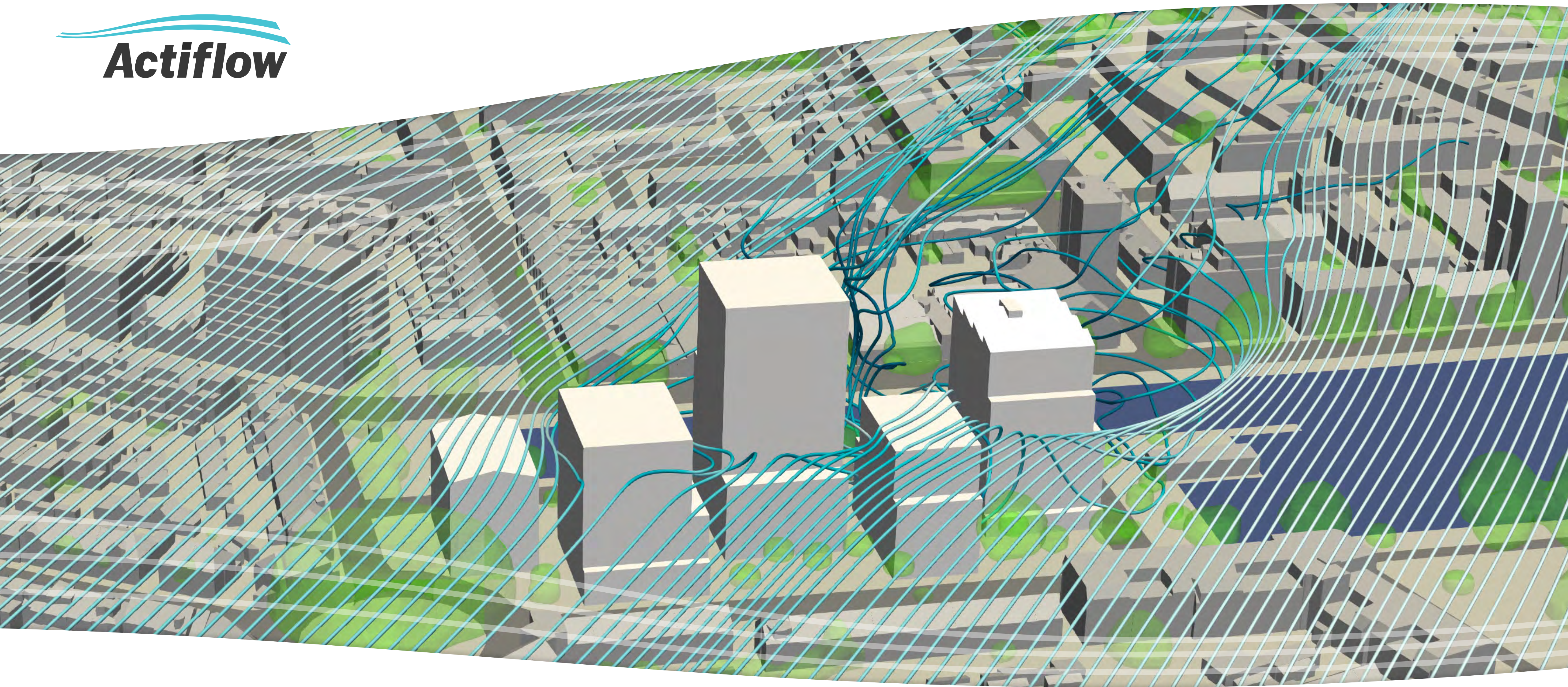




Hopliedenis te Tilburg

CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Hopliedenkade te Tilburg
CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Opdrachtgever	Rho Adviseurs
Contactpersoon opdrachtgever	Hans van Zitteren
Projectnummer	2025032-1-W
Rapportversie	1.1
Status	Definitief
Datum	10 juli 2025
	©2025 Actiflow BV

Auteur dr. ir. Claire Claassen

Controleur ir. Daan Jongerius

Actiflow BV
Tramsingel 5
4814 AB Breda
+31 (0)76 5422 220
contact@actiflow.com
www.actiflow.com

Inhoudsopgave

1.	Introductie	4	A	Inlegvel NEN 8100:2006	20
2.	Normstelling	5	B	Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid	21
	2.1 Windhinder en windgevaar		C	Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld	22
	2.2 Classificatie en beoordeling van windhinder en windgevaar		D	Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen	24
	2.3 Gemeentelijk beleid				
3.	Opzet van de berekening	7			
	3.1 3D-Model en rekenrooster				
	3.2 Methodiek				
	3.3 Software				
	3.4 Aannames en randvoorwaarden				
	3.5 Vegetatie				
4.	Resultaten	11			
5.	Analyse en discussie	17			
6.	Conclusie	19			

1 Introductie

Voorliggende rapportage omschrijft een windonderzoek uitgevoerd door **Actiflow** in opdracht van Rho Adviseurs. Dit windonderzoek is uitgevoerd voor de ontwikkeling van het project Hopliedenkade te Tilburg.

Het plangebied van de ontwikkeling bevindt zich aan de zuidwestkade van de Piushaven (zie figuur 1.1a). De omgeving van het plangebied wordt hoofdzakelijk gekenmerkt door lage woningbouw. Aan de noordzijde van de ontwikkeling bevinden zich enkele lage tot middelhoge bedrijfspanden, waaronder horecagelegenheden, en verder ook enkele hogere woningcomplexen. Het bouwplan betreft vijf losstaande bouwvolumes met een maximale bouwhoogte van 51 m (zie figuur 1.2)

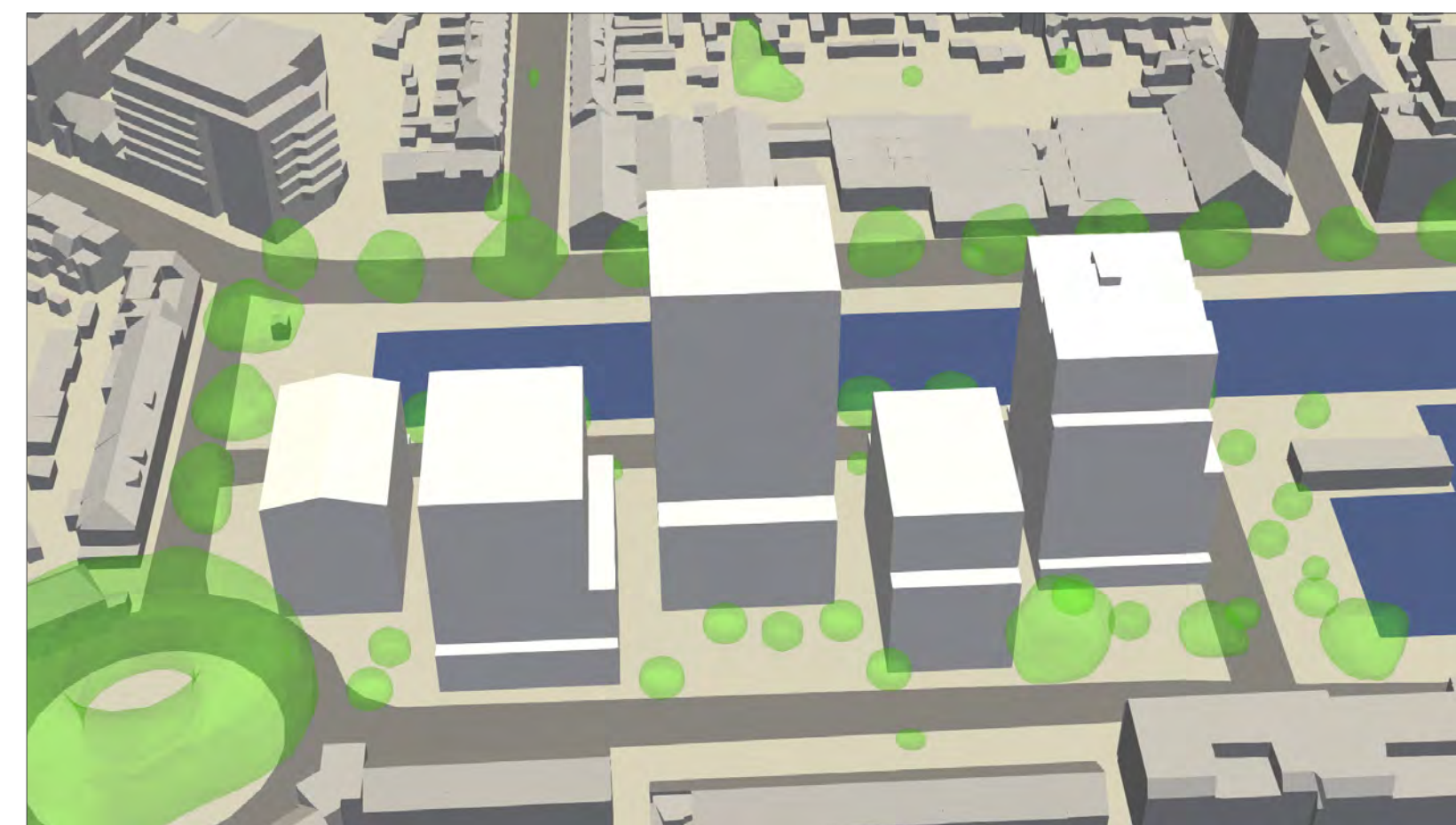
Het inpassen van de nieuwbouw zal leiden tot een wijziging van het lokale windklimaat. Dit kan zorgen voor een situatie die als onprettig of gevaarlijk wordt ervaren. Daarnaast vragen de functies van de gebouwen en het verwachte gebruik van de openbare buitenruimte om een acceptabel comfortniveau ten aanzien van wind. Het is dan ook noodzakelijk het windklimaat inzichtelijk te maken, zodat mogelijke knelpunten kunnen worden aangepakt.

Actiflow is gevraagd om het windklimaat inzichtelijk te maken met behulp van berekeningen op basis van Computational Fluid Dynamics (CFD). In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de normstelling omtrent windhinder en windgevaar, de Nederlandse norm NEN8100:2006 'windhinder en windgevaar in de gebouwomgeving'.

Een uitgebreide beschrijving van de richtlijnen wordt gegeven in hoofdstuk 2. De geometrie van het gebouw en de omgeving, de numerieke instellingen, het rekenrooster en randvoorwaarden zijn weergegeven in hoofdstuk 3. De resultaten worden vervolgens getoond en beschreven in hoofdstuk 4, waarna een aanvullende analyse van de stromingsfenomenen volgt in hoofdstuk 5. Ten slotte wordt een conclusie gevormd in hoofdstuk 6.



Figuur 1.1:
Impressie van de
locatie van het
nieuwbouwproject
(Google Earth)



Figuur 1.2:
Impressie van
het model van de
toekomstige situatie

Zicht vanuit het zuiden

2 Normstelling

2.1 Windhinder en windgevaar

De normstelling betreffende het windklimaat in de openbare ruimte vindt haar oorsprong in NEN 8100:2006. In deze norm wordt onderscheid gemaakt tussen windhinder en windgevaar. De definitie van windhinder is het ondervinden van hinder door wind. In de norm wordt verondersteld dat dit bij een gemiddeld persoon zal optreden wanneer de lokale uurgemiddelde windsnelheid meer dan 5 m/s bedraagt. Aan de hand van de activiteit die op een bepaalde locatie wordt uitgevoerd kan deze periode van hinder beoordeeld worden. Zo zal in een gebied waar voetgangers enkel doorheen lopen een relatief lange periode van hinder geaccepteerd kunnen worden. Daarentegen zal het windklimaat in bijvoorbeeld een winkelstraat, bushalte of speeltuin pas acceptabel zijn wanneer de tijdsduur van windhinder beperkt is.

Aangenomen wordt dat windgevaar optreedt wanneer de uurgemiddelde lokale windsnelheid meer dan 15 m/s bedraagt. Windgevaar is het optreden van een zeer hoge windsnelheid, waardoor problemen optreden bij het lopen, zoals evenwichtsverlies. Ook hier kan een klein risico op windgevaar geaccepteerd worden bij minder kritische activiteiten, echter een groot risico op windgevaar is in alle voetgangersgebieden onacceptabel.

Figuren 2.1 en 2.2 tonen voorbeelden van windhinder en windgevaar voor voetgangers.



Figuur 2.1:
Verbeelding situatie
van windhinder



Figuur 2.2:
Verbeelding situatie
van windgevaar

2.2 Classificatie en beoordeling van windhinder en windgevaar

NEN 8100:2006 geeft de indeling voor windhinder in kwaliteitsklassen. Zowel windhinder als windgevaar worden hierbij op hoofdhoogte van een staande persoon, te weten 1,75 m boven het grondoppervlak, beoordeeld. De indeling in windhinderklassen is weergegeven in tabel 2.1. Aan de hand van de kans op overschrijdingsduur van de grenswaarde voor windhinder wordt bepaald in welke klasse een locatie valt. Afhankelijk van het gebruiksdoel van of activiteit op een specifieke locatie wordt een bepaalde klasse vervolgens beoordeeld als goed, matig of slecht:

- “Goed” betekent dat mensen zich comfortabel voelen en dat de wind nauwelijks voelbaar is.
- “Matig” betekent dat mensen de wind regelmatig zullen opmerken, maar niet vaak genoeg om storend te zijn voor de voorziene activiteit.
- “Slecht” betekent dat de wind vaak voelbaar is en hinderlijk is voor de voorziene activiteit. “Slecht” betekent niet dat de situatie onveilig is.

Tabel 2.1: Classificatie en beoordeling van het lokale windklimaat voor windhinder

Overschrijdingskans (Lokaal windsnelheid > 5 m/s) (% van het aantal uren per jaar)	Windhinderklasse	Beoordeling per activiteit		
		Doorlopen	Slenteren	Langdurig zitten ^a
< 2,5 % (< 219 uren)	A	<i>Goed</i>	<i>Goed</i>	<i>Goed</i>
2,5 - 5 % (219-438 uren)	B	<i>Goed</i>	<i>Goed</i>	<i>Matig</i>
> 5 - 10 % (> 438-876 uren)	C	<i>Goed</i>	<i>Matig</i>	<i>Slecht</i>
> 10 - 20 % (> 876-1752 uren)	D	<i>Matig</i>	<i>Slecht</i>	<i>Slecht</i>
> 20 % (1752 uren)	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 toont de indeling en beoordeling van de kans op windgevaar. Bij de beoordeling wordt niet direct onderscheid gemaakt in activiteiten, echter wordt in NEN 8100:2006 opgemerkt dat voor activiteitenklassen ‘Slenteren’ en ‘Langdurig zitten’ zelfs een beperkt risico al onacceptabel is. Dit betekent dat voor deze activiteitenklassen geldt dat enkel $p \leq 0,05$ acceptabel is. Een gevaarlijk windklimaat moet in elk voetgangersgebied worden vermeden.

Tabel 2.2: Classificatie en beoordeling van het lokale windklimaat voor windgevaar

Overschrijdingskans (Lokaal windsnelheid > 15 m/s) (% van het aantal uren per jaar)	Beoordeling
< 0,05 % (< 4,5 uren)	Geen risico
0,05 - 0,30 % (4,5-26 uren)	Beperkt risico
> 0,30 % (> 26 uren)	Gevaarlijk

2.3 Gemeentelijk beleid

NEN8100:2006 wordt niet in landelijke wetgeving aangestuurd. Daarnaast geeft deze norm enkel aan hoe windhinder en windgevaar geclassificeerd en beoordeeld kunnen worden, maar niet wanneer iets acceptabel is of niet. Middels lokaal beleid kunnen gemeenten hier zelf hun eigen invulling aan geven. De gemeente Tilburg kent hiervoor de "Handreiking Hoogbouw, mei 2017, reparatie, juni 2023". Hierin wordt gevraagd een windhinderonderzoek uit te voeren bij het bouwen van hoogbouw (gebouwen hoger dan 15 m) en te analyseren hoe groot de invloed is van de bebouwing op de omliggende openbare ruimtes en of dit hinderlijk is. De Handreiking Hoogbouw kent geen eisen voor wanneer het windklimaat acceptabel bevonden kan worden.

3 Opzet van de berekening

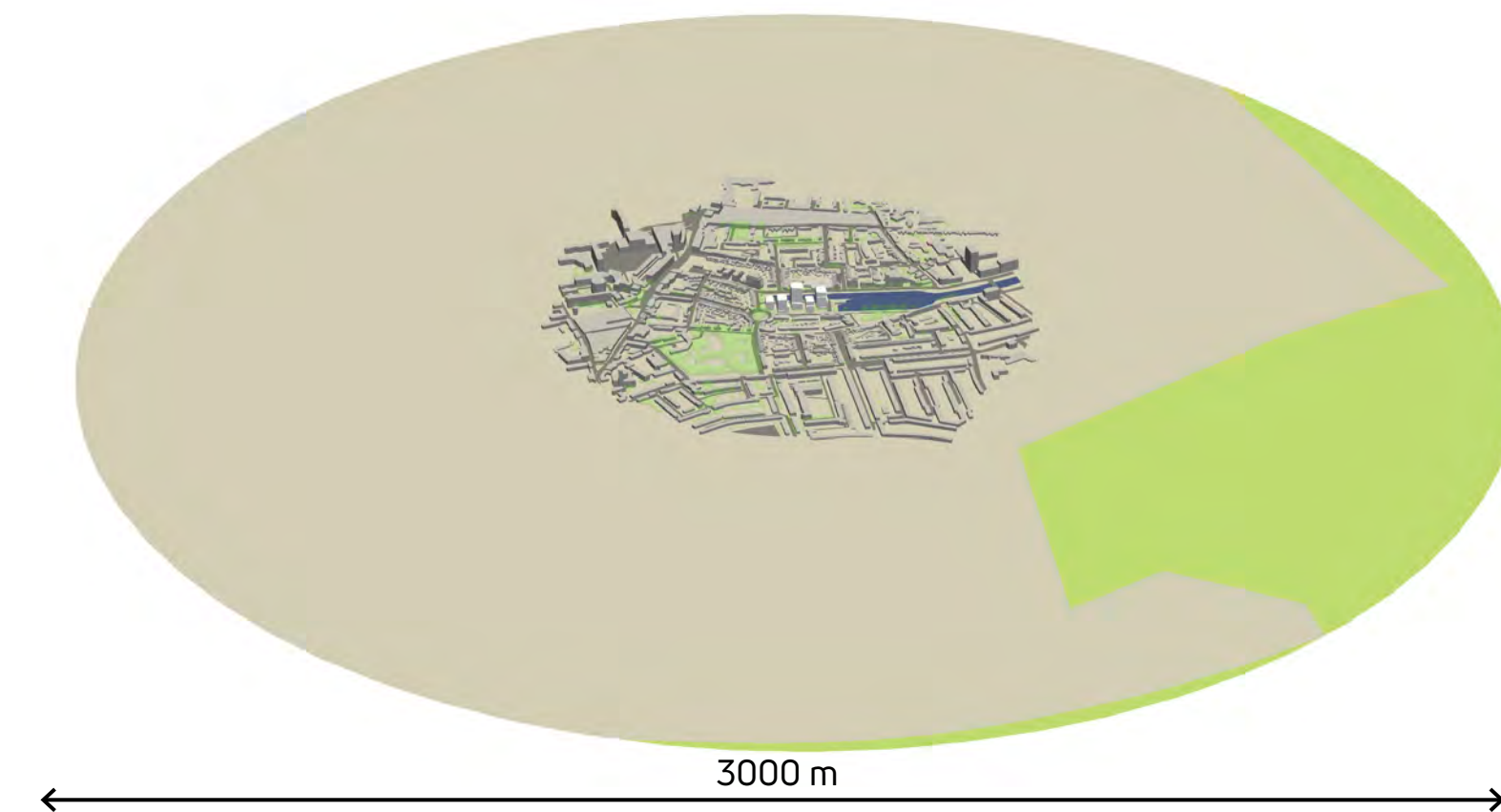
Het windonderzoek is uitgevoerd aan de hand van de richtlijnen in NEN 8100:2006. Hierbij hanteert **Actiflow** een 'Kwaliteitsrapport', zoals dit ook benoemd wordt in NEN 8100:2006. Hiermee wordt de kwaliteit van ons onderzoek en de betrouwbaarheid van de resultaten gewaarborgd. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste elementen voor de opzet van de berekeningen weergegeven.

3.1 3D-Model en rekenrooster

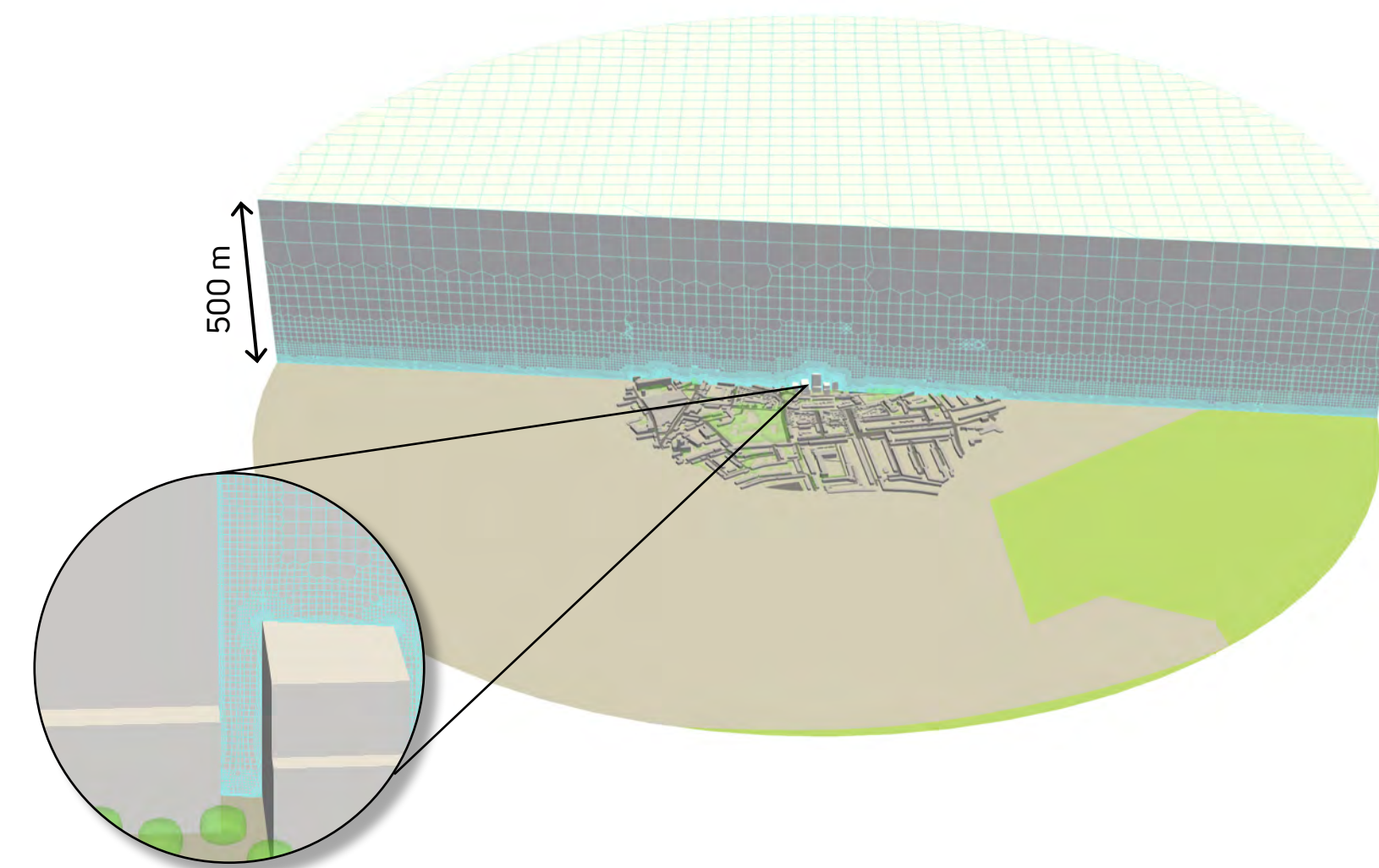
De geometrie van het model is gebaseerd op de verkregen tekeningen van de opdrachtgever. Het model omvat alle gebouwen binnen een straal van minimaal 450 m. Dit betreft de toekomstige situatie na toevoeging van de nieuwbouw in figuur 1.2, 3.1 en 3.3.

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.

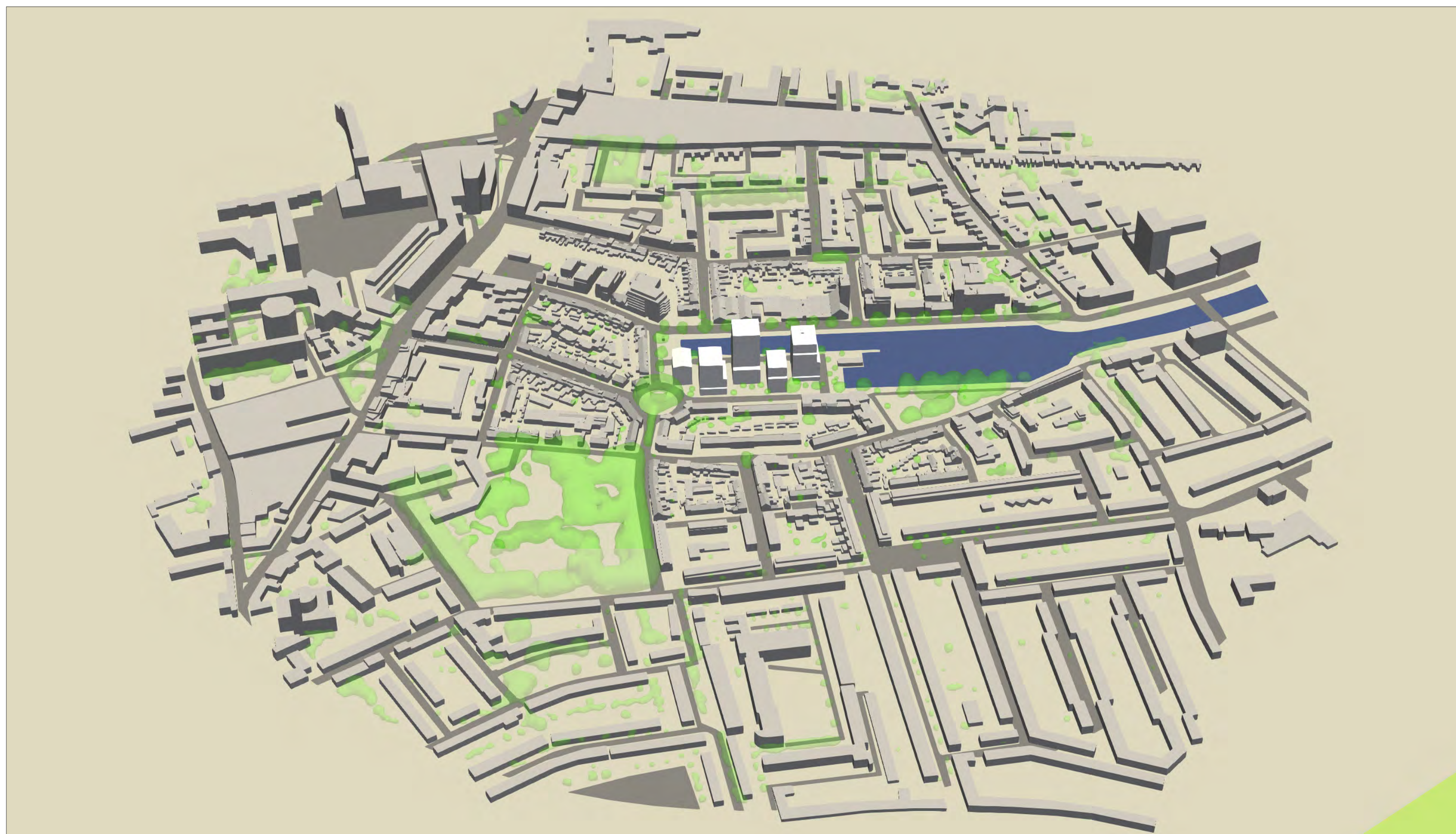
Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster voor deze situatie (figuur 3.2). Dit rooster bestaat uit 44.812.586 cellen. Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vijf lagen met anisotrope verfijning geplaatst. Hierbij is de resolutie hoger loodrecht op de betreffende wand. Deze lagen zorgen voor een betere berekening van de snelheidsgradiënt in de (atmosferische) grenslaag.



Figuur 3.1:
Impressie van het
model
Zicht vanuit het zuiden



Figuur 3.2:
Doorsnede van het
rekenrooster
Zicht vanuit het zuiden



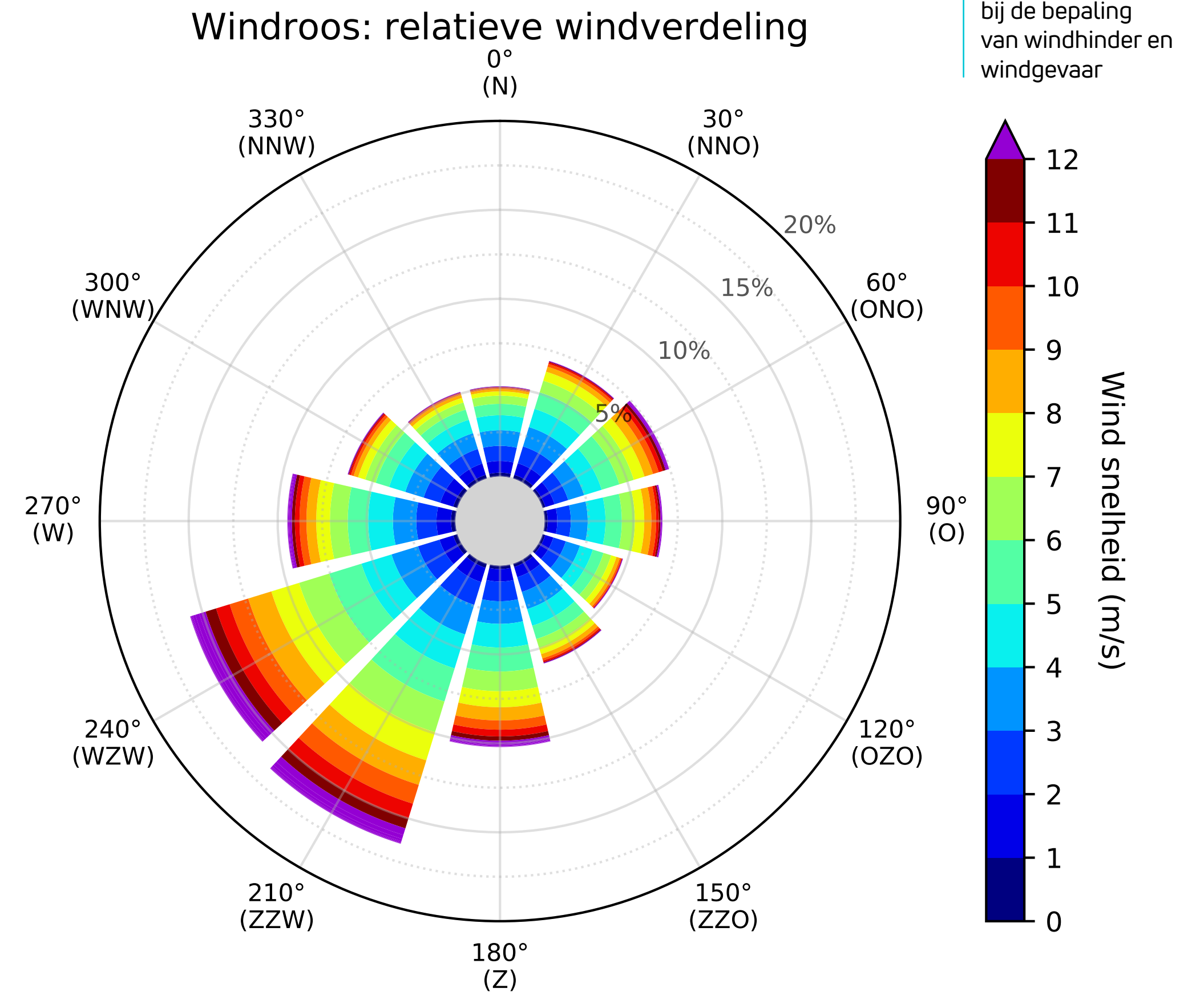
Figuur 3.3:
Impressie van
het expliciet
gemodelleerde gebied
Zicht vanuit het zuiden

3.2 Methodiek

Om inzicht te krijgen in het windklimaat is de gehele windroos doorerekend, te weten 12 windrichtingen. Voor elke windrichting die in beschouwing is genomen wordt een resulterend snelheidsveld bepaald. Hiermee is voor elke locatie per windrichting de versterkingsfactor ten opzichte van de opgelegde windsnelheid vastgelegd. Vervolgens wordt de windstatistiek conform NPR 6097:2006 gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, zodat voor elke windsnelheid op een locatie een overschrijdingskans kan worden bepaald van verschillende windsnelheden. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste kwaliteitsklasse om te bepalen of er een comfortabel windklimaat kan zijn. Een visualisatie van de lokale windstatistiek als windroos is weergegeven in figuur 3.4. Een frequentieverdeling van de windsnelheid op 60 m hoogte wordt gerapporteerd in bijlage B.

3.3 Software

De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van OpenFOAM v2412, 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 Reynolds-averaged Navier-Stokes (RANS) vergelijkingen voor incompressibele vloeistoffen en houdt rekening met turbulentie. Voor de modellering van turbulentie is gebruik gemaakt van het SST k- ω model.



3.4 Aannames en randvoorwaarden

Voor de berekeningen is een referentie-windsnelheid van 5 m/s op een hoogte van 60 m opgegeven. Hierbij is een atmosferisch grenslaagprofiel toegepast. 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 is κ de constante van von Kármán en die is gelijk aan 0,41. Deze empirische constante is gerelateerd aan het modelleren van grenslagen. 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 turbulentiemodel (SST k- ω).

3.5 Vegetatie

Vegetatie heeft een relevante invloed op het windklimaat en is daarom rondom het plangebied en op het eigen perceel opgenomen. Deze invloed verandert echter in de loop van het jaar, afhankelijk van het seizoen en het type vegetatie. Tegelijkertijd verschillen ook de windomstandigheden in de loop van het jaar. Conform NEN 8100:2006 dient de windstatistiek conform NPR 6097:2006 te worden gebruikt. De resulterende windstatistiek geeft een overzicht van de optredende windrichtingen en windsnelheden over een periode van meerdere jaren. Het is binnen deze norm niet mogelijk om een uitsplitsing te maken naar seizoenen. Om een zo realistisch mogelijk beeld van het windklimaat te krijgen is daarom een vereenvoudiging nodig. In het bijzonder worden twee verschillende simulatiesets uitgevoerd voor het hele jaar: één met bladdragende vegetatie (vegetatietoestand in de zomer) en één met bladloze vegetatie (vegetatietoestand in de winter). Het gemiddelde tussen de twee resultaten wordt vervolgens berekend om een overzicht te krijgen van het windklimaat over het hele jaar. De jaargemiddelde resultaten worden gerapporteerd en besproken in hoofdstuk 4 conform NEN 8100:2006, terwijl de afzonderlijke resultaten voor het geval met bladdragende vegetatie en bladloze vegetatie worden gerapporteerd in bijlage C.

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

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

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

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

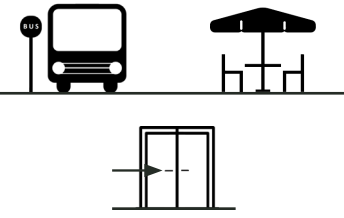
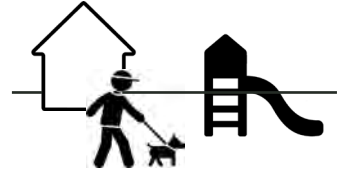
4 Resultaten

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, 4.2 en 4.3 tonen de resultaten van de openbare buitenruimte. In figuur 4.2 worden de resultaten getoond voor de diverse activiteiten die benoemd worden in NEN 8100:2006. Figuur 4.2a en b tonen de jaargemiddelde resultaten voor de activiteiten doorlopen en slenteren. Figuur 4.2c toont het resultaat voor de activiteit langdurig zitten. Deze activiteit vindt, in tegenstelling tot de andere activiteiten, typisch plaats tijdens dagen die een aangener klimaat kennen. Deze dagen zijn veelal gelegen in de lente- en zomermaanden, wanneer de aanwezige vegetatie volledig in het blad staat. Het hier getoonde resultaat is dan ook die van de berekeningen met al de vegetatie bladdragend.

Als richtwaarden voor de gewenste windhinderklassen wordt tabel 4.1 aangehouden.

Tabel 4.1: Richtwaarden van de windhinderklassen per activiteit

		Goed	Matig	Slecht
	Langdurig zitten en voetgangersactiviteiten ter plaatse van gebouw-entrees, etc.	A	B	C, D en E
	Slenteren en op locaties die gezien kunnen worden als verblijfsgebied voor voetgangers	A en B	C	D en E
	Doorlopen op locaties met voor voetgangers louter een verkeersfunctie en geen verblijfsfunctie	A, B en C	D	E
Windgevaar dient bij voorkeur voorkomen te worden. Een beperkt risico kan lokaal geaccepteerd worden wanneer deze valt binnen in een zone met activiteit "doorlopen"				

Uit de resultaten blijkt dat, als gevolg van de realisatie van de nieuwbouw, een gevarieerd windklimaat zal optreden op en rondom de projectlocatie. De optredende condities rondom de nieuwbouw worden gekenmerkt door windhinderklassen A en B (matig tot goed voor iedere activiteit) tot met windhinderklasse D (enkel nog matig geschikt voor de activiteit doorlopen), zie figuur 4.1.

Het windklimaat in de omgeving van de projectlocatie wordt overwegend gekenmerkt door windhinderklasse A (geschikt voor alle activiteiten). Direct rondom de projectlocatie zelf komt ook veelal windhinderklasse A voor, vooral aan de zuidzijde evenals de oost- en westzijde. Op de projectlocatie, tussen de projectgebouwen en ten noorden van de projectgebouwen (aan de Hopliedenkade) komen hogere windhinderklassen voor, variërend van windhinderklasse A (geschikt voor iedere activiteit) tot windhinderklasse D (enkel nog matig geschikt voor de activiteit doorlopen).

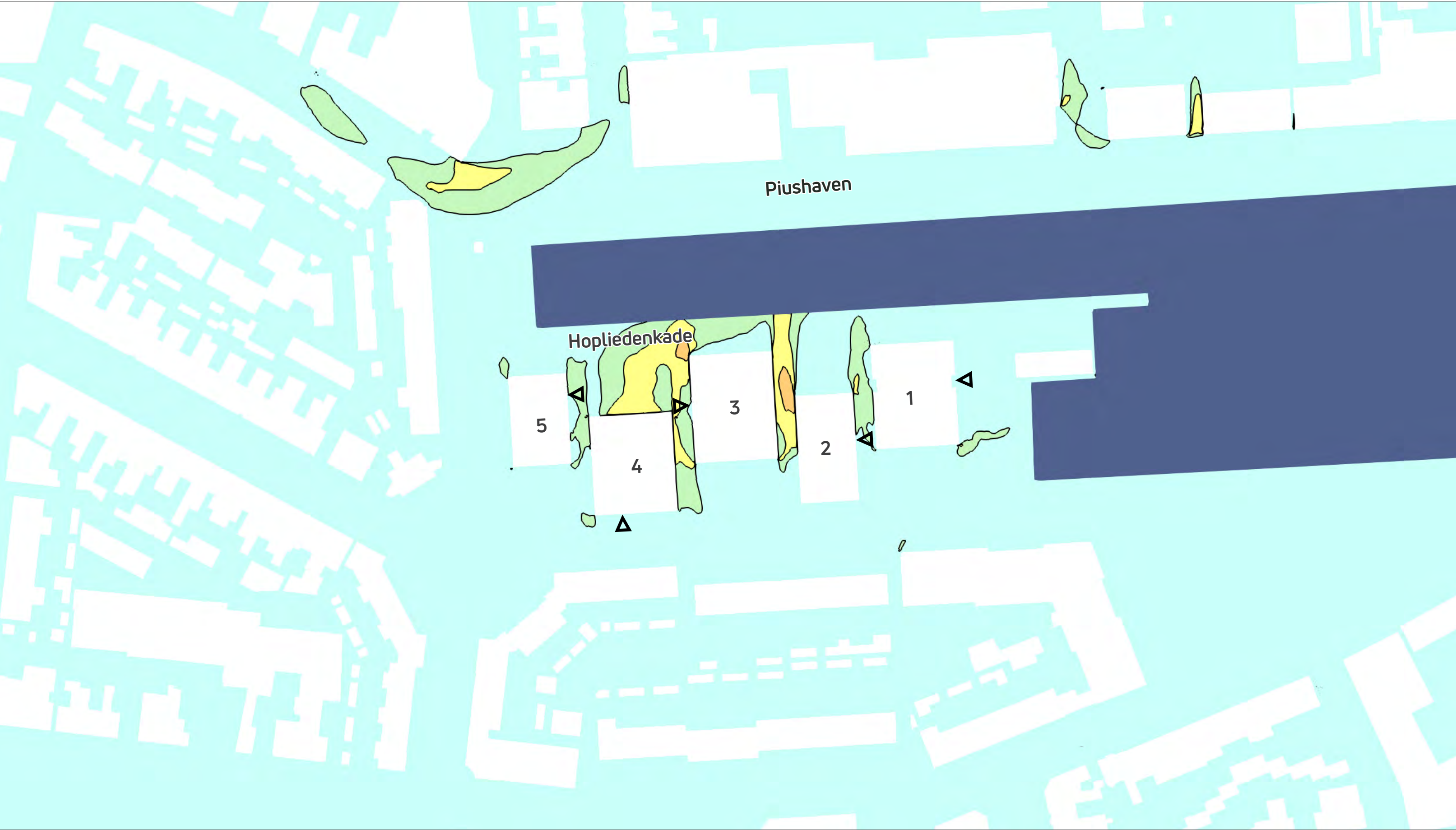
Figuur 4.2 toont de beoordeling van de verschillende voetgangersactiviteiten rondom het projectgebouw. Hieruit blijkt dat de activiteit doorlopen in het gehele gebied overwegend comfortabel uitgevoerd kan worden. Het windklimaat voor de activiteit slenteren is overwegend acceptabel met uitzondering van de doorgang tussen projectgebouw 2 en 3 en op de noordwesthoek van projectgebouw 3. Langdurig zitten is op deze locaties alsmede direct ten noorden van gebouw 4 en tussen de doorgangen van gebouw 3 en 4 ook oncomfortabel.

De doorgangen zijn overwegend beoogd om doorheen te lopen en niet langdurig te verblijven. Het optredende windklimaat past daarbij bij de beoogde activiteit. Aan de Hopliedenkade wordt langdurig verblijven verwacht. Hoewel dit aan een groot deel van de kade comfortabel zal zijn, is het gebied direct ten noorden van gebouw 4 en op de noordwesthoek van gebouw 3 hier niet geschikt voor. Hier geldt windhinderklasse C of hoger wat leidt tot een slechte beoordeling. Bij windhinderklasse C of hoger komen windsnelheden hoger dan 5 m/s meer dan 5% van de tijd voor. Figuur 4.4 toont het percentage van de tijd dat de

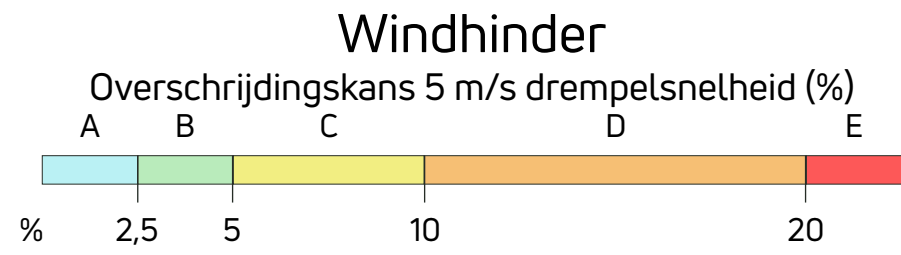
windsnelheid boven de 5 m/s uitkomt in zowel de bladloze en bladdragende situatie. Hieruit blijkt dat in de bladdragende situatie de overschrijding van 5 m/s slechts net boven de grens van 5% uitkomst ten noorden van gebouw 4 (maximaal 7%). Op de noordwesthoek van gebouw 3 is het vaker windrijk en komt er direct bij de hoek meer dan 15% van de tijd een windsnelheid boven de 5 m/s voor. In de bladloze situatie wordt het windklimaat windrijker en neemt de overschrijdingskans ten noorden van gebouw 4 toe naar maximaal 9% van de tijd. Nabij de noordwesthoek van gebouw 3 neemt ook de overschrijdingskans toe en ondervindt een aanzienlijk deel van de kade meer dan 10% van de tijd windrijke condities. Hoofdstuk 5 gaat in op het ontstaan van deze lokaal hogere windhinderklasse en de maatregelen die genomen kunnen worden om het windklimaat hier te verbeteren.

De gebouw-hoofdentrees, aangegeven met een driehoekje in figuur 4.1, liggen in een zone met windhinderklasse A of B. De klassen zijn geschikt voor het gebruik van de entrees. Gebouw 3 heeft aan de oostzijde ook enkele secundaire entrees. Deze liggen in een zone met windhinderklasse C. Dit zal leiden tot oncomfortabel gebruik. Indien het wenselijk is ook een comfortabel windklimaat te hebben bij deze secundaire entrees, wordt aanbevolen om deze entrees in een nis van ten minste 0,5 m te plaatsen om zo een windluwe zone te voorzien.

Er is geen risico op windgevaar gevonden in het projectgebied.



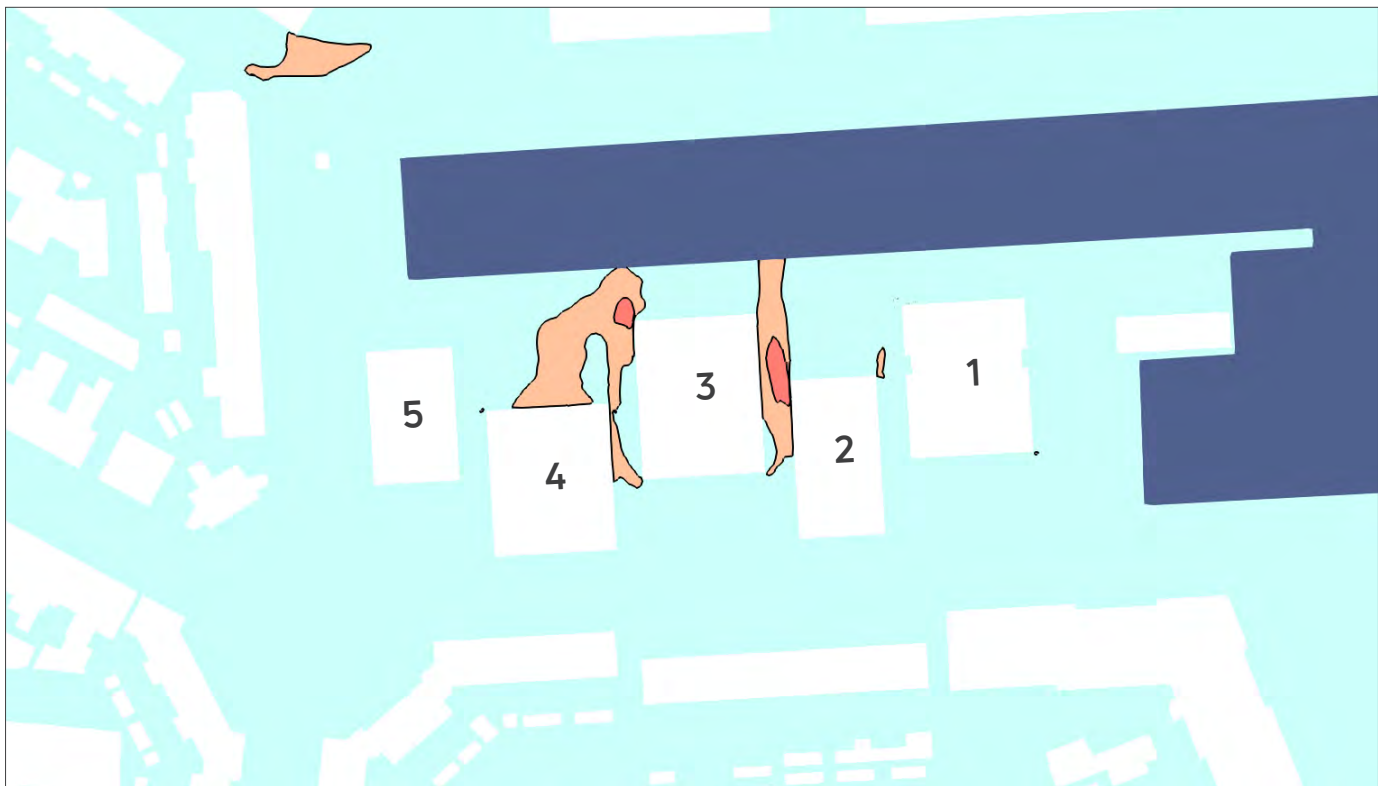
Figuur 4.1:
Windhinder op
voetgangsniveau



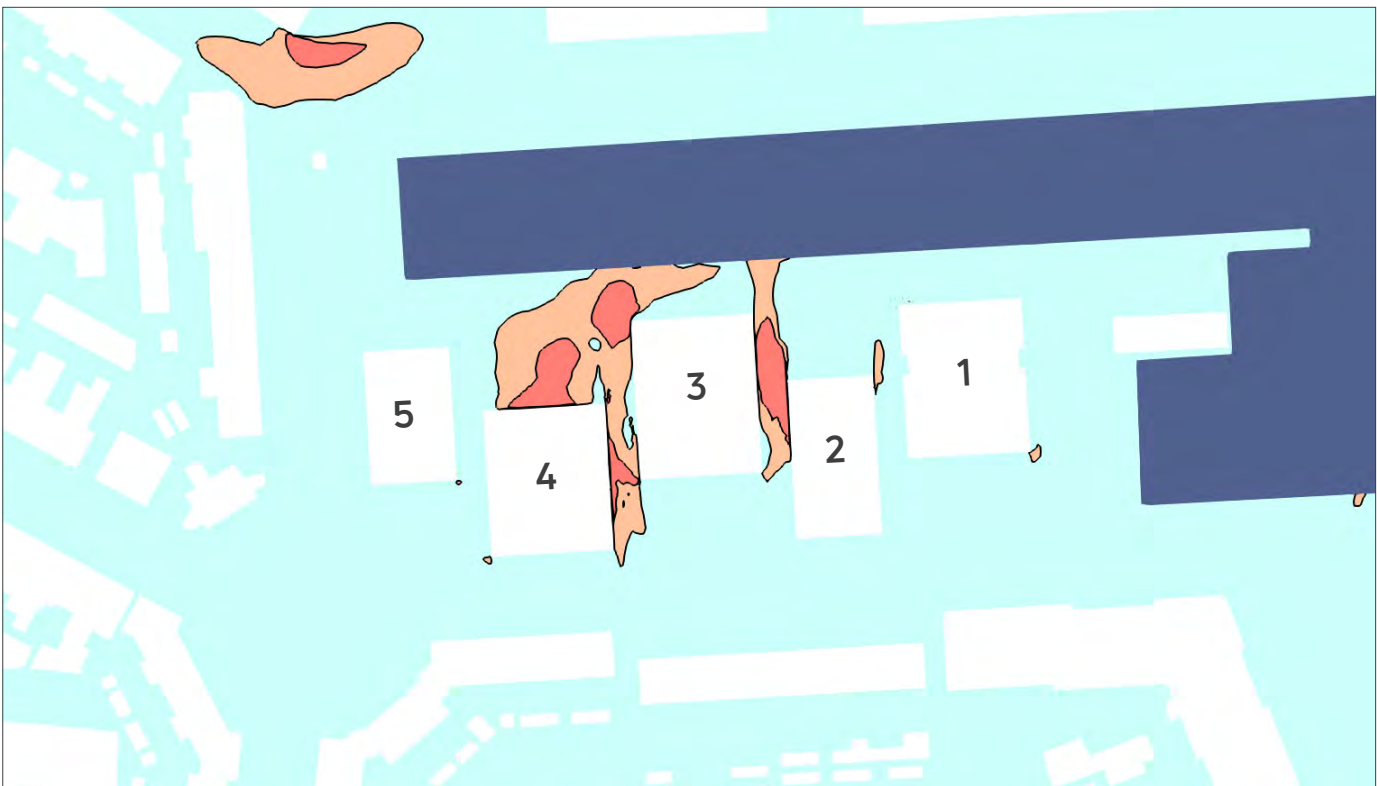
Figuur 4.2:
Windhinder op
voetgangersniveau
voor drie
verschillende
activiteiten



(a)
Beoordeling activiteit doorlopen



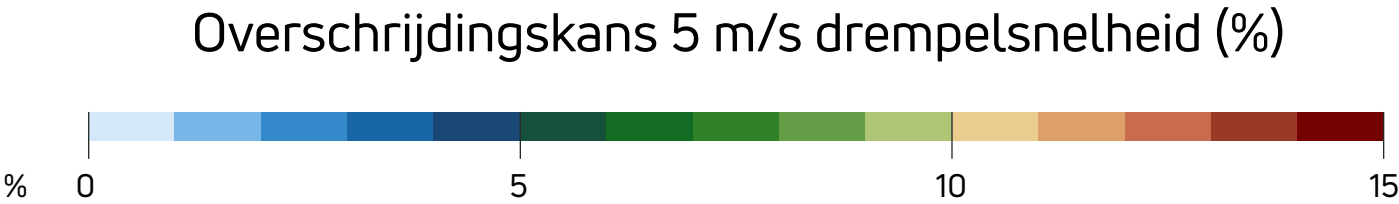
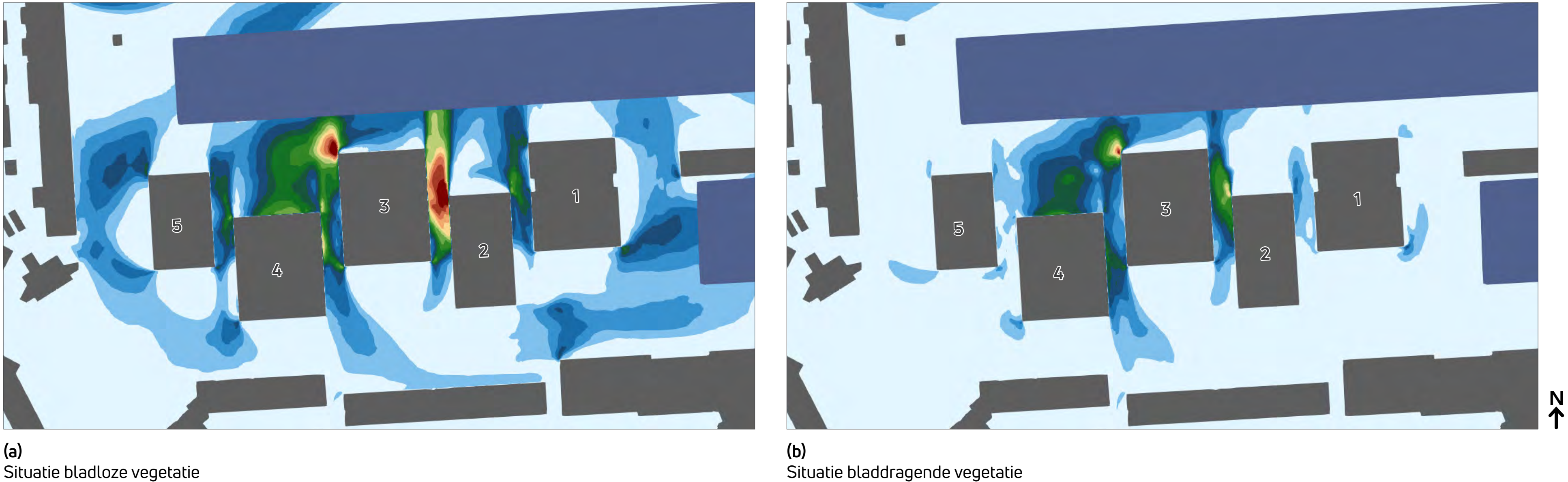
(b)
Beoordeling activiteit slenteren

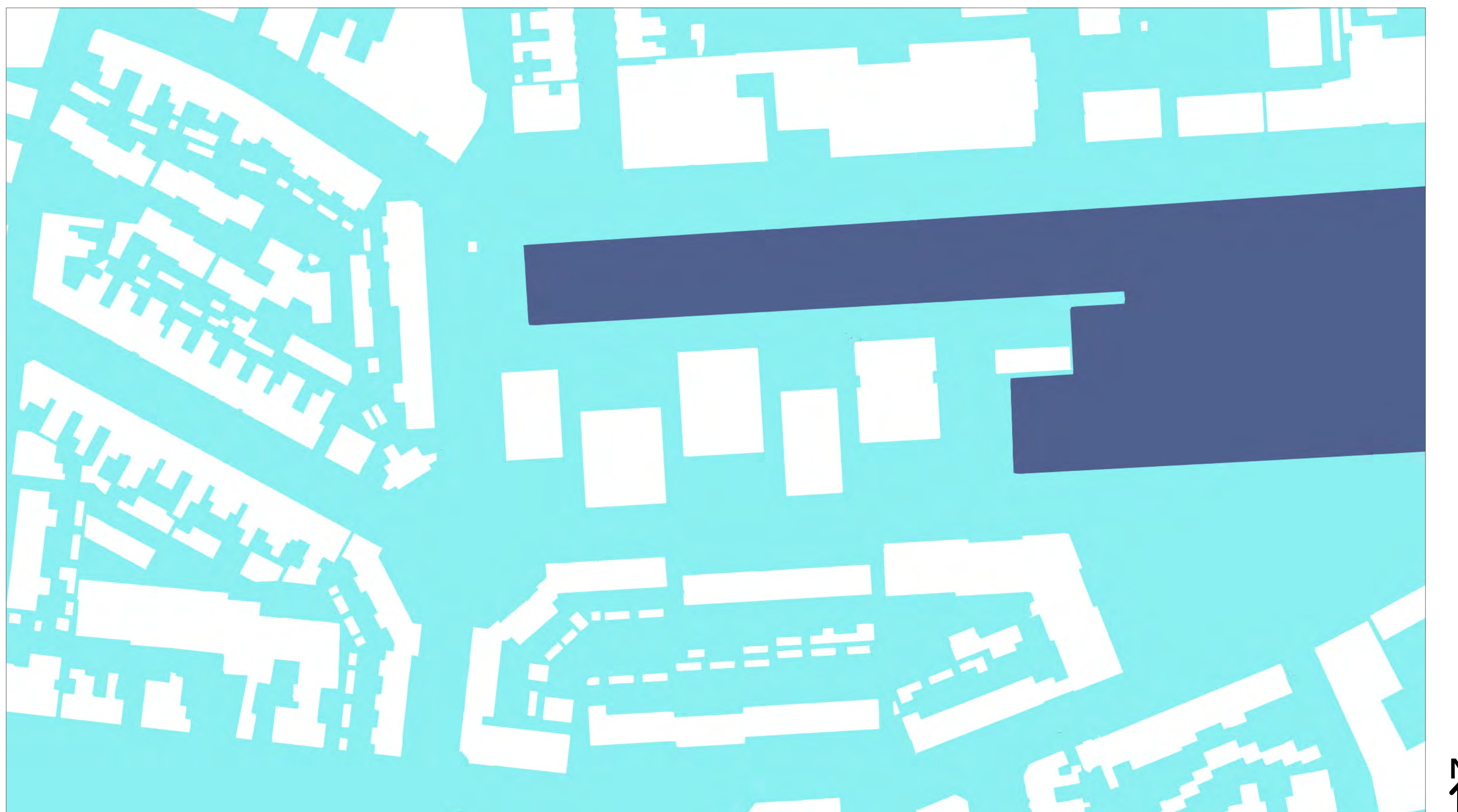


(c)
Beoordeling activiteit lang zitten (situatie bladdragend)



Figuur 4.3:
Windhinder op
voetgangsniveau





Figuur 4.4:
Windgevaar op
voetgangsniveau

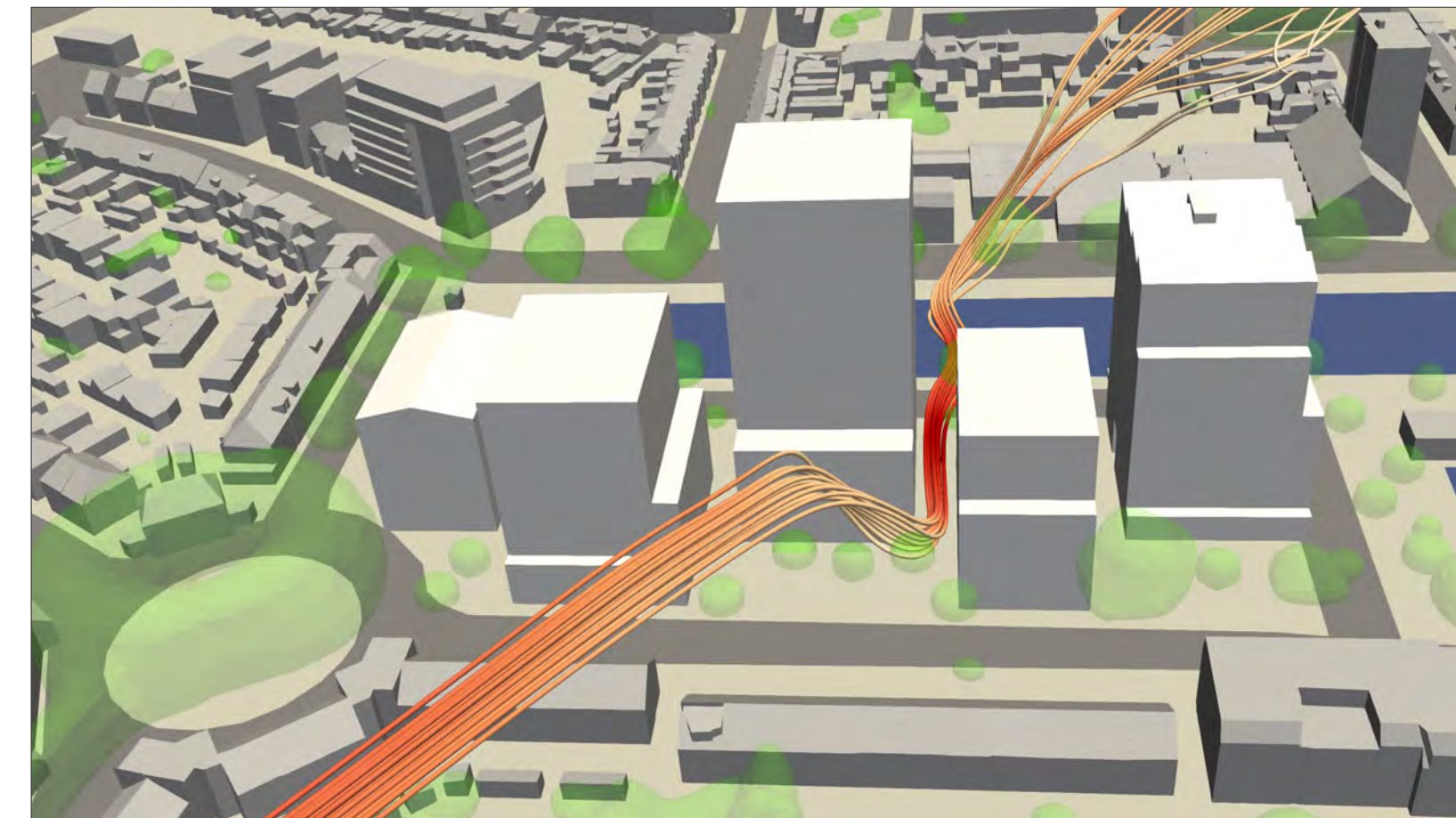


5 Analyse en discussie

In dit hoofdstuk wordt besproken hoe het in hoofdstuk 4 getoonde windklimaat ontstaat en hoe dit eventueel gemitigeerd kan worden. In bijlage D zijn de overschrijdingskansen per windrichting te zien die ook gebruikt zijn in deze analyse. Hieruit komt naar voren dat wind uit de zuidwestelijke richtingen de grootste invloed hebben op het windklimaat in de beoogde toekomstige situatie. Uit de windroos (zie figuur 3.4) blijkt dat wind vanuit deze richtingen zowel vaak als met een hoge snelheid voorkomt. Door de stromingen uit deze richtingen te analyseren middels stroomlijnen wordt duidelijk hoe de wind langs de bebouwing stroomt en hoe dit lokaal het windklimaat beïnvloedt.

Figuur 5.1 laat de stroomlijnen zien tussen gebouwen 2 en 3 bij een zuidzuidwesten wind. De wind stroomt hier vanuit het zuidzuidwesten richting gebouw 3 waar zij naar beneden afbuigt en daarna haar weg vervolgt tussen gebouwen 2 en 3. Door de vernauwing tussen deze gebouwen versnelt de wind lokaal. De figuur laat zien dat de zuidelijke setback van gebouw 3 niet voldoende wind opvangt om te voorkomen dat de wind naar het maaiveld geleid wordt en vervolgens de versnelling tussen gebouw 2 en 3 ondergaat. Het windklimaat is hier enkel geschikt voor doorlopen. Indien een beter windklimaat gewenst is, wordt aanbevolen de setback te verlagen naar een hoogte overeenkomend met de gebouwen ten zuiden van het projectgebied (~10 m). Aanvullend is mogelijk een verbreding van de doorgang noodzakelijk door middel van een setback op de oostgevel van gebouw 3 en/of de westgevel van gebouw 2.

Figuur 5.2 en 5.3 laten de stroomlijnen zien naar de noordwesthoek van gebouw 3 en het gebied ten noorden van gebouw 4 bij een westzuidwesten wind. De wind komt hier boven gebouw 4 vanuit het westzuidwesten ongehinderd met een hoge snelheid aan. Bij gebouw 3 ontstaat een valwind waarbij de wind met een hoge snelheid naar het maaiveld wordt geleid. Een deel van de wind versnelt richting de noordwesthoek van gebouw 3 (zie figuur 5.2) terwijl een ander deel verder afbuigt naar het gebied voor gebouw 4 waarbij de wind zijn snelheid



Figuur 5.1:
Stroomlijnen in de doorgang tussen gebouw 2 en 3.



Wind vanuit ZZW

laag hoog



Figuur 5.2:
Stroomlijnen naar de noordwesthoek van gebouw 3

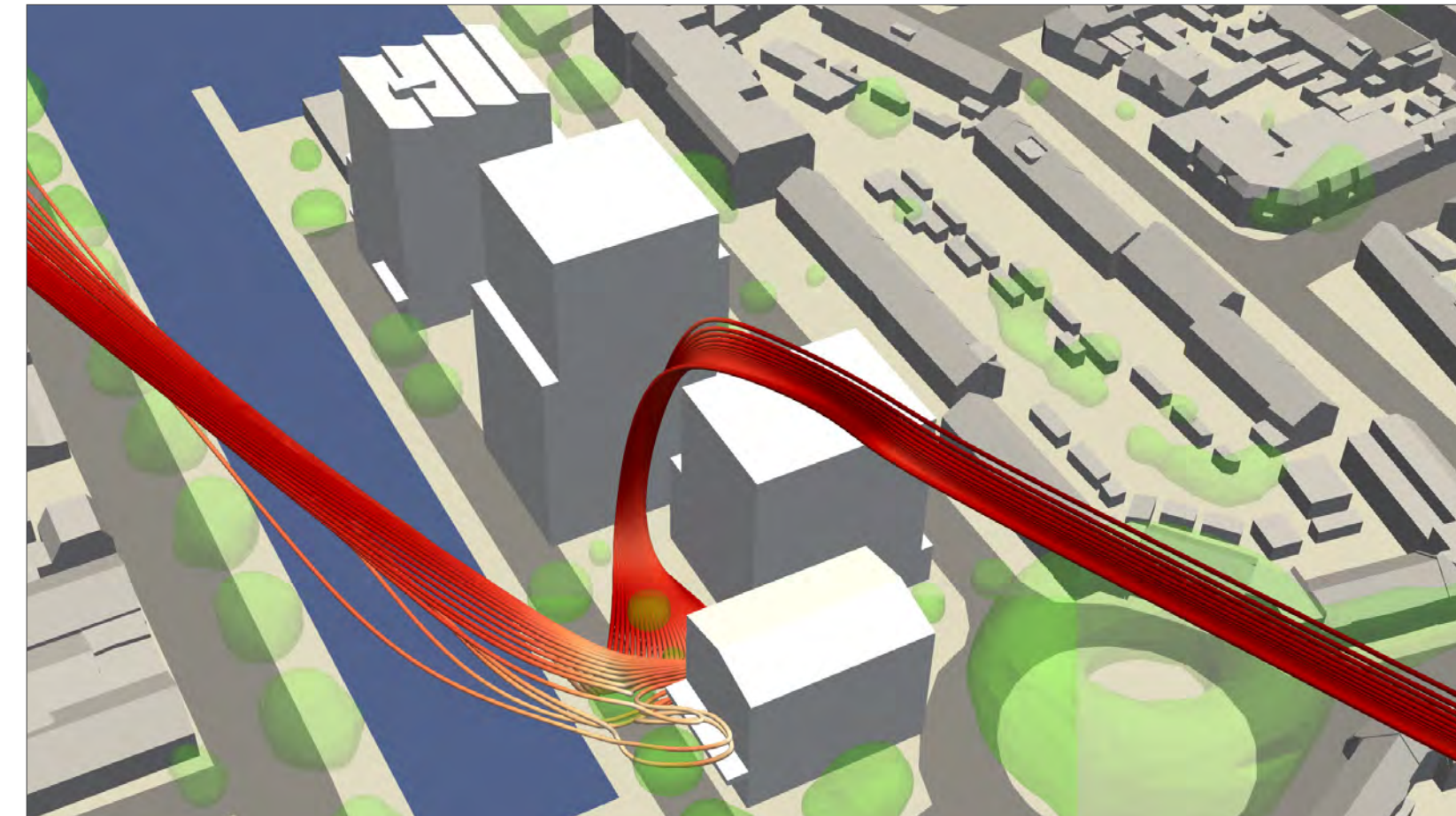


Wind vanuit WZW

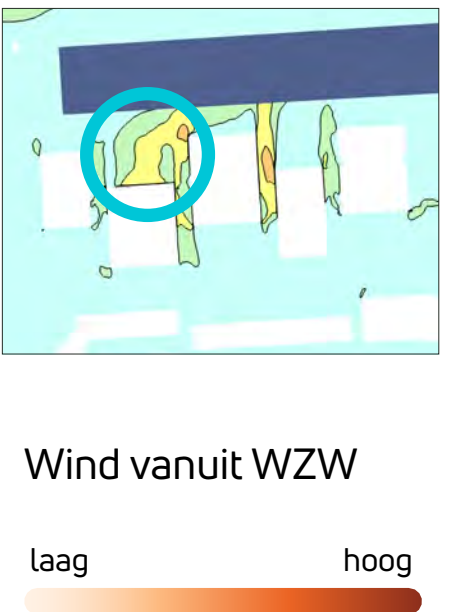
laag hoog

behoudt. Deze hoge windsnelheden zorgen voor de hogere windhinderklassen die hier lokaal voorkomen. Om het windklimaat te verbeteren wordt aangeraden aan de westzijde van gebouw 3 een setback toe te passen die de valwind op kan vangen. Deze setback heeft idealiter een hoogte overeenkomend met de hoogte van gebouw 4.

Het effect van de genoemde maatregelen dient nader te worden onderzocht en gevalideerd. Voor de maatvoering van deze maatregelen kan [Actiflow](#) geraadpleegd worden en is nader onderzoek gewenst.



Figuur 5.3:
Stroomlijnen
richting het gebied
ten noorden van
gebouw 4



6 Conclusie

Dit rapport beschrijft een windonderzoek uitgevoerd door [Actiflow](#) voor het project Hopliedenkade te Tilburg. Door de plaatsing van de nieuwbouw zal het lokale windklimaat beïnvloed worden.

[Actiflow](#) is gevraagd een onderzoek uit te voeren op basis van de Nederlandse norm "NEN 8100:2006: Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving". Hierbij is een geometrisch model van het gebouw en zijn omgeving opgesteld. Een rekenrooster met hoge resolutie is rond deze geometrie opgetrokken als basis voor Computational Fluid Dynamics (CFD)-simulaties van de windstroming.

Het windonderzoek laat het volgende zien:

- Het heersende windklimaat in het projectgebied varieert van windhinderklasse A (geschikt voor alle activiteiten) tot D (geschikt voor de activiteit doorlopen).
- De zones met windhinderklasse C en D bevinden zich deels op locaties waar geen andere voetgangersactiviteiten worden verwacht dan "doorlopen", tussen de projectgebouwen, en zullen daardoor geen hinder veroorzaken.
- Ten noorden van gebouw 4, aan de Hopliedenkade, komen ook zones voor met windhinderklassen C en D. Het is wenselijk het windklimaat hier te verbeteren, danwel de gebieden te vermijden voor langdurige verblijven. Mitigerende maatregelen voor een beter windklimaat zijn voorgesteld.
- De gebouw-hoofdentrees ondervinden een geschikte windhinderklasse voor het gebruik van de entrees.
- Er is geen risico op windgevaar gevonden in het plangebied.

Wij concluderen dat de invloed van de nieuwbouw op het windklimaat beperkt is, maar er wel aandacht nodig is voor de situatie op de Hopliedenkade met ofwel een herinrichting van het gebied danwel aanpassingen aan de gebouwen. Bij de keuze van verdere maatregelen die genomen dienen te worden en het beoordelen van hun effectiviteit kan [Actiflow](#) geraadpleegd worden.

Project	Project gegevens
Project naam	Hopliedenkade te Tilburg
Opdrachtgever	Rho Adviseurs
Projectleider Actiflow	Claire Claassen
Datum	26 juni 2025
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen 450 m rondom project gebouw
Kerngebied	Nieuwbouw en de directe omgeving
Omgeving	Omgeving in versimpelde bouwvolumes, gedetailleerd nabij het kerngebied
Afmetingen model	Rond met straal 1.500 m en hoogte 500 m
Blokkeringsgraad	Maximaal 3 %
Gemodelleerd groen	Bomen en struiken: poreuze zone
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	2 x12 (rondom in stappen van 30 graden, met en zonder vegetatie)
Onderzochte configuraties	1 configuratie: nieuwbouw in bestaande omgeving
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM (eindige volume methode) ☐ FEM (eindige elementen methode) ☐ anders Programmatuur: OpenFOAM Versie: of2412
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: tetraëders en hexaëders met prismalaag Basis: 44.812.586 cellen
Turbulentiemodellering	SST k-ω
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: linearUpwindV cellLimited leastSquares 1 Turbulente grootheden: limitedLinear 1 Scalaire variabelen: n.v.t.
Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden
Instroomprofiel	Logaritmische atmosferische grenslaag, ruwheid afgestemd op omgeving (NPR6097:2006)
Uitlaat	Druk-uitlaat
Boven-/Zijwanden	Slipwanden
Vloer/bodem	No-slip, ruwe wand
Overige	No-slip, ruwe wand/gladde wand

Gegevensverwerking en beoordeling	Informatie voor locatie en berekening windklimaat			
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X: 134628		Y: 395814	
Toegepaste eisen	V_{DR} m/s	Gewenste kwaliteitsklasse	Overschrijdingskans % $p(V_{LOK} > V_{DR,H})$	Beoordeling
Voor comfort				
Doorlopen	5,0	A,B,C	$p < 10$	Goed
Slenteren	5,0	A,B	$p < 5$	Goed
Zitten	5,0	A	$p < 2,5$	Goed
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	$p \geq 0,3$	gevaarlijk
Gepresenteerde resultaten	Windhinder contouren en klassenindeling, windgevaar contour			
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang	Geen			

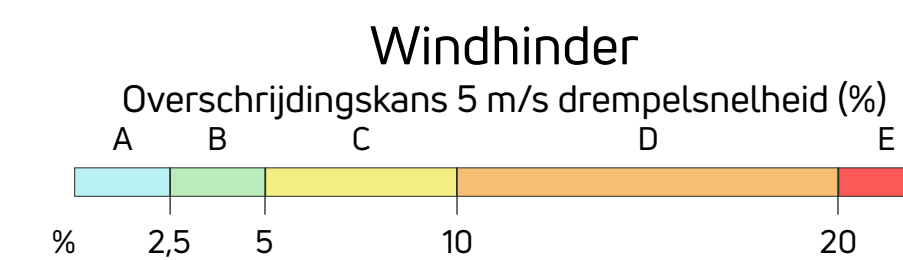
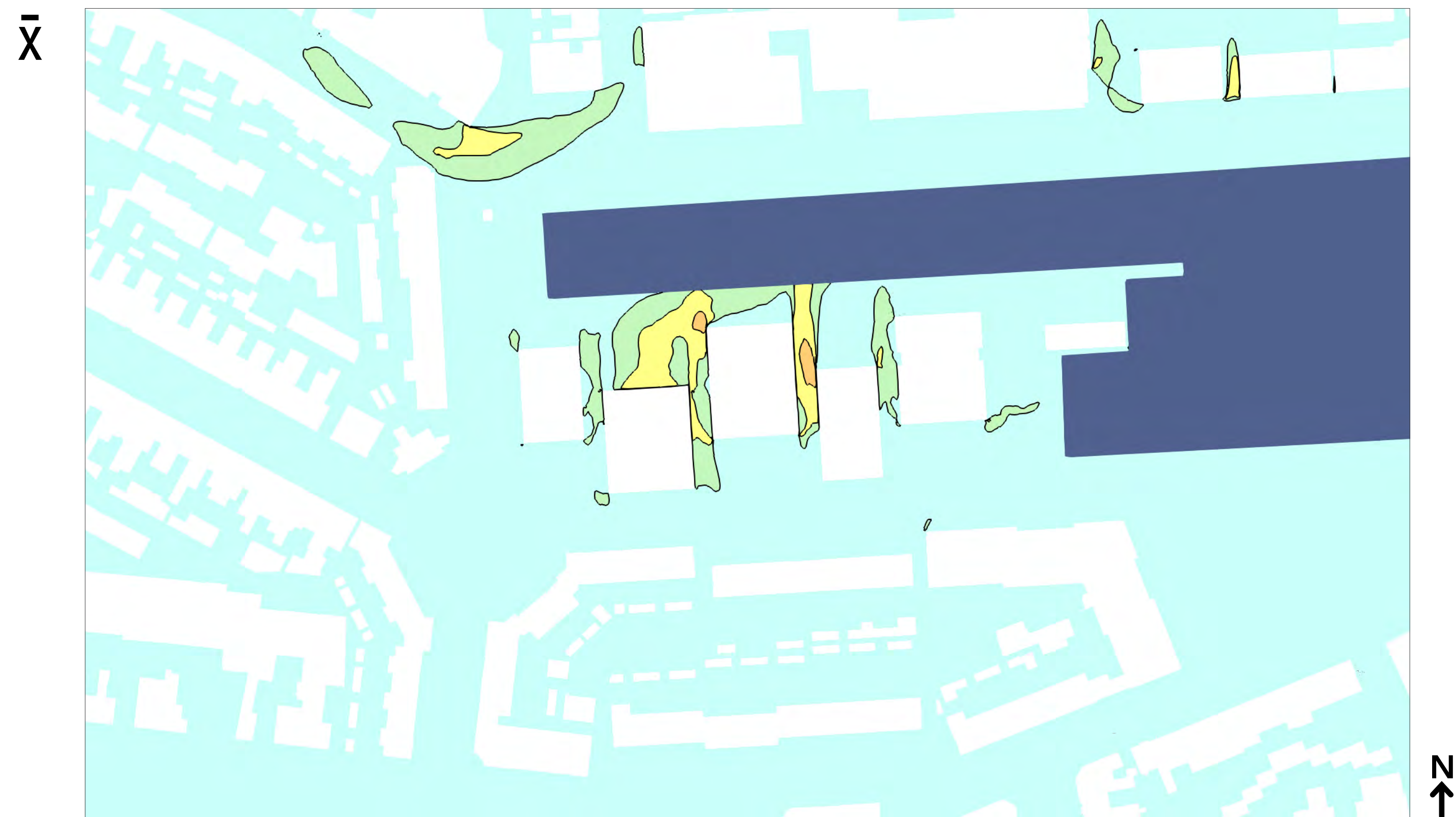
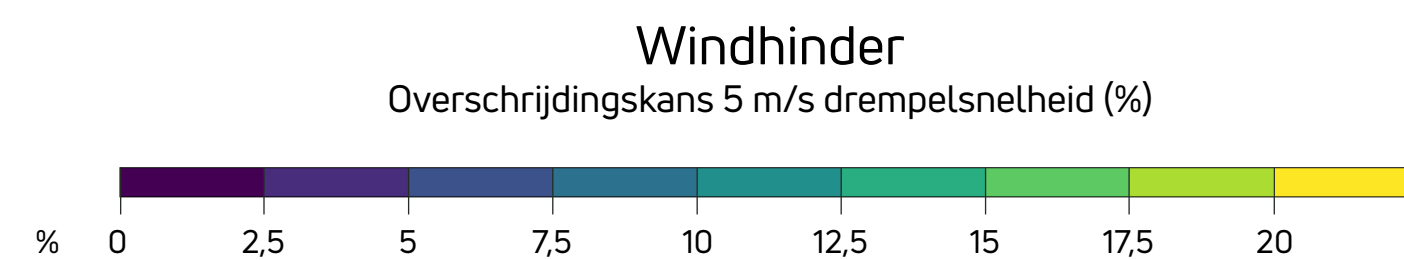
B Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid

FREQUENTIETABEL VAN DE 60 METER WINDSNELHEID DISTRIBUTIEF RELATIEF IN PERCENTAGES
Amersfoortse Coördinaten: X: 134628 Y: 395814 Jaar 1963-2002

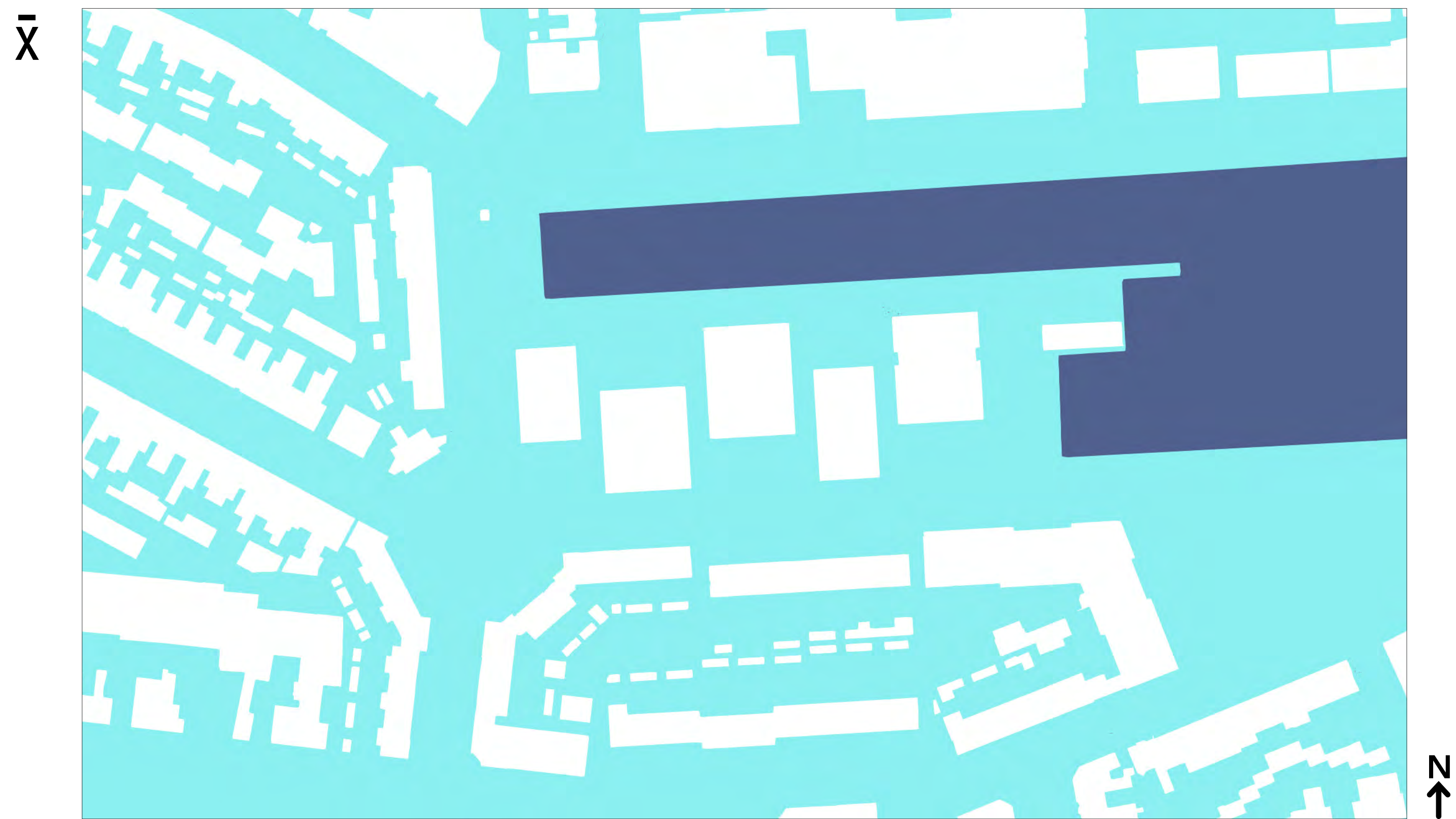
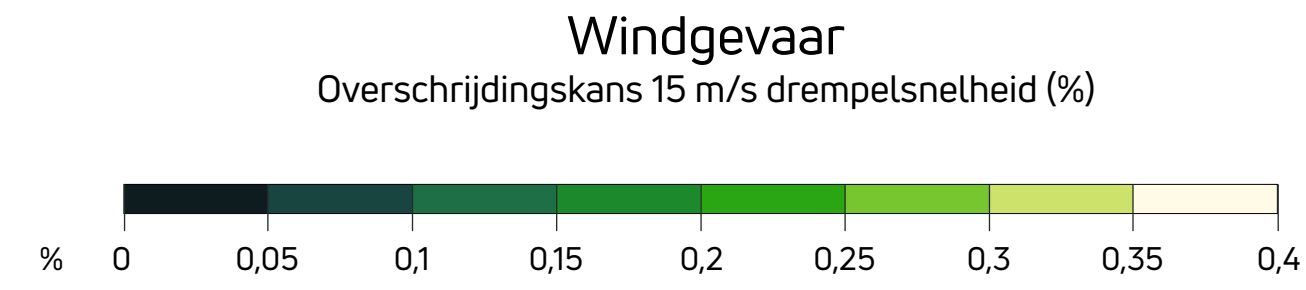
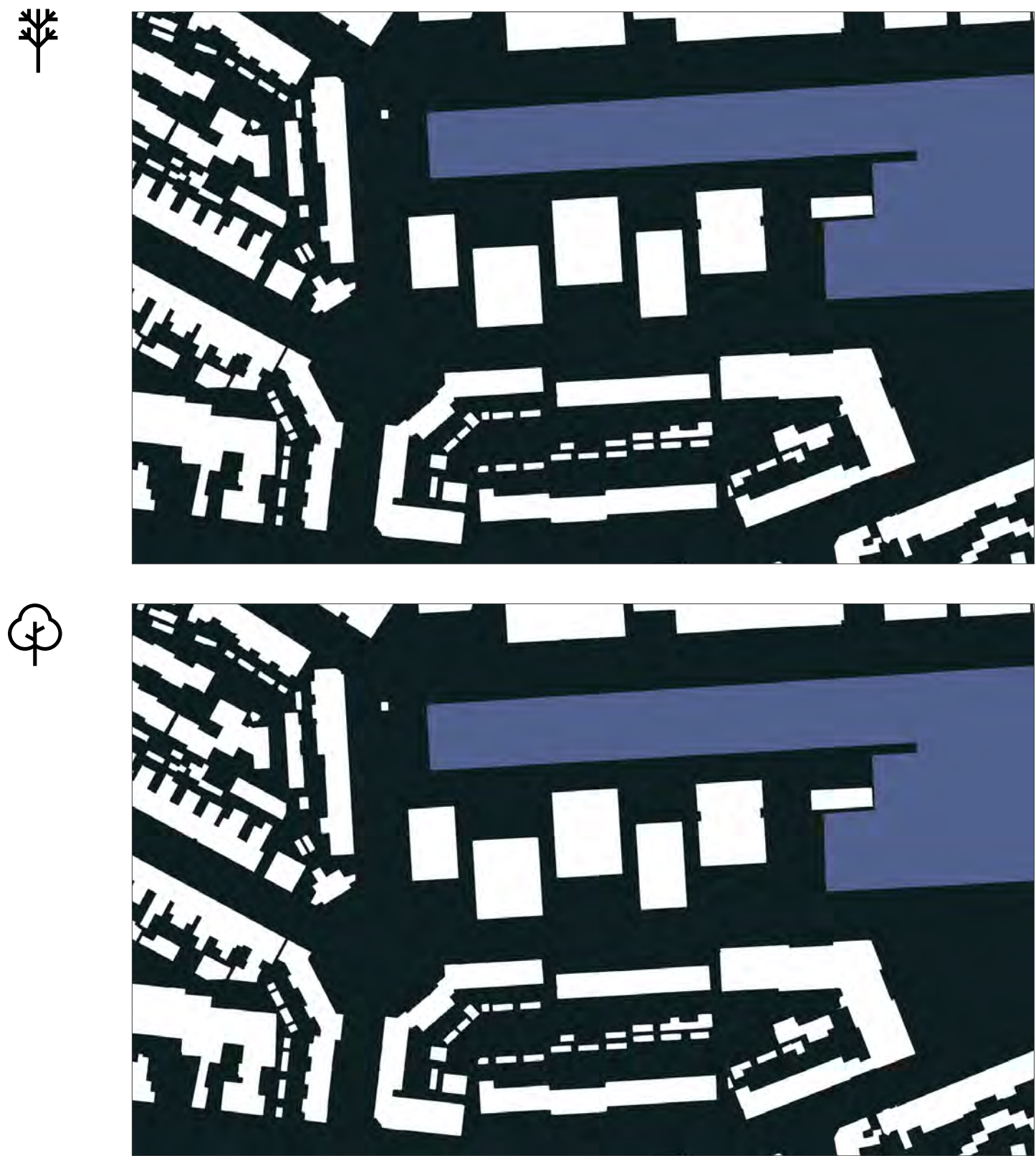
Windsnelheid [m/s]	N 345° - 15°	NNO 15° - 45°	ONO 45° - 75°	O 75° - 105°	OZO 105° - 135°	ZZO 135° - 165°	Z 165° - 195°	ZZW 195° - 225°	WZW 225° - 255°	W 255° - 285°	WNW 285° - 315°	NNW 315° - 345°	Cumulatief
0,0 - 0,9	0.22	0.22	0.17	0.18	0.16	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.25	0.22	2.57
1,0 - 1,9	0.66	0.68	0.54	0.54	0.48	0.60	0.70	0.84	0.81	0.82	0.76	0.66	8.09
2,0 - 2,9	0.85	0.99	0.80	0.76	0.73	0.87	1.11	1.34	1.26	1.14	0.98	0.86 1	1.70
3,0 - 3,9	0.88	1.14	0.94	0.95	0.83	1.01	1.27	1.74	1.56	1.31	1.08	0.93 1	3.64
4,0 - 4,9	0.84	1.07	1.03	1.00	0.76	0.98	1.33	2.00	1.77	1.39	0.95	0.79 1	3.91
5,0 - 5,9	0.64	0.97	1.04	0.92	0.63	0.78	1.35	1.95	1.89	1.15	0.79	0.60 1	2.70
6,0 - 6,9	0.46	0.69	0.85	0.73	0.45	0.52	1.11	1.80	1.78	1.00	0.62	0.42 1	0.43
7,0 - 7,9	0.24	0.53	0.63	0.53	0.31	0.37	0.90	1.66	1.63	0.77	0.42	0.27	8.27
8,0 - 8,9	0.13	0.29	0.50	0.40	0.20	0.25	0.74	1.44	1.36	0.55	0.26	0.18	6.28
9,0 - 9,9	0.07	0.17	0.34	0.27	0.09	0.13	0.52	1.11	1.09	0.39	0.16	0.08	4.43
10,0 - 10,9	0.04	0.09	0.24	0.15	0.04	0.09	0.38	0.86	0.80	0.26	0.10	0.04	3.09
11,0 - 11,9	0.02	0.04	0.16	0.09	0.02	0.04	0.24	0.59	0.62	0.17	0.04	0.02	2.05
12,0 - 12,9	0.01	0.02	0.10	0.05	0.01	0.02	0.15	0.39	0.37	0.11	0.02	0.01	1.25
13,0 - 13,9	0.00	0.00	0.06	0.03	0.00	0.00	0.09	0.23	0.23	0.06	0.01	0.00	0.72
14,0 - 14,9	-	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.05	0.14	0.15	0.04	0.00	0.00	0.43
15,0 - 15,9	-	-	0.00	0.00	-	0.00	0.03	0.07	0.08	0.02	0.00	0.00	0.22
16,0 - 16,9	-	-	0.00	0.00	-	-	0.01	0.04	0.04	0.01	0.00	-	0.11
17,0 - 17,9	-	-	0.00	-	-	-	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	-	0.06
18,0 - 18,9	-	-	-	-	-	-	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-	0.04
19,0 - 19,9	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.01	0.00	-	-	0.01
20,0 - 20,9	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
21,0 - 21,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00
22,0 - 22,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-	0.00
23,0 - 23,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-	-	0.00
24,0 - 24,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	-	0.00
25,0 en hoger	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	-	0.00

C Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld

Windhinder in de toekomstige situatie

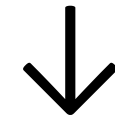


Windgevaar in de toekomstige situatie



D Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

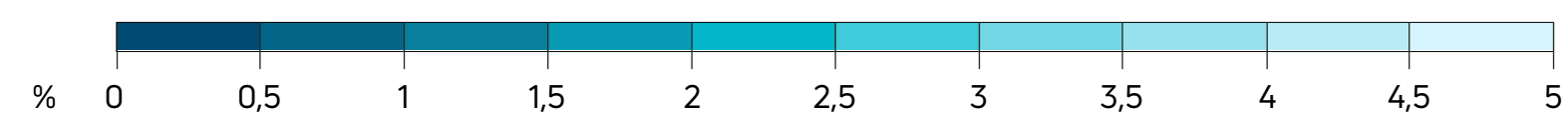
Windrichting:
0° Noord



Windrichting:
30° Noordnoordoost



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



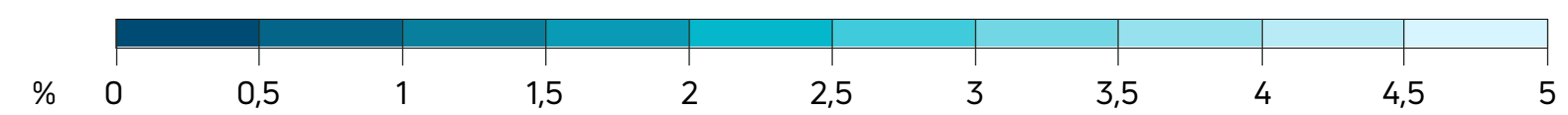
Windrichting:
60° Oostnoordoost



Windrichting:
90° Oost



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



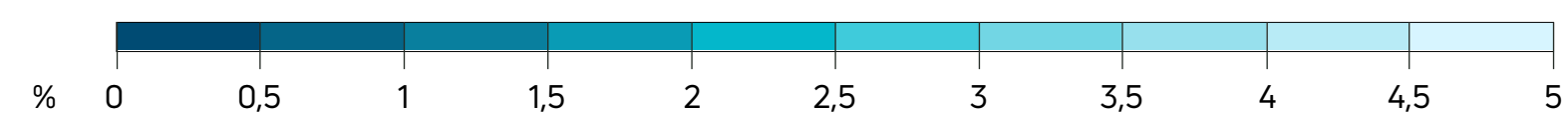
Windrichting:
120° Oostzuidoost



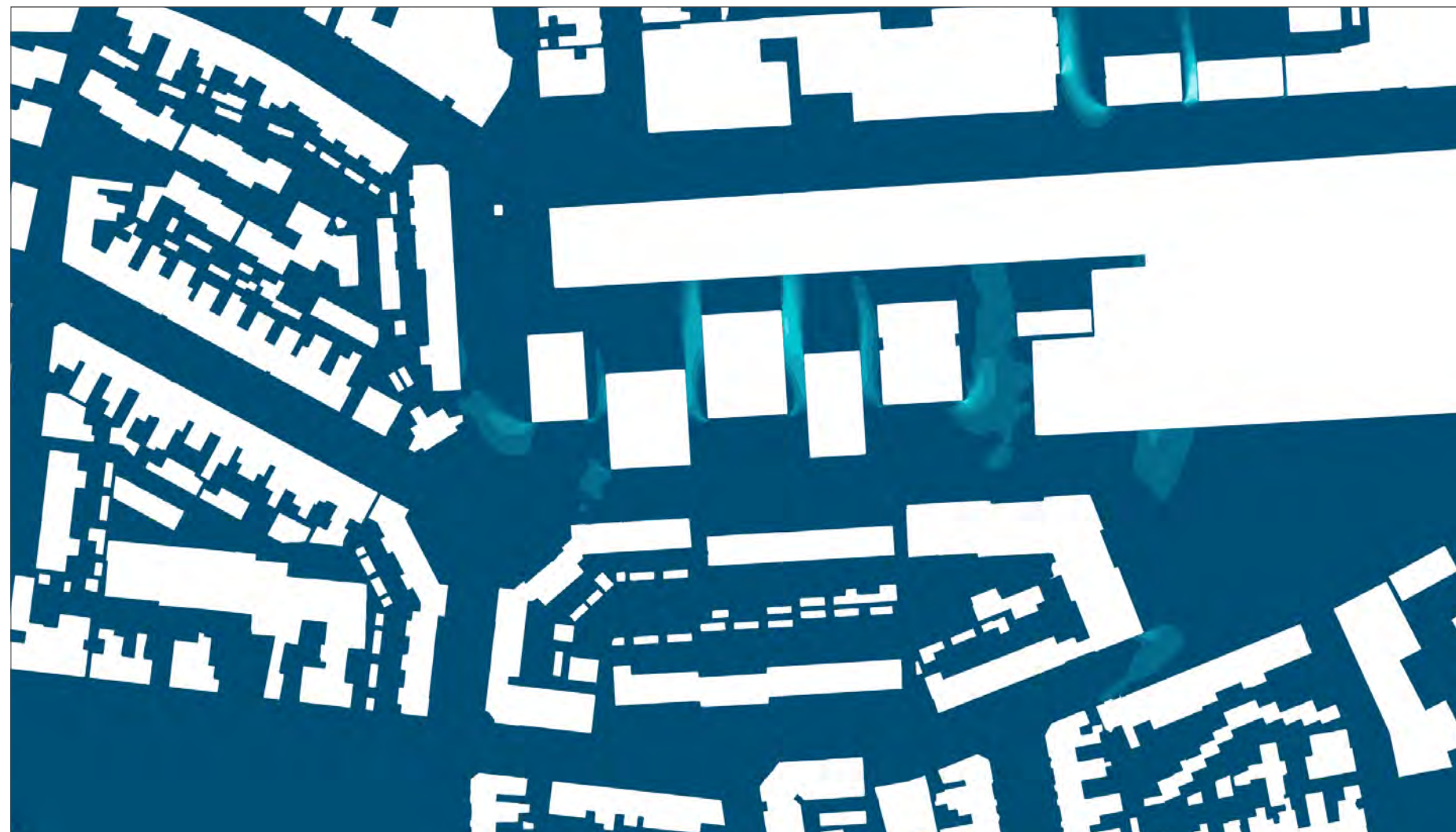
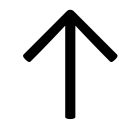
Windrichting:
150° Zuidzuidoost



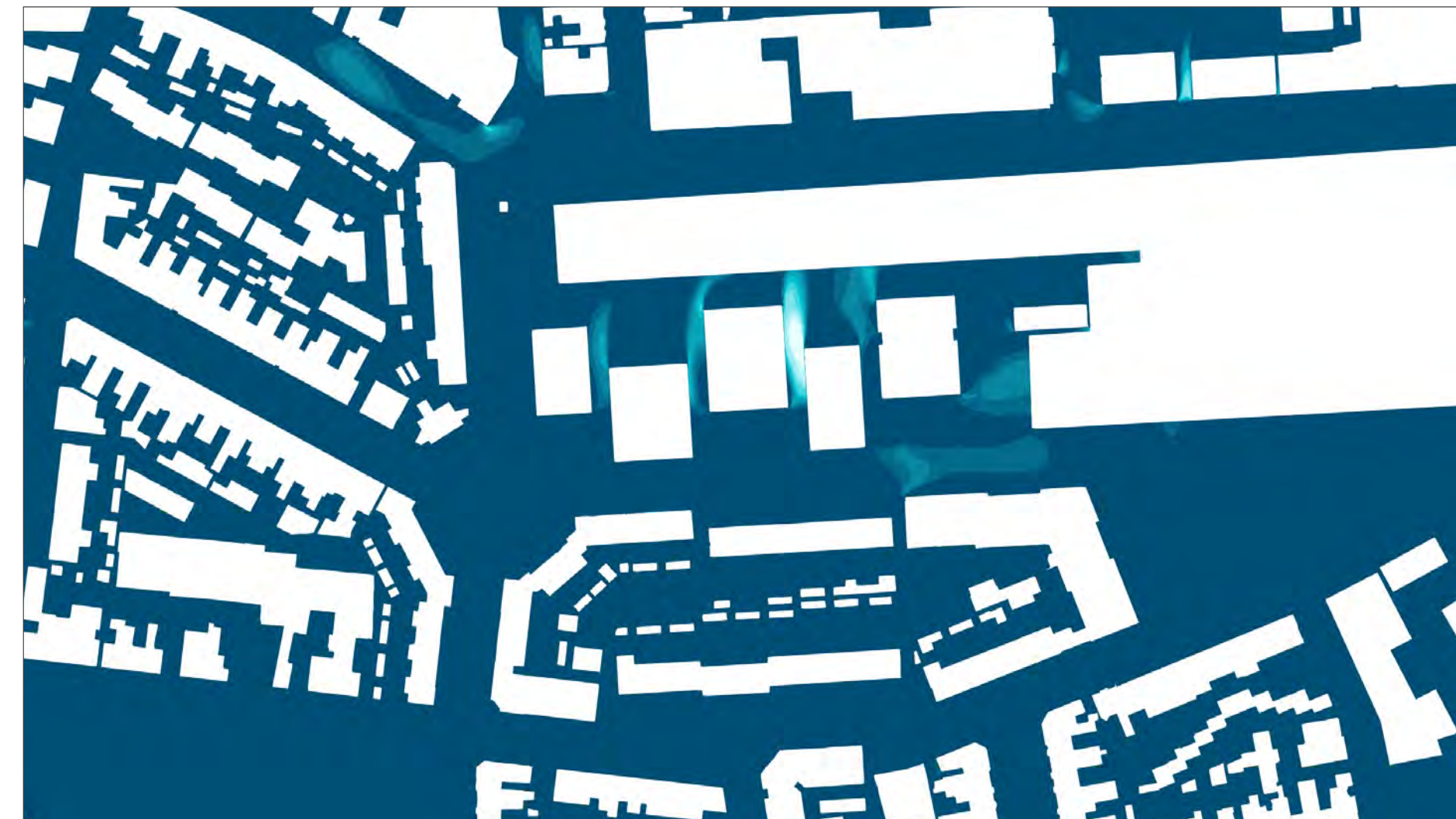
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



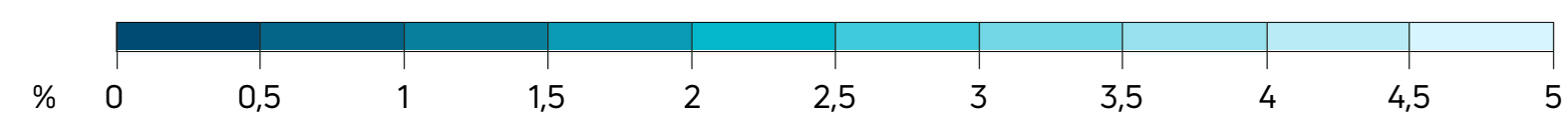
Windrichting:
180° Zuid



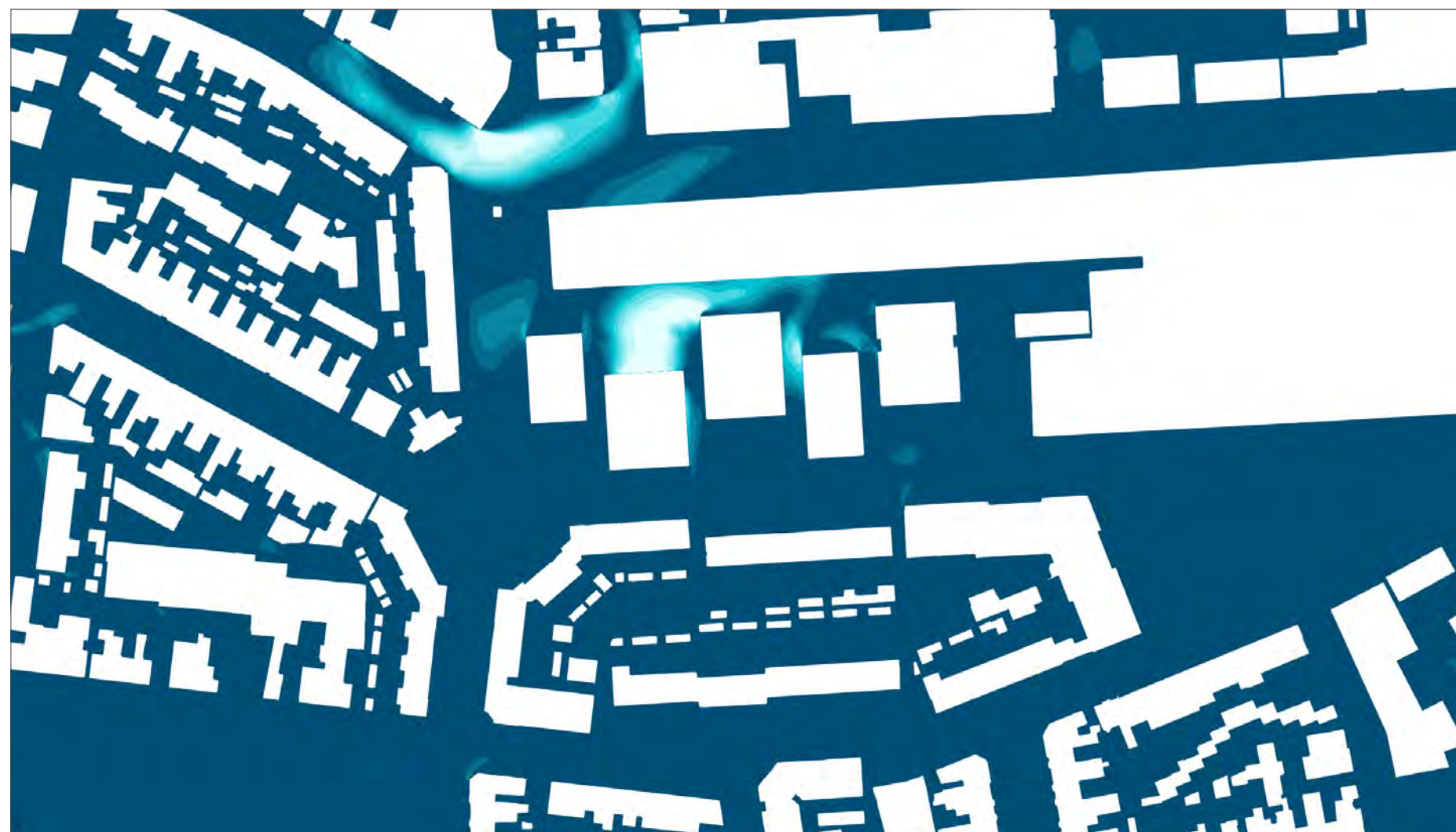
Windrichting:
210° Zuidzuidwest



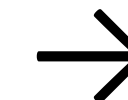
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



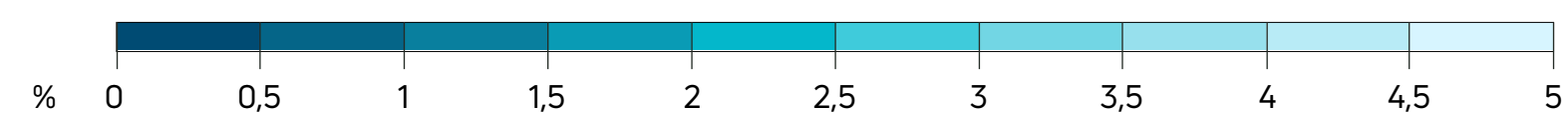
Windrichting:
240° Westzuidwest



Windrichting:
270° West



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



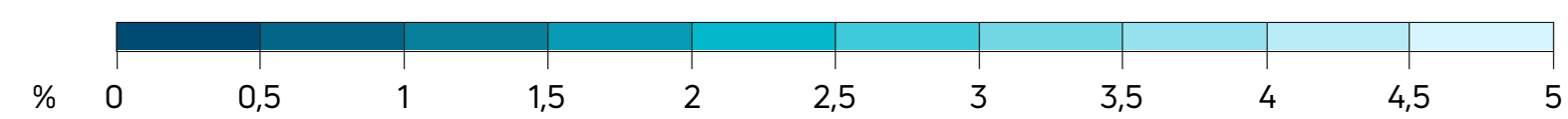
Windrichting:
300° Westnoordwest



Windrichting:
330° Noordnoordwest



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)





Actiflow BV

Tramsingel 5

4814 AB Breda

+31 (0)76 5422 220

contact@actiflow.com

www.actiflow.com