door een relatief windrijk klimaat. Hierbij zijn er enkele specifieke aandachtspunten:

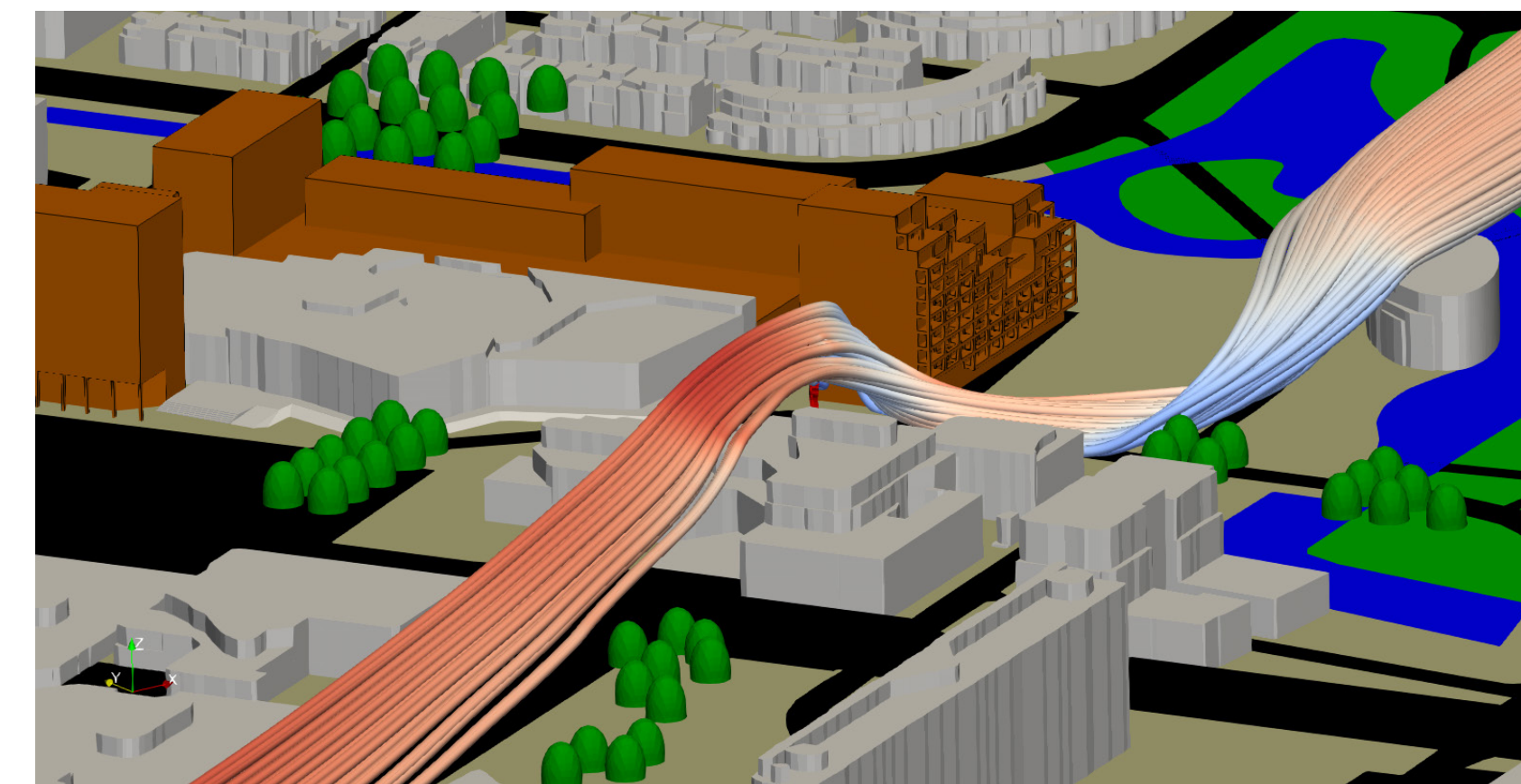
- De grote zones met windhinderklasse D zijn niet te vermijden zonder zeer grote ingrepen in het bouwvolume. Indien men Blok E aan de westzijde laag maakt en laat oplopen in hoogte richting het oosten kan echter een grote stap gemaakt worden.
- Men is voornemens een buitenterras te plaatsen aan de zuidwestzijde van Blok E. Dit is comfortabel mogelijk indien dit in de huidige zone met windhinderklasse A wordt gedaan. Indien een andere locatie geprefereert wordt dan zijn aanvullende maatregelen benodigd.

De hogere windhinderklassen op locatie 2 wordt ook veroorzaakt doordat Blokken A en C ruim hoger zijn dan de gebouwen stroomopwaarts ten opzichte van de dominante windrichtingen. In figuur 4.4a en 4.4b komt de lucht wederom relatief vrij aanstromen, waarna het wordt versneld naar het voetgangersniveau.

Bij locatie 2 zit de wind opgesloten tussen de bestaande woningen en het stadsdeelkantoor aan de noordzijde en de nieuwbouw van Blokken B en C aan de zuidzijde. Hierdoor worden relatief hoge windhinderklassen in de straat tussen deze gebouwen bereikt.

Nabij Blok A is het is het windklimaat gevarieerd. Indien de entree aan de noordzijde, de windluwe zijde, wordt geplaatst dat kan deze variatie echter geaccepteerd worden.

Nabij Blok C kan het hier getoonde windklimaat echter voor hinder leiden op de noordwestelijke hoek van Blok C en nabij de bestaande woningen aan de



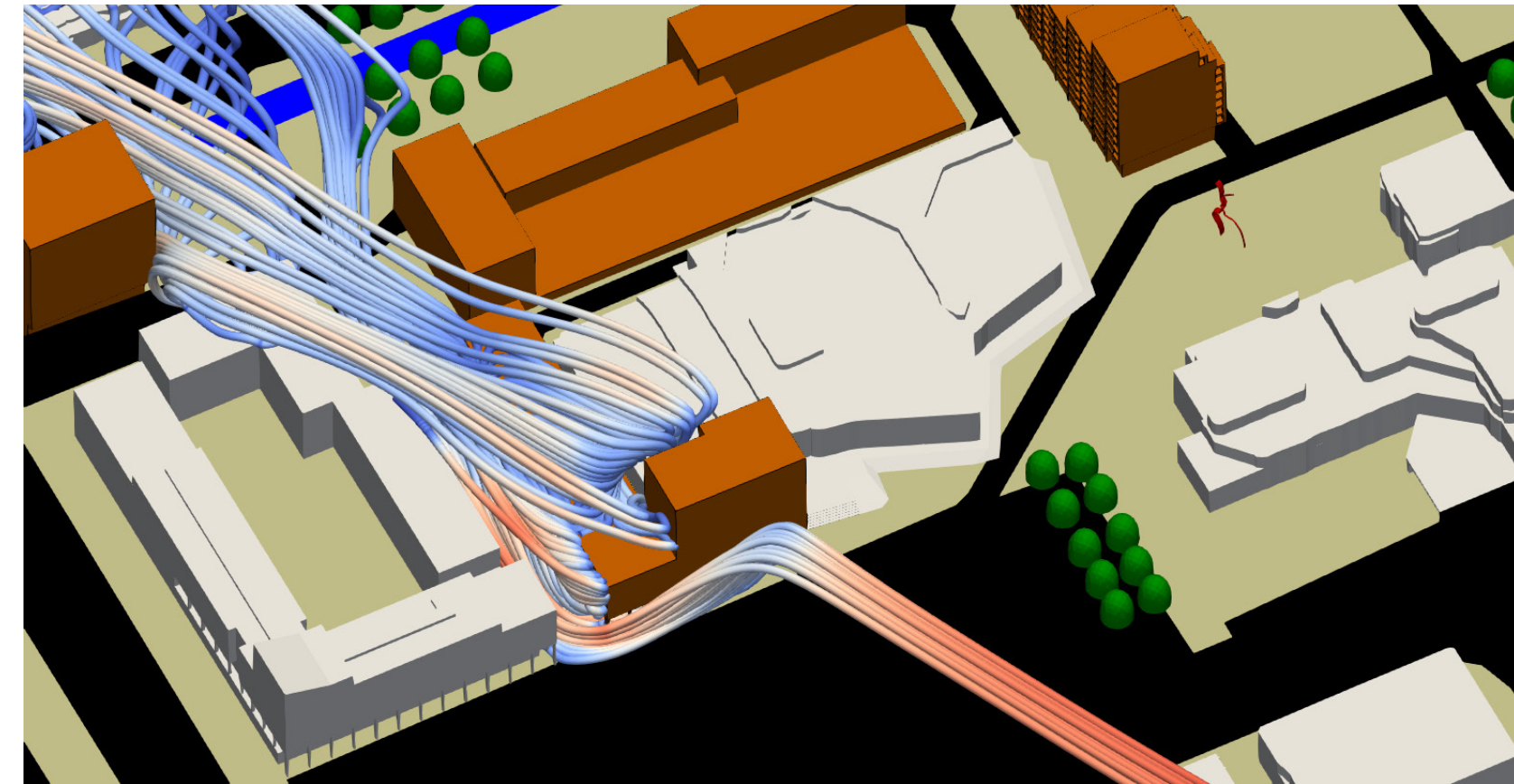
Figuur 4.3: Stroomlijnen richting locatie 1 en 4, windrichting zuidzuidwest. Blauw lijnen geven een lagere snelheid aan, rood een hogere snelheid.

overzijde van de straat. Met name aan de overzijde van de straat zal de windhinderklasse D en een beperkt risico op windgevaar leiden tot hinder nabij de entrees. Wederom is de windstroming niet eenvoudig te breken of om te leiden zonder grote ingrepen in het bouwvolume van Blok C. De volgende combinatie van aanvullende maatregelen kan lokaal een bijdrage leveren aan een gunstiger windklimaat nabij Blok C:

- Setback in de westgevel op een hoogte van ca. 10 m met een diepte van ca. 5 m. Deze dient door te lopen van de hoogbouw in de laagbouw en ook deels over de noordelijke gevel.
- Luifel aan de west- en noordgevel op een hoogte van ca. 5 m met een diepte van ca. 5 m.

De windstroming nabij de woningen aan de overzijde kan mogelijk geoptimaliseerd worden door de noordwesthoek van Blok C zeer laag te maken en richting Blok B langzaam op te laten lopen in hoogte.

Blokken B en D kennen beiden een zeer gunstig windklimaat. Beiden zijn gelegen in de luwte van de overige blokken en het Sportcentrum.

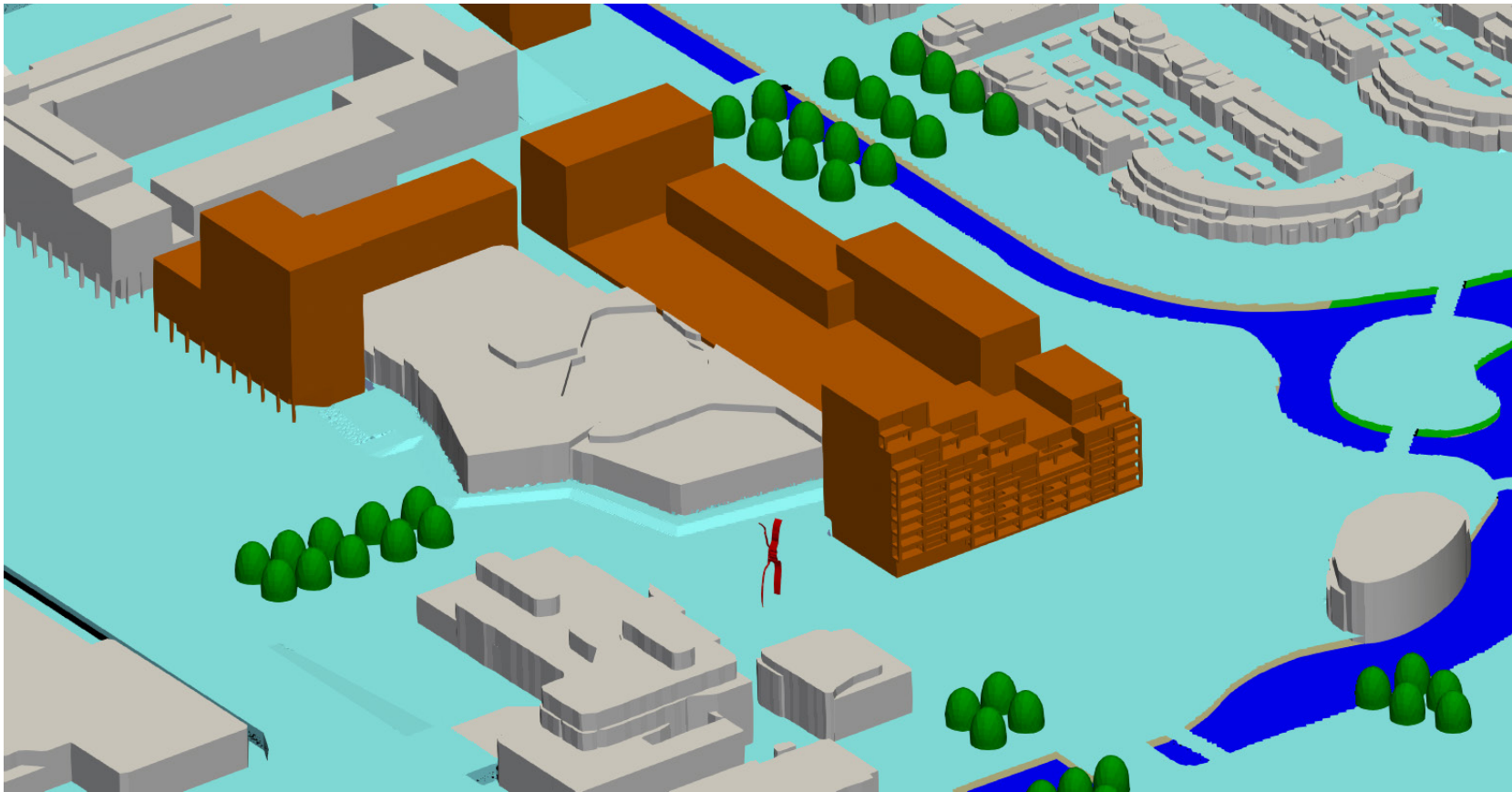


Figuur 4.4: Stroomlijnen bij windrichting westzuidwest. Blauw lijnen geven een lagere snelheid aan, rood een hogere snelheid. Stroomlijnen richting locatie 2

Figuur 4.5:
Windhinder en gevaar
nabij de entree van
het sportcentrum

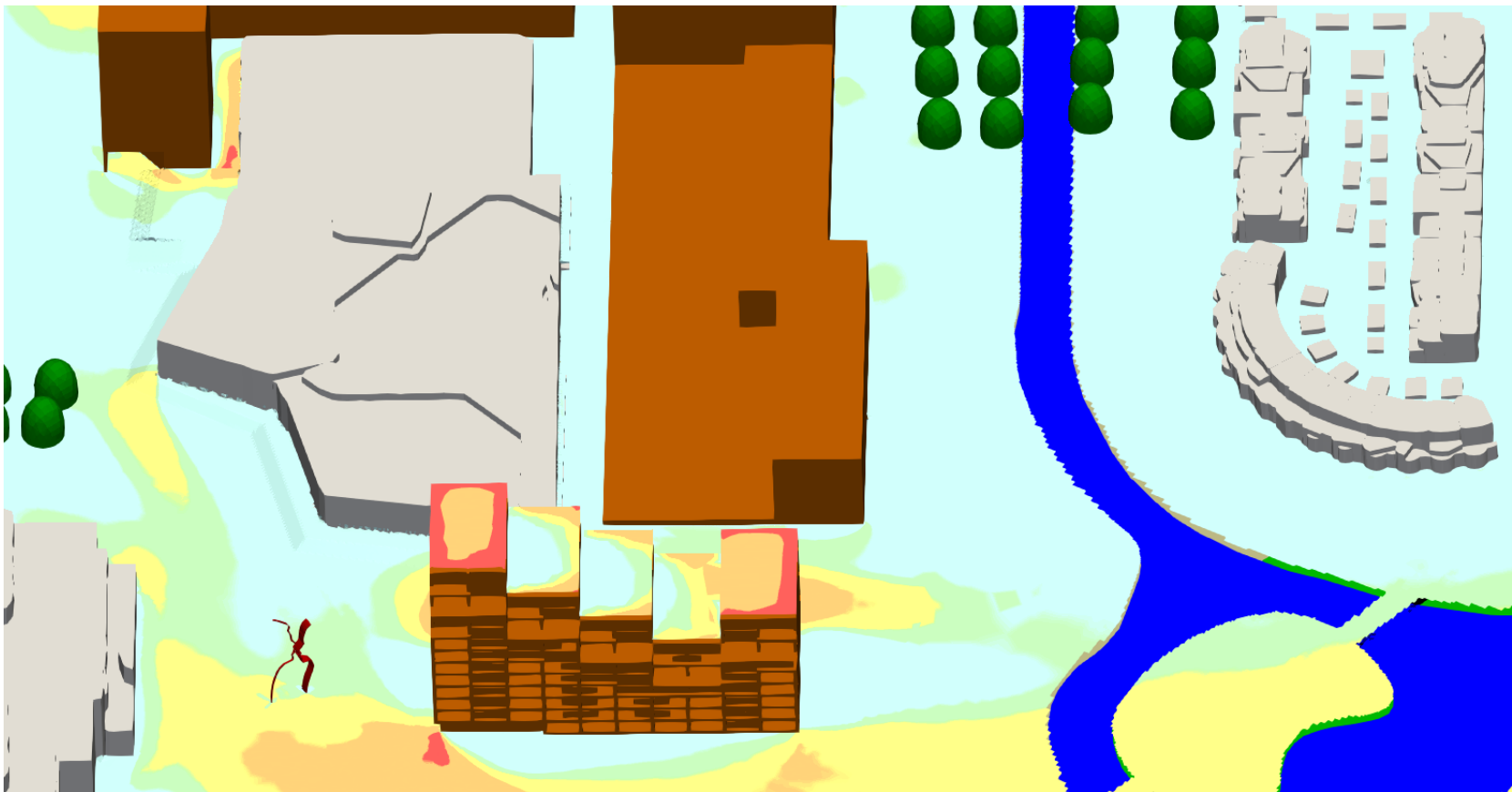


(a)
Windhinder

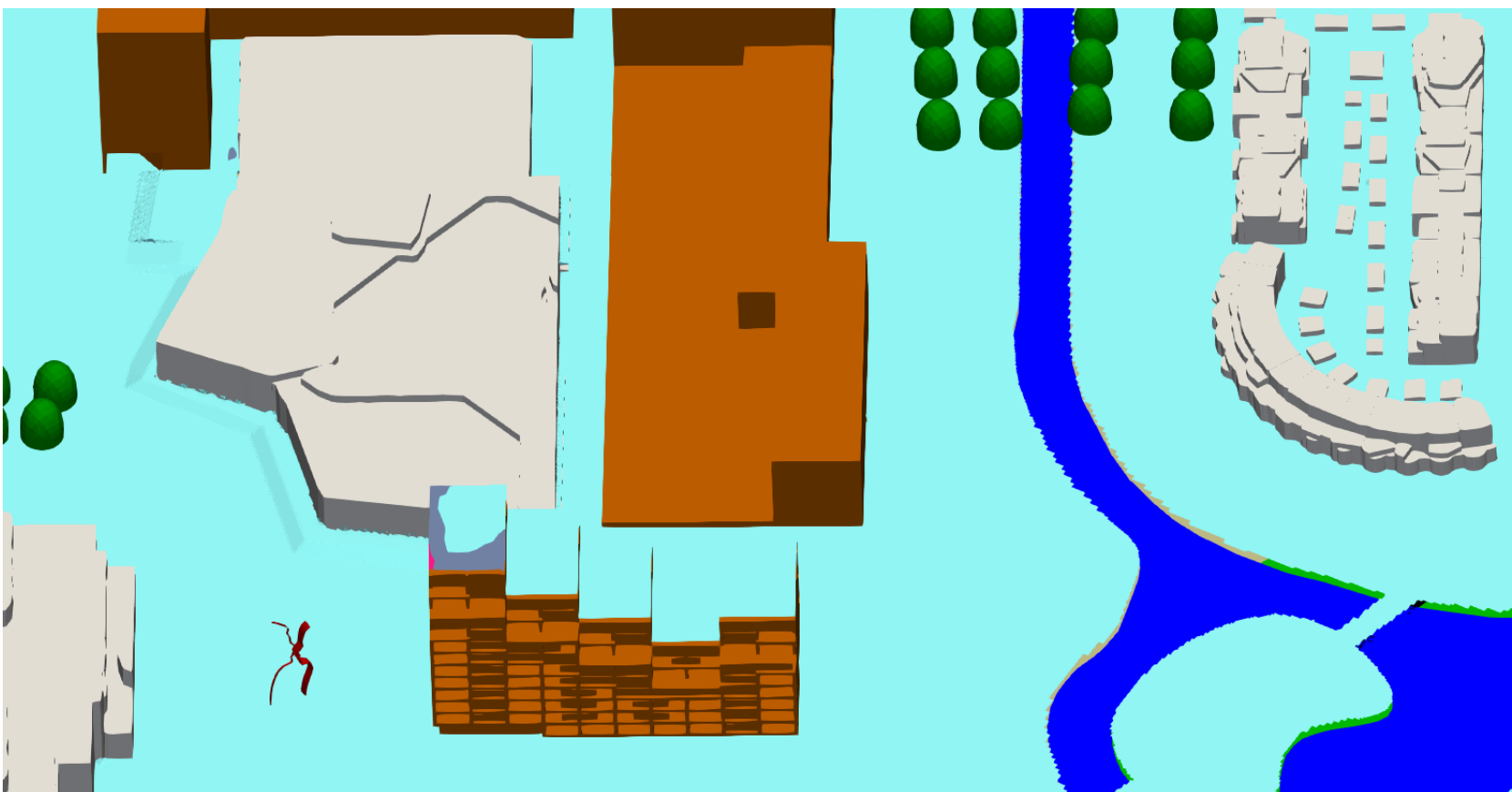


(b)
Windgevaar

Figuur 4.6:
Winhinder en wind-
gevaar op balkons en
parkeerdek



(a)
Windhinder



(b)
Windgevaar

5 Conclusie

Dit rapport presenteert een onderzoek naar het windklimaat rondom het project 'Marktpluin Zuid' te Amsterdam. Het onderzoek is uitgevoerd door [Actiflow](#).

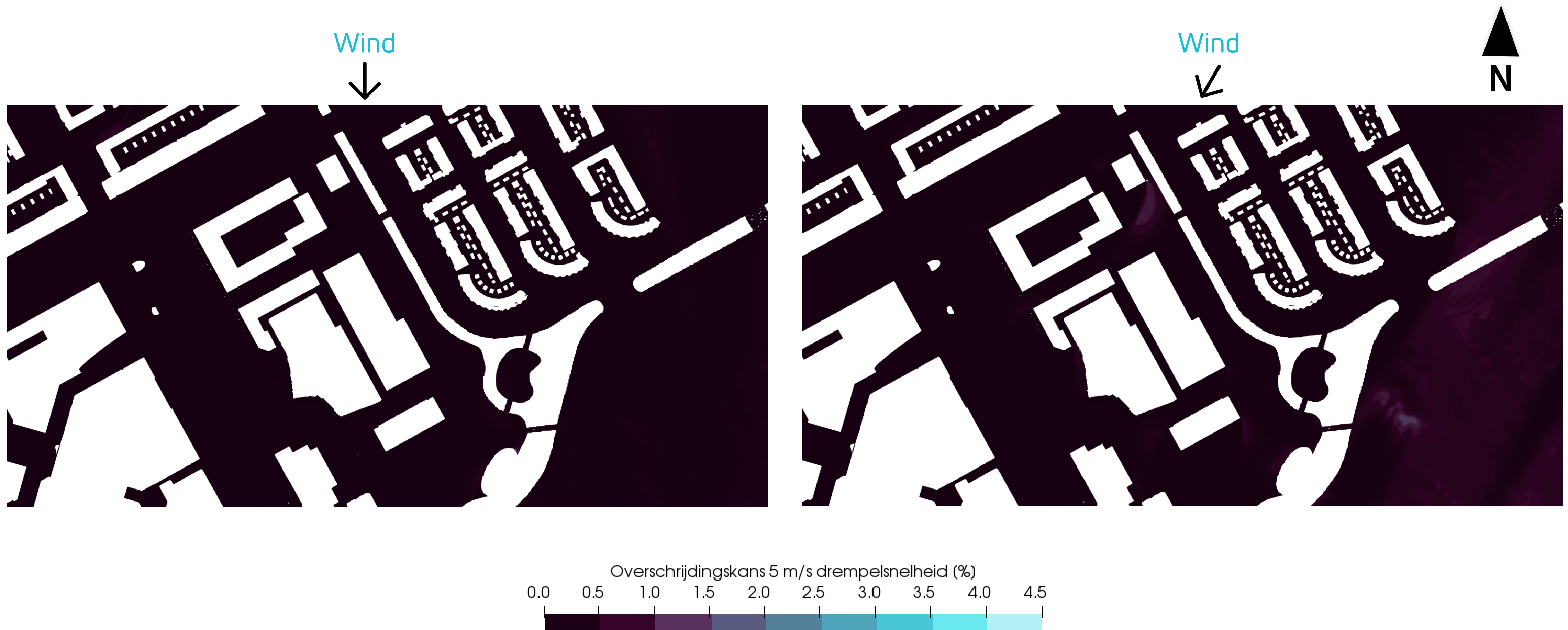
Voor de analyse is de Nederlandse norm "NEN 8100:2006: Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving" gebruikt. Hierbij is een geometrisch model van de nieuwbouw en zijn omgeving opgesteld. Een rekengrid met hoge resolutie is rond deze geometrie opgetrokken als basis voor Computational Fluid Dynamics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

De resultaten laten zien dat het windklimaat rondom de nieuwbouw varieert tussen windluw en windrijk. De hogere bouwvolumes van de nieuwbouw veroorzaken lokaal hoge windsnelheden.

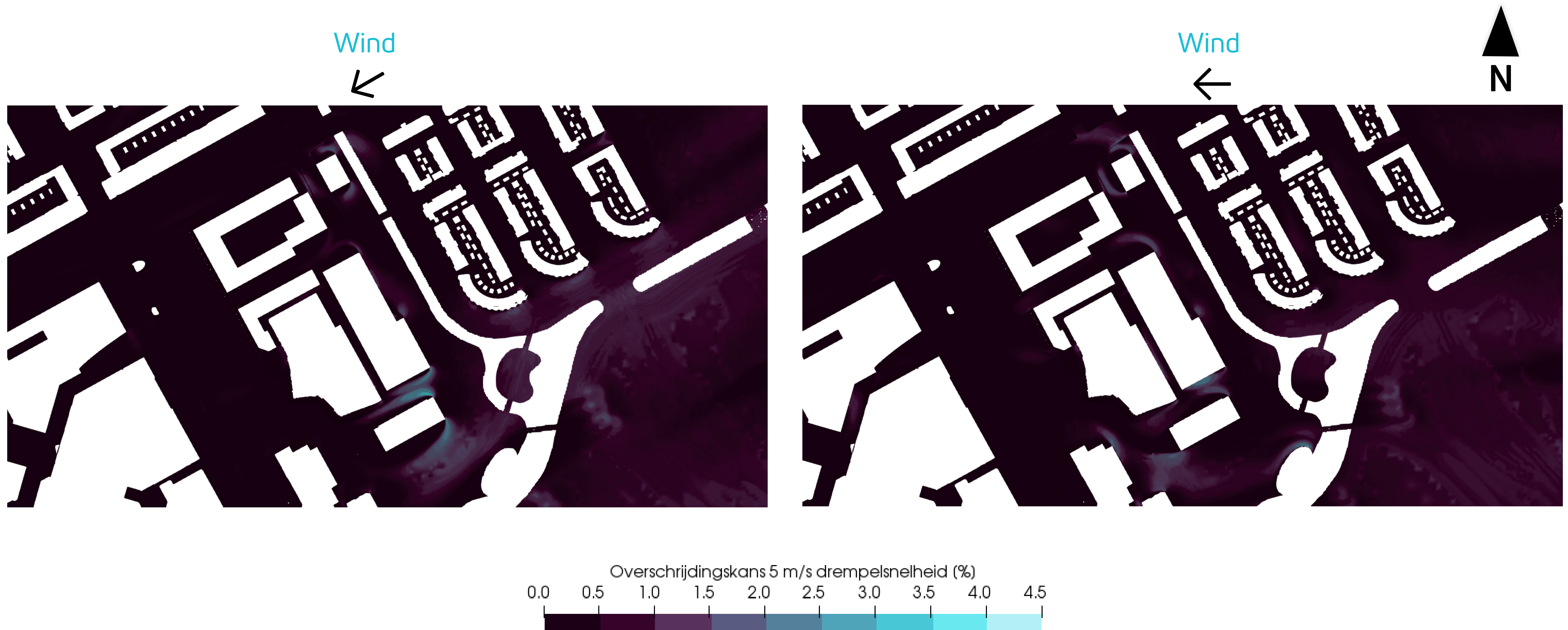
Diverse aandachtspunten zijn in deze rapportage benoemd. Hierbij treedt overschrijding van de criteria betreffende hinder en gevaar door wind op. Mitigerende maatregelen zijn dan ook op enkele punten gewenst.

De benoemde maatregelen in hoofdstuk 4 geven hier een eerste aanzet toe. Voorgesteld wordt om deze in acht te nemen en het effect hiervan in een vervolg te toetsen.

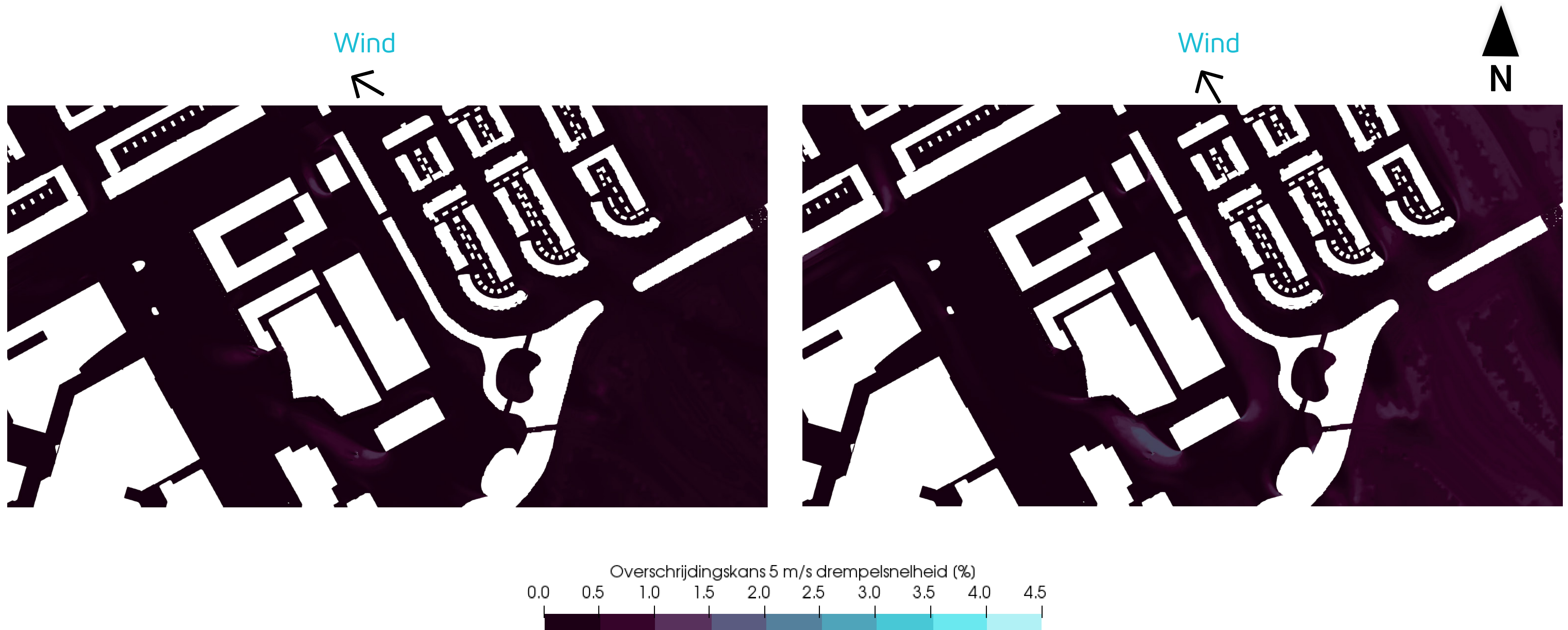
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



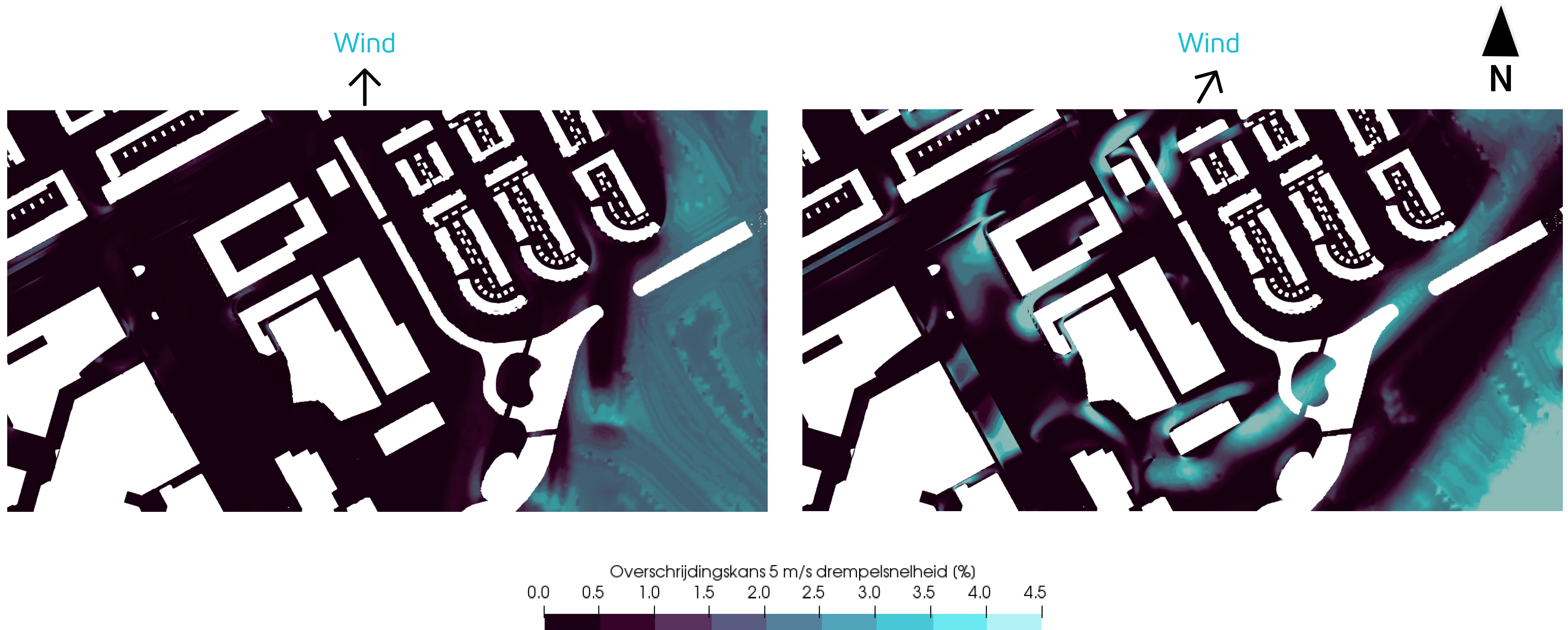
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



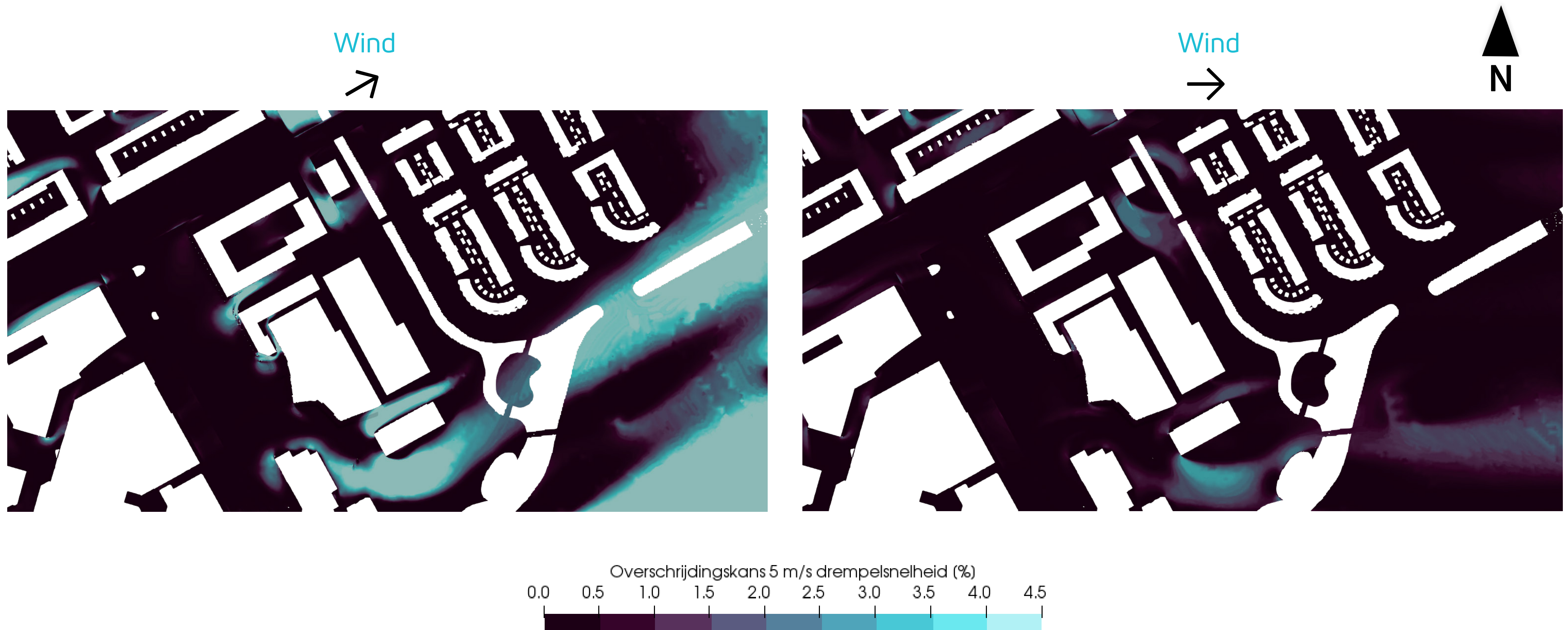
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



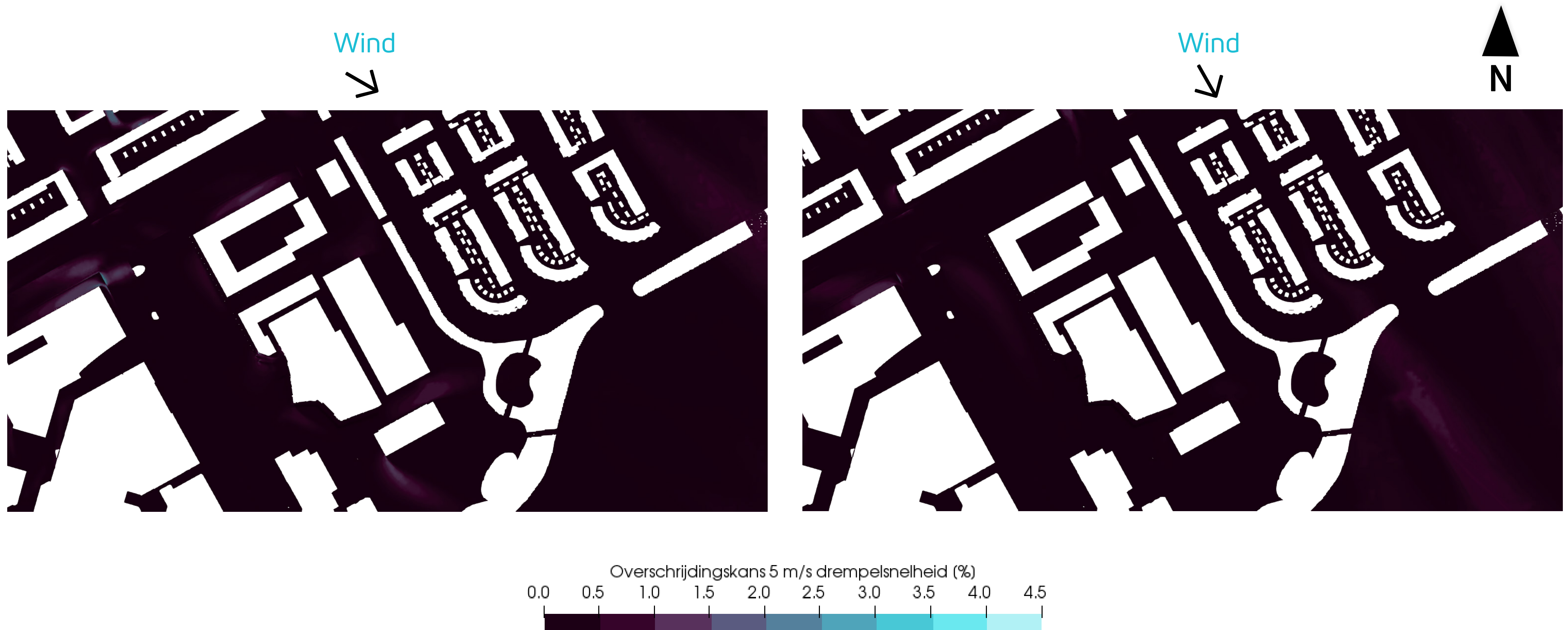
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



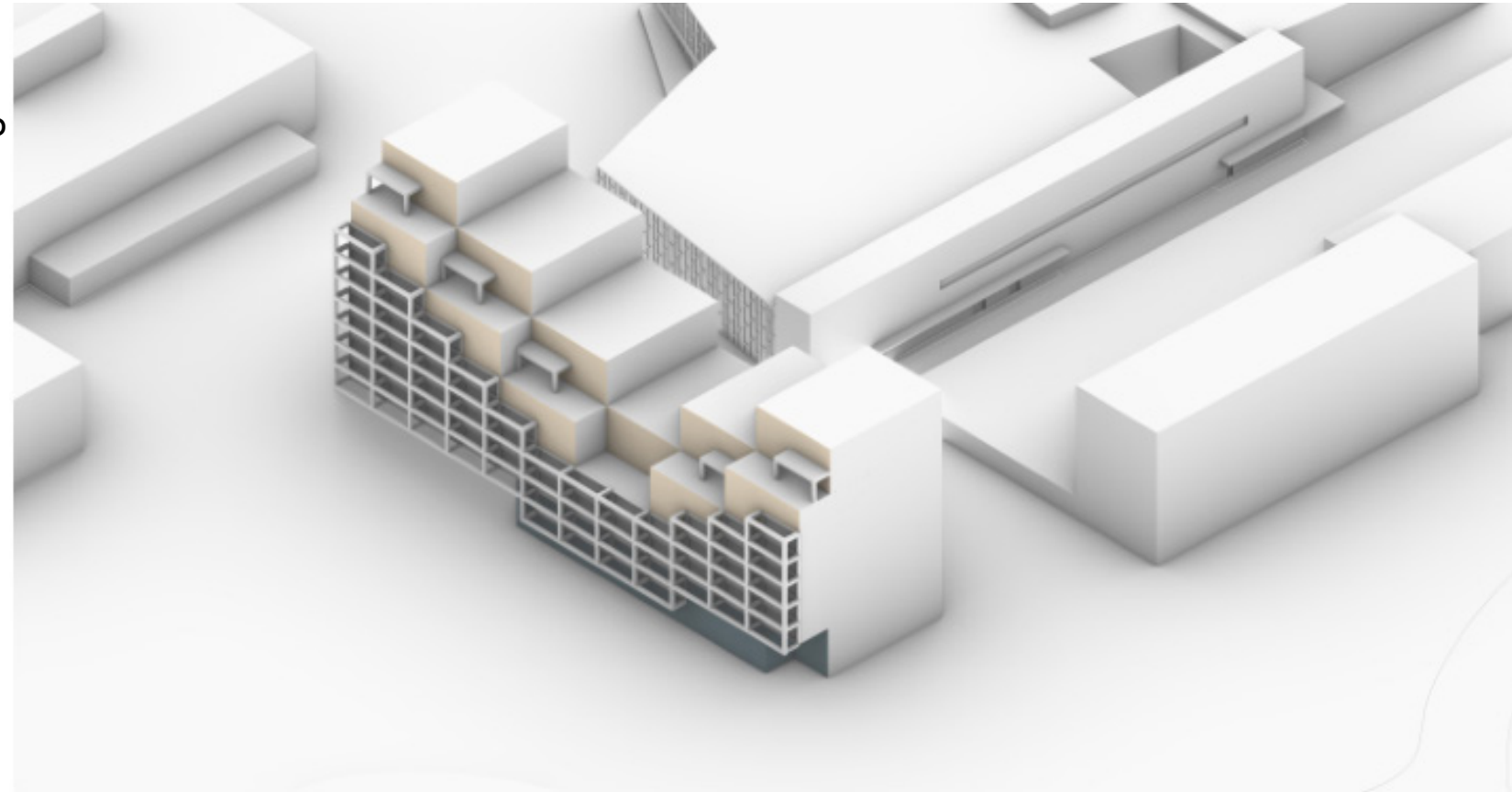
Project	Projectgegevens
Projectnaam	Marktpllein Zuid te Amsterdam
Opdrachtgever	Gemeente Amsterdam
Projectleider	ir. Ragiel Wildvank
Datum	16/11/2020
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen 350 m rond kerngebied
Kerngebied	Nieuwe gebouwen
Omgeving	Omgeving in 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: v1912
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:

Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: polyhedra met prismalaag Basis: 29 036 516
Turbulentiemodellering	k-omega-SST
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: linearUpwindV 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: 124849 Y: 479609
Gepresenteerde resultaten	Windhindercontouren, klassenindeling en windgevaarcontouren
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang	

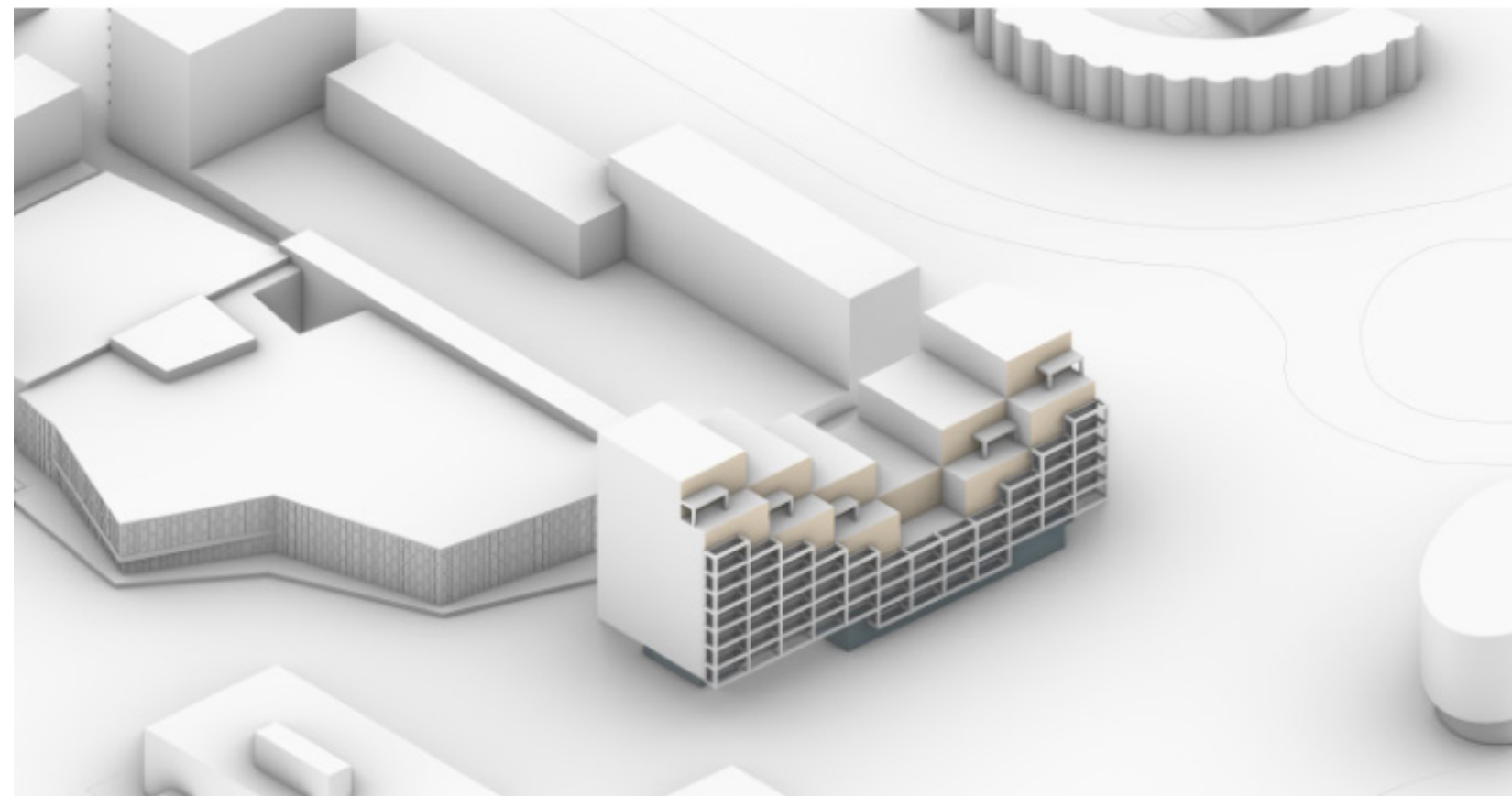
C Update gebouw E

Figuur C.1:

Eerdere opbouw van
gebouw E. Bron: KCAP
Architects & Planners



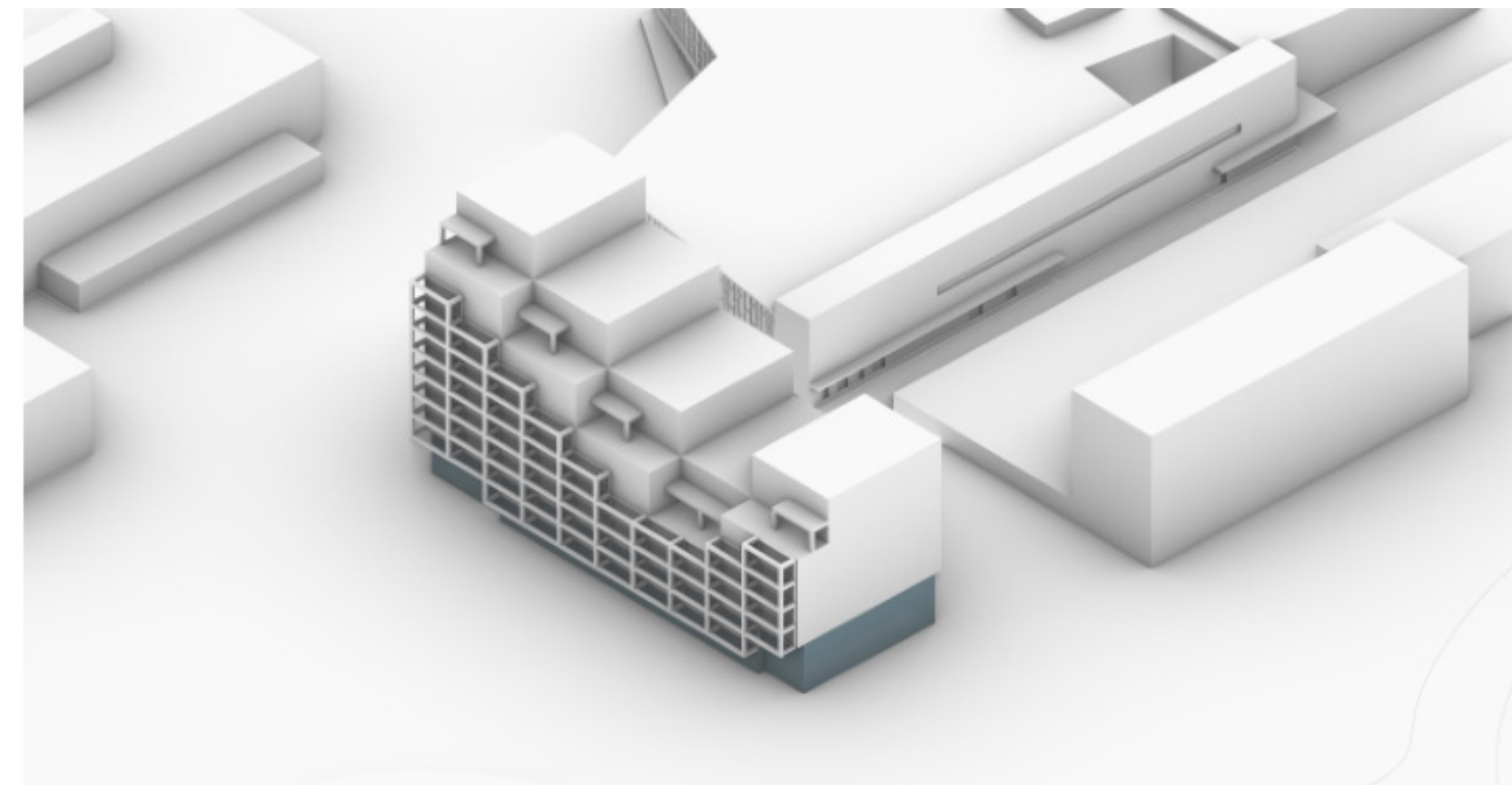
(a)
Zuidoosten perspec-
tief



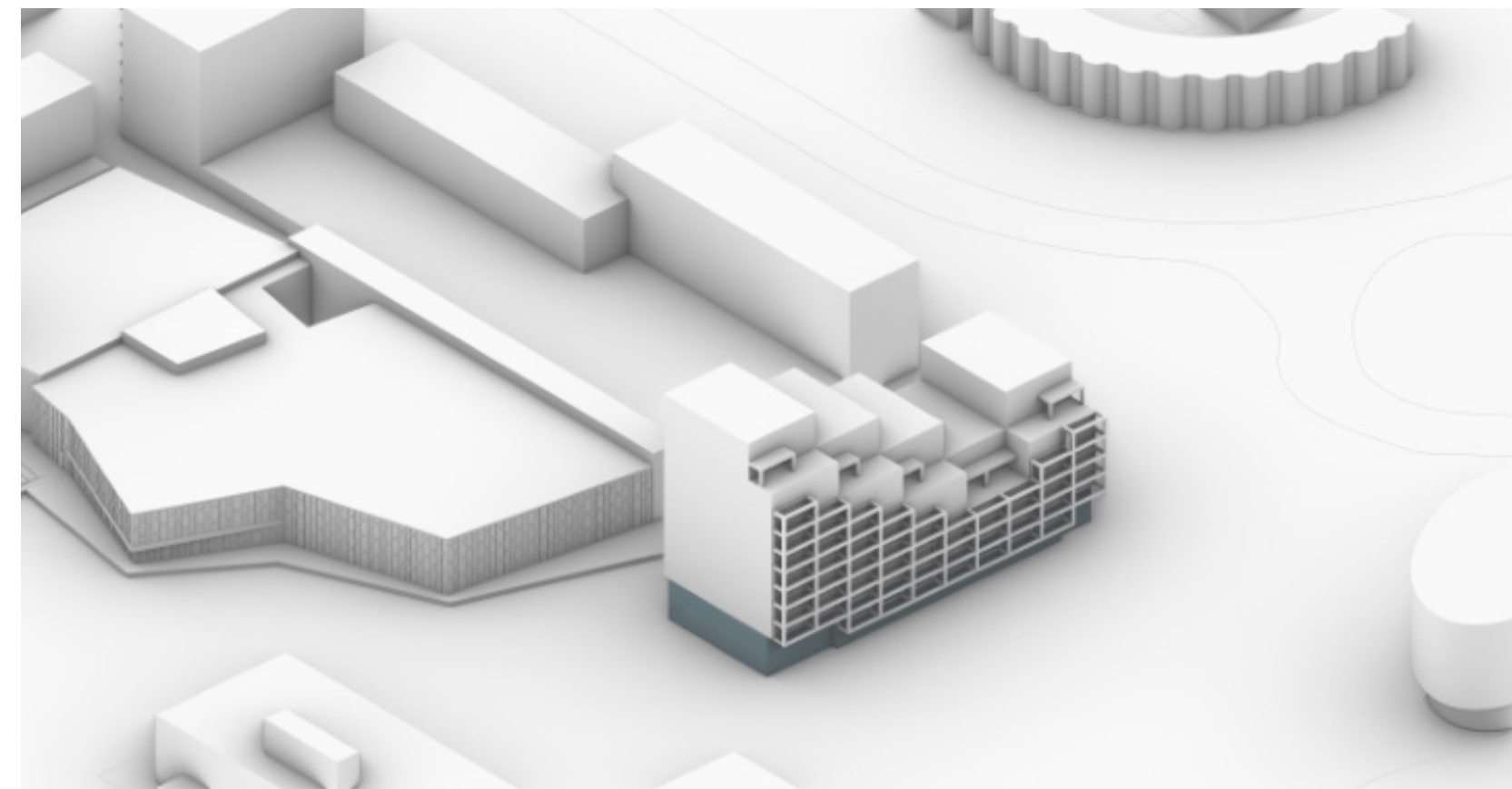
(b)
Zuidwesten perspec-
tief

Figuur C.2:

Nieuwe opbouw van
gebouw E. Bron: KCAP
Architects & Planners



(a)
Zuidoosten perspec-
tief



(b)
Zuidwesten perspec-
tief



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