

Hoogwerfsingel te Spijkenisse

CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Hoogwerfsingel te Spijkenisse
CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Opdrachtgever	Aveco de Bondt
Contactpersoon opdrachtgever	Wilrik Hengstmengel
Projectnummer	7511
Rapportversie	1.0
Status	Definitief
Datum	30 april 2024

©2024 [Actiflow BV](#)

Auteur(s) ir. Thomas Bolster



Controleur ir. Roland Broers



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

Inhoudsopgave

1.	Introductie	4	A	Inlegvel NEN 8100:2006	17
2.	Normstelling	5	B	Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid	18
	2.1 Windhinder en windgevaar		C	Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld	19
	2.2 Classificatie en beoordeling van windhinder en windgevaar		D	Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen	21
3.	Opzet van de berekening	7			
	3.1 3D-Model en rekenrooster				
	3.2 Vegetatie				
	3.3 Methodiek				
	3.4 Software				
	3.5 Aannames en randvoorwaarden				
4.	Resultaten	10			
5.	Analyse en discussie	15			
6.	Conclusie	16			

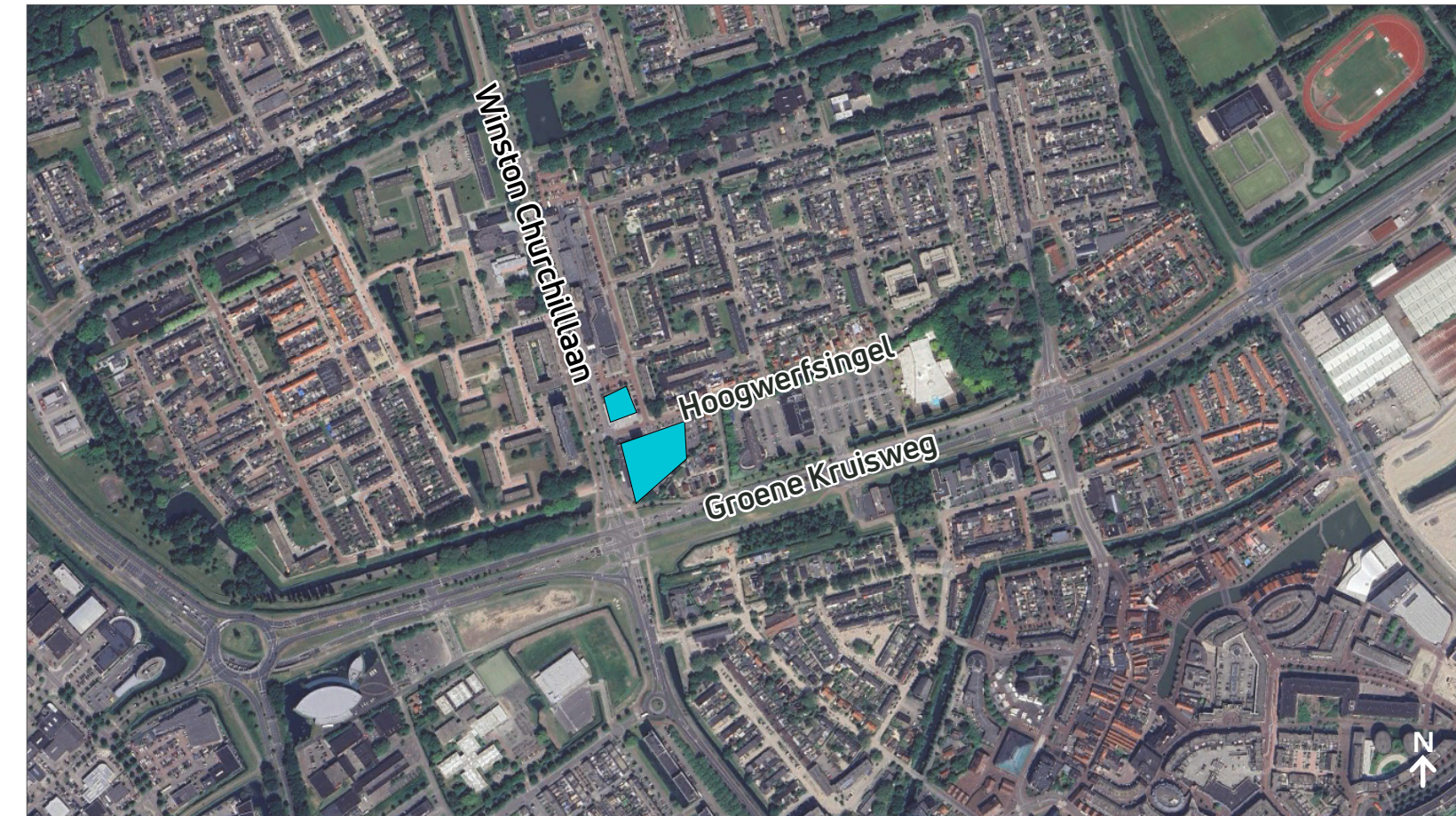
1 Introductie

Voorliggende rapportage omschrijft een windonderzoek uitgevoerd door **Actiflow** in opdracht van Aveco de Bondt. Dit windonderzoek is uitgevoerd voor de ontwikkeling van het project "Hoogwerfsingel I en II" te Spijkenisse.

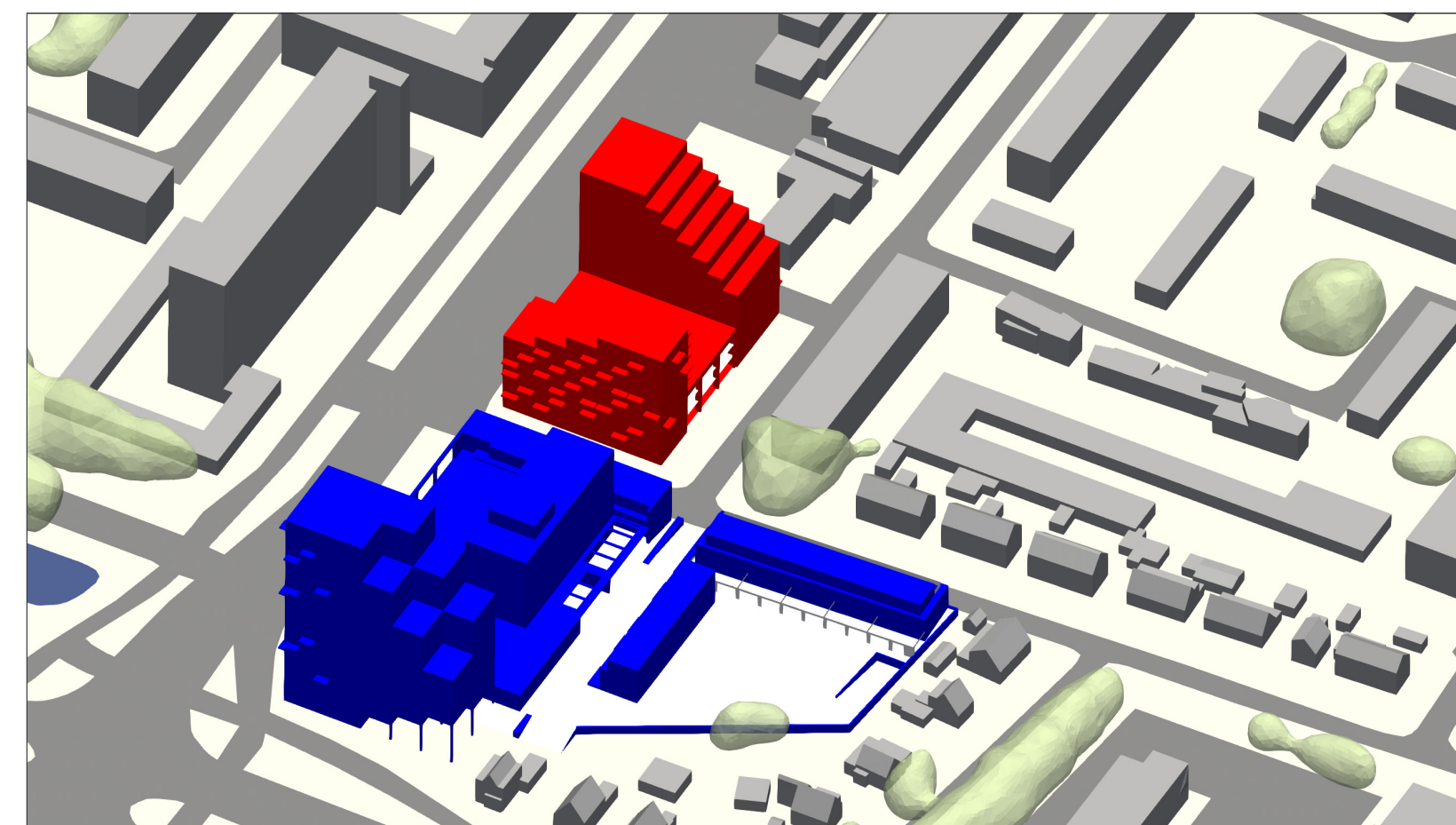
Het plangebied van de ontwikkeling bevindt zich nabij het kruispunt van de Hoogwerfsingel en de Winston Churchillaan. Hoogwerfsingel I ligt ten noorden van de Hoogwerfsingel, en Hoogwerfsingel II ligt ten zuiden van dezelfde straat. Hoogwerfsingel I bestaat uit twee torens van respectievelijk 37 m en 28 m in hoogte. Tussen deze woontorens bevindt zich een open parkeergarage. Hoogwerfsingel II wordt naast een bestaande woontoren gebouwd. Deze ontwikkeling bestaat uit een toren nabij het kruispunt van de Winston Churchillaan en de Groene Kruisweg, met een hoogte van ongeveer 49 meter, en wat lagere volumes aan de Hoogwerfsingel met een verhoogd parkeerdek.

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. Hoogwerfsingel I in het rood, en Hoogwerfsingel II in het blauw.

Zicht vanuit het zuidoosten.

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 buitenruimtes 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

3 Opzet van de berekening

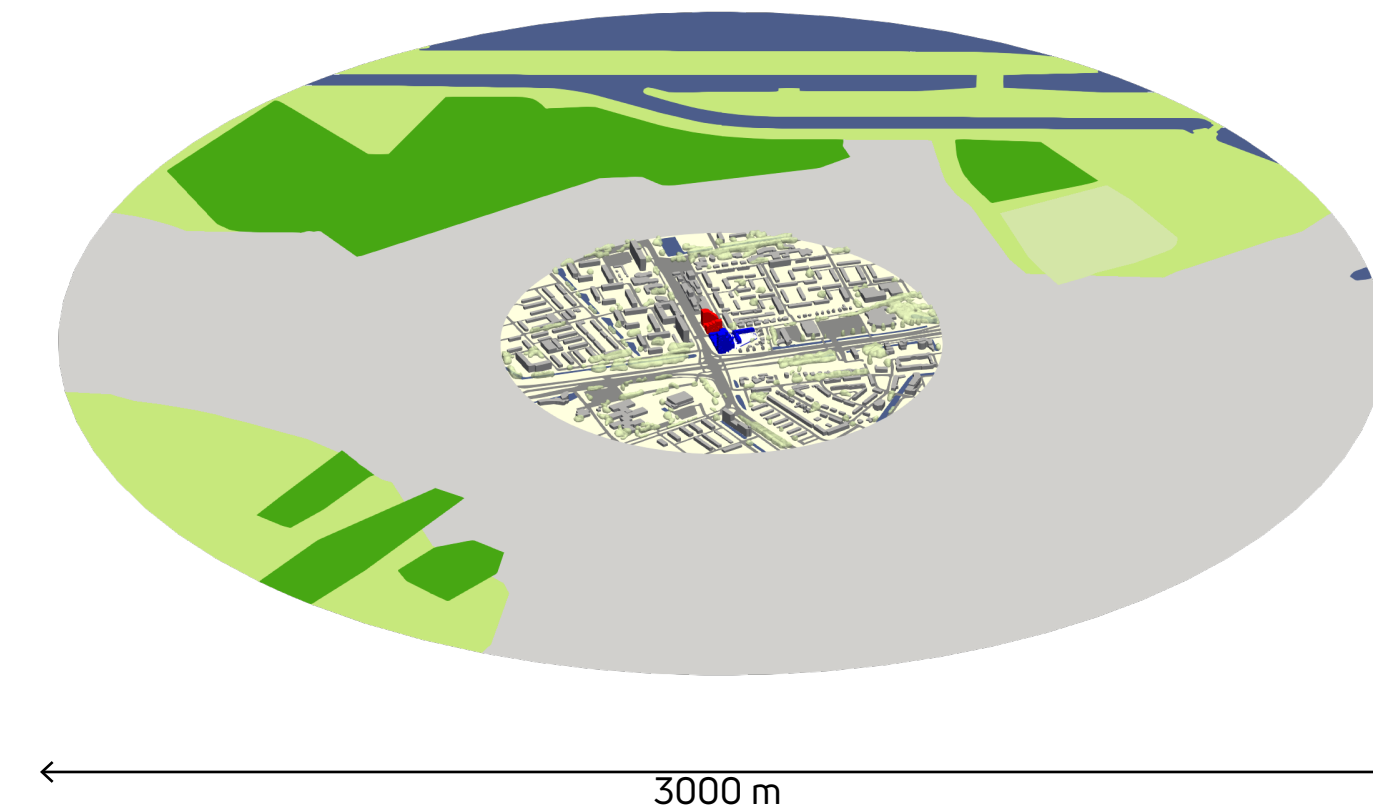
Het windonderzoek is uitgevoerd aan de hand van de richtlijnen in NEN 8100:2006. Hierbij hanteert [Actiflow](#) een 'Kwaliteitsrapport', zoals dit ook benoemd wordt in NEN 8100:2006. Hiermee wordt de kwaliteit van ons onderzoek en de betrouwbaarheid van de resultaten gewaarborgd. In dit hoofdstuk worden 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 300 m. Dit betreft de toekomstige situatie na toevoeging van de nieuwbouw in figuur 1.2 en 3.1.

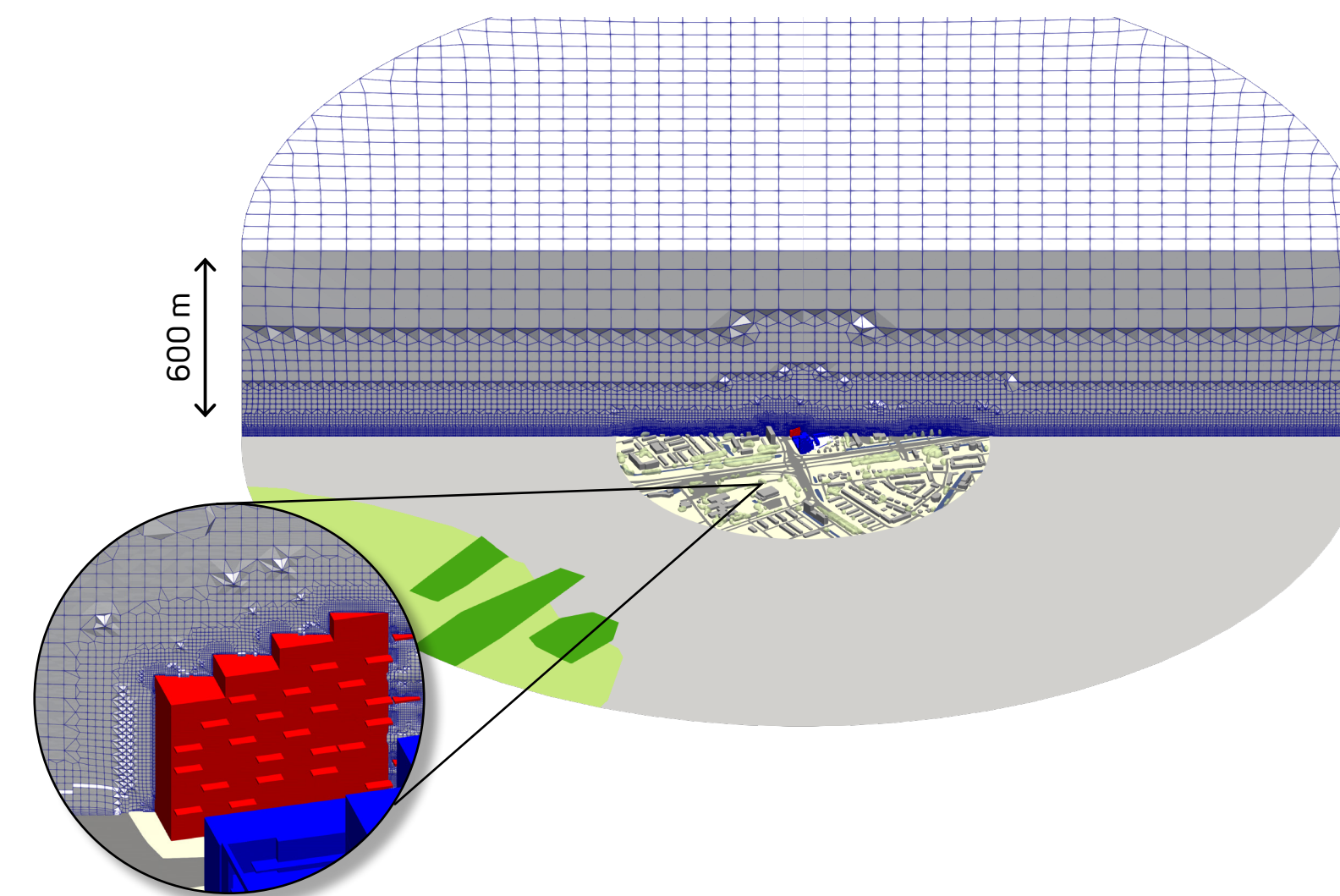
De omliggende bebouwing is als eenvoudige massa's weergegeven. Rond dit gebied is een cilindervormig domein geplaatst met een doorsnede van 3000 m en een hoogte van 600 m. Het plangebied is centraal in dit domein geplaatst, zodat hier verschillende windrichtingen op kunnen worden toegepast zonder dat 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 38.973.169 cellen in het model van de toekomstige situatie. 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

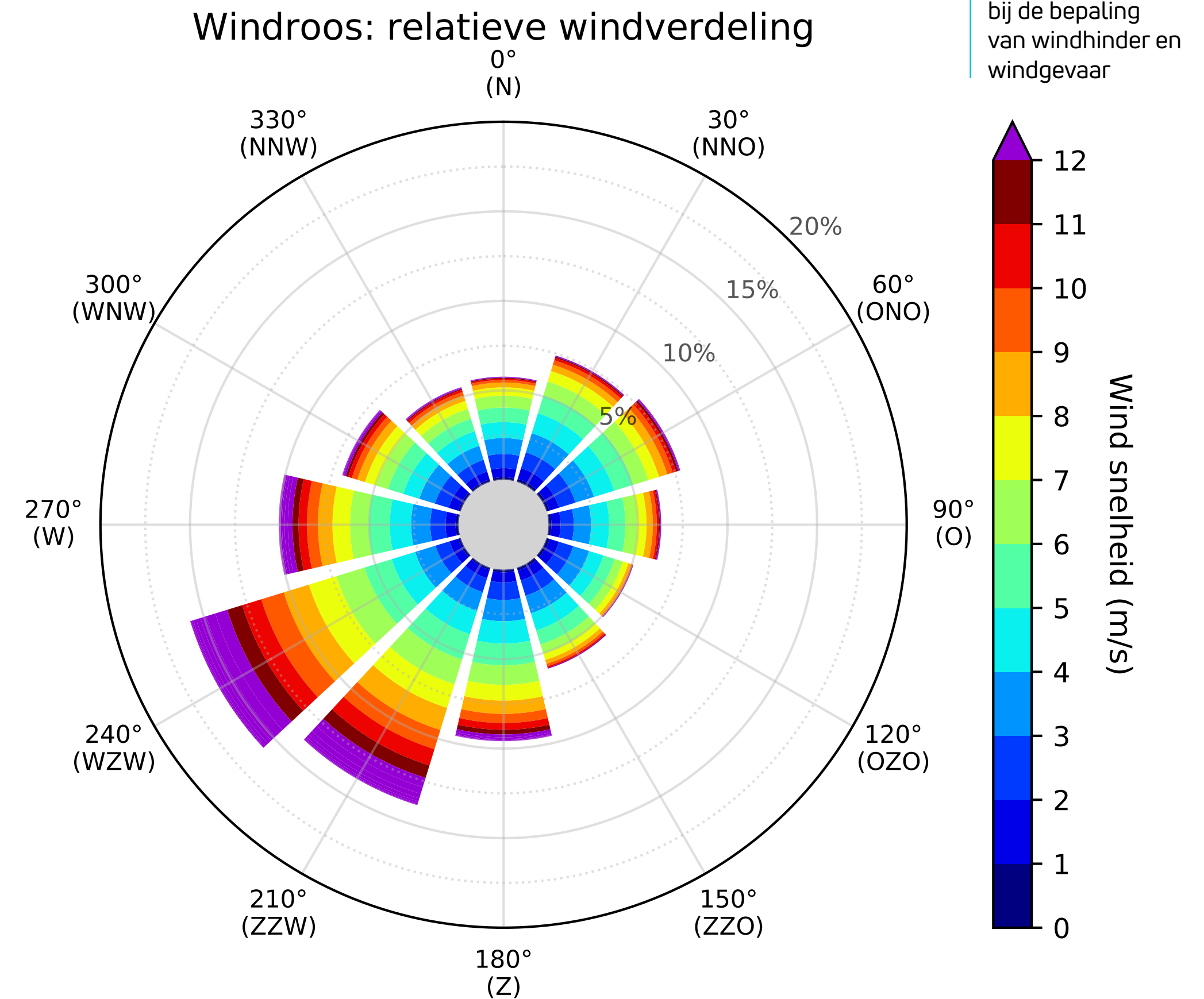
Zicht vanuit het zuiden.

3.2 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. Op dit moment zijn windstatistieken niet voor elke maand of seizoen apart beschikbaar. 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.

3.3 Methodiek

Om inzicht te krijgen in het windklimaat is de gehele windroos doorgerekend, 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 3.3. Een frequentieverdeling van de windsnelheid op 60 m hoogte wordt gerapporteerd in bijlage B.



3.4 Software

De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van OpenFOAM v2312, 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.

3.5 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).

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

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

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

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

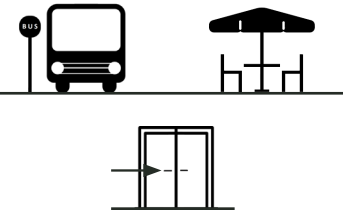
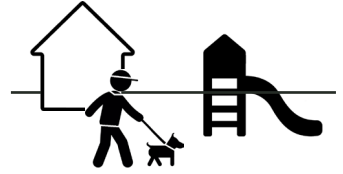

4 Resultaten

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				

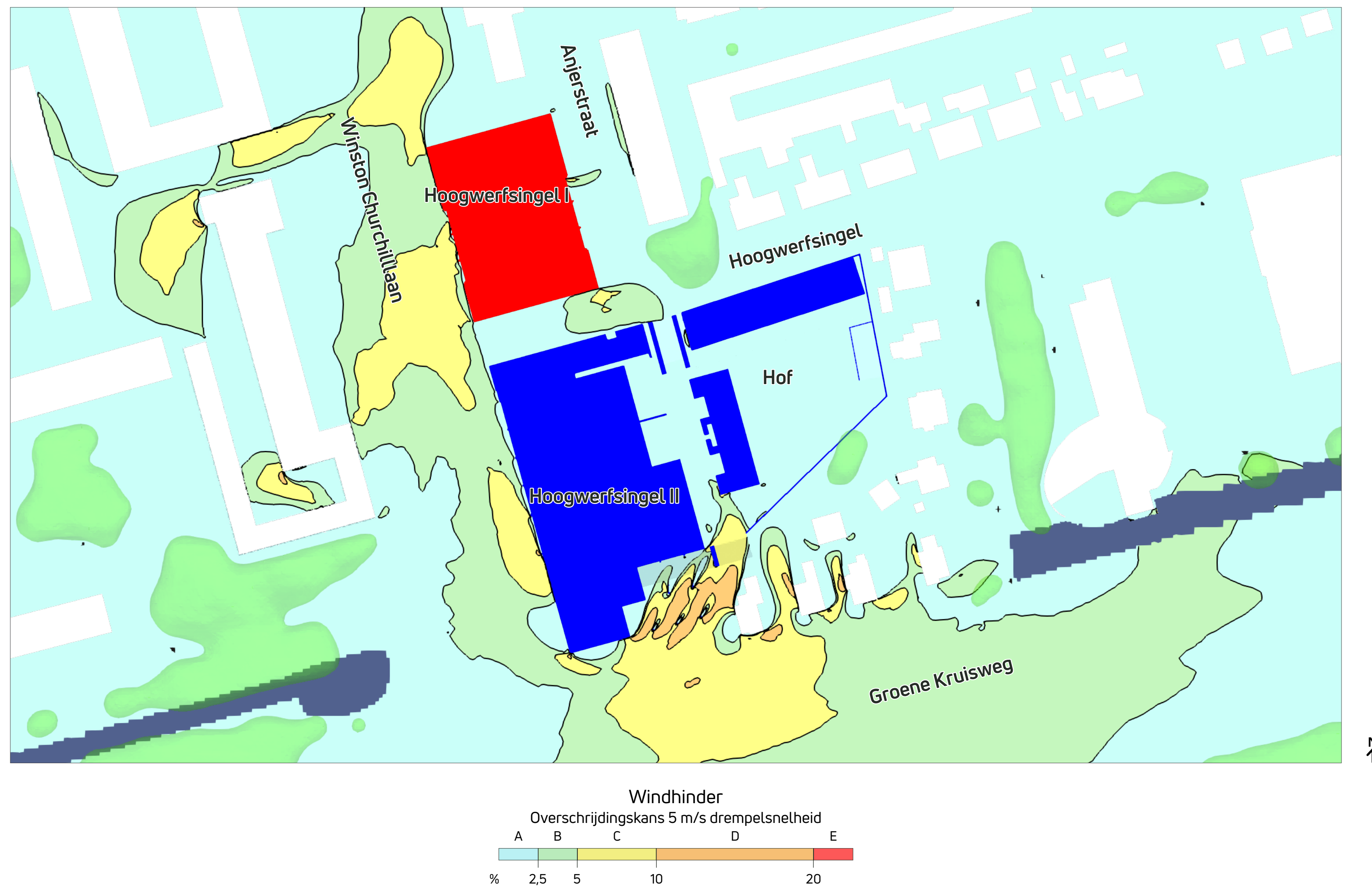
Uit de resultaten blijkt dat er in de toekomstige situatie een sterk gevarieerd windklimaat zal optreden op en rondom de Hoogwerfsingel I en II. De optredende condities rondom de nieuwbouw worden gekenmerkt door windhinderklassen A en B (matig tot goed voor iedere activiteit) tot en met windhinderklasse D (matig geschikt voor de activiteit doorlopen), zie figuur 4.1.

Rondom de ontwikkeling Hoogwerfsingel I, in de figuren rood gekleurd, heerst aan de noord- en oostgevel een windluw windklimaat met voornamelijk windhinderklasse A. Halverwege de oostgevel is er een kleine zone met klasse B en C, deze wordt veroorzaakt doordat de wind stroomt door de open parkeergarage de Anjerstraat in.

Aan de zuid- en westgevel van Hoogwerfsingel I is er een windrijker klimaat met een grote zone met klasse B en in de Winston Churchilllaan grote zones met klasse C, goed geschikt voor de activiteit doorlopen, maar matig voor de activiteit slenteren. Ook nabij de zuidoosthoek is een zone met windhinderklasse C te vinden.

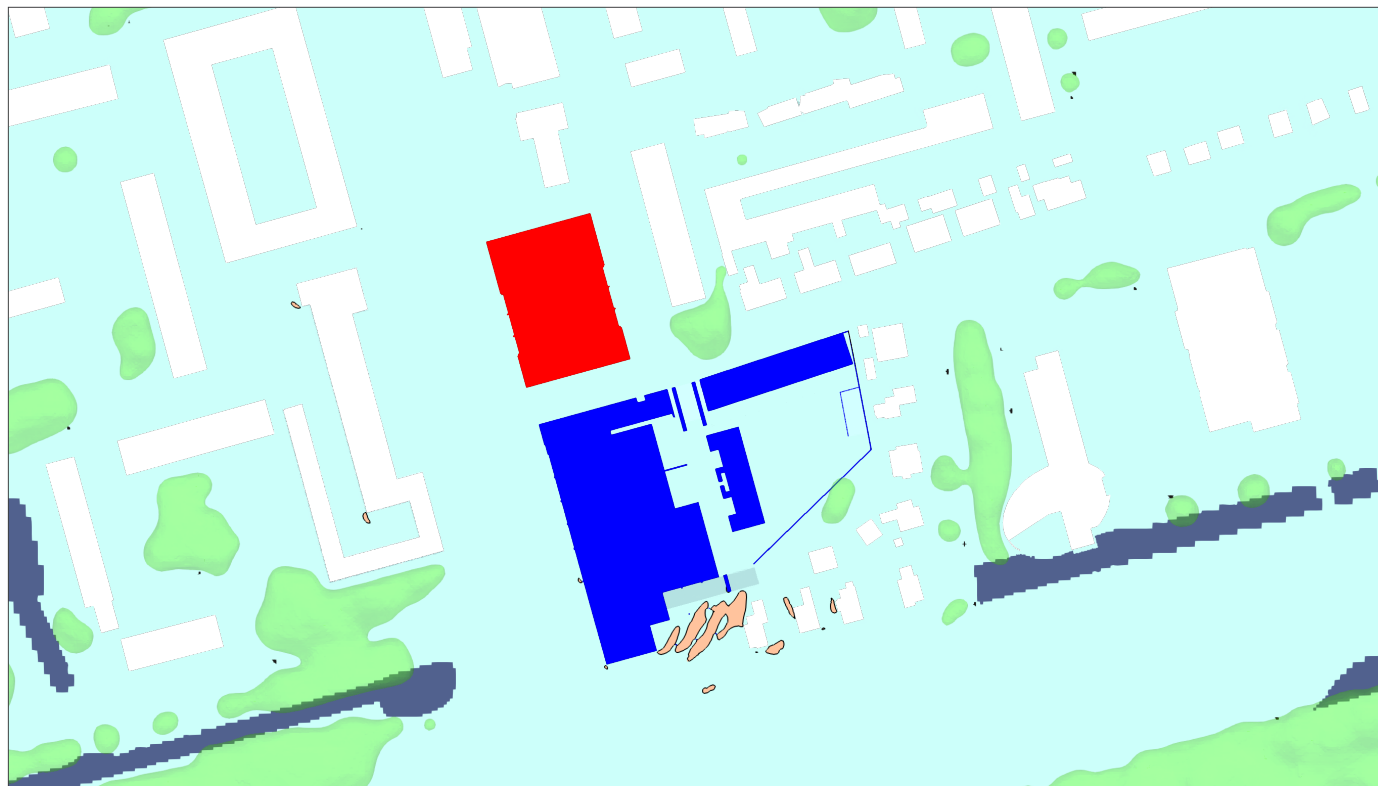
Het windklimaat rondom de ontwikkeling Hoogwerfsingel II is met windhinderklasse A windluw te noemen in de straat de Hoogwerfsingel, in het verlengde van de Anjerstraat, en in het hofje achter de toren. Langs de westgevel in de Winston Churchilllaan heerst een grote zone met klasse B en C. Het meest windrijke gebied ligt in de doorgang van de Groene Kruisweg richting het hof. In de colonnade onder de toren van Hoogwerfsingel II ligt een grote zone met klasse D. Deze windhinderklasse is matig geschikt voor de activiteit doorlopen en ongeschikt voor slenteren en langdurig zitten.

Rondom zowel Hoogwerfsingel I als II is geen risico op windgevaar gevonden.

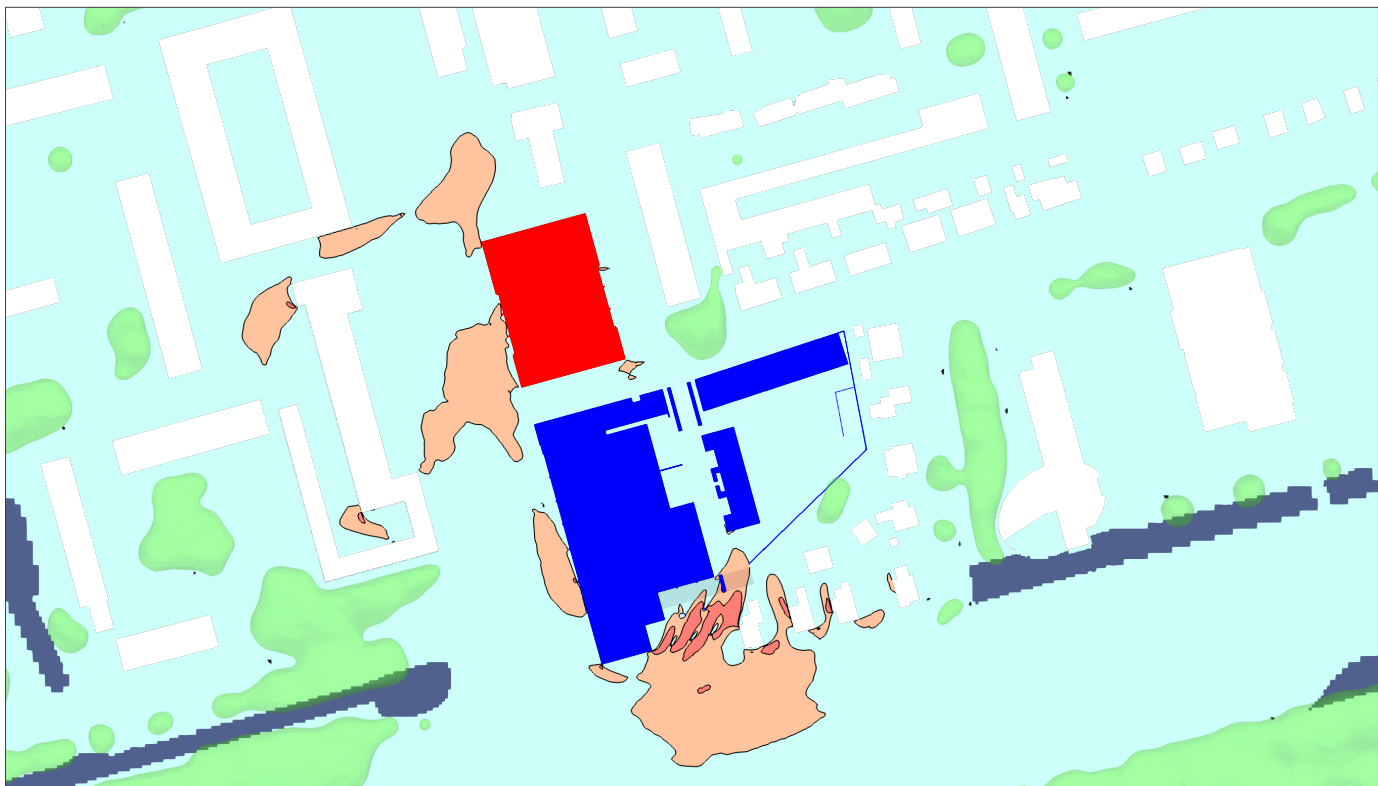


Figuur 4.1:
Windhinder op
voetgangsniveau

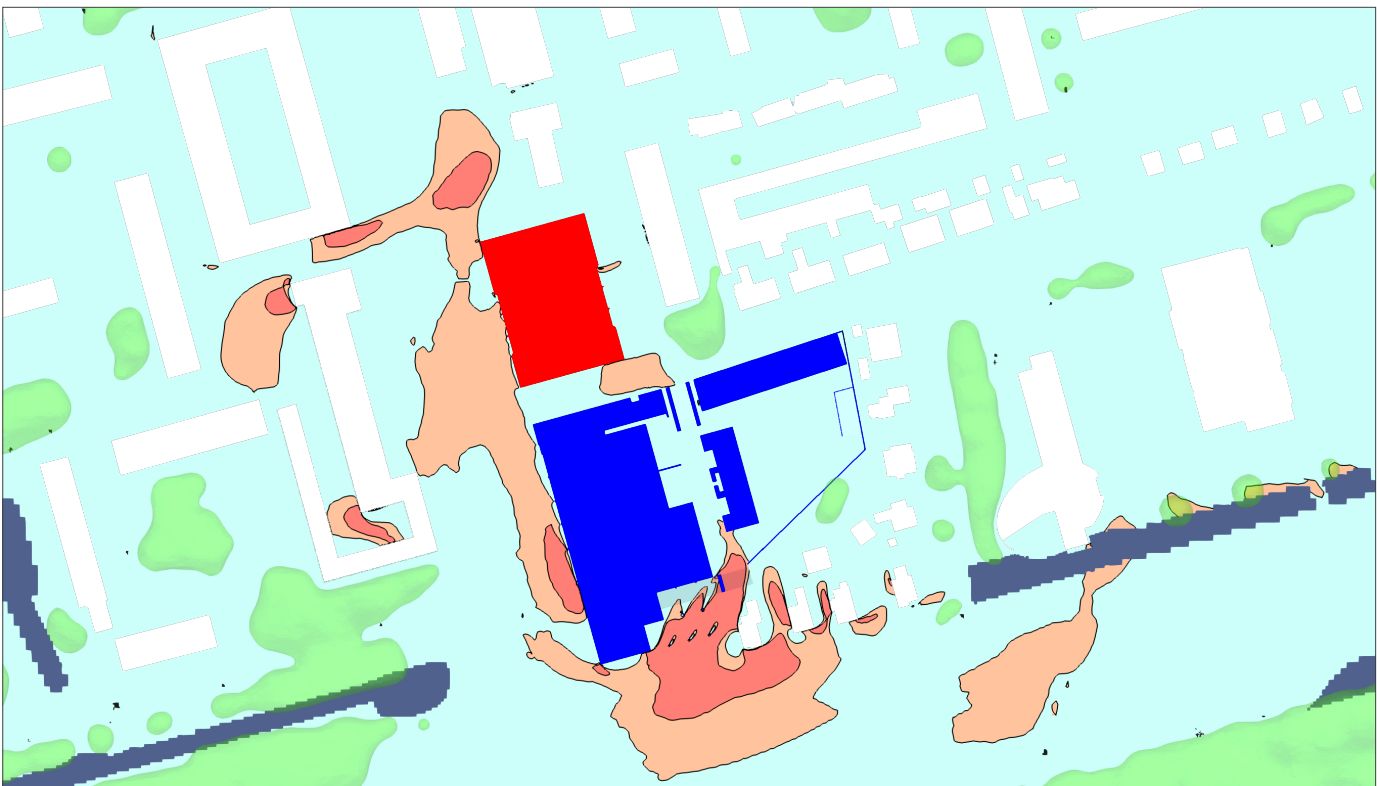
Figuur 4.2:
Windhinder op
voetgangersniveau
voor drie
verschillende
activiteiten



(a)
Beoordeling activiteit doorlopen

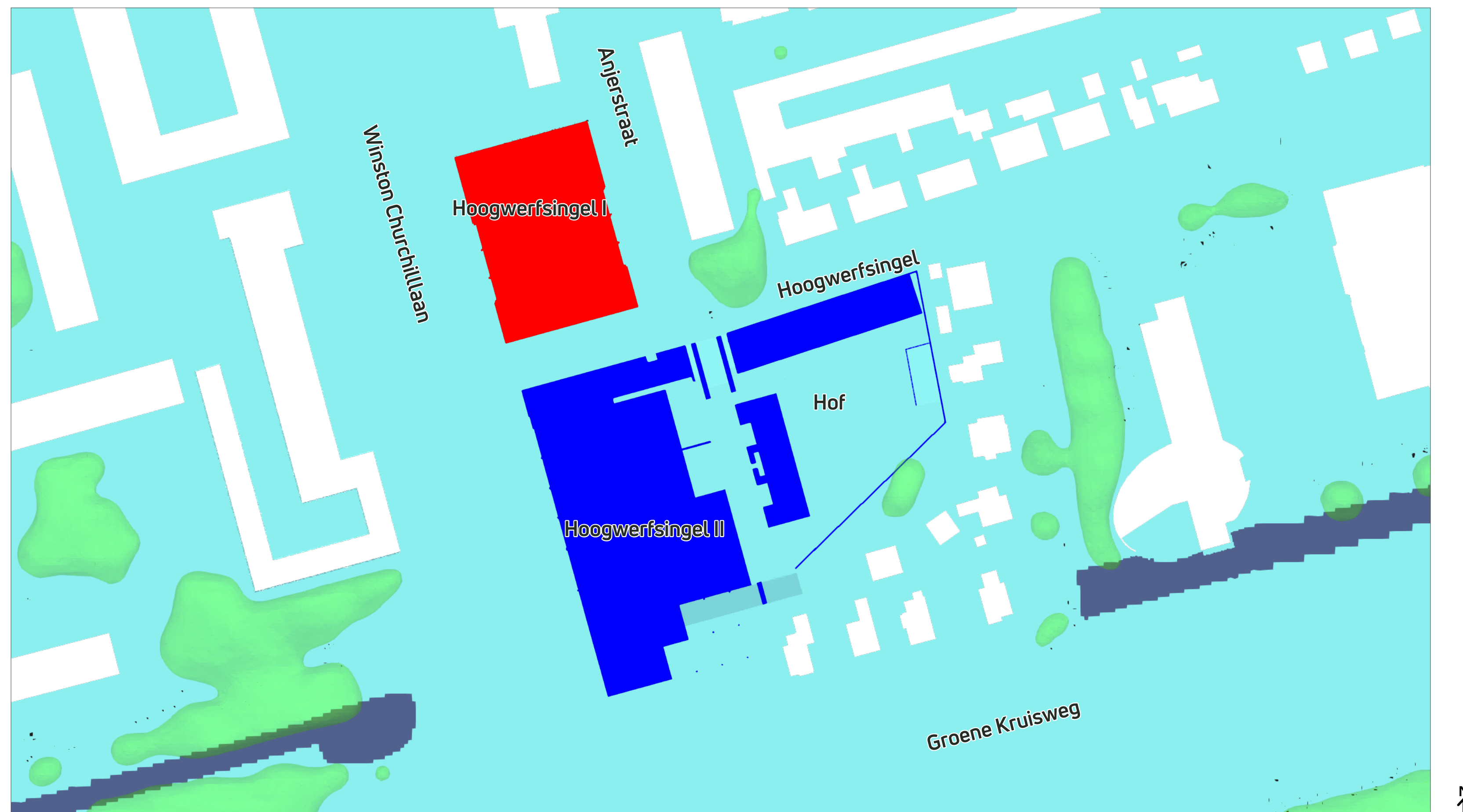


(b)
Beoordeling activiteit slenteren



(c)
Beoordeling activiteit lang zitten (situatie bladdragend)





Figuur 4.3:
Windgevaar op
voetgangsniveau

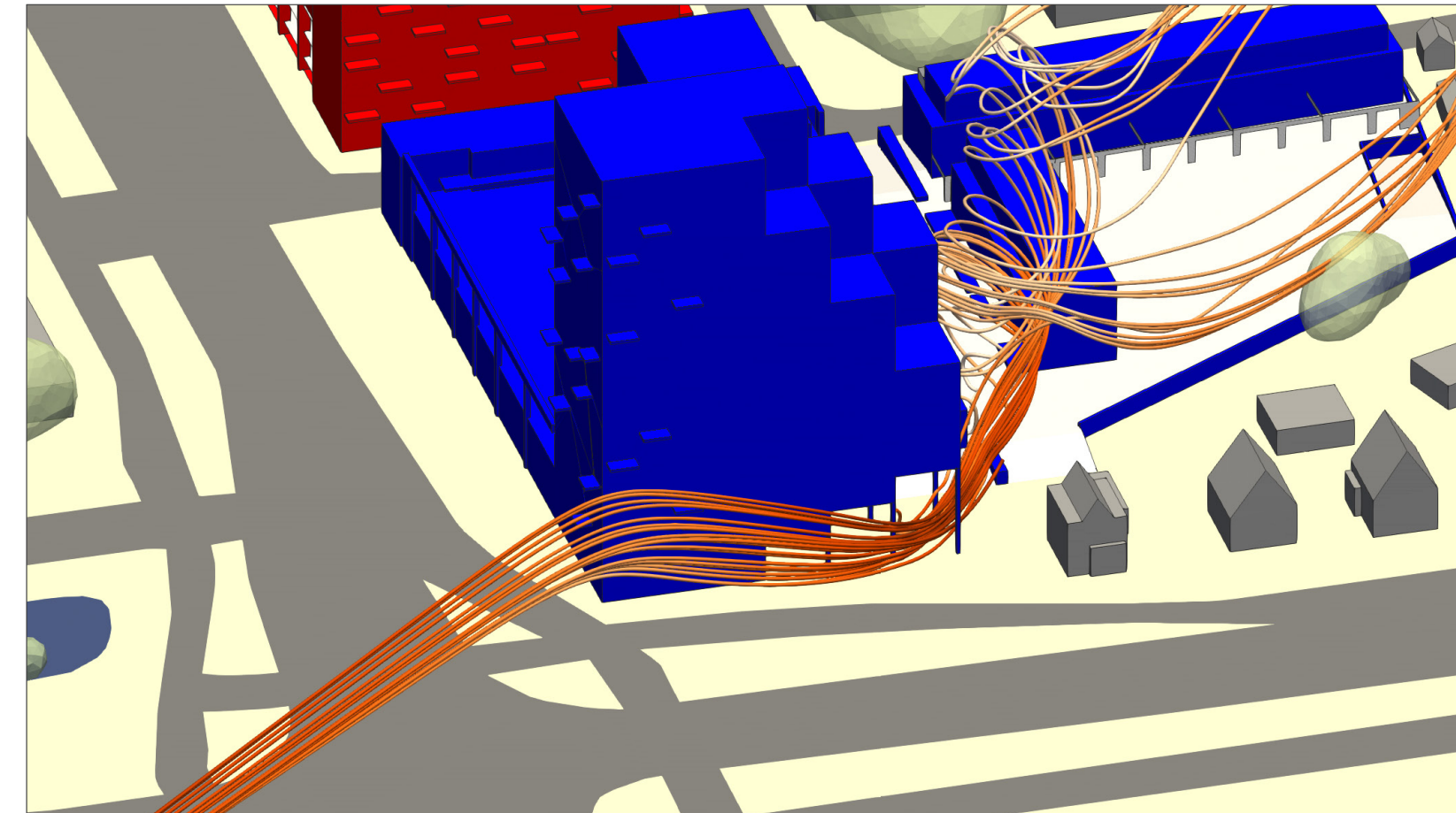


5 Analyse en discussie

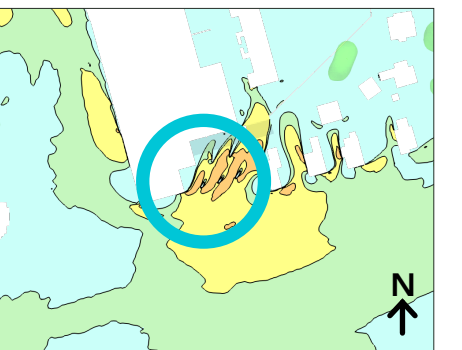
In dit hoofdstuk wordt besproken hoe het in hoofdstuk 4 getoonde windklimaat ontstaat en hoe dit eventueel gemitigeerd kan worden. In bijlage D zijn de overschrijdingskansen per windrichting te zien die ook gebruikt zijn in deze analyse. Hieruit komt naar voren dat wind uit de zuidwestelijke richtingen de grootste invloed hebben op het windklimaat in de beoogde toekomstige situatie. 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 naar de zone met windhinderklasse D, onder de toren van Hoogwerfsingel II. Bij de zuidwestelijke windrichtingen kan de wind ongehinderd aanstromen tot aan de toren van Hoogwerfsingel II, hier ontstaat, door de toren, een over- en onderdruk situatie, waarbij de wind door de colonnade onder de toren wordt geleid. Hier krijgt de wind een versnelling mee die uiteindelijk zorgt voor de hogere windhinderklasse. Wanneer het gebied onder de toren niet als verblijfsgebied wordt ingericht, maar slechts als toegangsweg richting de winkels en Hof, kan deze windhinderklasse geaccepteerd worden. Windhinderklasse D is immers nog matig geschikt voor de activiteit doorlopen. Wanneer dit gebied als verblijfsruimte wordt ingericht, zijn ingrijpende mitigerende maatregelen nodig vanwege de ongunstige positie van de toren ten opzichte van de wind en zijn verkeerde oriëntatie (met een groot oppervlak in de meest voorkomende windrichtingen). Hierbij kan gedacht worden aan het verschuiven van de bouwvolumes of het plaatsen van de toren op een podium

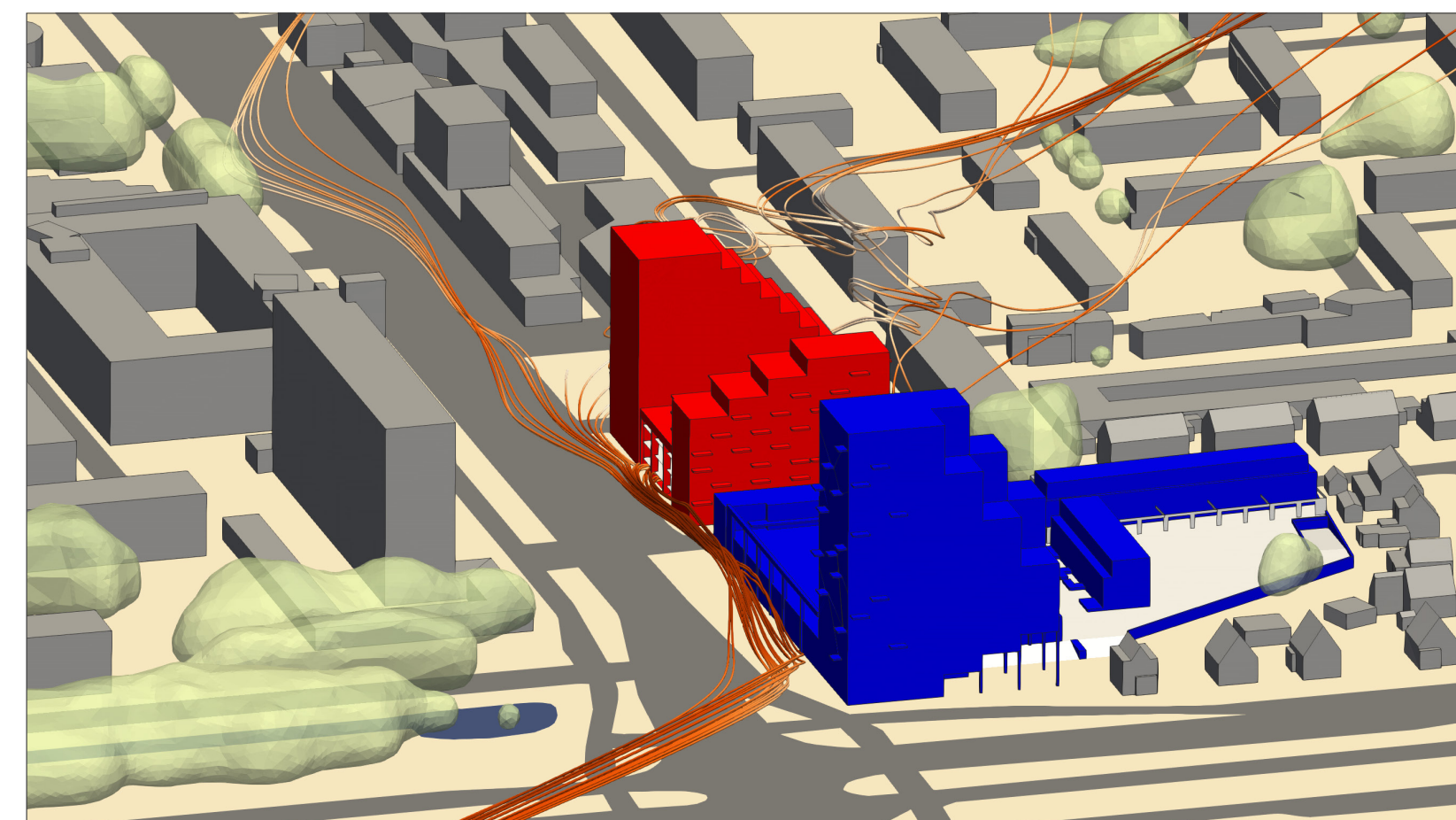
Figuur 5.2 laat de stroomlijnen zien door de Winston Churchilllaan. Hierop is goed te zien hoe de gebouwen een barrière vormen voor de wind, waardoor deze langs de gebouwen over het trottoir loopt. Uiteindelijk ontstaat hier een zone met windhinderklasse B en C langs beide gebouwen, waarbij klasse C matig geschikt is voor slenteren maar goed geschikt is voor de activiteit doorlopen. Aangezien deze activiteiten, slenteren of doorlopen, in deze gebieden worden verwacht, zal het projectgebouw geen windhinder veroorzaken. Wel moet worden vermeld dat wanneer er gebouw-entrees in een zone met klasse C en D worden voorzien, deze in dit geval het beste in een nis kunnen worden geplaatst.



Figuur 5.1:
Stroomlijnen
richting de zone met
windhinderklasse D
onder de toren van
Hoogwerfsingel II



Wind vanuit het
zuidzuidwesten.
laag hoog



Figuur 5.2:
Stroomlijnen
richting de zone met
windhinderklasse C
in de Winston
Churchilllaan



Wind vanuit
westzuidwesten
laag hoog

6 Conclusie

Dit rapport beschrijft een windonderzoek uitgevoerd door [Actiflow](#) voor het project "Hoogwerfsingel I en II" te Spijkenisse. 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).
- Indien in de zone met windhinderklasse D, onder de toren van Hoogwerfsingel II, een verkeersfunctie wordt voorzien, kan deze zone met de hogere windhinderklasse worden geaccepteerd. Windhinderklasse D is immers nog matig geschikt om te passeren. Indien hier een verblijfsfunctie wordt voorzien, zijn ingrijpende maatregelen nodig vanwege de slechte oriëntatie van de toren voor wind.
- Voor de gebouw-entrees die in windhinderklasse C of D liggen, wordt aanbevolen om deze in een nis te plaatsen.
- Er is geen risico op windgevaar gevonden in het plangebied.

Bij de keuze van verdere maatregelen die genomen dienen te worden en het beoordelen van hun effectiviteit kan [Actiflow](#) geraadpleegd worden.

Project	Projectgegevens
Projectnaam	Hoogwerfsingel
Opdrachtgever	Wilrik Hensgtmengel (Aveco de Bondt)
Projectleider Actiflow	Thomas Bolster
Datum	30 - 04 -2024
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen 300 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 600 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	<input checked="" type="checkbox"/> FVM (eindige volume methode) <input type="checkbox"/> FEM (eindige elementen methode) <input type="checkbox"/> anders Programmatuur: OpenFOAM Versie: of3212
Algemeen	<input checked="" type="checkbox"/> drie-dimensionaal <input checked="" type="checkbox"/> tijd-onafhankelijk <input checked="" type="checkbox"/> isothermisch <input type="checkbox"/> passieve scalars <input type="checkbox"/> twee-dimensionaal <input type="checkbox"/> tijd-afhankelijk <input type="checkbox"/> thermisch <input type="checkbox"/> actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: hexaëders en tetraëders met prismalaag Basis: 38.973.169 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, z_0 = afgestemd op de lokale ruwheid.
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: 081325		Y: 429918	
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			

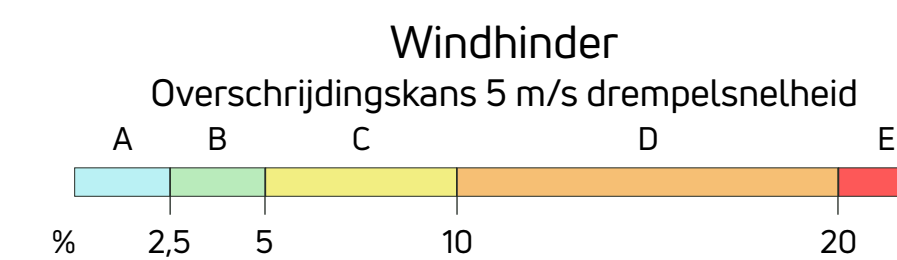
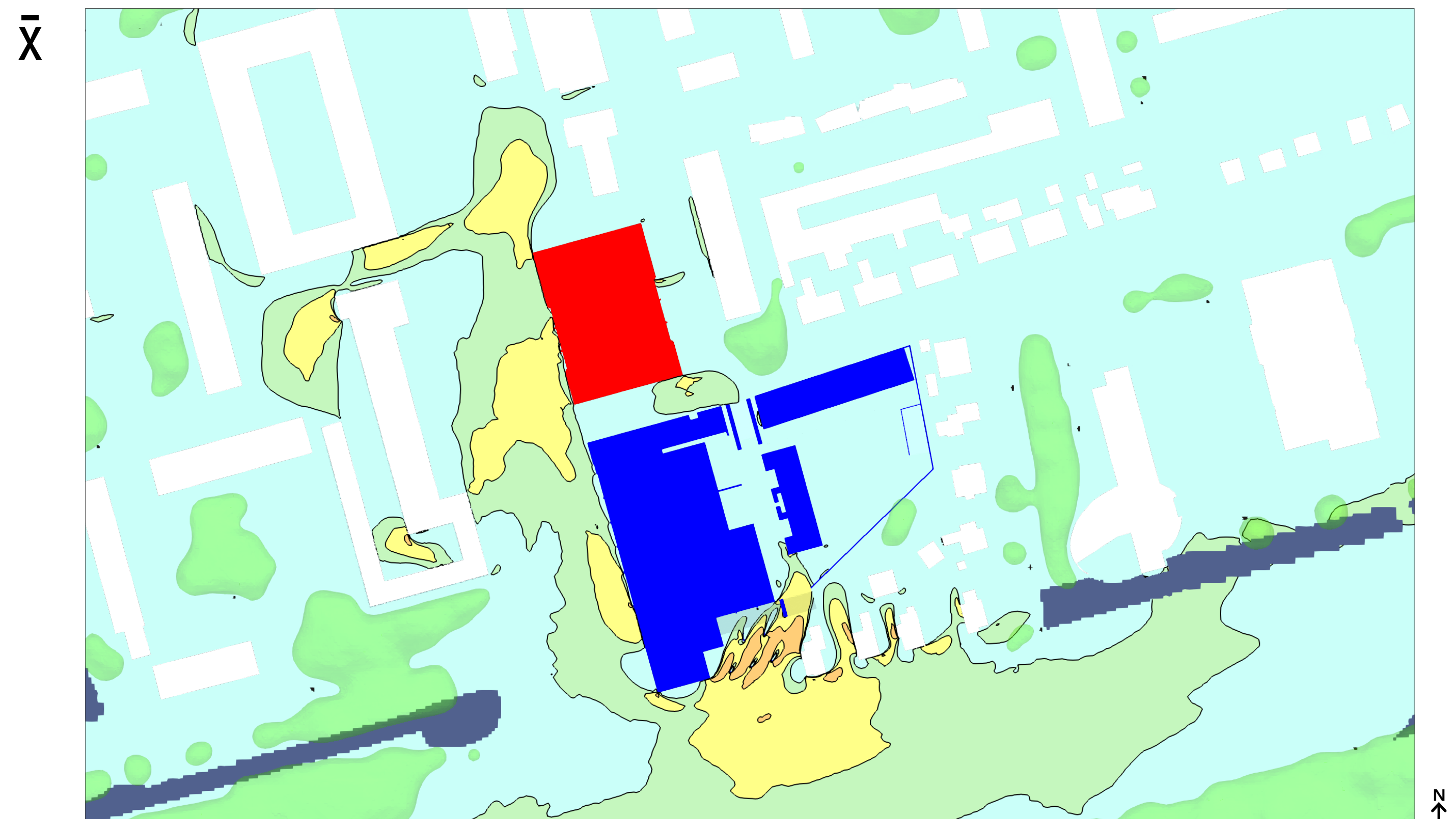
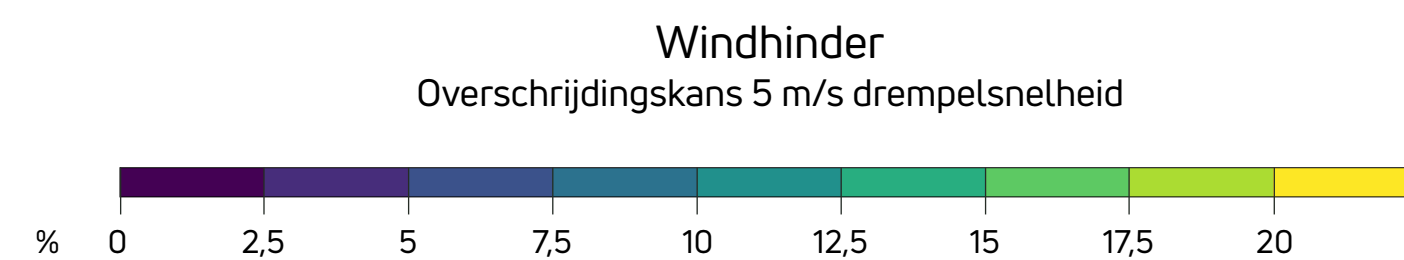
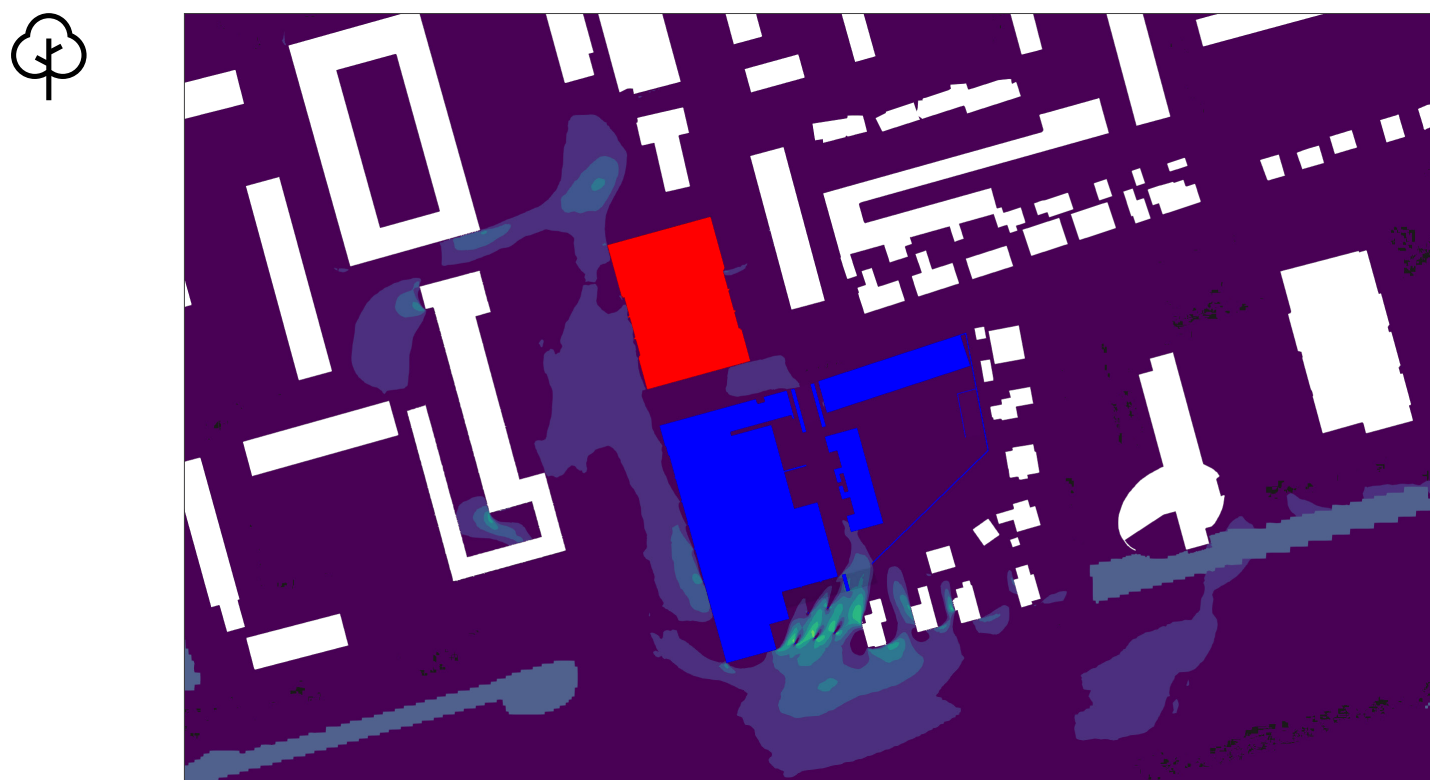
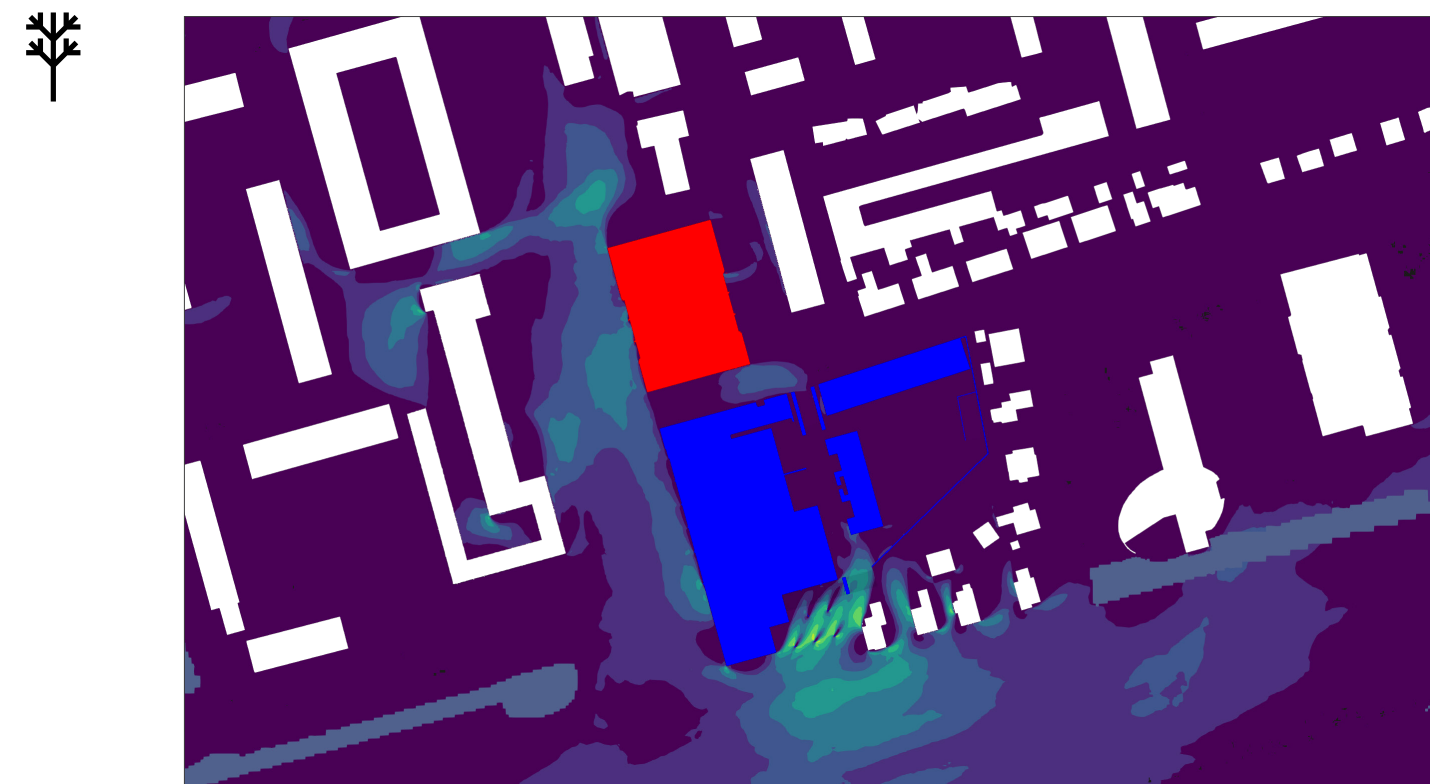
B Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid

FREQUENTIETABEL VAN DE 60 METER WINDSNELHEID DISTRIBUTIEF RELATIEF IN PERCENTAGES
Amersfoortse Coördinaten: X: 081325 Y: 429918 Jaar 1963-2002

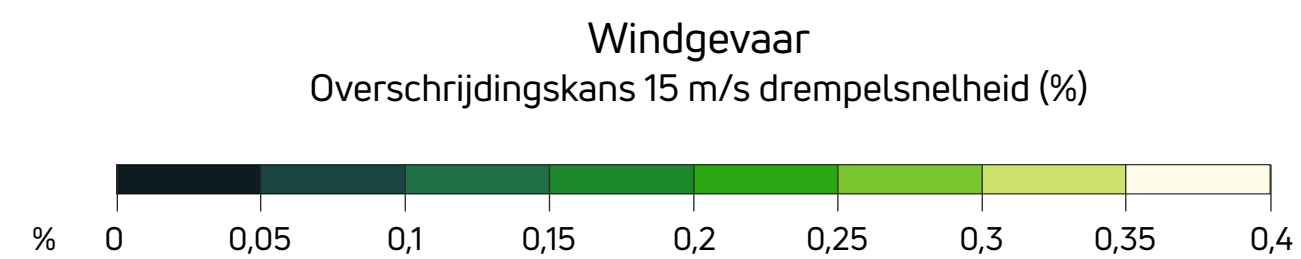
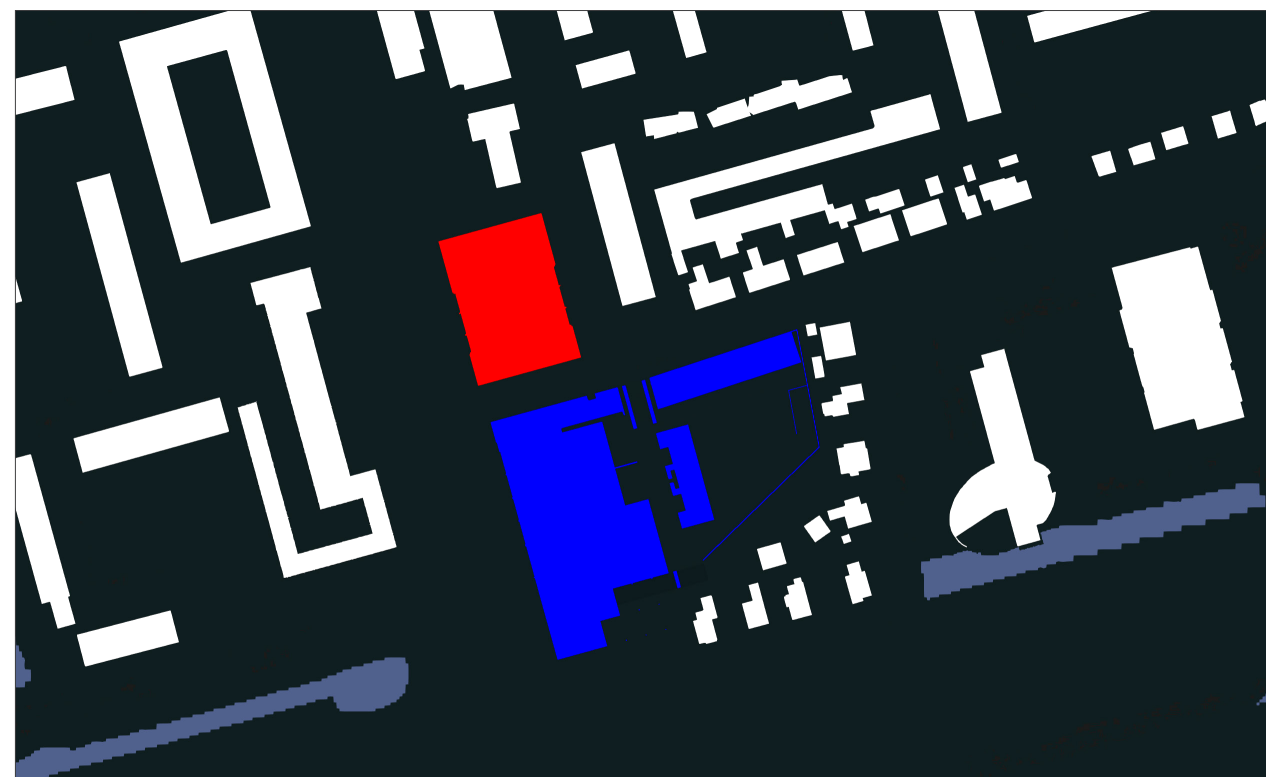
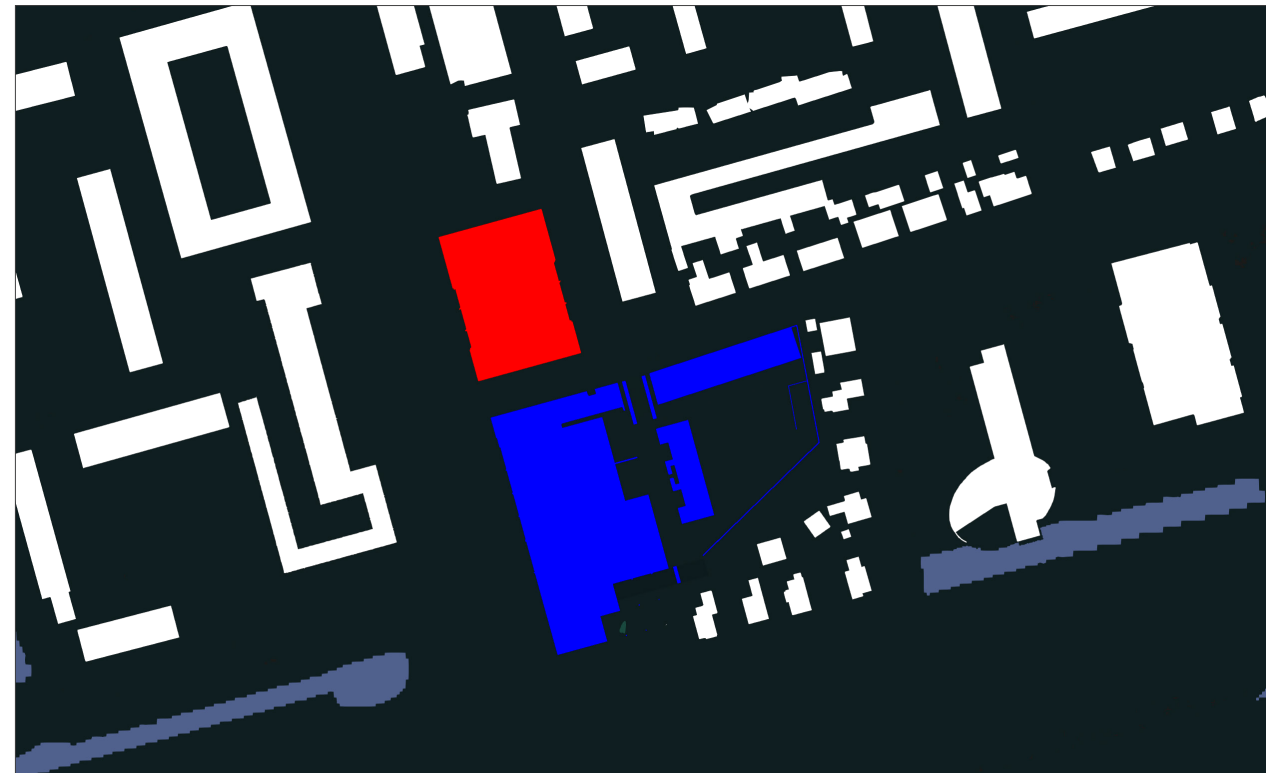
Windsnelheid [m/s]	N 345° - 15°	NNO 15° - 45°	ONO 45° - 75°	O 75° - 105°	OZO 105° - 135°	ZZO 135° - 165°	Z 165° - 195°	ZZW 195° - 225°	WZW 225° - 255°	W 255° - 285°	WNW 285° - 315°	NNW 315° - 345°	Cumulatief
0,0 - 0,9	0.15	0.18	0.18	0.17	0.19	0.18	0.16	0.14	0.15	0.18	0.15	0.14	1.98
1,0 - 1,9	0.51	0.63	0.56	0.51	0.55	0.58	0.56	0.49	0.51	0.56	0.56	0.47	6.50
2,0 - 2,9	0.79	0.92	0.96	0.74	0.83	0.89	0.98	0.81	0.82	0.85	0.80	0.68	10.07
3,0 - 3,9	0.89	1.12	1.08	0.96	0.93	1.02	1.19	1.09	1.18	1.07	0.91	0.82	12.27
4,0 - 4,9	0.89	1.16	1.17	1.01	0.83	1.00	1.25	1.36	1.37	1.19	0.94	0.85	13.02
5,0 - 5,9	0.81	1.03	1.12	0.91	0.66	0.82	1.21	1.48	1.59	1.17	0.89	0.73	12.43
6,0 - 6,9	0.67	0.83	0.88	0.68	0.48	0.53	1.09	1.45	1.65	1.05	0.70	0.58	10.57
7,0 - 7,9	0.46	0.61	0.63	0.50	0.32	0.38	0.88	1.38	1.60	0.98	0.64	0.46	8.83
8,0 - 8,9	0.27	0.37	0.48	0.35	0.17	0.23	0.74	1.29	1.47	0.81	0.45	0.31	6.94
9,0 - 9,9	0.14	0.26	0.32	0.22	0.06	0.14	0.51	1.12	1.31	0.61	0.32	0.21	5.22
10,0 - 10,9	0.08	0.14	0.20	0.11	0.03	0.08	0.38	0.95	1.11	0.47	0.22	0.13	3.89
11,0 - 11,9	0.05	0.07	0.12	0.06	0.01	0.03	0.26	0.73	0.88	0.34	0.14	0.06	2.77
12,0 - 12,9	0.02	0.03	0.06	0.04	0.00	0.01	0.16	0.54	0.69	0.26	0.10	0.04	1.95
13,0 - 13,9	0.01	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.10	0.39	0.54	0.18	0.05	0.02	1.37
14,0 - 14,9	0.01	0.00	0.01	0.01	-	0.00	0.05	0.27	0.34	0.14	0.02	0.01	0.86
15,0 - 15,9	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.03	0.17	0.24	0.08	0.01	0.01	0.53
16,0 - 16,9	-	-	0.00	-	-	-	0.01	0.11	0.17	0.05	0.01	0.00	0.35
17,0 - 17,9	-	-	-	-	-	-	0.01	0.06	0.10	0.03	0.00	0.00	0.20
18,0 - 18,9	-	-	-	-	-	-	0.01	0.03	0.05	0.02	0.00	-	0.11
19,0 - 19,9	-	-	-	-	-	-	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	-	0.06
20,0 - 20,9	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.02	0.01	0.00	-	0.04
21,0 - 21,9	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.01	0.00	-	-	0.02
22,0 - 22,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.01	0.00	0.00	-	0.01
23,0 - 23,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-	0.00
24,0 - 24,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00
25,0 en hoger	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00

C Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld

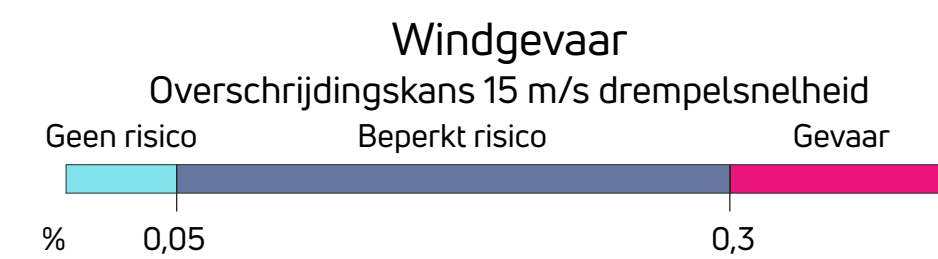
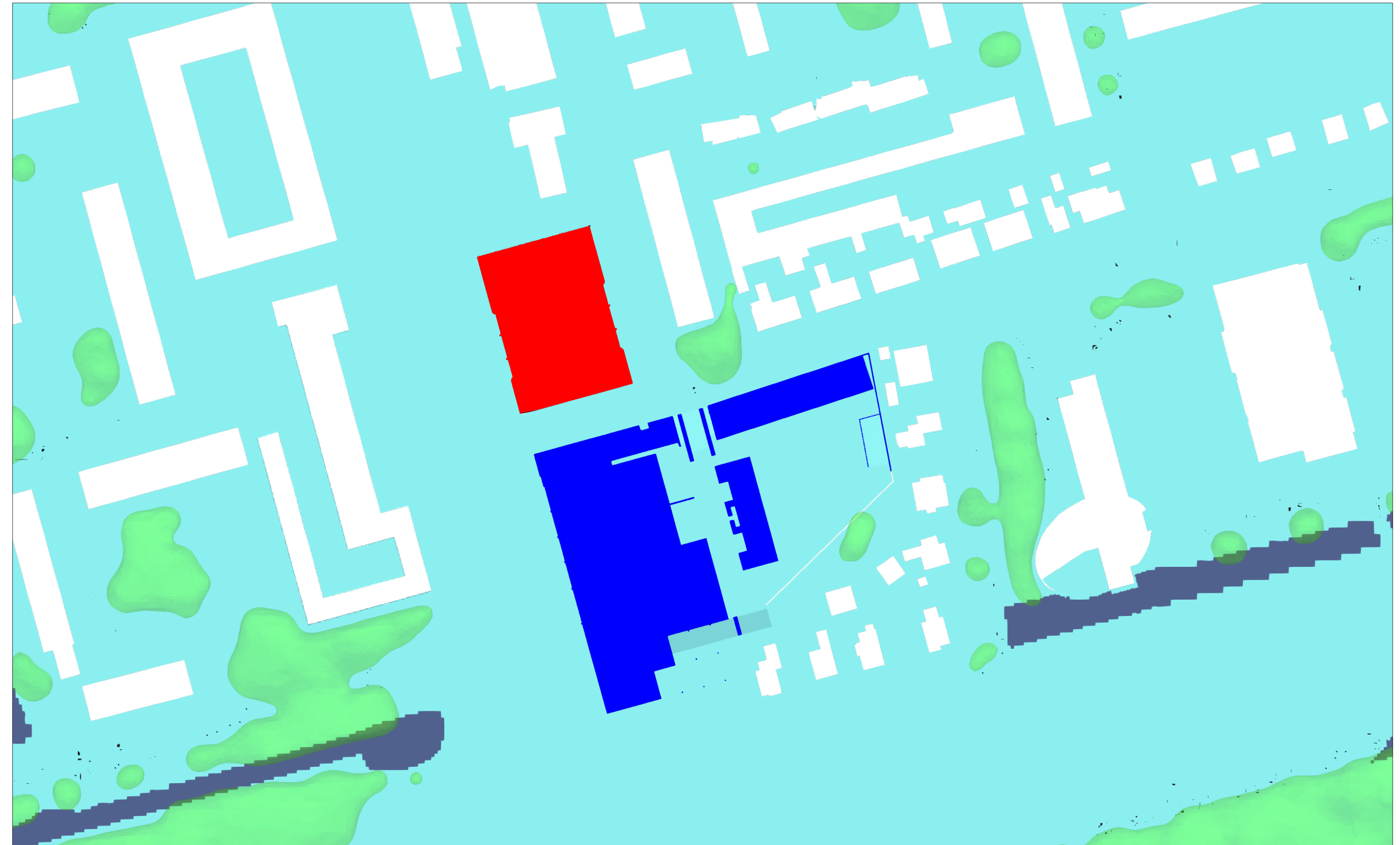
Windhinder in de toekomstige situatie



Windgevaar in de toekomstige situatie

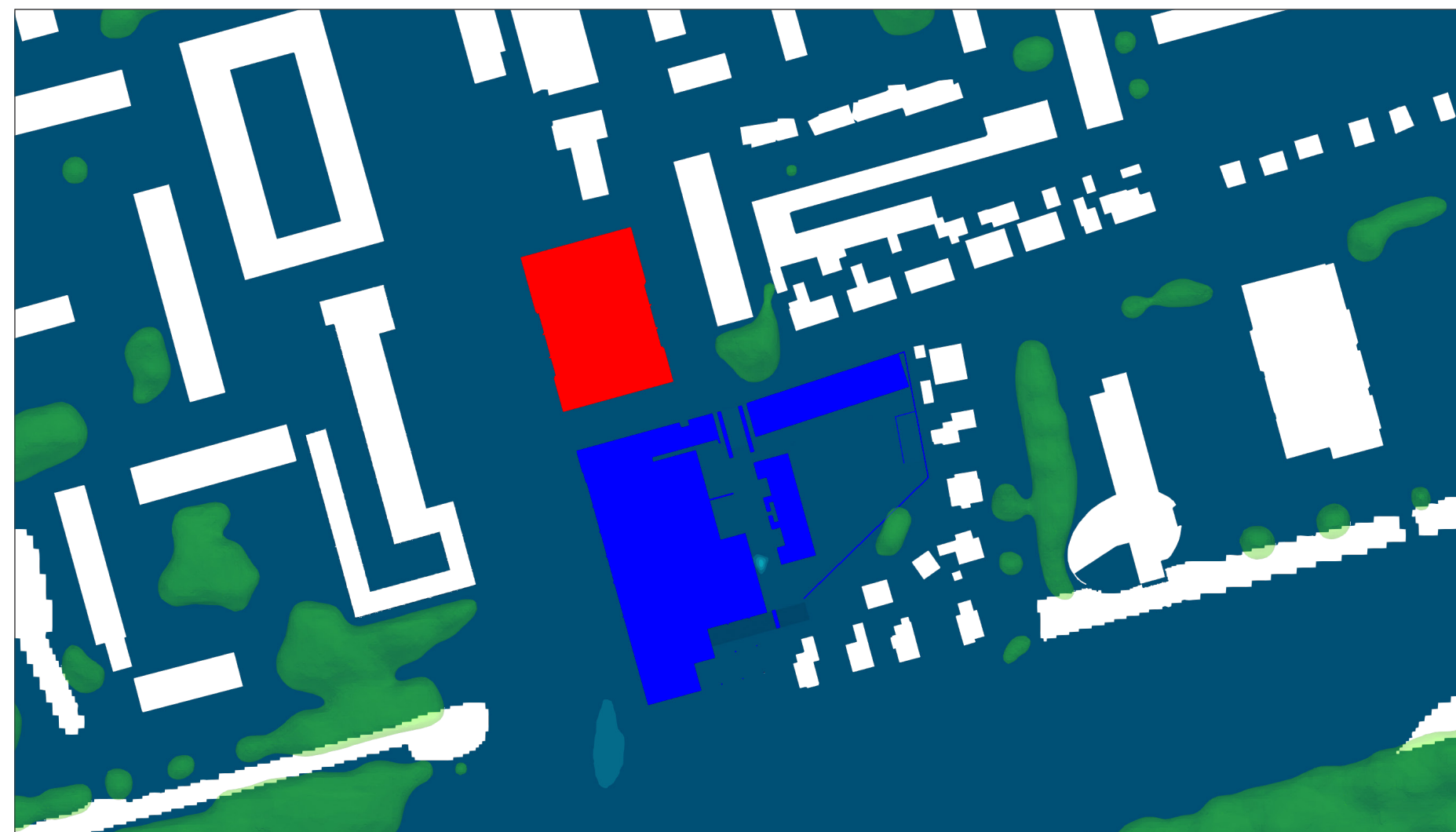
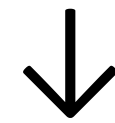


\bar{x}

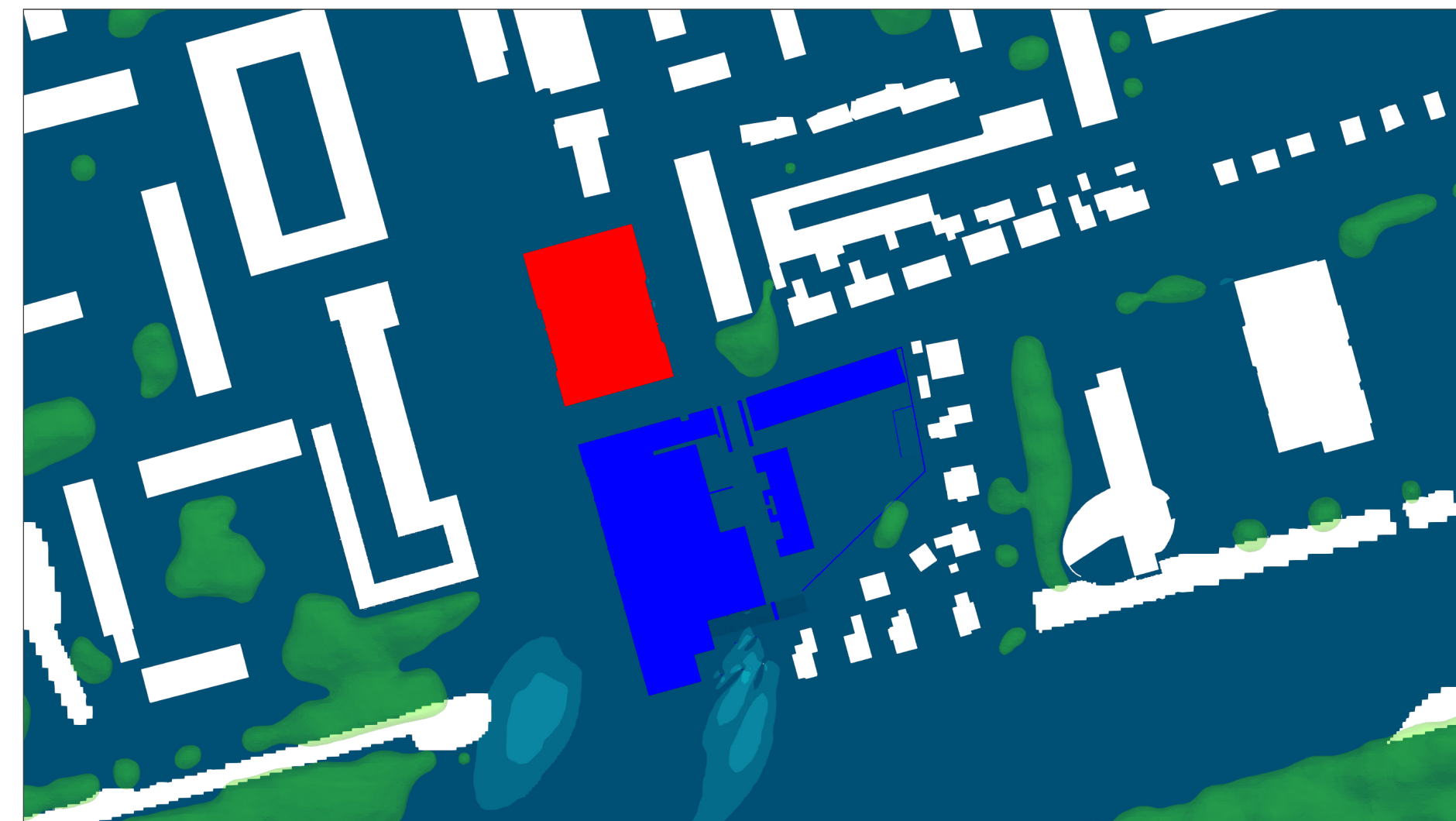


D Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Windrichting:
0° Noord

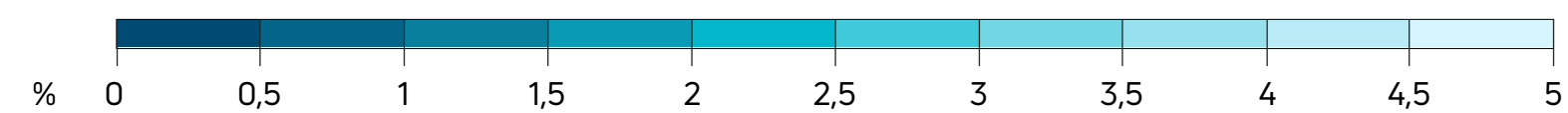


Windrichting:
30° Noordnoordoost

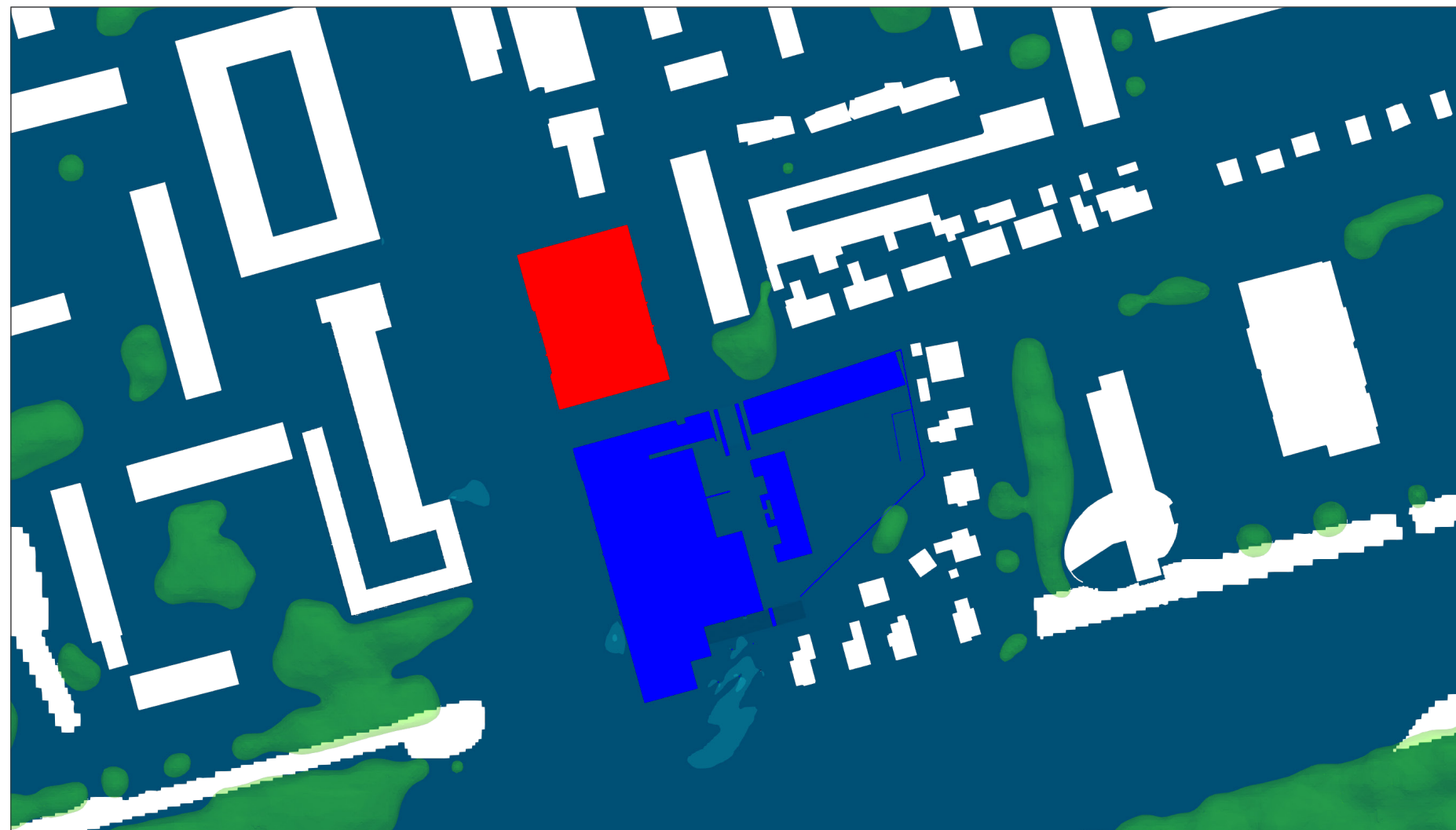


N
↑

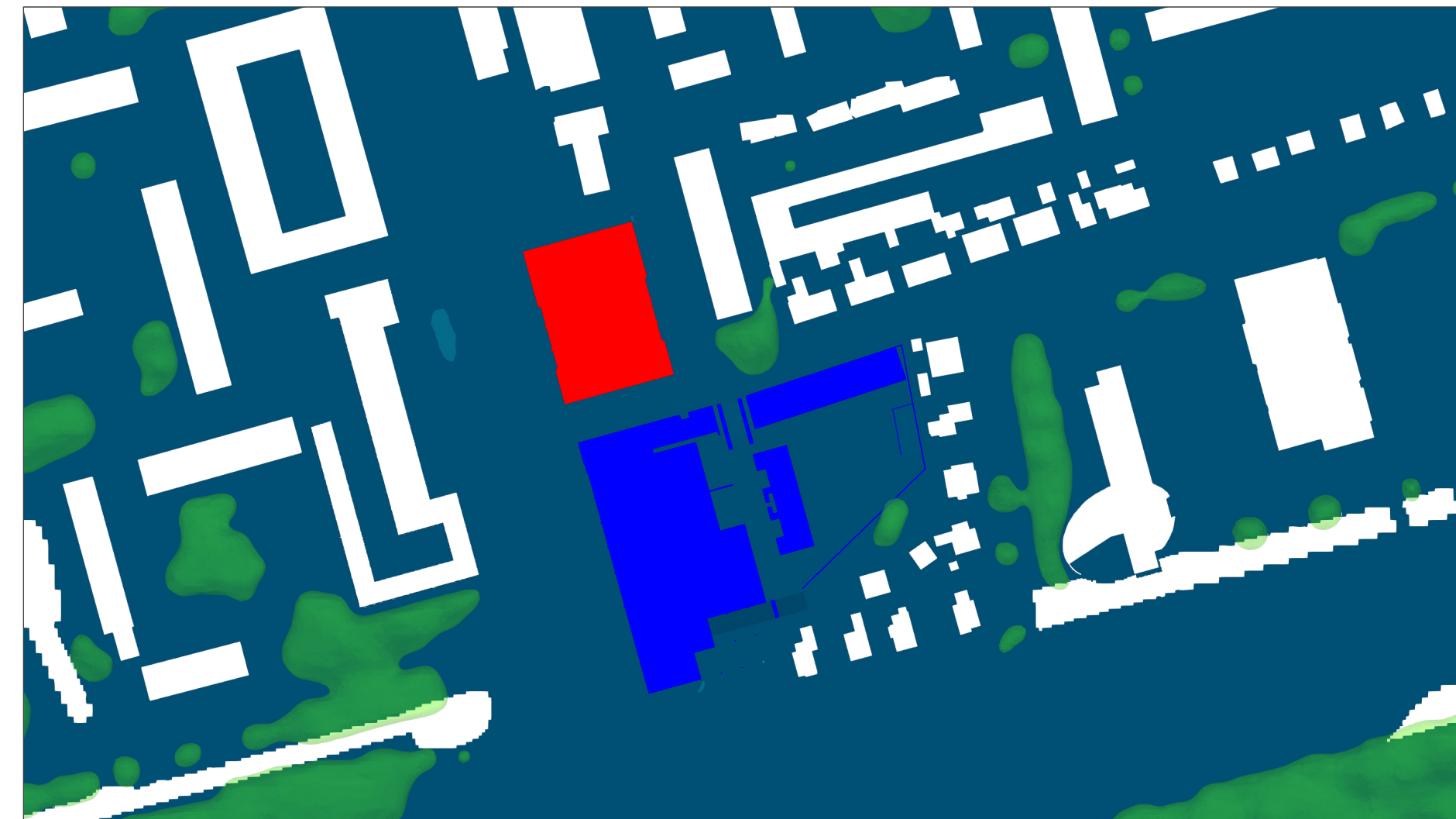
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Windrichting:
60° Oostnoordoost

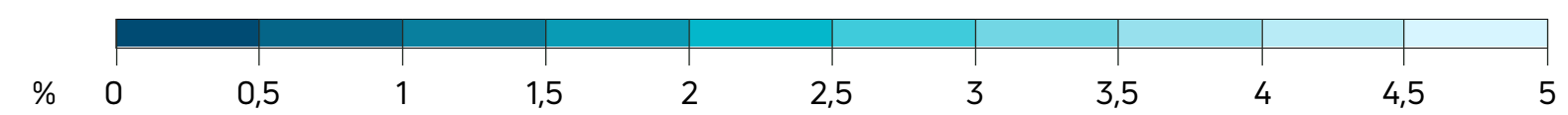


Windrichting:
90° Oost

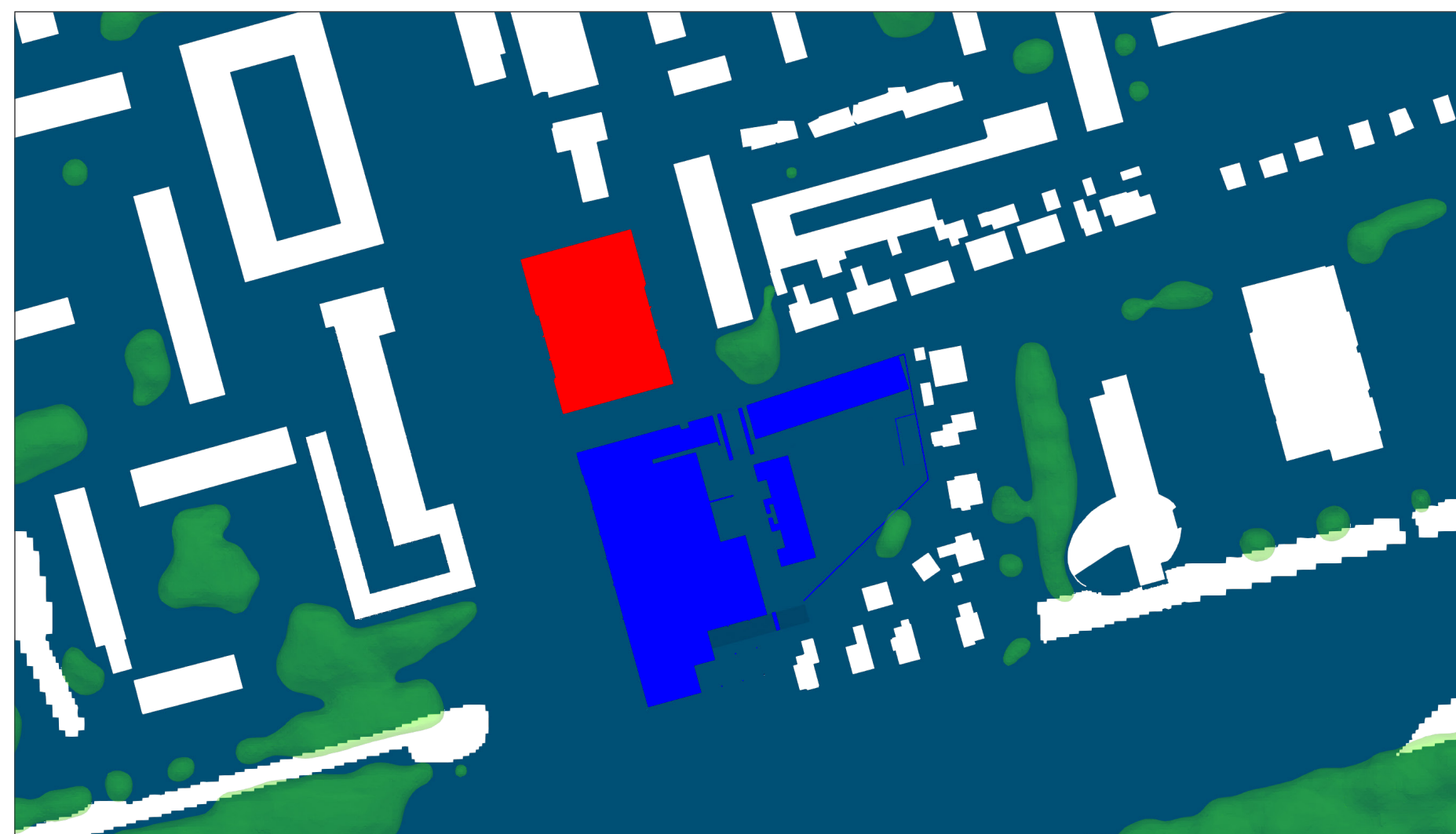


N
↑

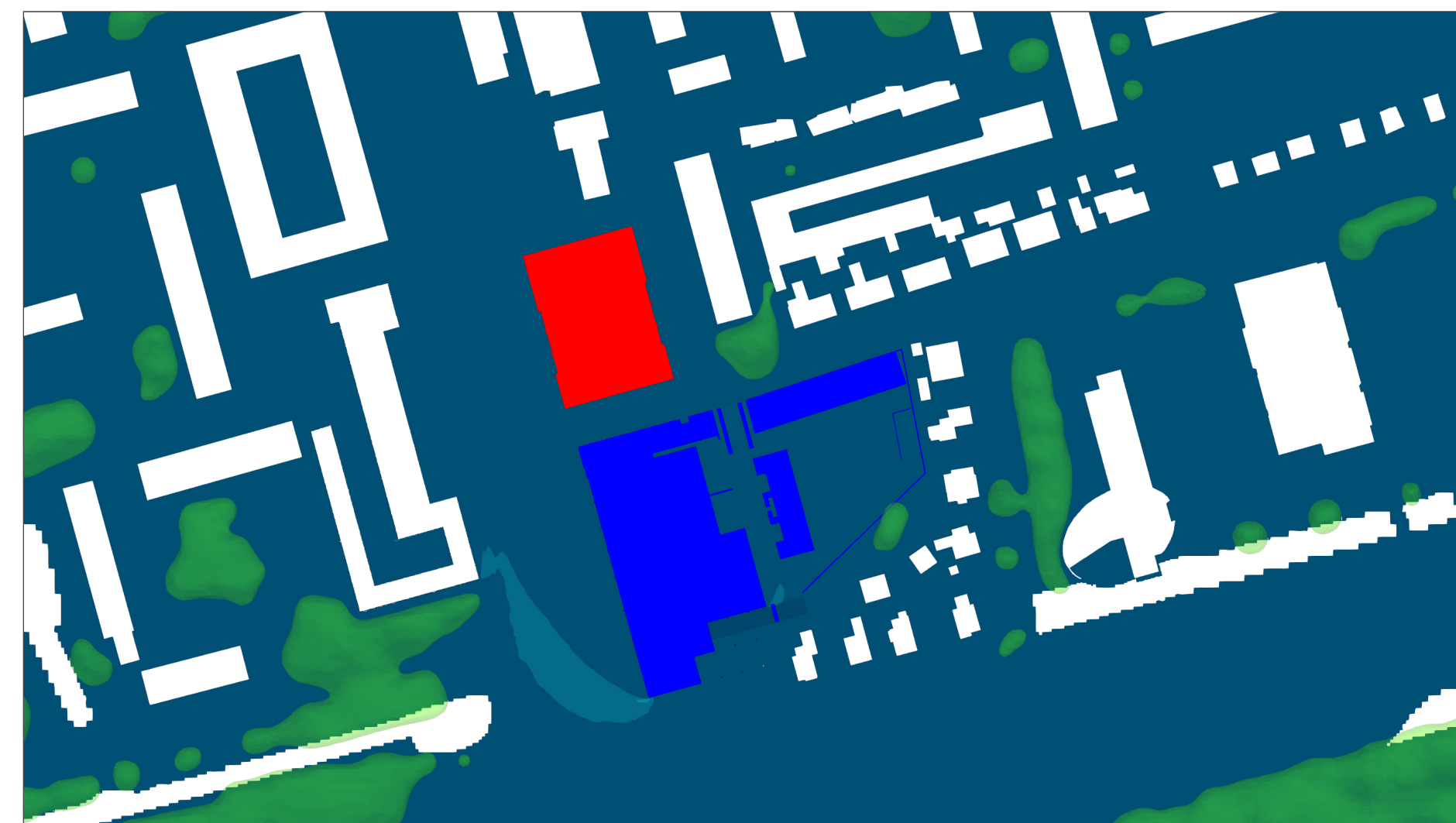
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Windrichting:
120° Oostzuidoost

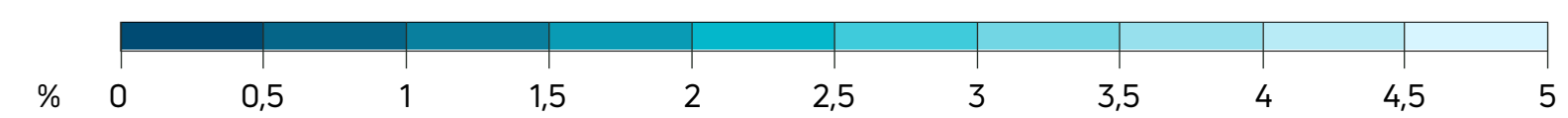


Windrichting:
150° Zuidzuidoost

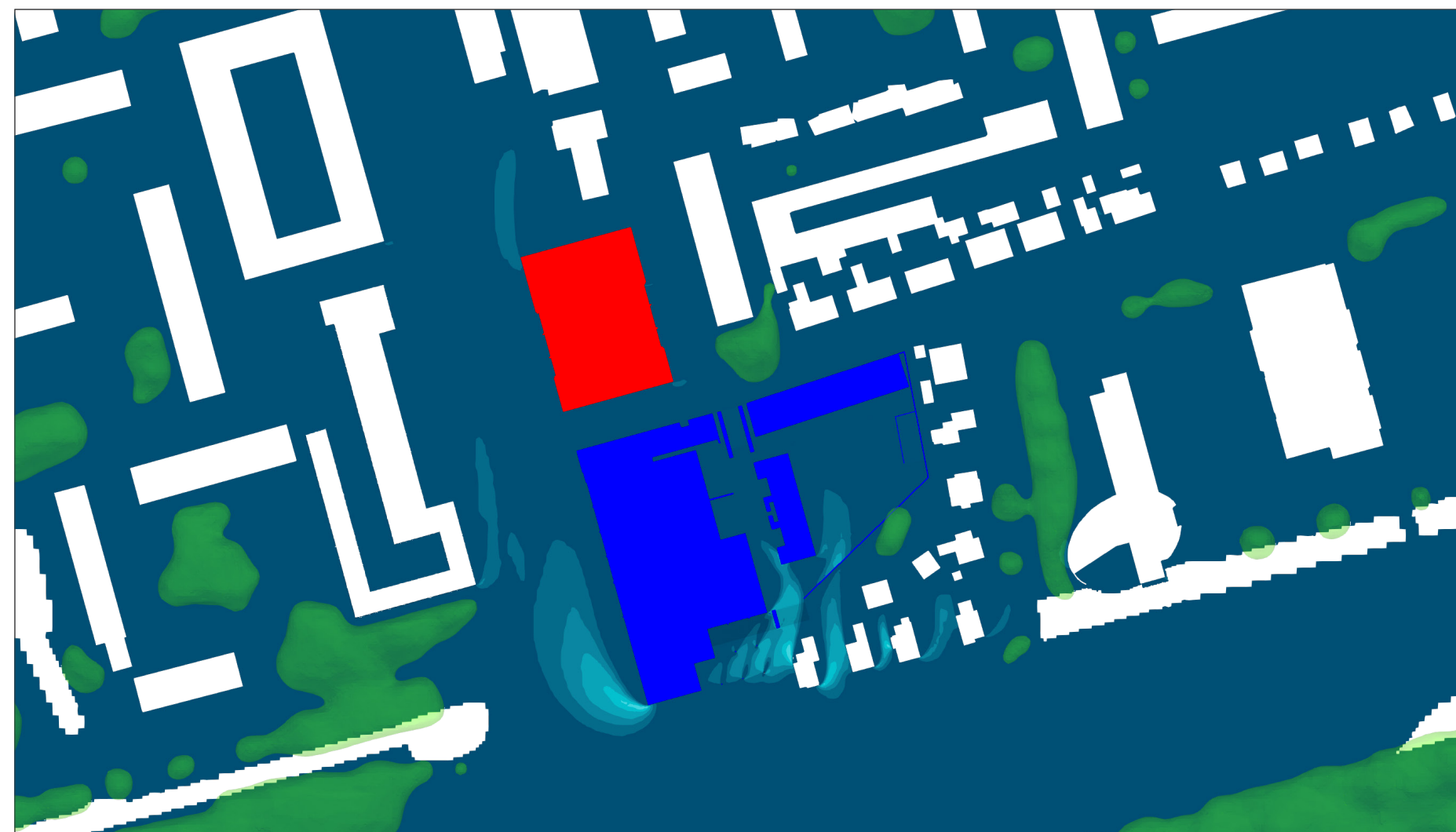
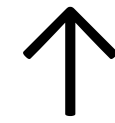


N
↑

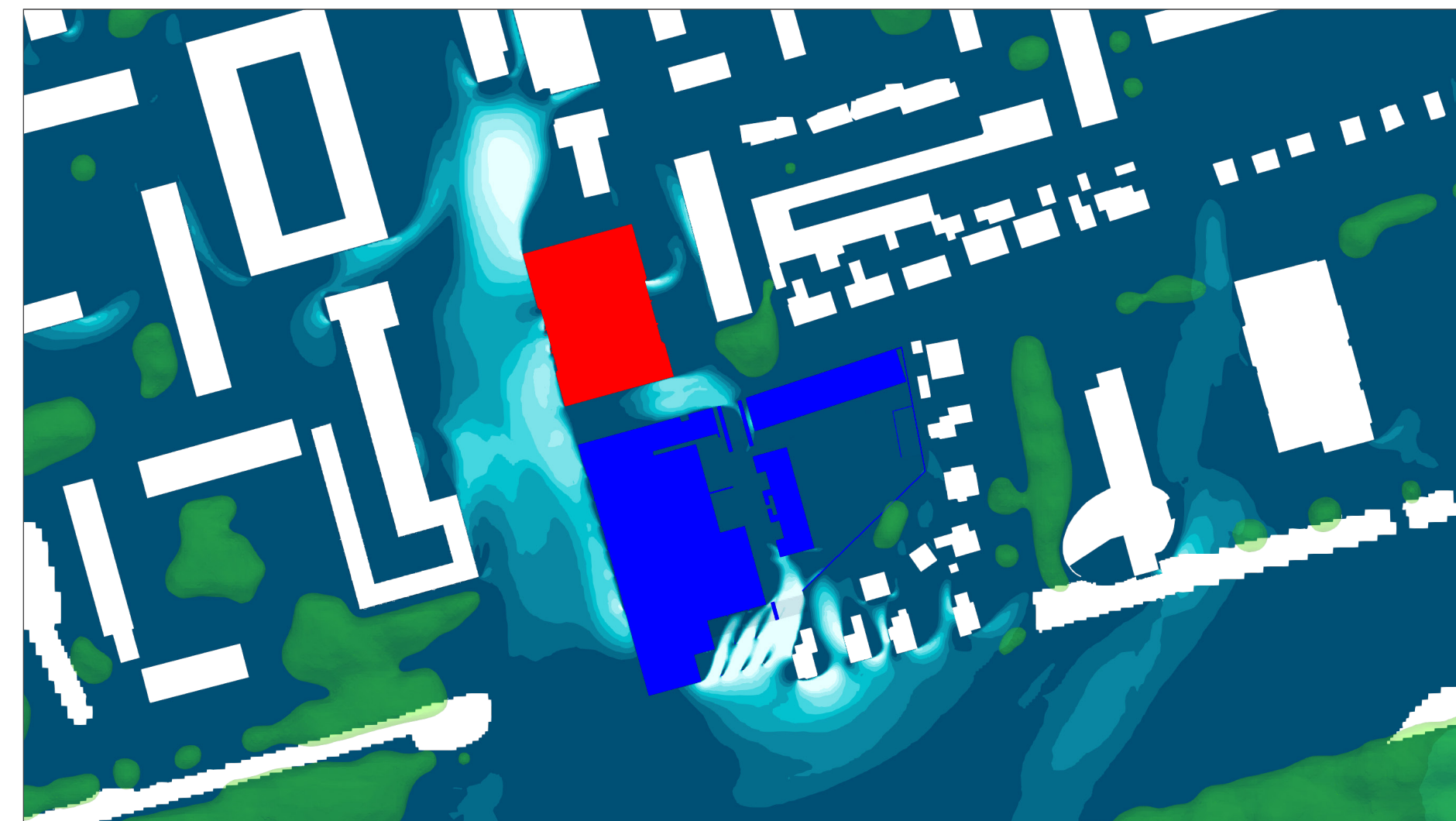
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Windrichting:
180° Zuid

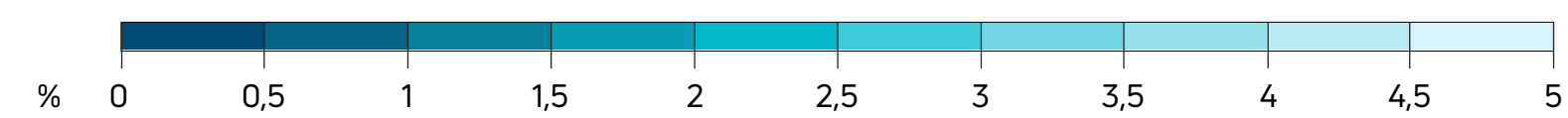


Windrichting:
210° Zuidzuidwest

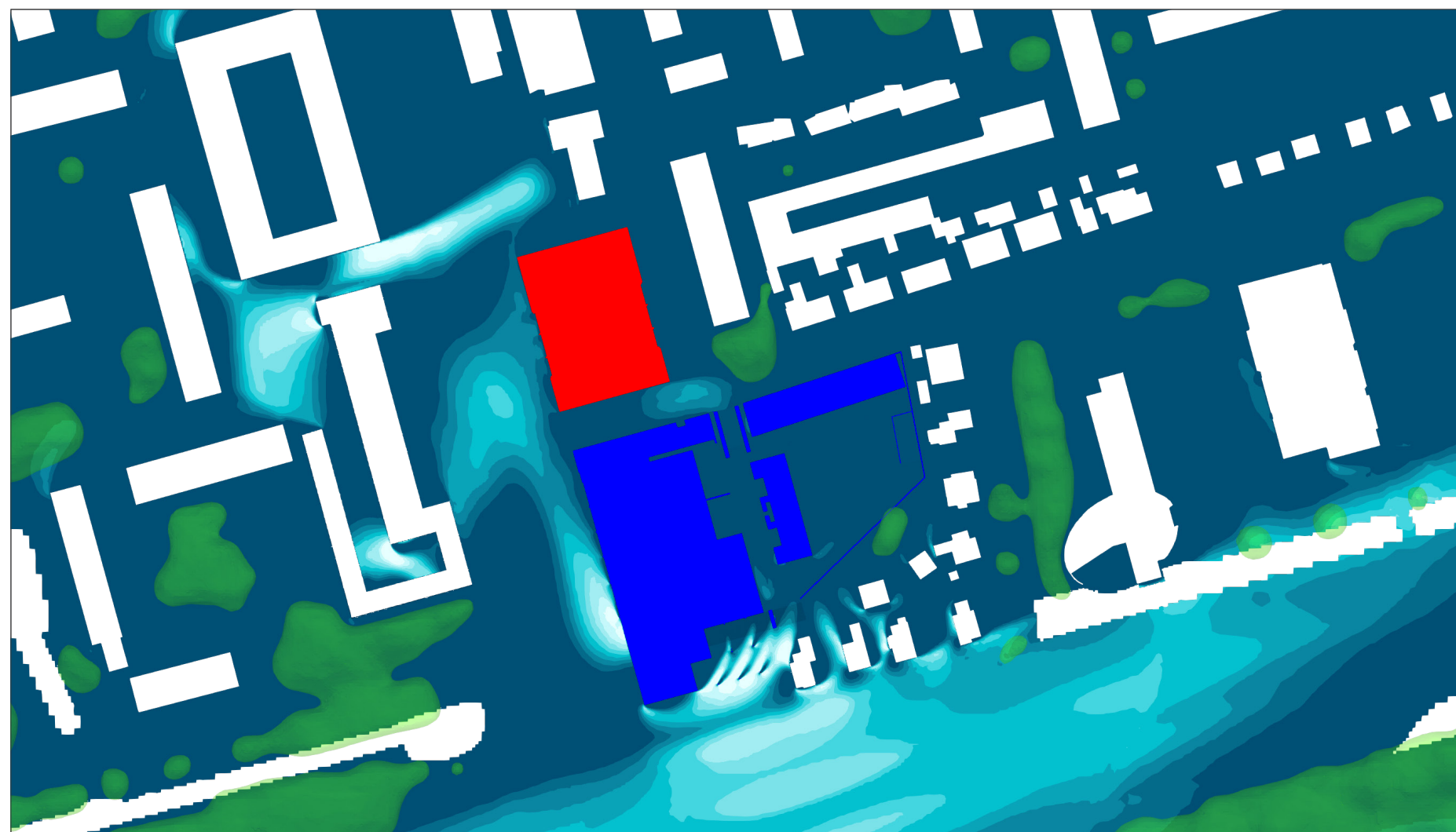


N
↑

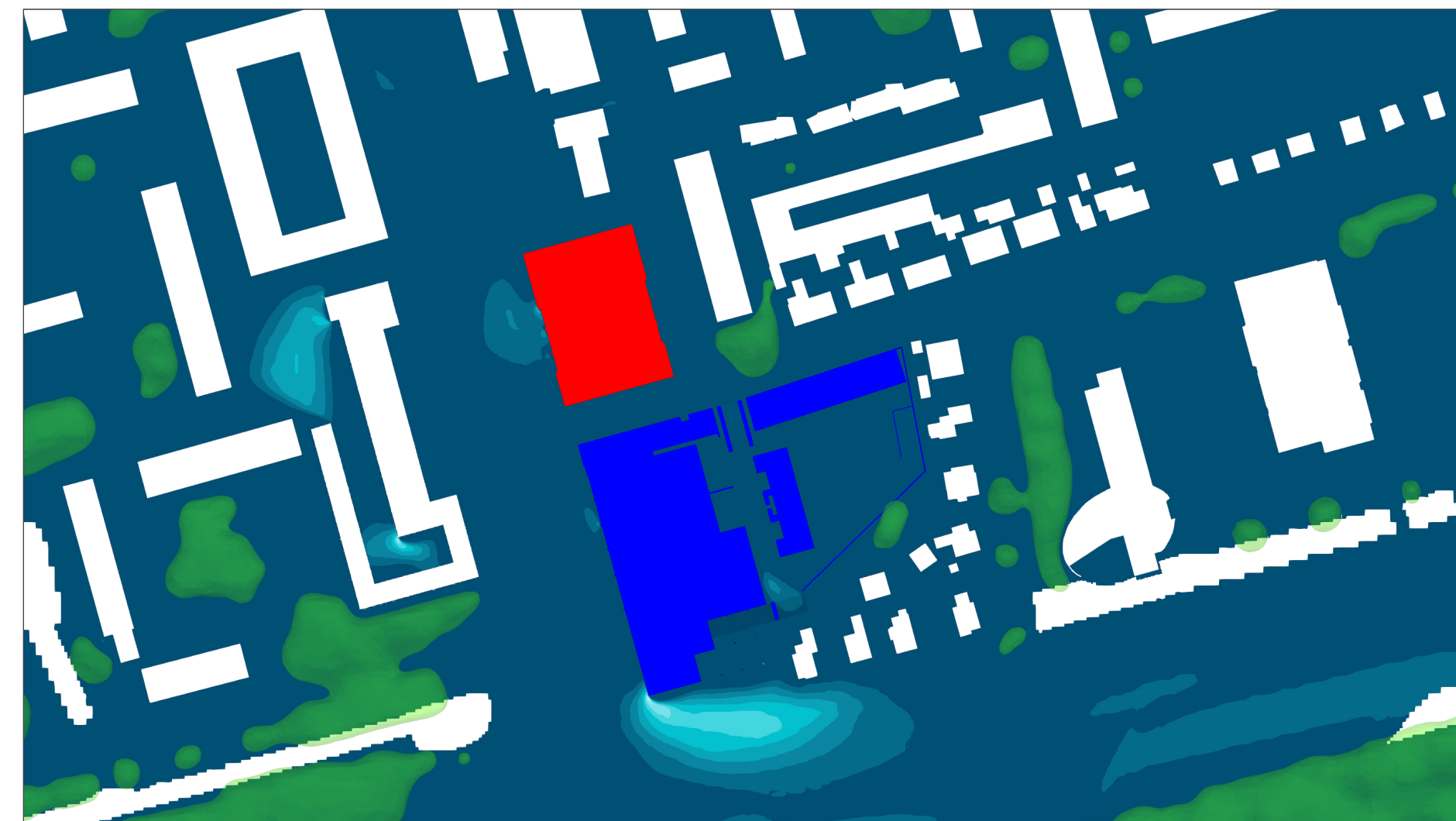
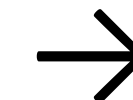
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Windrichting:
240° Westzuidwest

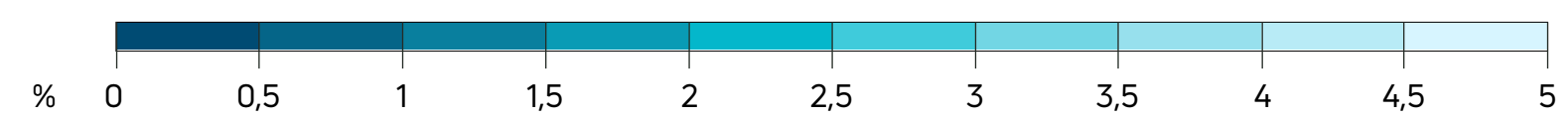


Windrichting:
270° West

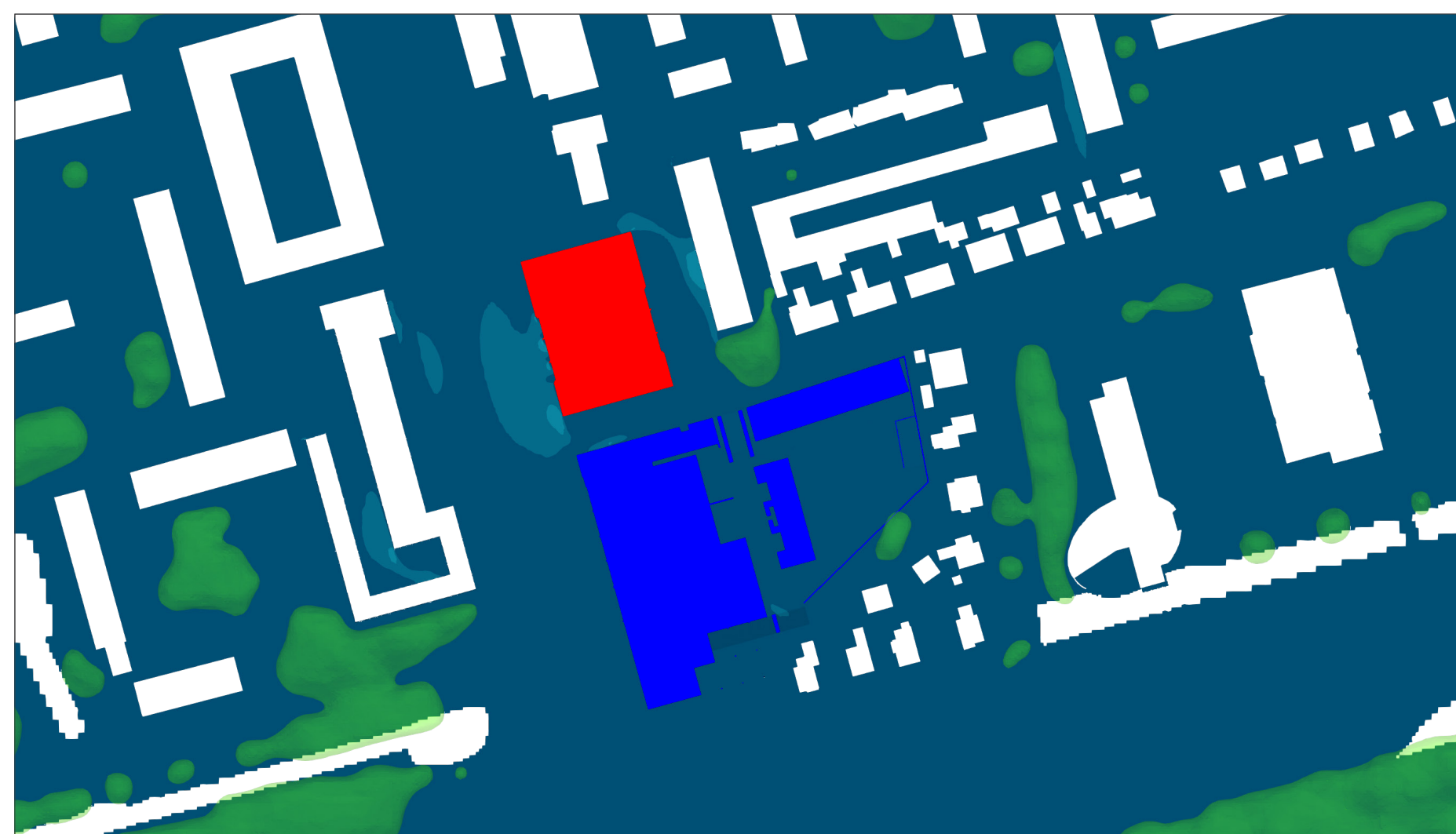


N
↑

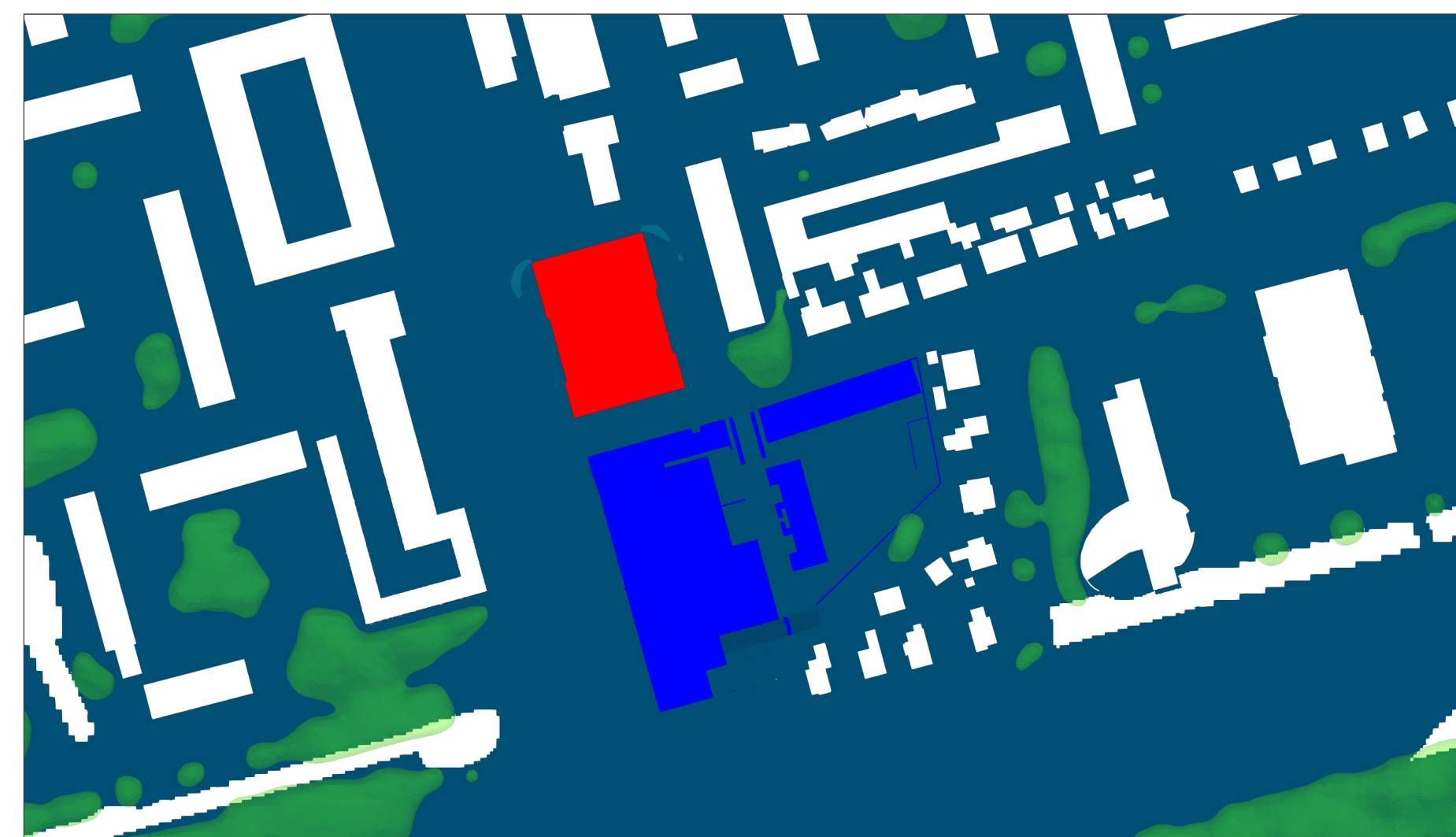
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Windrichting:
300° Westnoordwest

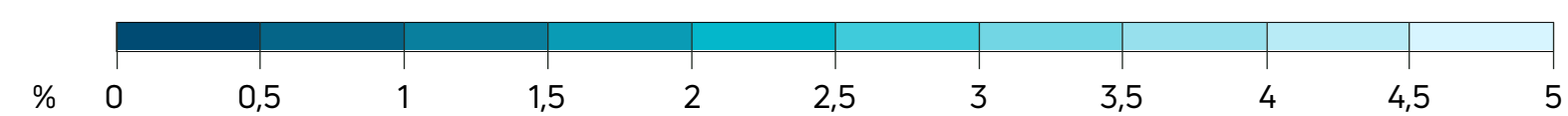


Windrichting:
330° Noordnoordwest



N
↑

Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid





Actiflow BV

Tramsingel 1

4814 AB Breda

+31 (0)76 5422 220

contact@actiflow.com

www.actiflow.com