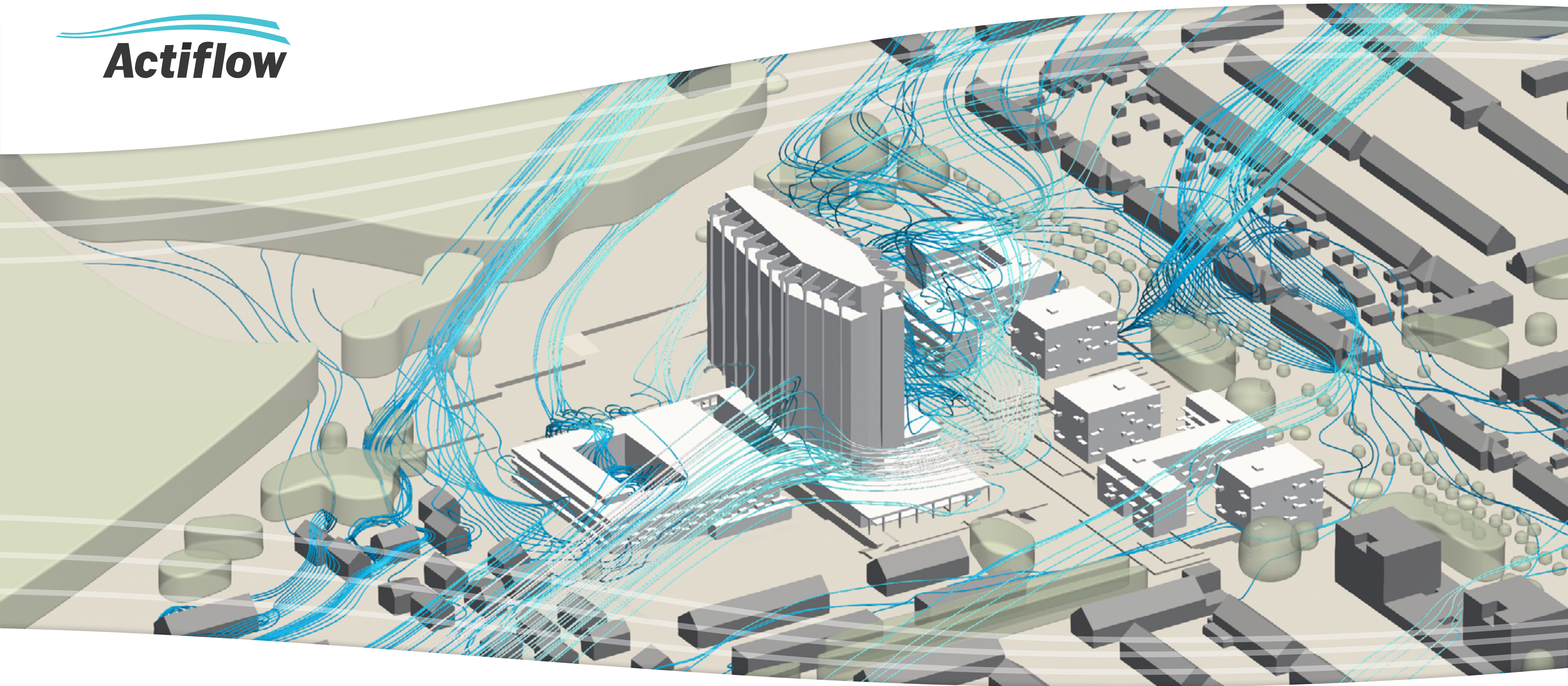




VB-terrein te Eindhoven

CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

VB-terrein te Eindhoven
CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Opdrachtgever
Contactpersoon opdrachtgever

VB Gebouw Grond B.V.
[Redacted]

Projectnummer
Rapportversie
Status
Datum

7423
1.1
Definitief
31 oktober 2023
©2023 [Actiflow BV](#)

Auteur(s)

[Redacted]

Controleur

[Redacted]

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

Inhoudsopgave

1. Introductie	4	5. Analyse en discussie	24
2. Normstelling	6	5.1 Stromingsfenomenen	
2.1 Windhinder en windgevaar		5.2 Aanbevelingen	
2.2 Classificatie en beoordeling van windhinder en windgevaar		6. Conclusie	27
2.3 Gemeentelijk beleid			
2.4 Windcomfort en windgevaar private buitenruimten			
3. Opzet van de berekening	10	A Inlegvel NEN 8100:2006	28
3.1 3D-Model en rekenrooster		B Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid	29
3.2 Vegetatie		C Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld	30
3.3 Methodiek		D Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen	34
3.4 Software		E Windklimaat private buitenruimten	46
3.5 Aannames en randvoorwaarden			
4. Resultaten	13		
4.1 Windklimaat openbare buitenruimte			
4.2 Windklimaat private buitenruimte			

1 Introductie

Voorliggende rapportage omschrijft een windonderzoek uitgevoerd door **Actiflow** in opdracht van VB Gebouw Grond B.V. voor de beoogde herontwikkeling van het VB-terrein te Eindhoven.

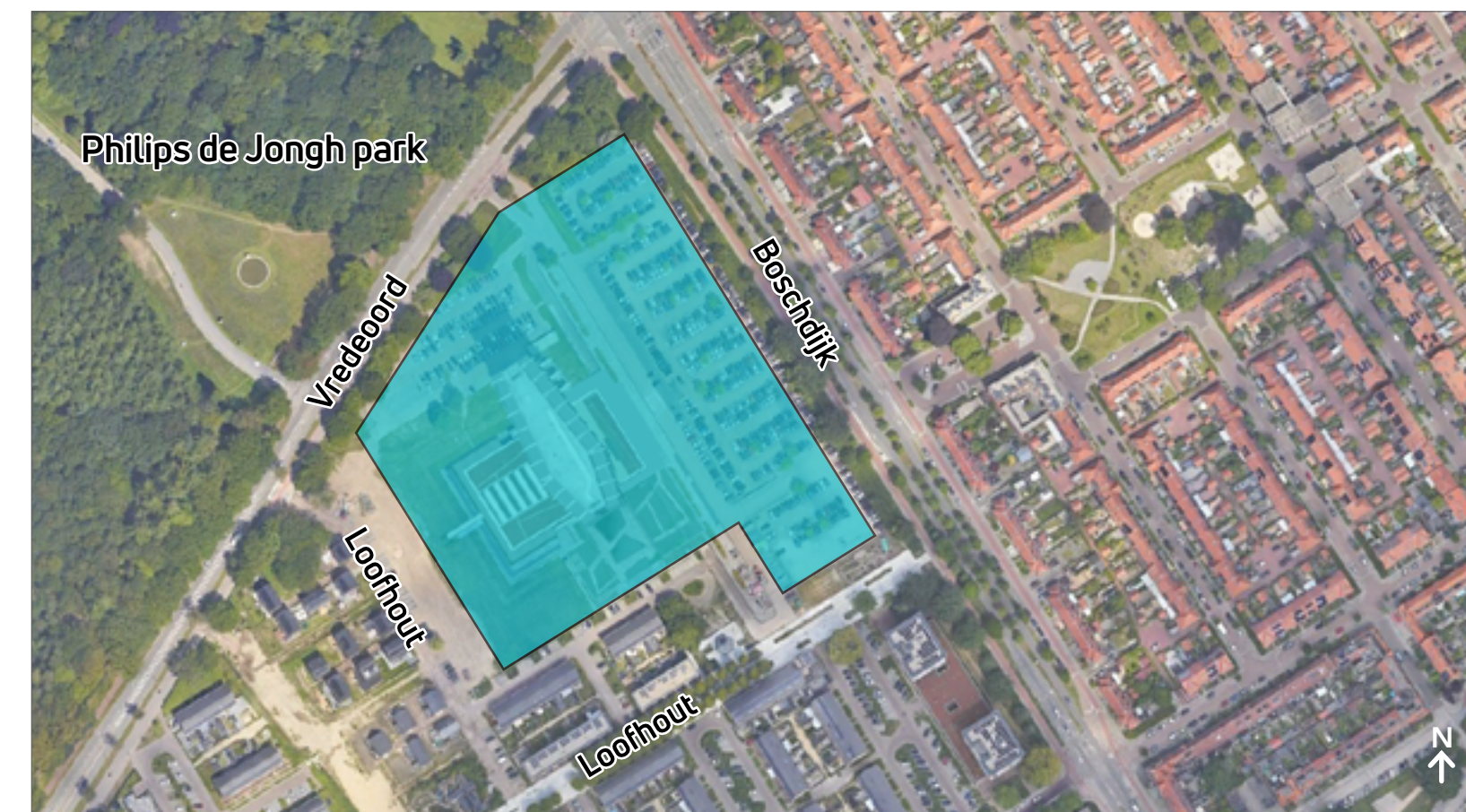
Het plangebied omvat de herbestemming en gedeeltelijke nieuwbouw van het VB-gebouw (voormalig Philips hoofdkantoor) en de nieuwbouw van een reeks appartementencomplexen aan de Boschdijk. Het gebied wordt omsloten door de straten Vredeoord, de Boschdijk en de Loofhout. De directe omgeving wordt overwegend gekenmerkt door residentiële laagbouw en het Philips de Jongh park ten noordwesten (zie figuur 1.1).

In de toekomstige situatie blijft het hoogbouwvolume van het VB-gebouw gehandhaafd. De onderbouw wordt aan de achterzijde uitgebreid met een maximale hoogte van 12 m. De beoogde nieuwbouw aan de Boschdijk reikt tot een maximale hoogte van 19 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 zowel de openbare als private 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:
Locatie van het
plangebied VB-terrein
(bron: Google Maps)

Figuur 1.2:
Impressie van
het model van de
bestaande situatie
(links) en toekomstige
situatie (rechts)

Zicht vanuit het zuiden



(a)
Bestaande situatie



(b)
Toekomstige situatie

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 onderscheidt 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. Met lokaal beleid kunnen gemeenten hier zelf een eigen invulling aan geven.

De gemeente Eindhoven heeft de "Beleidsregel gemeentelijke normen windhinder" vastgesteld. Deze beleidsregel ziet op de situatie dat nieuwe hoge gebouwen in de stad worden toegevoegd en is niet van toepassing op een situatie als de onderhavige waarin nabij een hoog gebouw lagere gebouwen worden gerealiseerd. In het kader van een goede ruimtelijke ordening dient bij nieuwe ontwikkelingen zoals de onderhavige waarbij nieuwbouw wordt gerealiseerd, wel in voldoende mate komen vast te staan dat op de betreffende locaties geen sprake is van een onaanvaardbaar windklimaat. Tegen deze achtergrond is onderhavig onderzoek uitgevoerd, waarbij waar mogelijk aansluiting wordt gezocht bij hetgeen in de beleidsregel is bepaald om een zo goed mogelijk windklimaat te bereiken.

2.4 Windcomfort en windgevaar private buitenruimten

NEN 8100:2006 geldt enkel voor de openbare buitenruimte en geeft geen houvast voor private buitenruimten, zoals balkons en (dak)terrassen. Voor deze laatste ruimten hanteert **Actiflow** een eigen beoordelingsmethode die is opgesteld op basis van eigen ervaring en enkele buitenlandse richtlijnen. De criteria sluiten zoveel als mogelijk aan op NEN 8100:2006, maar met enkele belangrijke wijzigingen. De criteria die **Actiflow** gebruikt voor private buitenruimten worden samengevat in tabellen 2.3 en 2.4 waar:

- “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. Van windgevaar is enkel sprake bij een overschrijding van 15 m/s (conform NEN 8100:2006).

Tabel 2.3: Classificatie en beoordeling van het lokale windklimaat voor windcomfort op private buitenruimten

Overschrijdingskans (Lokaal windsnelheid > 5 m/s) (% van het aantal uren per jaar)	Windhinderklasse conform NEN8100	Beoordeling
< 5 % (< 438 uren)	A & B	Goed
5 - 10 % (438-876 uren)	C	Matig
> 10 % (> 876 uren)	D & E	Slecht

Tabel 2.4: Classificatie en beoordeling van het lokale windklimaat voor windgevaar op private buitenruimten

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

Voor de private buitenruimten is het aannemelijk dat de gebruikers hiervan veelal zittend gebruik maken van de ruimte. In afwijking van NEN 8100:2006 zal toetsing dan ook plaats vinden op een hoogte van 1,10 m boven het vloeroppervlak, wat overeenkomt met de hoofdhoogte van een zittend persoon. De beoordeling van het windklimaat op private buitenruimten is minder streng dan de beoordeling voor langdurig zitten in de publieke ruimte. Hiervoor zijn verschillende redenen:

1. Private buitenruimten worden met name in de zomerperiode (april t/m september) worden. Resultaten op basis van NEN 8100:2006 zijn echter het resultaat van een middeling over het hele jaar, aangezien de bijbehorende NPR 6097:2006 enkel jaargemiddelde waarden beschikbaar stelt. Daarom kunnen de gesimuleerde windcondities worden gezien als “worst case”.
2. Private buitenruimten worden niet enkel gebruikt voor langdurig zitten, maar ook vaak voor kortstondig gebruik. In dat geval is windhinderklasse C aanvaardbaar.
3. Voor private buitenruimten geldt dat mensen zelf kunnen kiezen of zij de ruimte willen gebruiken wanneer het waait. Dit in tegenstelling tot plaatsen in de publieke ruimte zoals trottoirs, bushaltes en gebouw-entrees waar mensen moeten komen ongeacht de windcondities. Deze 'keuzevrijheid' leidt tot de mogelijkheid om windrijke gebieden te vermijden en hiermee tot een hogere acceptatiegrens.

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 onze onderzoeken 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

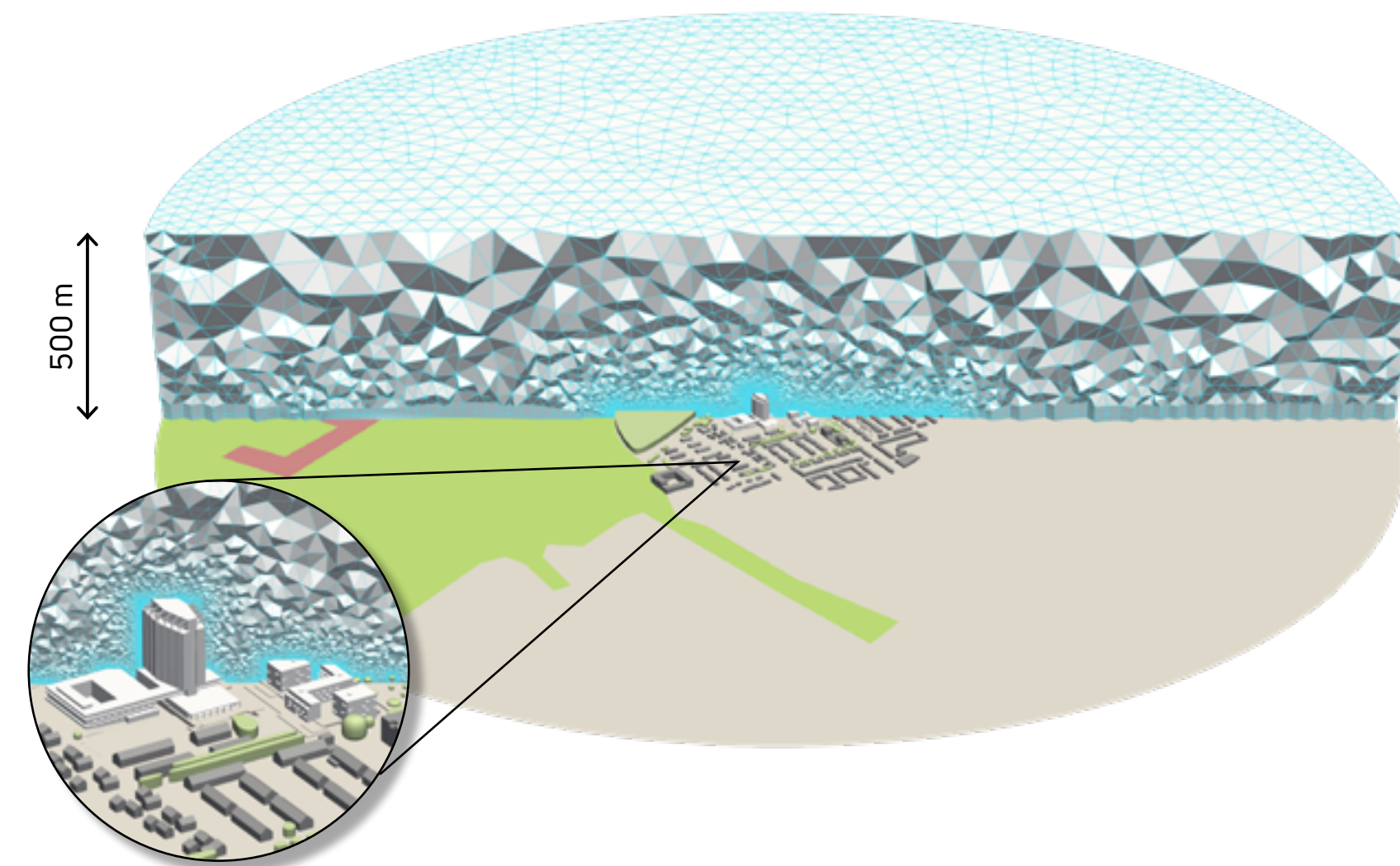
De geometrie van de modellen is gebaseerd op de verkregen tekeningen en 3D-modellen van de opdrachtgever. De modellen omvatten alle gebouwen binnen een straal van minimaal 400 m. Dit betreft de bestaande situatie en de toekomstige situatie na toevoeging van de nieuwbouw in figuur 1.2 en 3.1.

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 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 52 869 309 cellen in het model van de bestaande situatie en 84 508 053 cellen in het model van de toekomstige situatie. 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.



Figuur 3.1:
Impressie van het
geometrisch model
van de toekomstige
situatie.
Zicht vanuit het zuiden



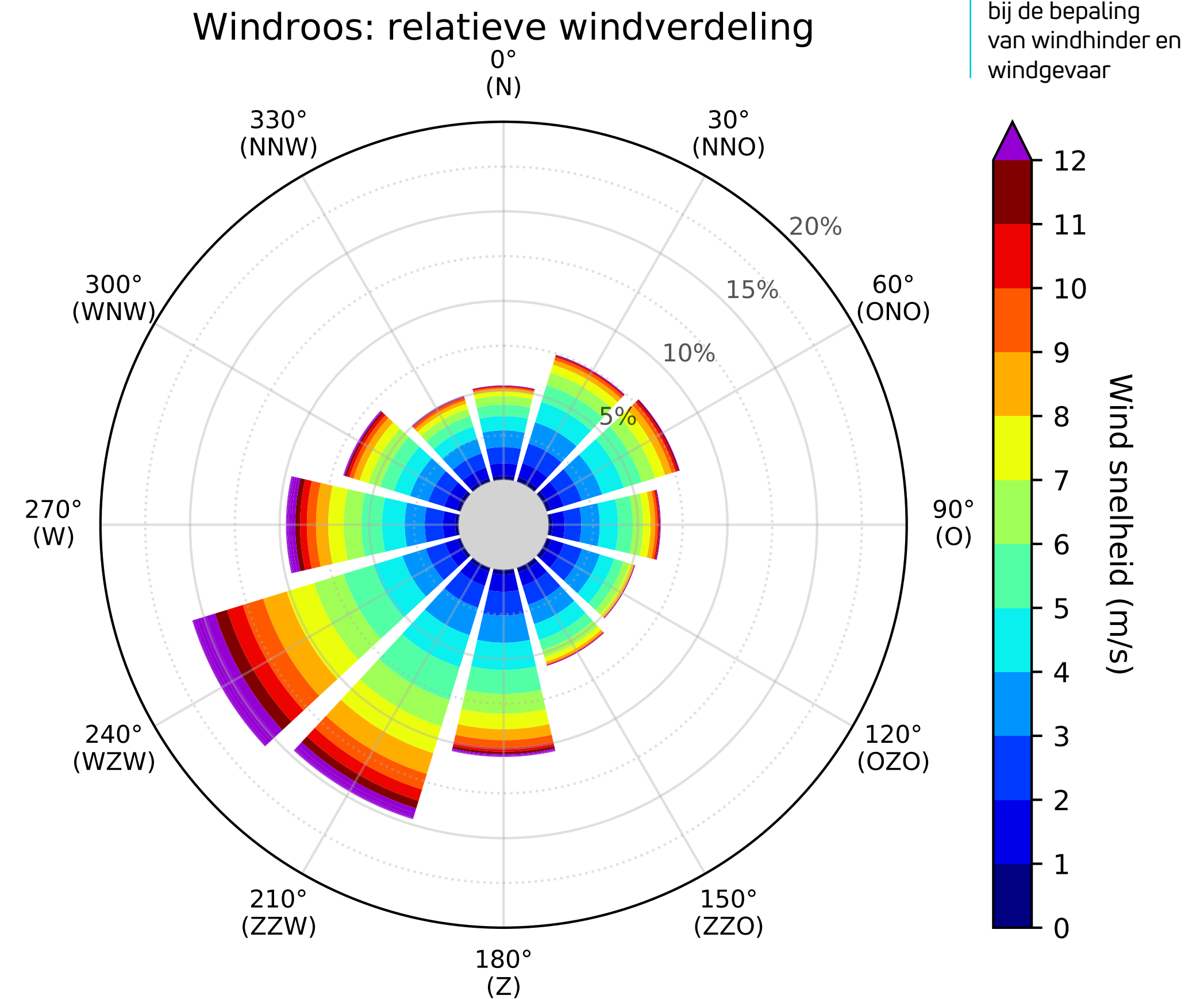
Figuur 3.2:
Doorsnede van het
rekenrooster van de
toekomstige situatie.
Zicht vanuit het zuiden

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). De groenblijvende hagen en struiken worden in beide studies beschouwd als bladdragend. 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 v2212, 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

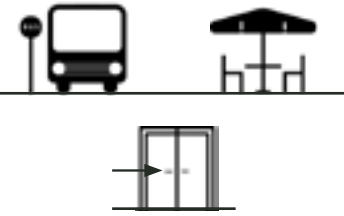
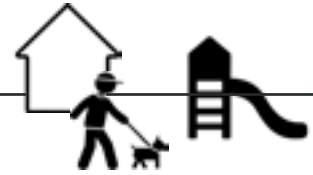
4.1 Windklimaat openbare buitenruimte

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 gebouwentrees, 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				

Bestaande situatie

De resultaten geven weer dat in de bestaande situatie een sterk gevarieerd windklimaat optreedt op de projectlocatie. De optredende condities rondom het VB-gebouw worden gekenmerkt door windhinderklasse A t/m D, met twee zones waarin windhinderklasse E optreedt (zie figuur 4.1a).

Windluwe condities (windhinderklasse A en B) zijn zichtbaar aan de oostzijde van de hoogbouw ter plaatse van de hoofdingang en aan de westzijde van de onderbouw van het VB-gebouw. Deze condities resulteren in de zones met windhinderklasse A in een goed comfortniveau voor alle voetgangersactiviteiten. De zones met windhinderklasse B geven een goed comfortniveau voor de activiteiten doorlopen en slenteren (zie figuur 4.2).

Windrijkere condities (windhinderklasse C en D) zijn overwegend zichtbaar aan noordelijke kopgevel en op het naastgelegen parkeerterrein, en ten zuiden van de hoogbouw met enige uitloop richting het oosten (beoogde planlocatie van de nieuwbouw). Een aanzienlijk deel van het plangebied, met name nabij beide kopgevels van de hoogbouw, leent zich niet voor voetgangersactiviteiten anders dan doorlopen (windhinderklasse D) (zie figuur 4.2). De openbare ruimte is momenteel dan ook niet ingericht als verblijfsgebied.

In de onderdoorgang nabij de noordelijke kopgevel (1) treden twee zones op welke gekenmerkt worden door windhinderklasse E. Deze condities resulteren in een slecht comfortniveau voor alle voetgangersactiviteiten (zie figuur 4.2a). Op het plein nabij de zuidelijke kopgevel (2) treedt een zone op met vergelijkbare condities. Echter is deze zone dermate klein dat deze als verwaarloosbaar wordt beschouwd.

Ter plaatse van de voornoemde onderdoorgang wordt een beperkt risico op windgevaar verwacht in de bestaande situatie. Elders in het plangebied bestaat geen risico op windgevaar in de openbare buitenruimte (zie figuur 4.3a).

Toekomstige situatie

De invloed van de nieuwbouw op het lokale windklimaat wordt weergegeven in figuur 4.1b. In de toekomstige situatie treedt een vergelijkbaar sterk gevarieerd windklimaat op welke, net als in de bestaande situatie, wordt gekenmerkt door windhinderklasse A t/m D. De zones met windhinderklasse E nabij de noordelijke kopgevel (1) blijven ook in de toekomstige situatie gehandhaafd, maar zijn in omvang verminderd. Daarentegen wordt er wel een toename waargenomen in windrijkere condities aan de noord- en oostzijde van het VB-gebouw richting de Vredeoord en Boschdijk (zie figuur 4.1b).

In de toekomstige situatie treden windluwe condities (windhinderklasse A en B) op ter plaatse van de achterbouw en aan de oostzijde (voorzijde) van de hoogbouw van het VB-gebouw, en overwegend de ruimtes tussen de volumes van de beoogde nieuwbouw aan de Boschdijk die bedoeld zijn als semi-openbare binnentuinen voor bewoners, waar ook entrees zullen worden gesitueerd. Deze condities lenen zich wederom uitstekend voor alle voetgangersactiviteiten binnen een zone met windhinderklasse A. De zones met windhinderklasse B geven een goed comfortniveau voor de activiteiten doorlopen en slenteren (zie figuur 4.2). In de onderdoorgangen in de nieuwbouw aan de Boschdijk heersen deze windluwe condities ook, met uitzondering van enkele zones met windhinderklasse C. Deze zones lenen zich uitsluitend voor de beoogde verkeersfunctie in deze onderdoorgangen, namelijk doorlopen. Ook de nieuwe campusstraat tussen de achterbouw en hoogbouw van het VB-gebouw is met maximaal windhinderklasse C geschikt voor het beoogde gebruik als verkeersfunctie.

Aan de zuidzijde van het VB-gebouw (huidige daktuin op bestaande kelder) neemt de mate van windhinder af als gevolg van de mogelijke uitbreiding van de gebouwplint aan deze zijde (2). De condities daar worden voornamelijk gekenmerkt door windhinderklasse C.

Het gebied tussen het VB-gebouw en de nieuwe appartementen aan de Boschdijk (3) verandert in de toekomstige situatie qua windklimaat. Het gebied met hoofdzakelijk windhinderklasse C in de bestaande situatie wordt als gevolg van de nieuwe volumes kleiner en meer gefragmenteerd. De optredende condities blijven overwegend gekenmerkt door windhinderklasse C, met enkele kleine zones windhinderklasse D (lichte stijging ten opzichte van de bestaande situatie). Dit treedt op ter plekke van de boulevard die hoofdzakelijk is bedoeld als verkeersfunctie voor fietsers en voetgangers.

In figuur 4.4 is de kaart met windhinder in de toekomstige situatie gelegd over de indicatieve plankaart als beeld van de toekomstige functies.

Ter plaatse van de bestaande woningen direct gelegen naast het plangebied (aan de Loofhout, de Douglasshout en aan de overzijde van de Boschdijk) blijven de optredende condities in de toekomstige situatie nagenoeg ongewijzigd. De ontwikkeling heeft derhalve geen significante invloed op het lokaal windklimaat nabij de omliggende woningen.

Conditie welke gekenmerkt worden door windhinderklasse C lenen zich enkel voor de activiteiten doorlopen en slenteren. Voor windhinderklasse D geldt dat deze condities zich uitsluitend lenen voor de activiteit doorlopen in het plangebied. Windhinderklasse E geeft aan dat windhinder zal optreden ongeacht de activiteit. Dergelijke condities dienen bij voorkeur te worden vermeden. Dit is voor zowel de bestaande situatie en als de toekomstige situatie vertaald in figuur 4.2.

Een aanzienlijk deel van de openbare buitenruimte in het plangebied zal, zonder het treffen van aanvullende maatregelen, ook in de toekomstige situatie zich matig tot slecht lenen als verblijfsgebied voor voetgangers. Dit geldt met name voor het parkeerterrein ten noorden van het VB-gebouw (1) welke wordt gehandhaafd in het voorliggend ontwerp, deze wordt als matig voor de activiteit doorlopen beoordeeld. Dit wordt als acceptabel voor de functie geacht.

Naast de nieuwe uitbreiding van de gebouwplint (2) wordt de huidige daktuin op de bestaande kelder kleiner (indien deze uitbreiding gerealiseerd wordt) maar wordt nog steeds als matig beoordeeld voor de activiteit slenteren en slecht voor lang zitten. Met de aanbevelingen gedaan in paragraaf 5.2 kan dit enigszins verbeterd worden. De maatregelen kunnen echter niet een matig windklimaat naar het niveau van een goed windklimaat brengen.

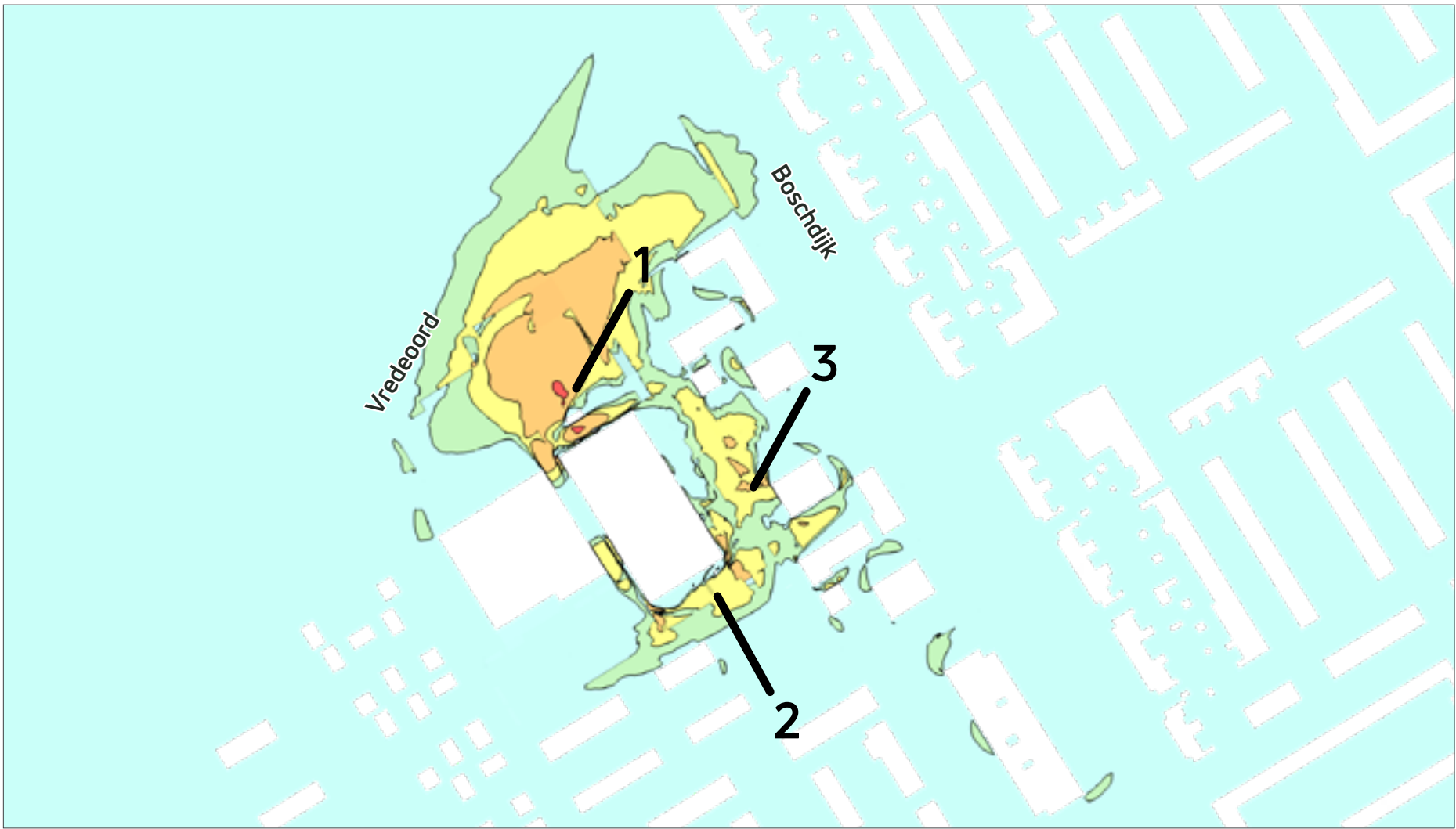
Het gebied tussen het VB-gebouw en de nieuwbouwappartementen (3) waar in het huidig ontwerp een boulevard is voorzien, blijft (op een paar kleine 'matige' plekken na) geschikt voor doorlopen, matig (en op een aantal plekken slecht) voor slenteren en matig / slecht voor lang zitten. Met de aanbevelingen gedaan in paragraaf 5.2 kan dit enigszins verbeterd worden. Ook hier geldt dat de maatregelen een matig windklimaat niet naar het niveau van een goed windklimaat kunnen brengen.

In de toekomstige situatie geldt geen risico op windgevaar in de openbare buitenruimte (zie figuur 4.3b).

Figuur 4.1:
Windhinder op
voetgangsniveau in
de bestaande situatie
(links) en toekomstige
situatie (rechts)

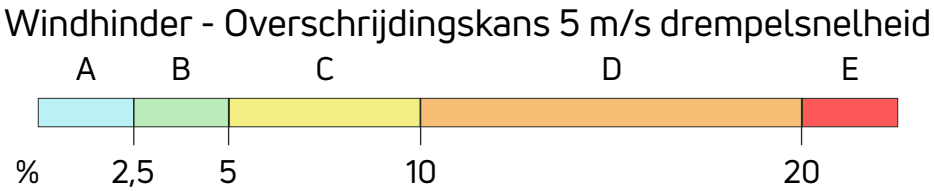


(a)
Bestaande situatie

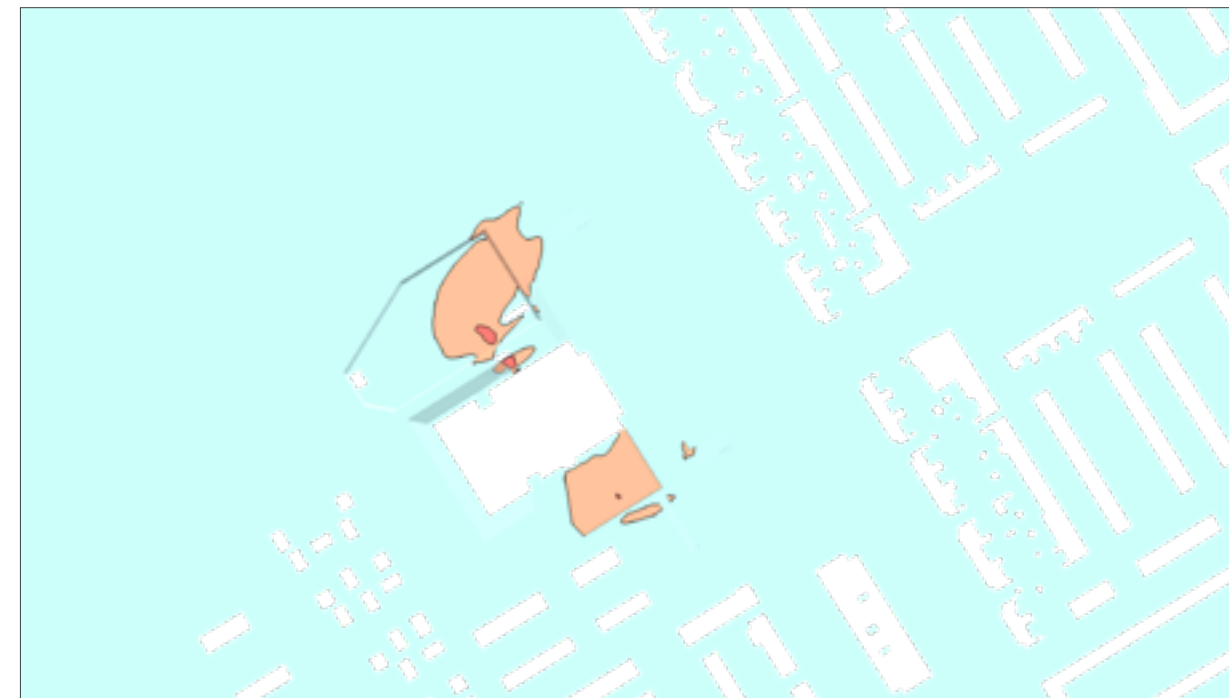


(b)
Toekomstige situatie

N
↑



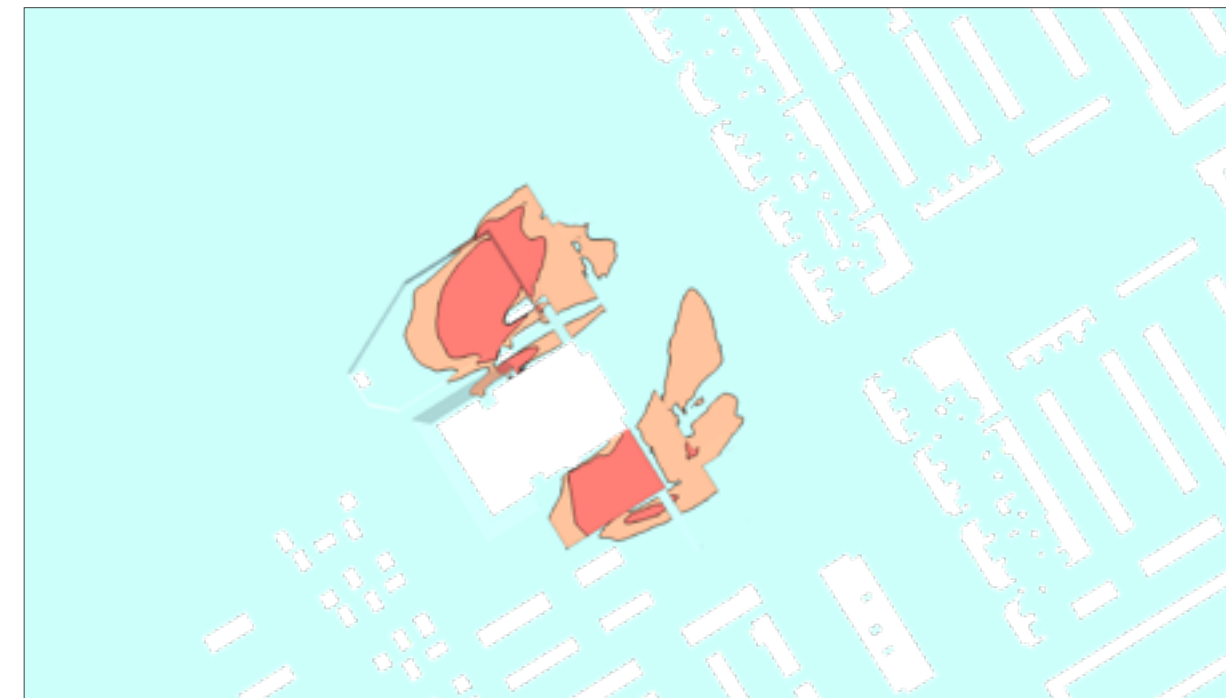
Bestaande situatie



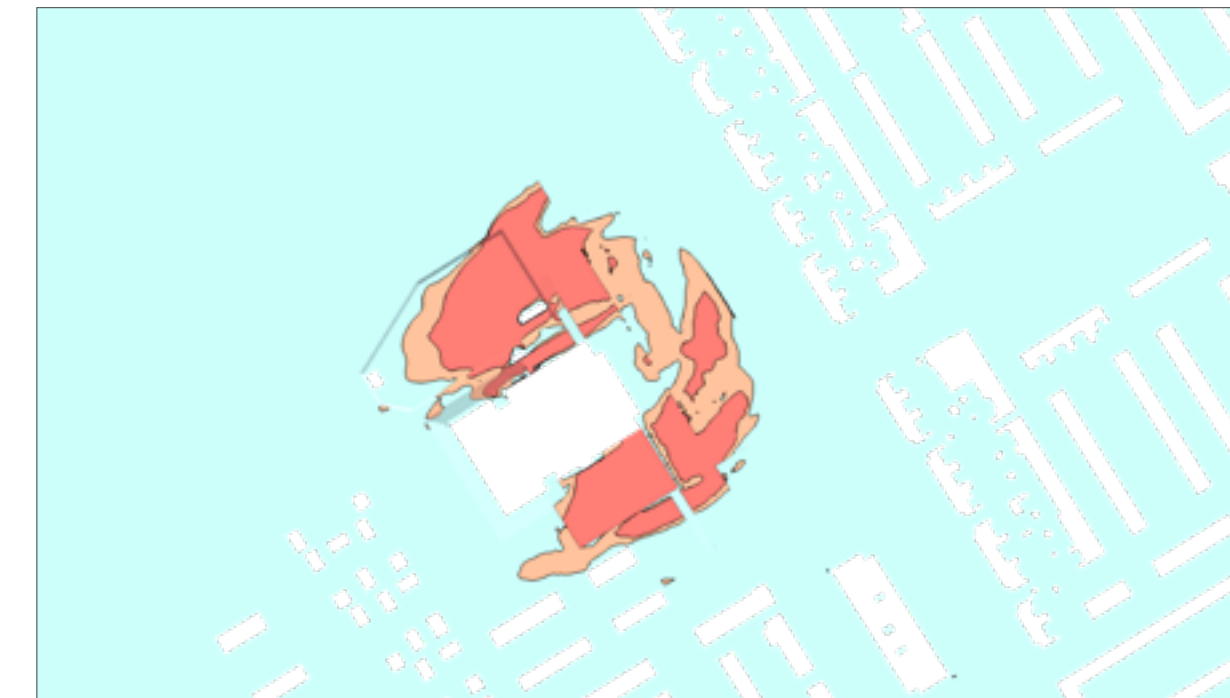
Toekomstige situatie



(a)
Beoordeling activiteit doorlopen



(b)
Beoordeling activiteit slenteren

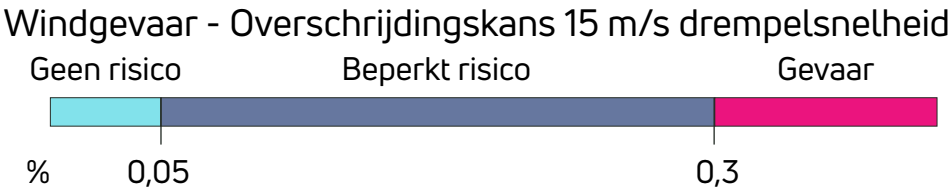
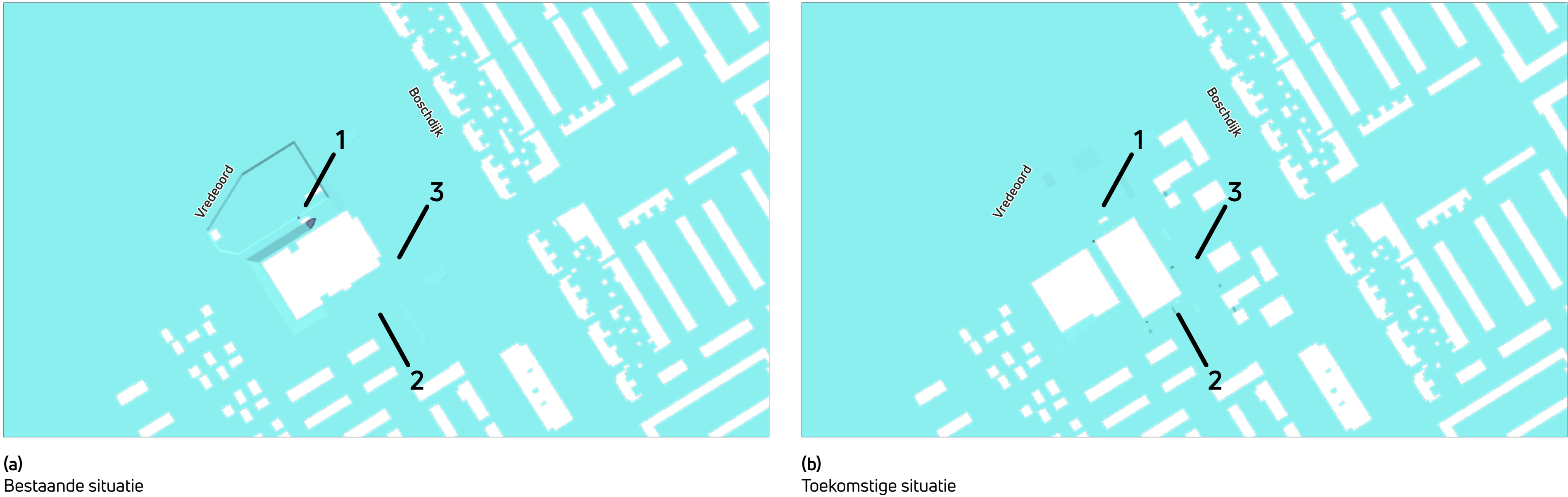


(c)
Beoordeling activiteit lang zitten (situatie bladdragend)



Figuur 4.2:
Windhinder op voetgangersniveau voor drie verschillende activiteiten in de bestaande situatie (boven) en toekomstige situatie (beneden)

Figuur 4.3:
Windgevaar op
voetgangsniveau in
de bestaande situatie
(links) en toekomstige
situatie (rechts)





Figuur 4.4:
Windhinder op voetgangersniveau in de toekomstige situatie, zichtbaar gemaakt op de indicatieve plankaart.

4.2 Windklimaat private buitenruimte

Actiflow hanteert de volgende richtlijnen om te bepalen of het windklimaat op een balkon of terras voldoet:

1. Minimaal 75 % van het oppervlak van het terras of balkon moet bestaan uit windhinderklasse A of B. Maximaal 25 % van het oppervlak mag bestaan uit windhinderklasse C. Bij deze beoordeling nemen wij aan dat gebruikers van de buitenruimte kunnen kiezen waar men gaat zitten. Het is veelal mogelijk om stoelen en een tafel te verplaatsen naar een windluw stuk van het balkon of terras.
2. Windgevaar (overschrijding van 15 m/s) moet te allen tijde vermeden worden op private buitenruimtes.

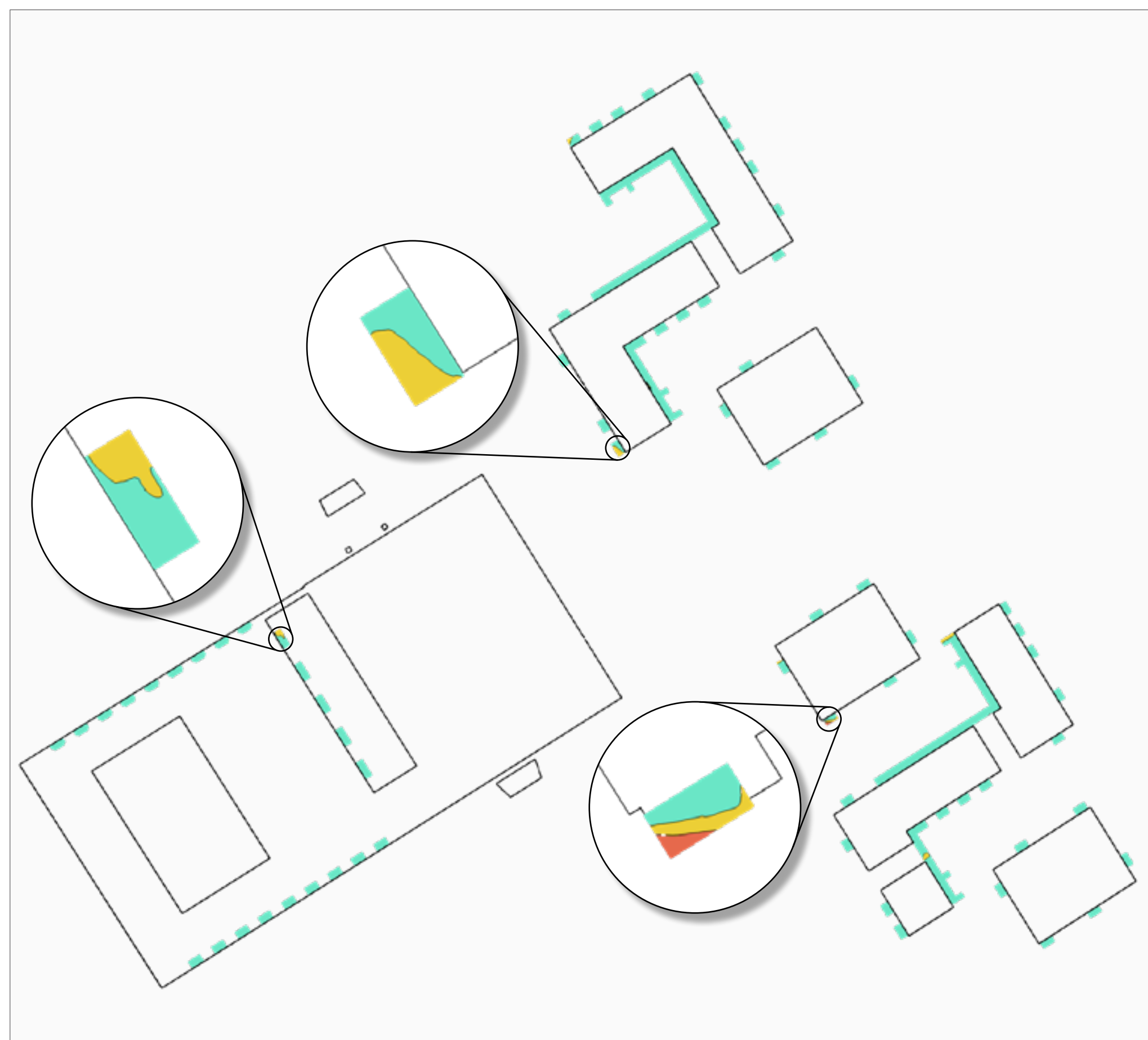
In bijlage E zijn per verdieping de resultaten weergegeven voor windhinder en windgevaar op alle private buitenruimten in het ontwerp.

De resultaten laten zien dat de balkons op de hoeken van de nieuwbouw aan de Boschdijk (vrijstaande bouwblokken) het voornaamste aandachtspunt vormen binnen het voorliggend ontwerp. Zes balkons vallen voor meer dan 25 % van het oppervlak binnen windhinderklasse C. Deze buitenruimten worden als matig beoordeeld in relatie tot zowel langdurig als kortstondig gebruik.

In het ontwerp van de nieuwbouw zijn tevens twee balkons gevonden waar gedeeltelijk windhinderklasse D wordt verwacht. Het windklimaat wordt aldaar als slecht beoordeeld. De betreffende balkons bevinden zich op een ongunstig gesitueerde zuidelijke hoek, boven elkaar gelegen op de tweede en vierde verdieping, zoals weergegeven in figuur 4.5 en 4.6.

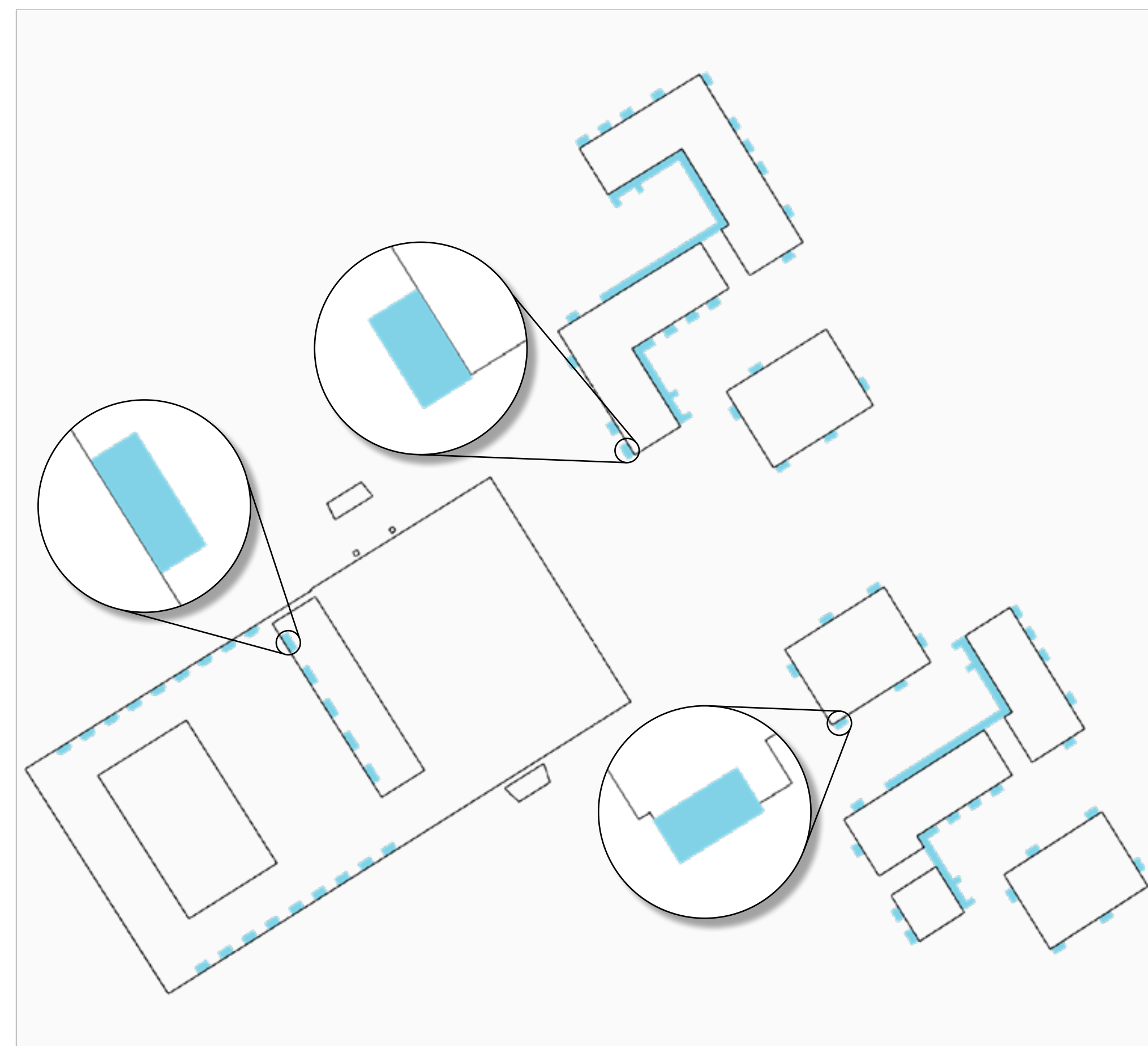
In hoofdstuk 5 is een aanvullende analyse opgenomen van de optredende luchtstromingen langs deze balkons. Ook worden aanbevelingen gedaan voor maatregelen om het windklimaat op deze private buitenruimten te verbeteren. Windhinderklasse C komt nog in beperkte mate voor op een aantal galerijen. Aangezien galerijen een verkeersfunctie hebben is dit acceptabel. De resultaten wijzen uit dat alle overige private buitenruimten voldoen aan de toetsingscriteria.

In de toekomstige situatie bestaat geen risico op windgevaar ter plaatse van de private buitenruimten (figuur 4.5 t/m 4.7).



Windcomfort - Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid

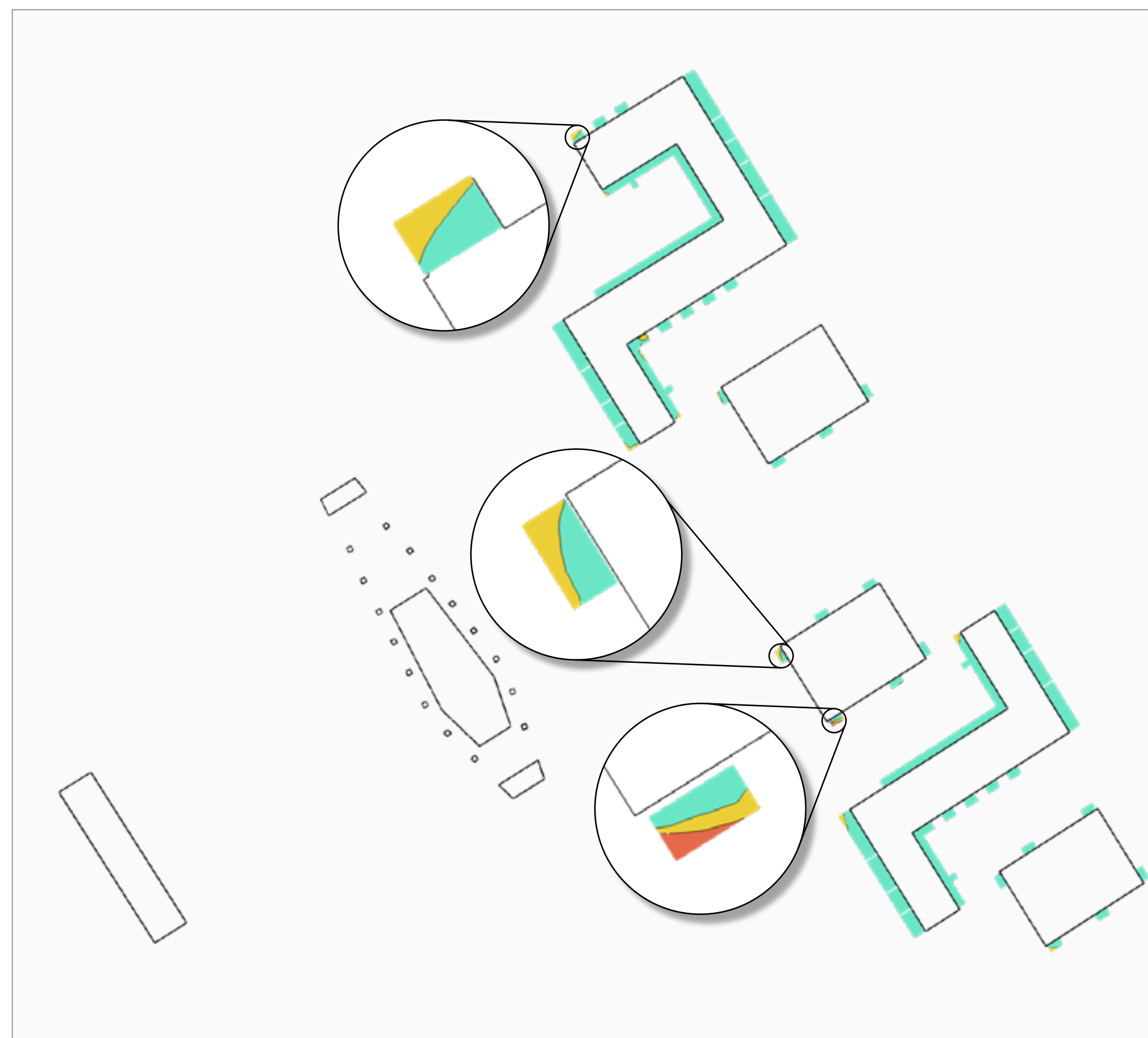
Goed	Matig	Slecht
0%	5%	10%



Windgevaar - Overschrijdingskans 15 m/s drempelsnelheid

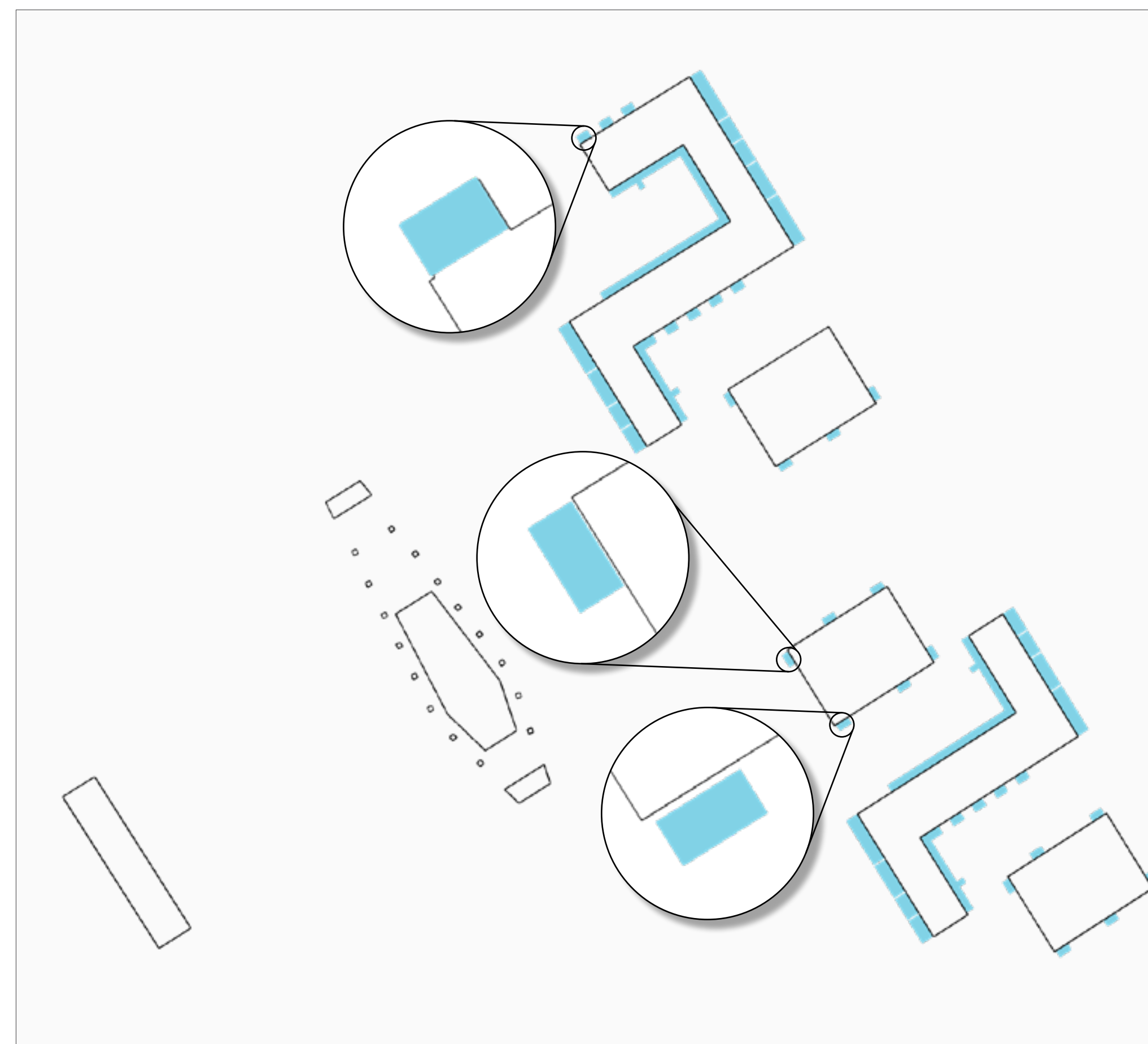
Geen risico	Bepikt risico & Gevaar
0%	0,05%

Figuur 4.5:
Windhinder (links) en
windgevaar (rechts)
private buitenruimten
tweede verdieping



Windcomfort - Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid

Goed	Matig	Slecht
0	5	10
%		

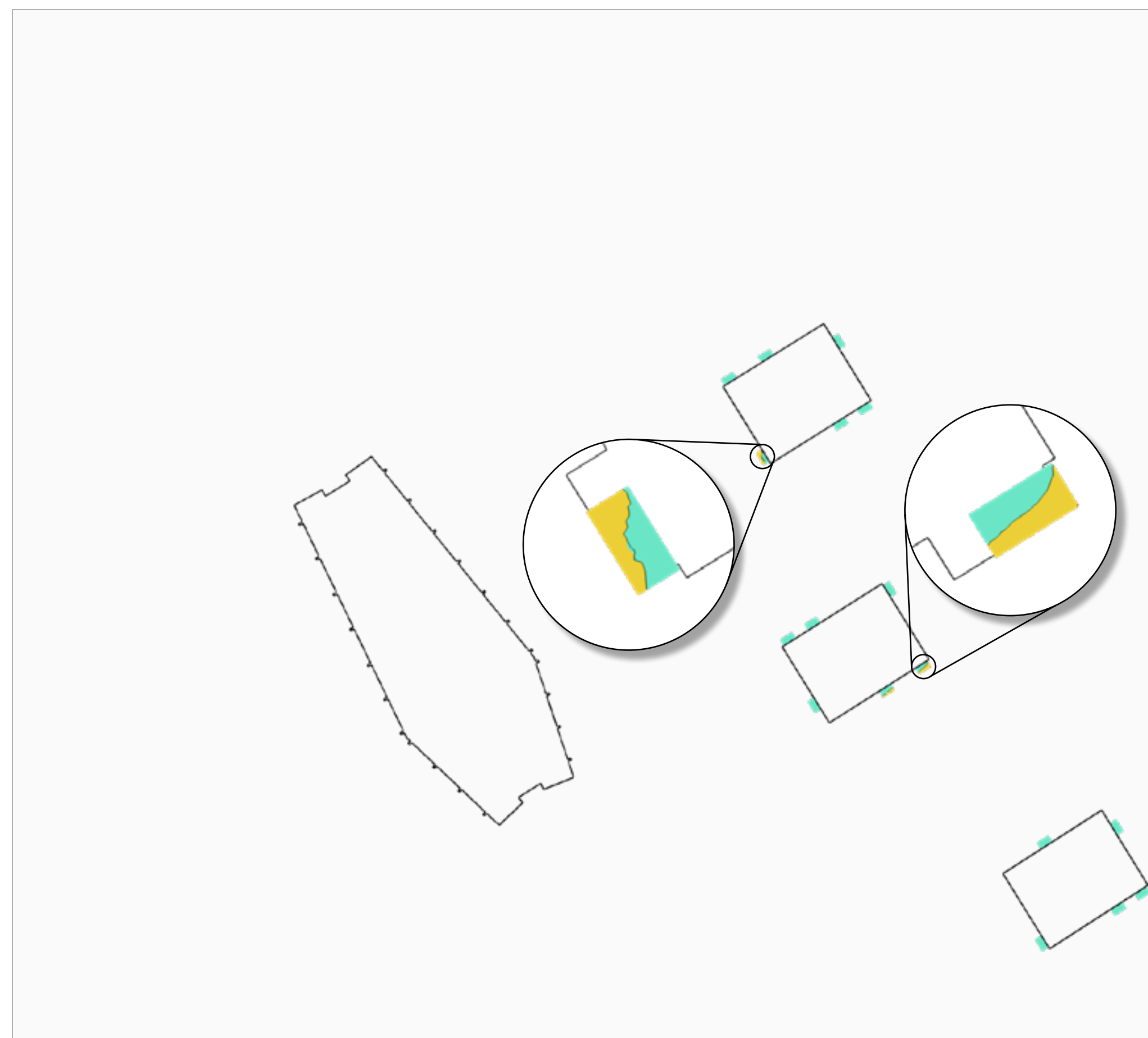


Windgevaar - Overschrijdingskans 15 m/s drempelsnelheid

Geen risico	Beperkt risico & Gevaar
0	0,05
%	

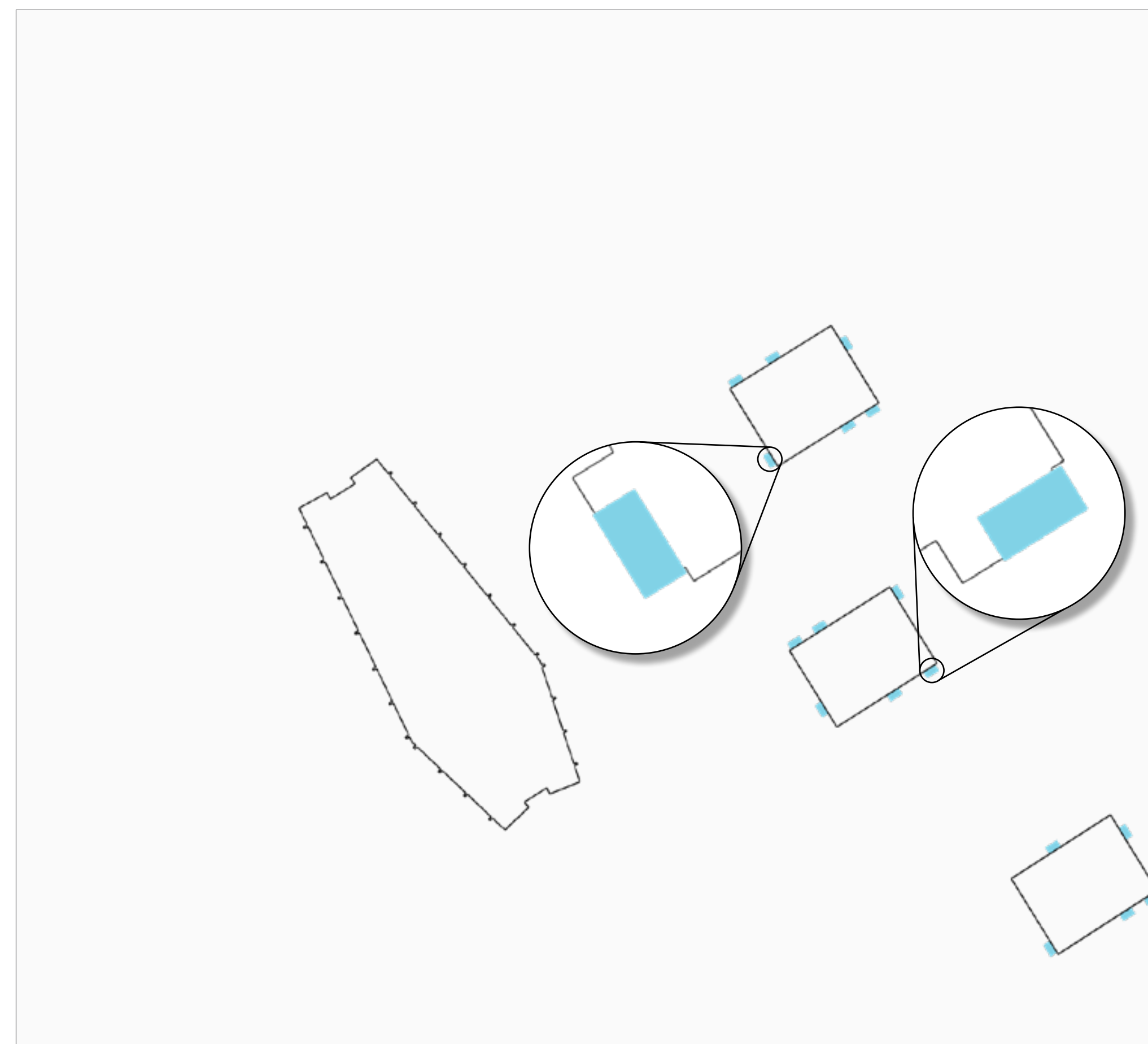
Figuur 4.6:
Windhinder (links) en
windgevaar (rechts)
private buitenruimten
vierde verdieping

N
↑



Windcomfort - Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid

Goed	Matig	Slecht
0	5	10
%		



Windgevaar - Overschrijdingskans 15 m/s drempelsnelheid

Geen risico	Beperkt risico & Gevaar
0	0,05
%	

Figuur 4.7:
Windhinder (links) en
windgevaar (rechts)
private buitenruimten
vijfde verdieping

N
↑

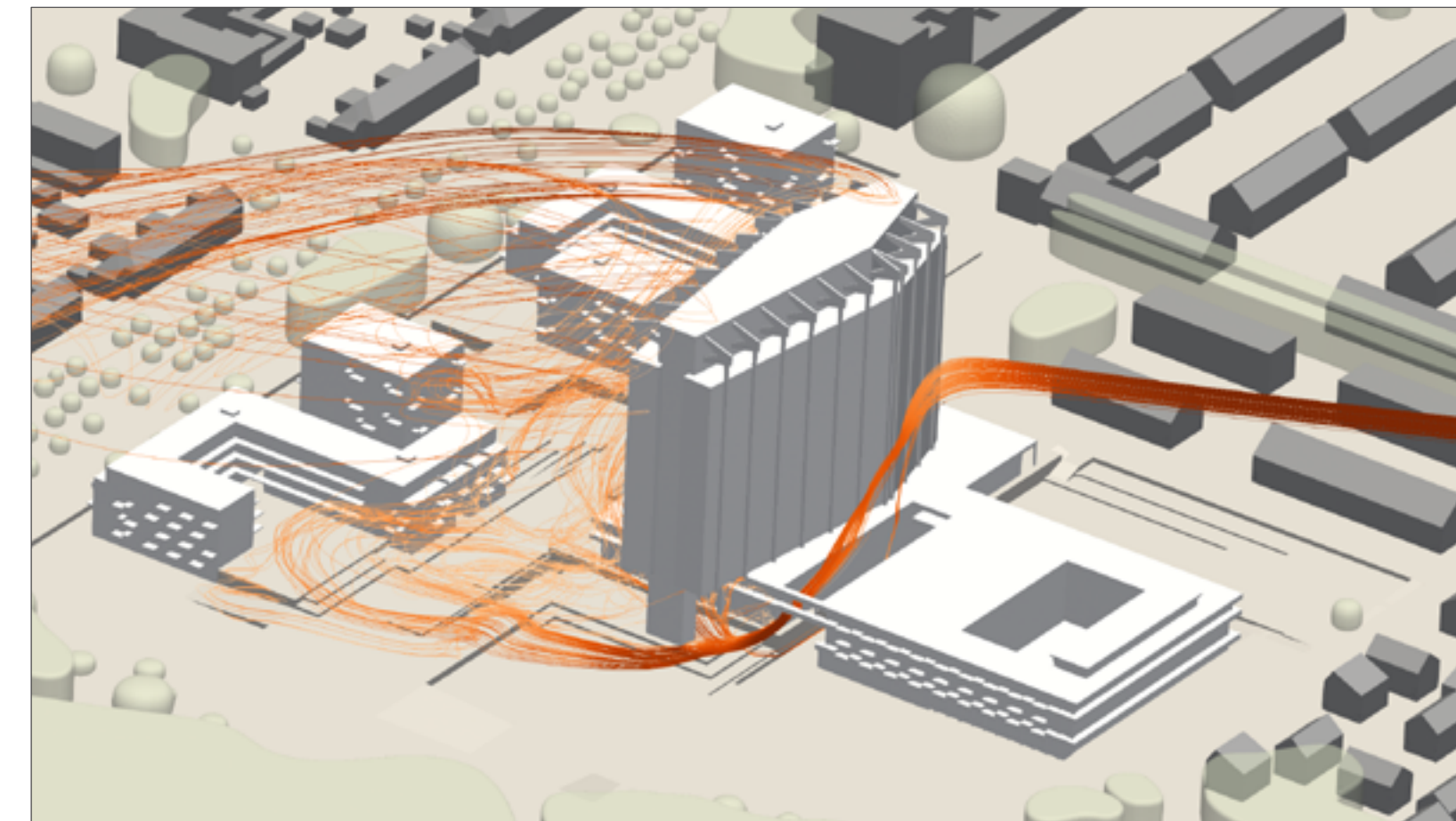
5 Analyse en discussie

5.1 Stromingsfenomenen

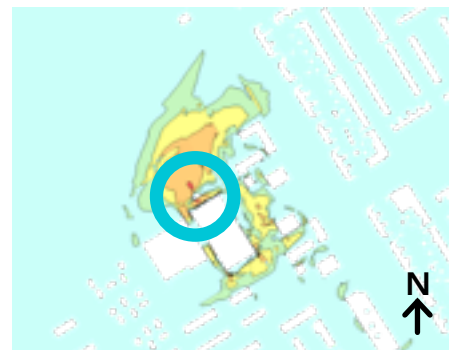
In dit hoofdstuk wordt besproken hoe het in hoofdstuk 4 getoonde windklimaat ontstaat en hoe dit eventueel gemitigeerd kan worden. In bijlage D zijn de overschrijdingskansen voor windhinder per windrichting te zien die ook gebruikt zijn in deze analyse. Hieruit komt naar voren dat wind uit de zuidwestelijke richtingen de grootste invloed heeft 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.

Opgemerkt wordt dat de hoogbouw van het VB-gebouw haaks op de meest voorkomende windrichting is geïoriënteerd. Windhinder op het maaiveld wordt derhalve hoofdzakelijk veroorzaakt door deze ongunstige oriëntatie en de hoogte van het gebouw.

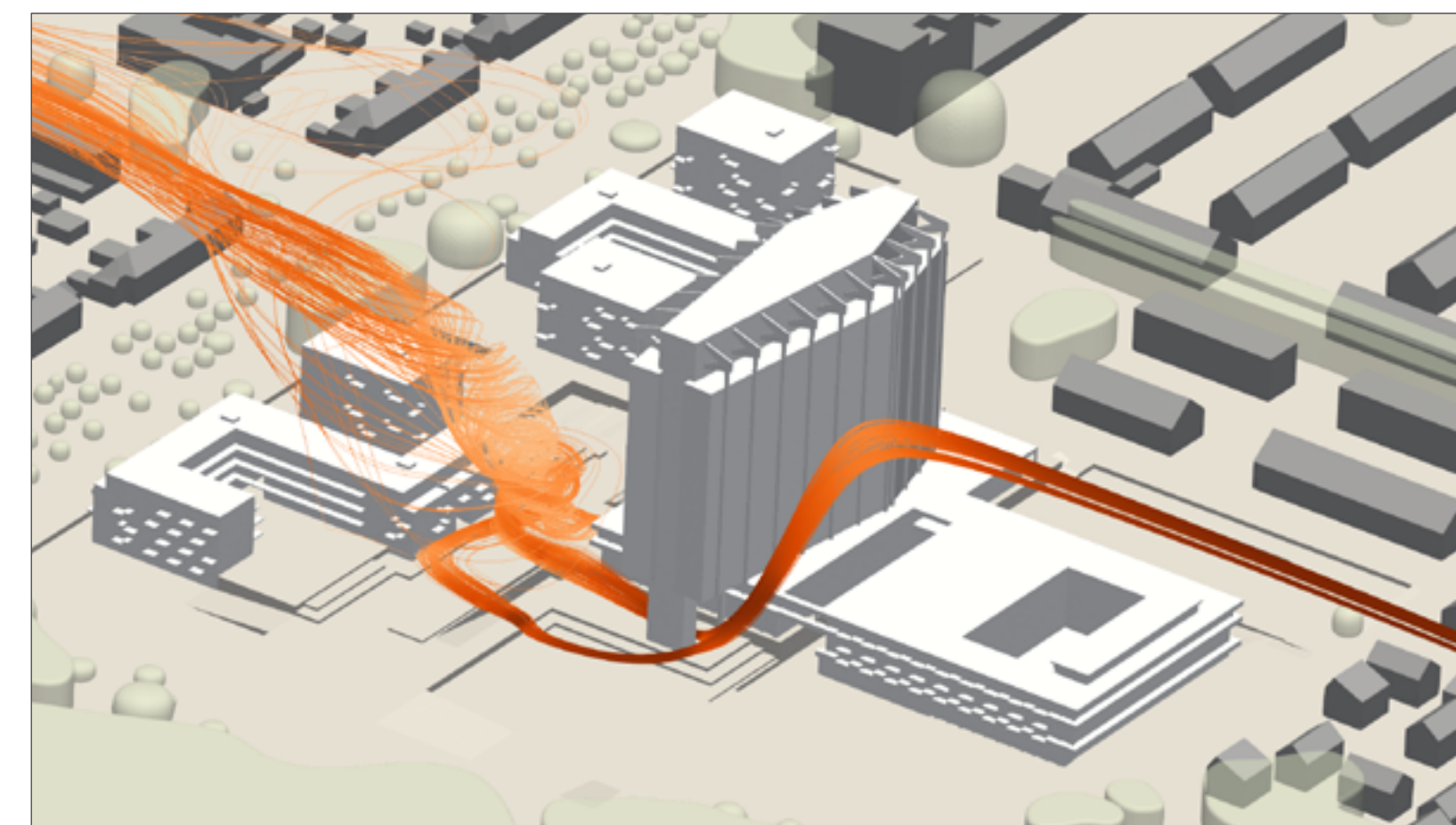
In figuur 5.1 en 5.2 is te zien dat de wind vanuit zuidwestelijke richtingen relatief vrij kan aanstromen en resulteert in een sterke valwind aan de langsgevel van de hoogbouw. De wind wordt afgebogen richting het maaiveld en versnelt daarna om de hoek langs de noordwestgevel van de gebouwplint. Ter plaatse van de onderdoorgang, onder invloed van de structurele kolom, treedt een sterke lokale versnelling op van de wind op maaiveldniveau. Dit wordt veroorzaakt door een combinatie van de valwind, loslating van de luchtstroming op scherpe gebouwhoeken en de structurele kolom. De verhoogde windsnelheden zijn verantwoordelijk voor de windcondities in en nabij de onderdoorgang (windhinderklasse E).



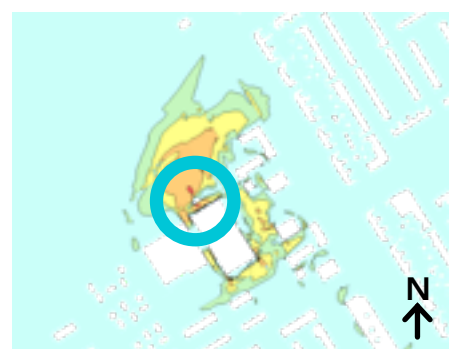
Figuur 5.1:
Stroomlijnen
locatie 1 hoogbouw,
onderdoorgang en
parkeerterrein



Wind vanuit
zuidzuidwesten
laag hoog



Figuur 5.2:
Stroomlijnen
locatie 1 hoogbouw,
onderdoorgang en
parkeerterrein



Wind vanuit
westzuidwesten
laag hoog

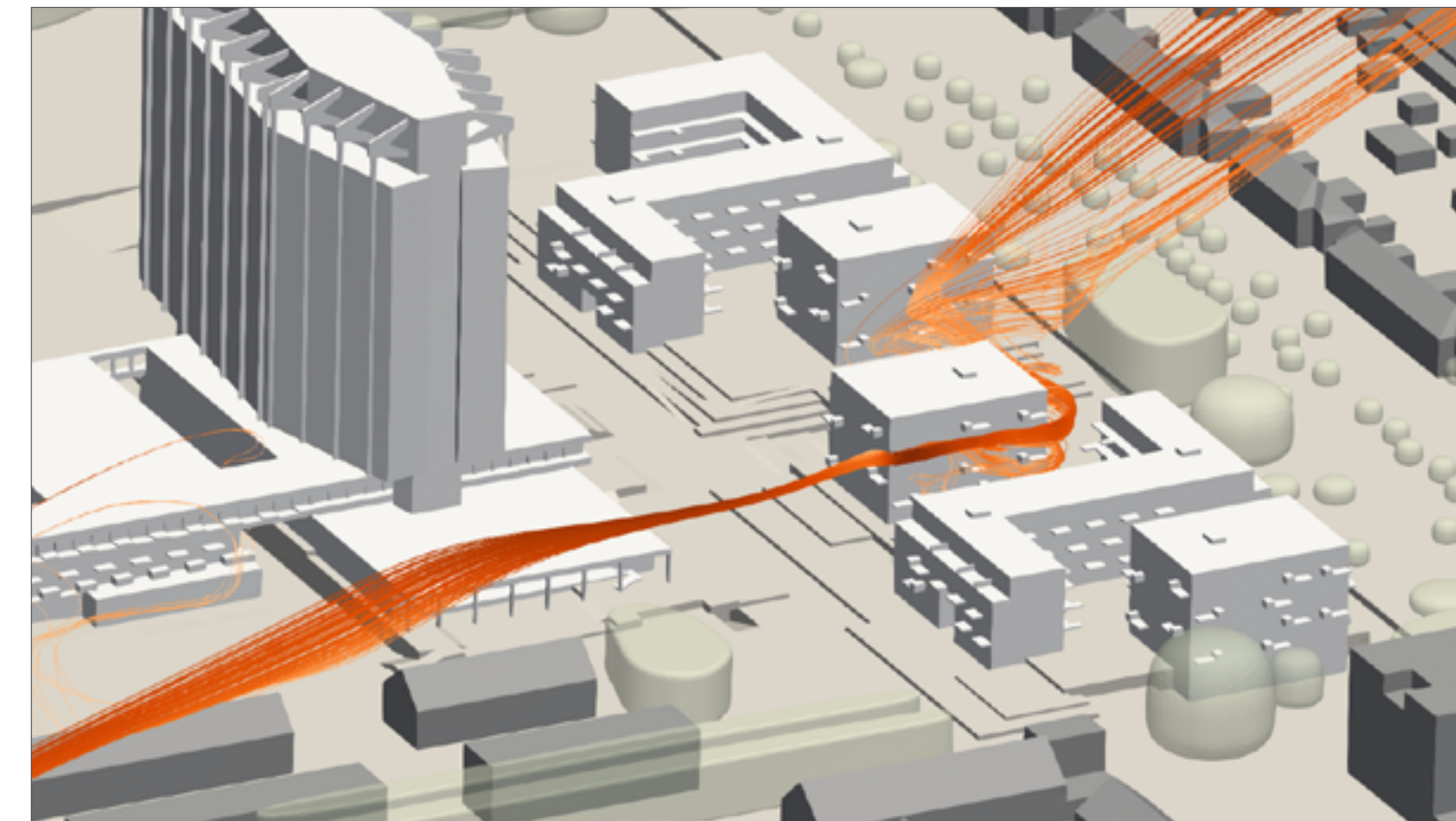
Figuur 5.3 toont dat de wind vanuit zuidzuidwestelijke richting wederom relatief vrij aanstroomt en over de nieuwe plint van het VB-gebouw naar de achterliggende nieuwbouwappartementen wordt geleid. De gevisualiseerde luchtstroming raakt vervolgens de kopgevel en versnelt om de hoek langs de zuidoostelijke gevel van dit bouwblok. De verhoogde windsnelheden zorgen voor windhinder op de hier aanwezige balkons. Figuur 5.4 toont dat bij westzuidwestelijke richting een sterke valwind optreedt bij de hoogbouw. De wind wordt in dit geval afgebogen naar beneden, waar de wind vervolgens om de hoogbouw buigt en versnelt, om uiteindelijk via het dak van de gebouwplint weer uit te komen bij de bovengenoemde balkons.

5.2 Aanbevelingen

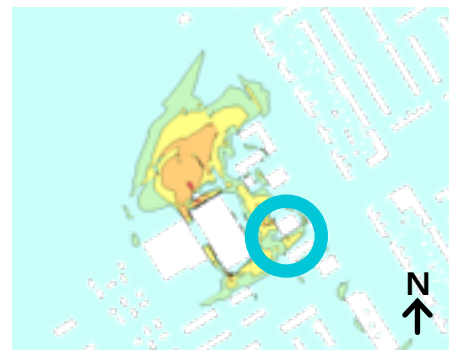
Het lokale windklimaat kan worden geoptimaliseerd op basis van enkele aanbevelingen. Hierbij wordt specifiek gekeken naar de locaties waar, in de toekomstige situatie, windhinderklasse D of E zal optreden. De overige windhinderklassen A, B en C bieden een acceptabel comfortniveau, waarbij langdurig zitten wordt voorzien in windhinderklasse A en B.

Bij de inrichting van de openbare buitenruimten dient dus goed gelet te worden op de locaties waar hoge windsnelheden te verwachten zijn. Dergelijke locaties zijn logischerwijs niet geschikt voor het realiseren van verblijfsfuncties. Bij het VB-gebouw is, in het voorliggend ontwerp, de buitenruimte direct ten zuiden van de plint met name geschikt om zitplaatsen te realiseren (windhinderklasse A).

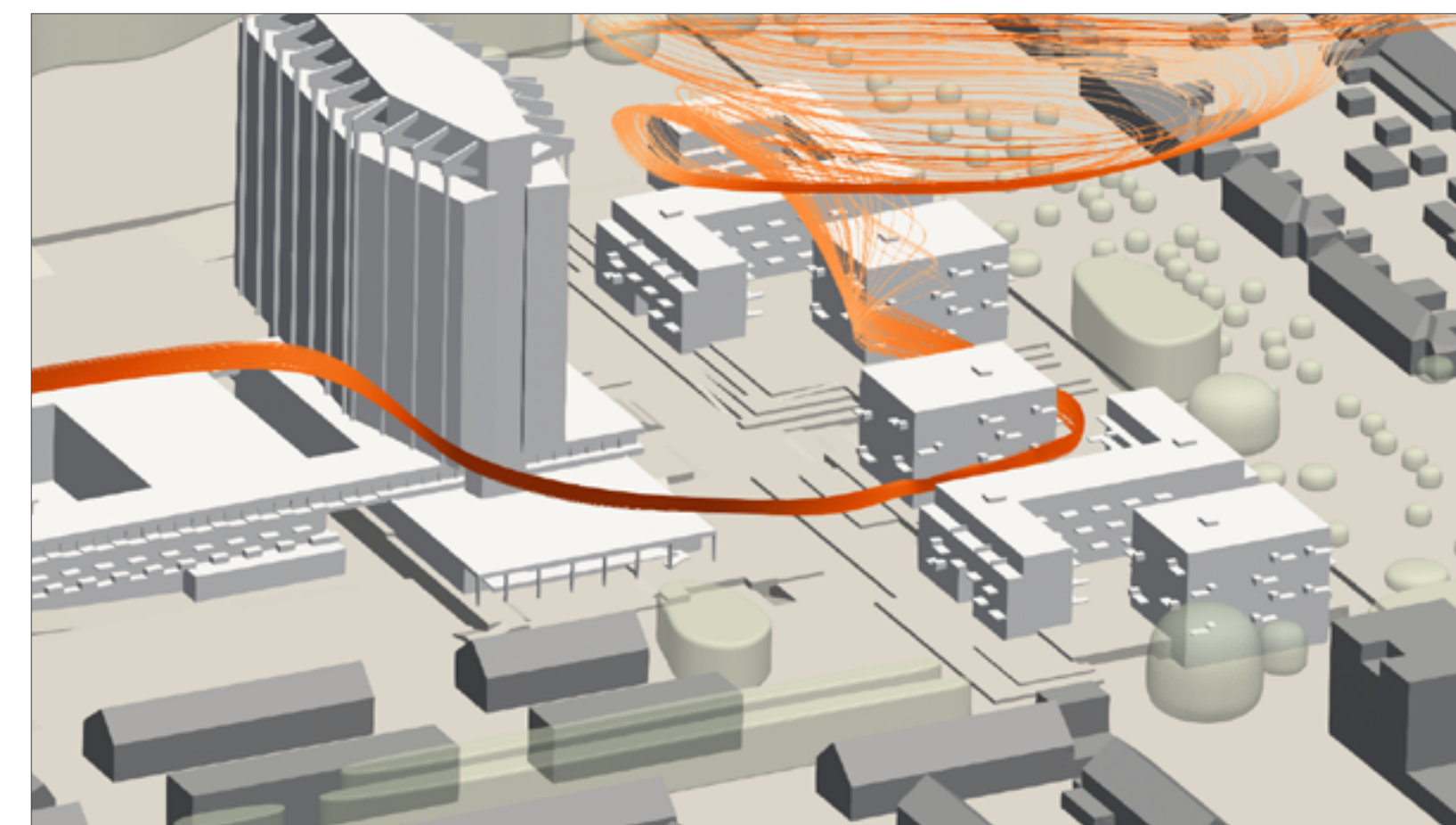
Om het windklimaat in het plangebied algemeen te optimaliseren, wordt aanbevolen om veel vegetatie toe te passen met een afwisselende hoogte (bijvoorbeeld struiken: circa 2 m; bomen: 5 tot 8 m en hoger), opbouw (boomkruin hoog en/of laag) en porositeit (wintergroen). Kansrijke locaties voor vegetatie zijn aan weerszijden van belangrijke looproutes (boulevard), op en om pleinen met verblijfsfuncties en tussen de parkeervakken ten noorden van het VB-gebouw om de daar optredende condities enigszins te temperen (in de zomermaanden).



Figuur 5.3:
Stroomlijnen langs balkons nieuwbouw



Wind vanuit
zuidzuidwesten
laag hoog



Figuur 5.4:
Stroomlijnen langs balkons nieuwbouw



Wind vanuit
westzuidwesten
laag hoog

Als alternatief kunnen (groen)schermen met een hoogte van minimaal 1,8 m tot 2,0 m worden toegepast op strategische locaties om zo delen van de openbare buitenruimte tegen de wind te beschermen, bijvoorbeeld op het woondek tussen de nieuwbouwappartementen. De exacte plaatsing en effect kan in de verdere uitwerking van het terreinontwerp worden gevalideerd.

Voor belangrijke looproutes langs het VB-gebouw kan worden overwogen deze te overdekken of middels luifels aan het gebouw af te schermen tegen de optredende valwinden van de hoogbouw.

De plaatsing van gebouw-entrees vormt een aandachtspunt. Ter plaatse van gebouw-entrees dient bij voorkeur klasse A (of klasse B) behaald te worden. Indien entreezones in zwaardere windhinderklassen (zoals windhinderklasse C, D of E) zijn gelegen dienen maatregelen getroffen te worden, zoals het plaatsen van een zijscherm bij de entree of het verdiepen van de entree ten opzichte van de gevellijn.

Om het windklimaat op de balkons te verbeteren wordt aangeraden deze, indien mogelijk, niet direct bij de hoek van een gebouw te situeren. Tevens wordt geadviseerd private buitenruimten te voorzien van een gesloten balustrade met een minimale hoogte van 1,2 m gemeten vanaf de bovenkant van het vloeroppervlak. Hiermee wordt directe afscherming van de wind op balkons en terrassen voorzien wanneer zittend gebruik wordt gemaakt van deze buitenruimten.

Met de toepassing van de aanbevolen maatregelen wordt verwacht dat het windklimaat zal verbeteren zodanig dat een acceptabel comfortniveau wordt bereikt in de voetgangersgebieden. Indien gewenst kan de omvang van de verbetering middels aanvullend (CFD-)onderzoek inzichtelijk worden gemaakt. Voor advies op het ontwerp, de positionering en maatvoering van de maatregelen kan [Actiflow](#) geraadpleegd worden.

6 Conclusie

Dit rapport beschrijft een windonderzoek uitgevoerd door [Actiflow](#) voor de beoogde herontwikkeling van het VB-terrein te Eindhoven. Door de realisatie 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:

- In het plangebied heerst een sterk gevarieerd windklimaat, zowel in de bestaande situatie als in de toekomstige situatie. De optredende condities rondom het VB-gebouw en ter plaatse van de beoogde nieuwbouw variëren tussen windhinderklassen A t/m E;
- Windluwere zones, welke gekenmerkt worden door windhinderklasse A en B zijn zowel in de bestaande als toekomstige situatie zichtbaar rondom de onderbouw en ten oosten van de hoogbouw van het VB-gebouw. Daarnaast zijn deze windluwe zones ook zichtbaar tussen de verschillende bouwblokken van de beoogde nieuwbouw aan de Boschdijk. Deze condities resulteren in een comfortabel gebruik van de openbare buitenruimte als verblijfsgebied;
- Deze windluwe zones zijn ook zichtbaar in de onderdoorgangen en de campusstraat in het plangebied, met uitzondering van enkele zones met windhinderklasse C of D. Deze condities lenen zich echter nog steeds voor de beoogde verkeersfunctie op deze locaties;
- Het lokaal windklimaat blijft in de toekomstige situatie nagenoeg ongewijzigd ter plaatse van de bestaande woningen in de omgeving;

- Aan de zuidzijde van het VB-gebouw neemt de mate van windhinder af door de mogelijke uitbreiding van de gebouwplint in de toekomstige situatie. Het gebied tussen het VB-gebouw en de nieuw te realiseren appartementen wordt in de toekomstige situatie echter wel windrijker (windhinderklassen C en D). Deze condities lenen zich enkel nog voor de activiteiten doorlopen;
- Zonder het treffen van aanvullende maatregelen leent een deel van de openbare buitenruimte binnen het plangebied zich, in de toekomstige situatie, matig tot slecht als verblijfsgebied voor voetgangers. Uitzondering hierop zijn de zones welke gekenmerkt worden door windhinderklasse A en B (bijvoorbeeld direct ten zuiden van de plint van het VB-gebouw);
- In het ontwerp van de nieuwbouw aan de Boschdijk zijn in totaal acht balkons gevonden die niet voldoen aan de gestelde toetsingscriteria in relatie tot zowel langdurig als kortstondig gebruik. Maatregelen om het windklimaat op de private buitenruimten te verbeteren zijn omschreven in paragraaf 5.2;
- In het plangebied geldt voor zowel de openbare als private buitenruimten dat er geen risico op windgevaar aanwezig is in de toekomstige situatie.

Geconcludeerd wordt dat aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn om de optredende windsnelheden in het voetgangersgebied terug te brengen tot een acceptabel niveau voor het beoogde gebruik (windhinderklassen D en E behoeven extra aandacht). Aanbevelingen voor mogelijke ontwerpaanpassingen zijn gegeven in paragraaf 5.2. Een acceptabel windklimaat kan worden verkregen mits de omschreven aanbevelingen in bepaalde mate worden overgenomen in het ontwerp. Desgewenst kan (in een vervolgstadium) de mate van verbetering door het treffen van maatregelen inzichtelijk worden gemaakt en gevalideerd middels aanvullend (CFD-)onderzoek. Bij de keuze van de te nemen maatregelen en het beoordelen van hun effectiviteit kan [Actiflow](#) geraadpleegd worden.

Project	Projectgegevens
Projectnaam	VB-terrein te Eindhoven
Opdrachtgever	VB Gebouw Grond B.V.
Projectleider Actiflow	Nick Vlaun
Datum	22 augustus 2023
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen 400 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	2 configuraties: 1) bestaande situatie, 2) toekomstige situatie inclusief nieuwbouw
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM (eindige volume methode) ☐ FEM (eindige elementen methode) ☐ anders Programmatuur: OpenFOAM Versie: of2212
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: tetraëders met prismalaag Bestaande situatie: 52 869 309 cellen, toekomstige situatie: 84 508 053 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 (NPR 6097:2006)
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: 159638		Y: 385649	
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			

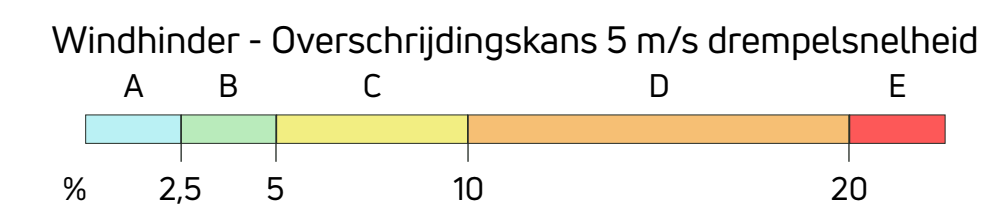
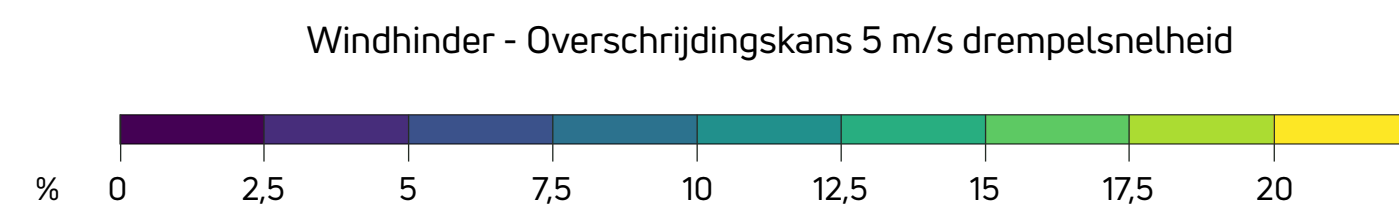
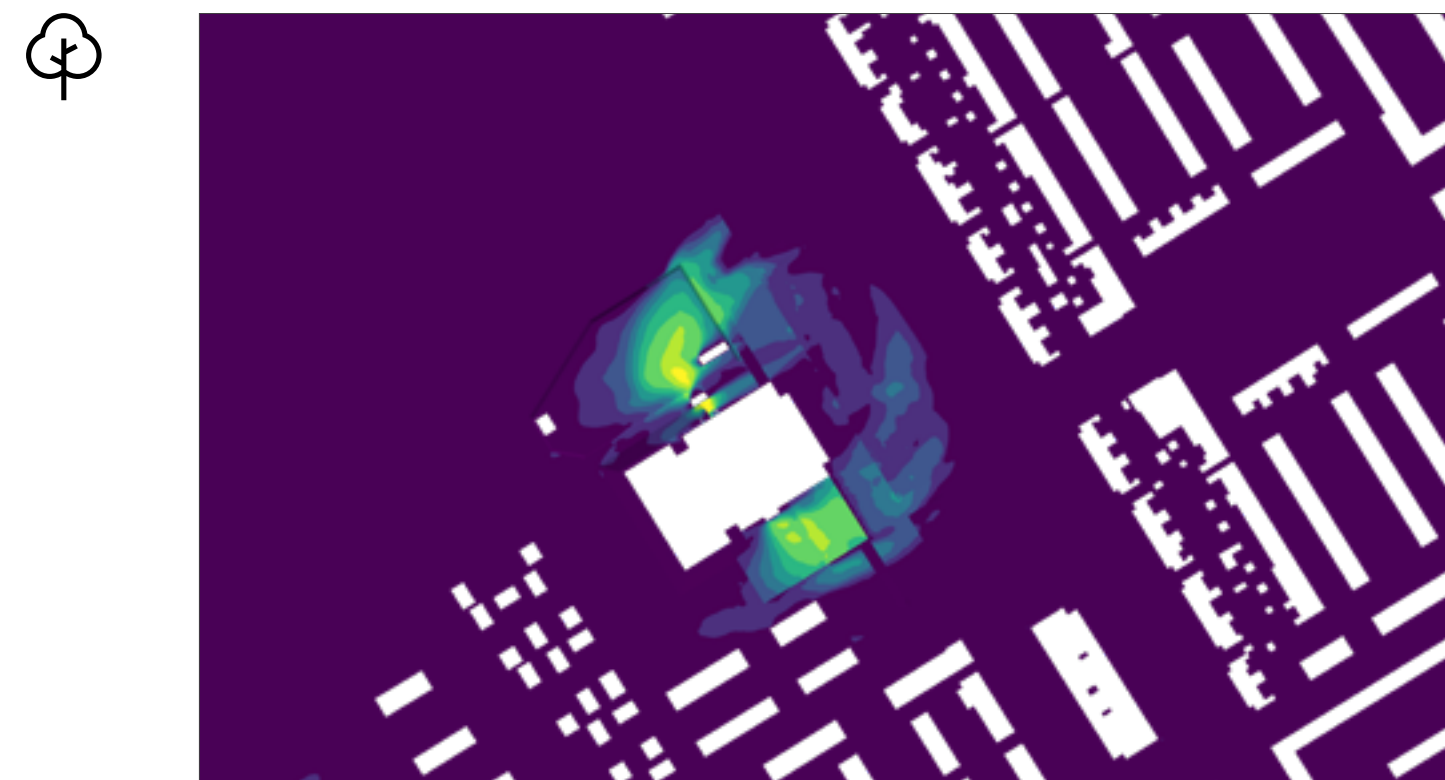
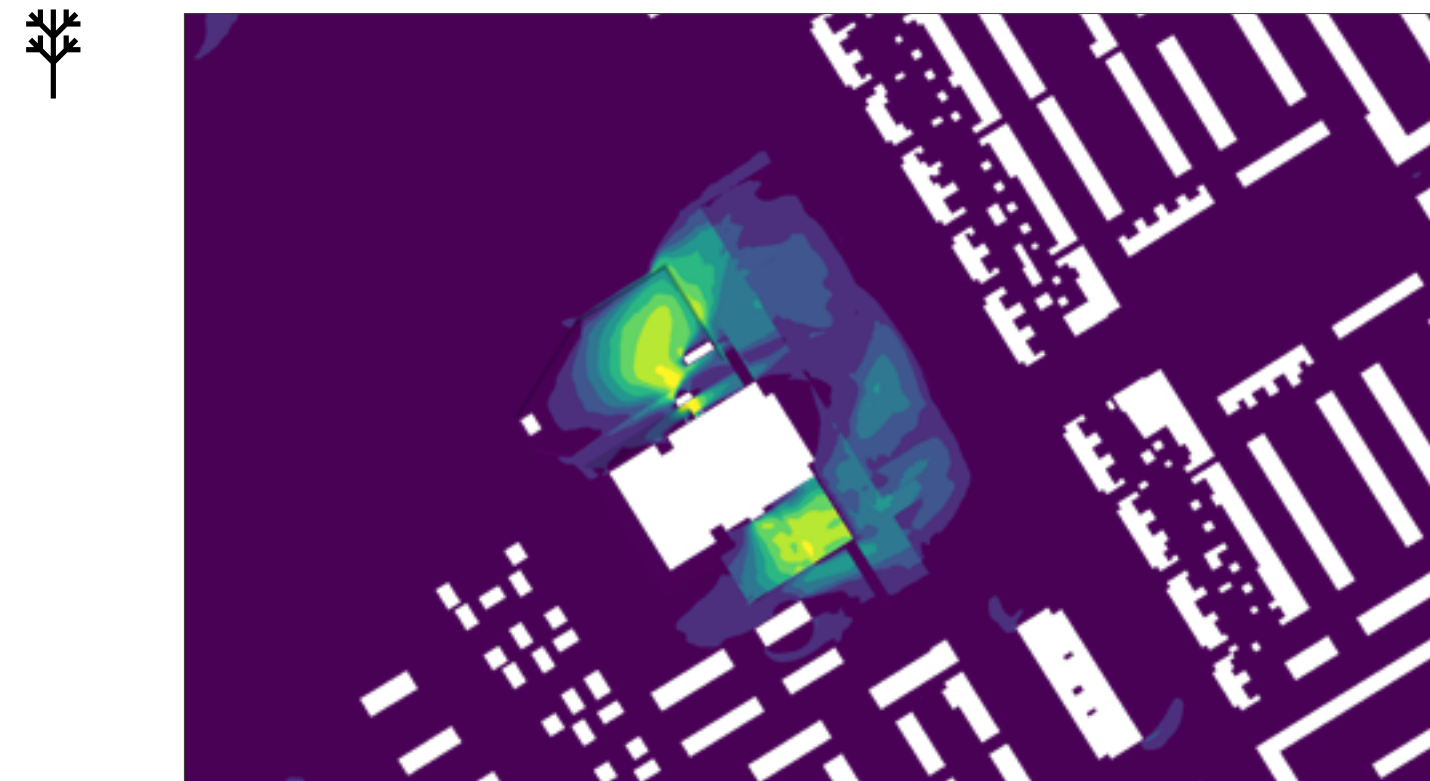
B Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid

FREQUENTIETABEL VAN DE 60 METER WINDSNELHEID DISTRIBUTIEF RELATIEF IN PERCENTAGES
Amersfoortse Coördinaten: X: 159638 Y: 385649 Jaar 1963-2002

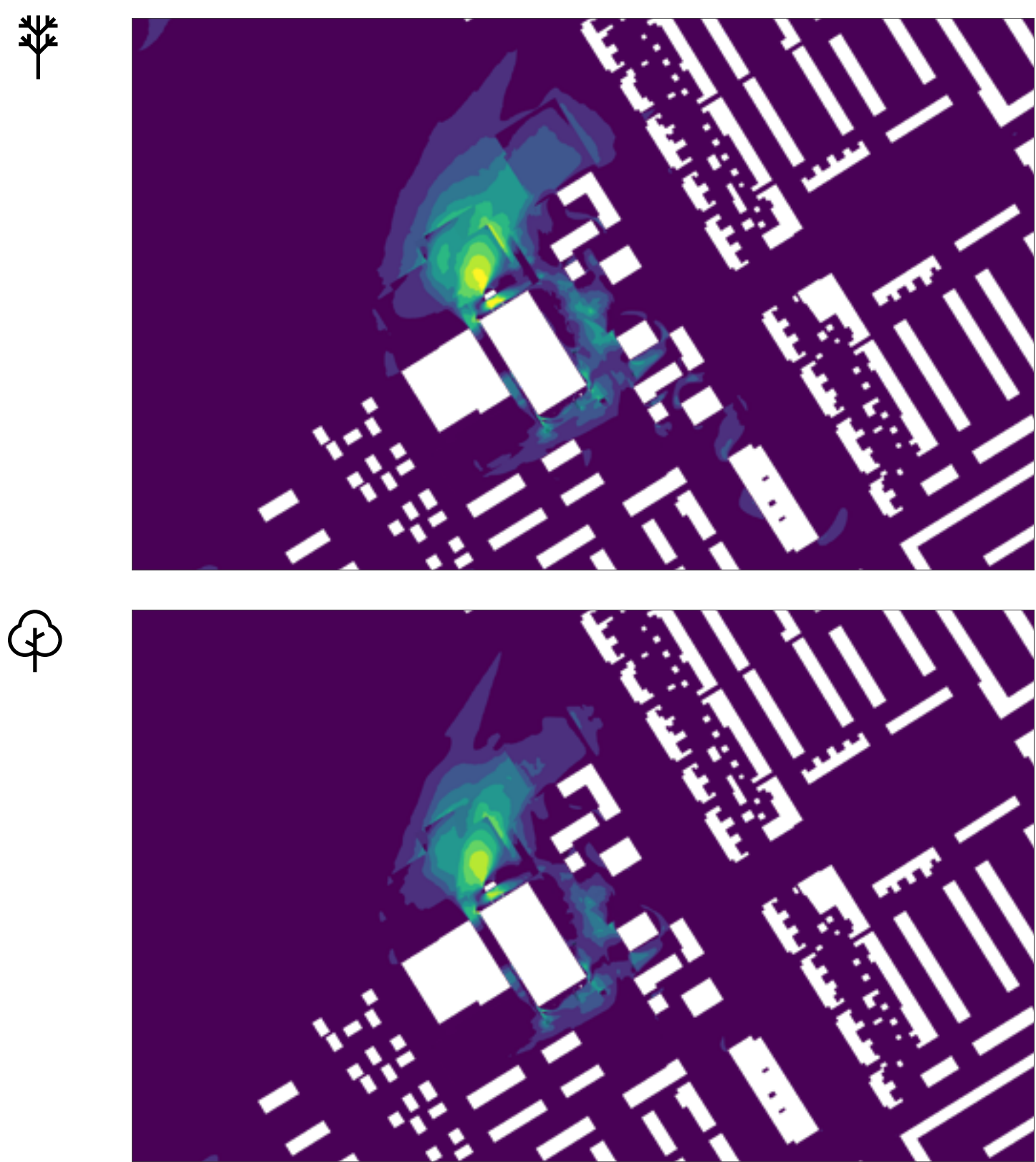
Windsnelheid [m/s]	N 345° - 15°	NNO 15° - 45°	ONO 45° - 75°	O 75° - 105°	OZO 105° - 135°	ZZO 135° - 165°	Z 165° - 195°	ZZW 195° - 225°	WZW 225° - 255°	W 255° - 285°	WNW 285° - 315°	NNW 315° - 345°	Cumulatief
0,0 - 0,9	0.23	0.28	0.26	0.23	0.28	0.29	0.28	0.24	0.21	0.20	0.25	0.22	2.98
1,0 - 1,9	0.70	0.81	0.75	0.68	0.74	0.78	0.96	0.83	0.71	0.68	0.71	0.63	8.96
2,0 - 2,9	0.91	1.15	1.05	0.93	1.06	1.10	1.33	1.27	1.12	1.02	0.93	0.82	12.70
3,0 - 3,9	0.93	1.24	1.19	1.03	1.04	1.13	1.52	1.61	1.36	1.12	1.07	0.85	14.10
4,0 - 4,9	0.80	1.19	1.27	1.02	0.83	0.93	1.52	1.87	1.69	1.26	0.94	0.72	14.04
5,0 - 5,9	0.64	0.98	1.06	0.82	0.55	0.60	1.34	1.92	1.75	1.16	0.81	0.61	12.24
6,0 - 6,9	0.48	0.73	0.77	0.58	0.36	0.41	1.11	1.55	1.73	0.99	0.68	0.42	9.82
7,0 - 7,9	0.26	0.47	0.58	0.41	0.18	0.26	0.86	1.55	1.59	0.86	0.52	0.30	7.84
8,0 - 8,9	0.15	0.27	0.39	0.26	0.08	0.13	0.61	1.22	1.38	0.68	0.36	0.20	5.73
9,0 - 9,9	0.08	0.17	0.22	0.14	0.03	0.06	0.41	0.91	1.19	0.51	0.23	0.13	4.08
10,0 - 10,9	0.05	0.07	0.14	0.08	0.01	0.02	0.24	0.66	0.92	0.38	0.16	0.05	2.78
11,0 - 11,9	0.02	0.03	0.07	0.04	0.00	0.01	0.13	0.44	0.70	0.27	0.10	0.03	1.85
12,0 - 12,9	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.07	0.28	0.51	0.19	0.05	0.02	1.19
13,0 - 13,9	0.00	0.00	0.00	0.01	-	-	0.03	0.17	0.33	0.13	0.02	0.01	0.71
14,0 - 14,9	-	-	0.00	0.00	-	-	0.02	0.09	0.21	0.08	0.01	0.00	0.42
15,0 - 15,9	-	-	0.00	-	-	-	0.01	0.04	0.14	0.05	0.01	0.00	0.25
16,0 - 16,9	-	-	-	-	-	-	0.01	0.02	0.07	0.03	0.00	0.00	0.14
17,0 - 17,9	-	-	-	-	-	-	0.00	0.02	0.04	0.02	0.00	-	0.08
18,0 - 18,9	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.02	0.01	0.00	-	0.04
19,0 - 19,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.01	0.01	0.00	-	0.03
20,0 - 20,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.01	0.00	0.00	-	0.01
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	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

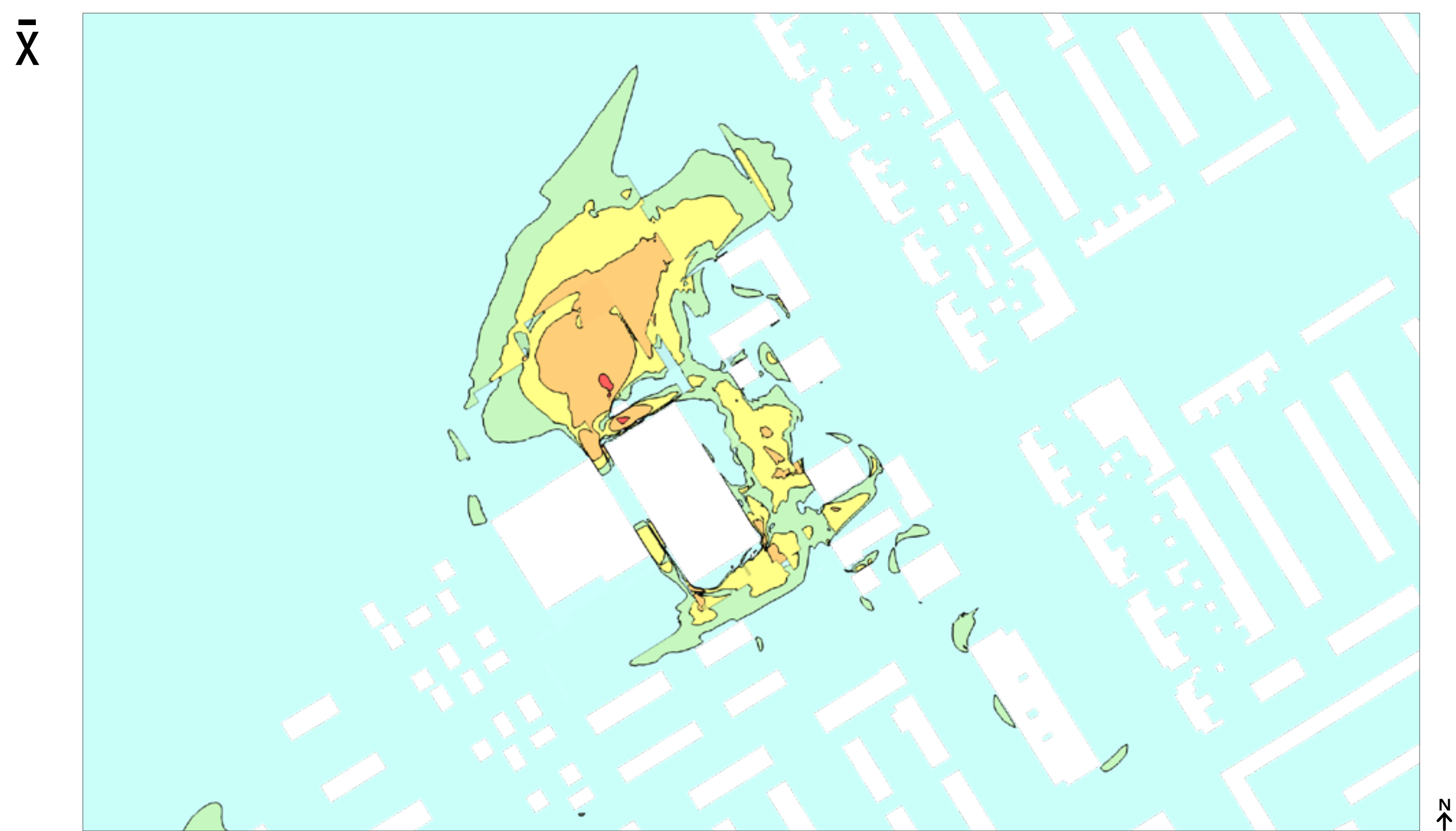
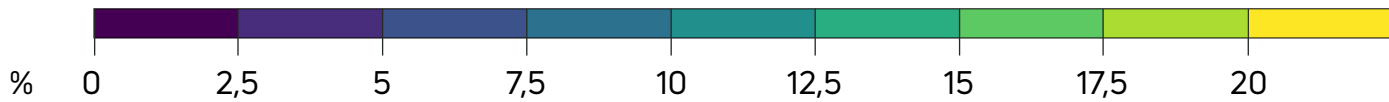
Windhinder in de bestaande situatie



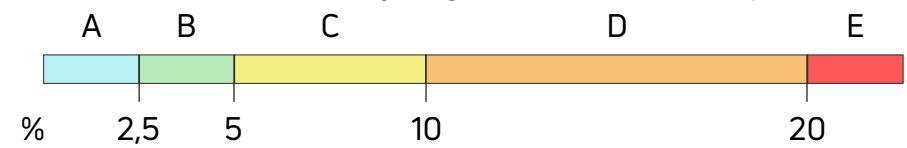
Windhinder in de toekomstige situatie



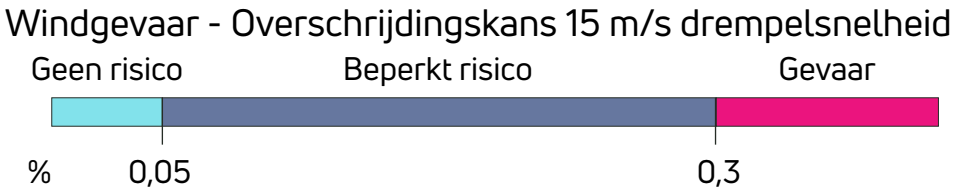
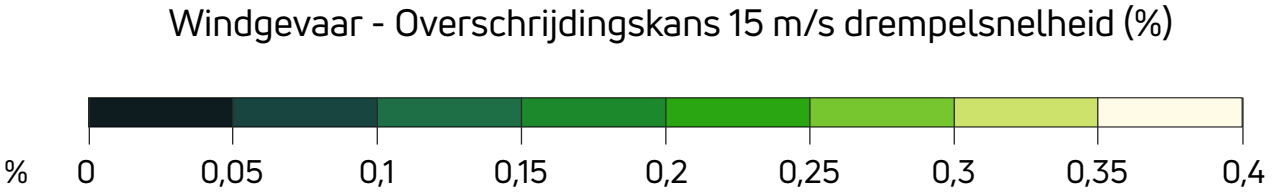
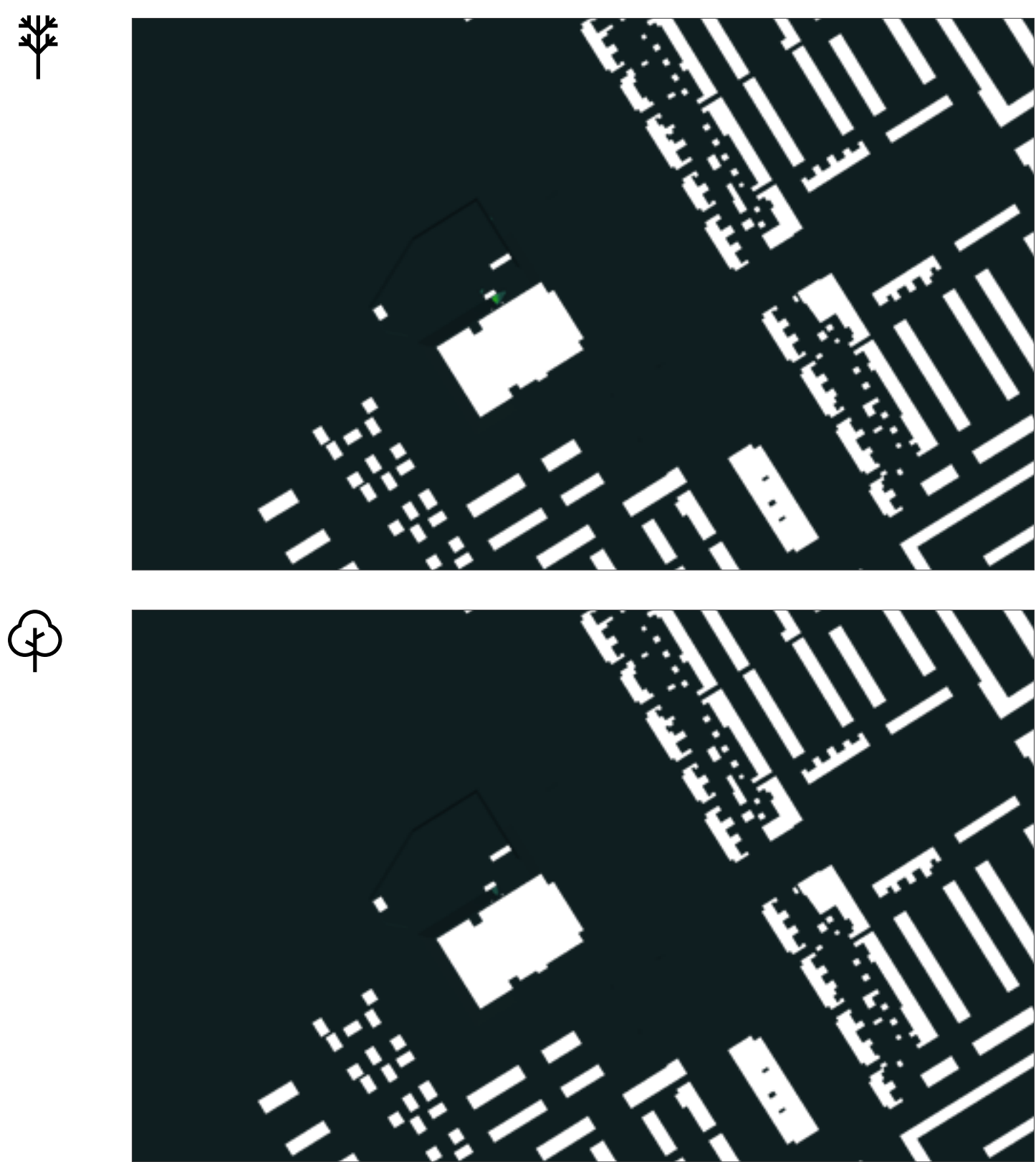
Windhinder - Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



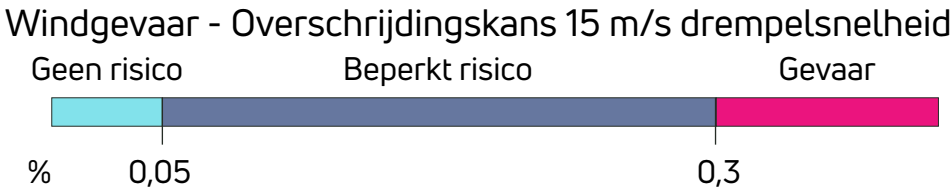
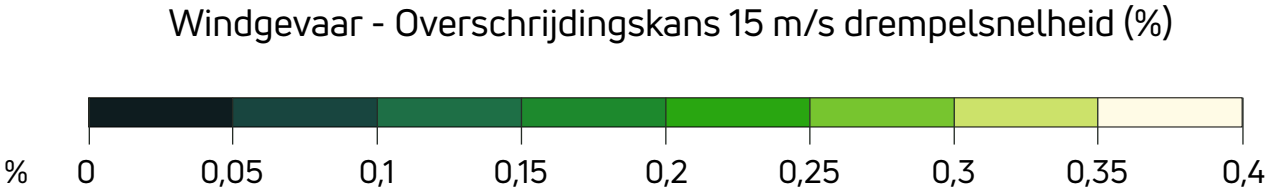
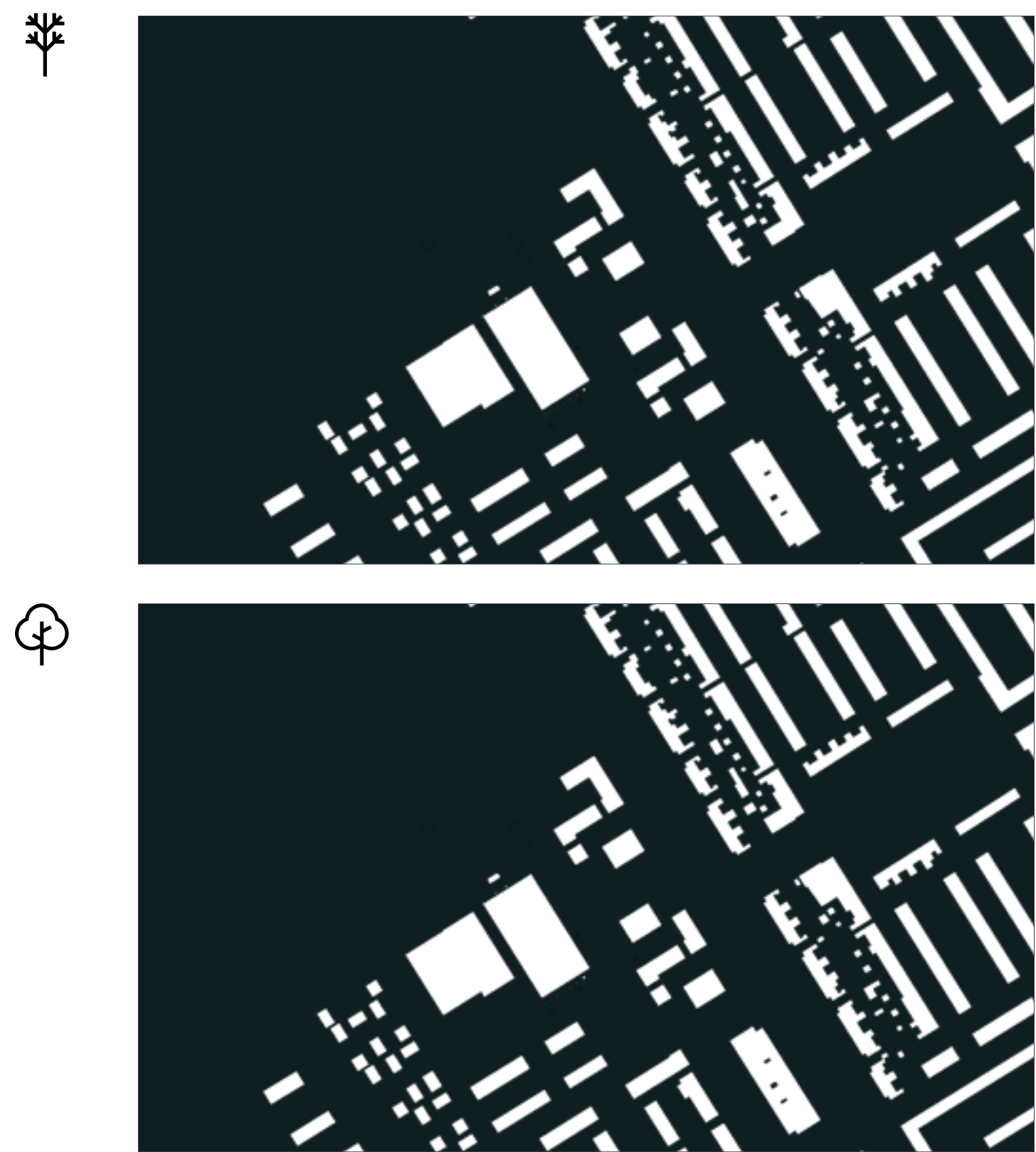
Windhinder - Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Windgevaar in de bestaande situatie



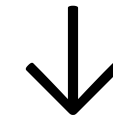
Windgevaar in de toekomstige situatie



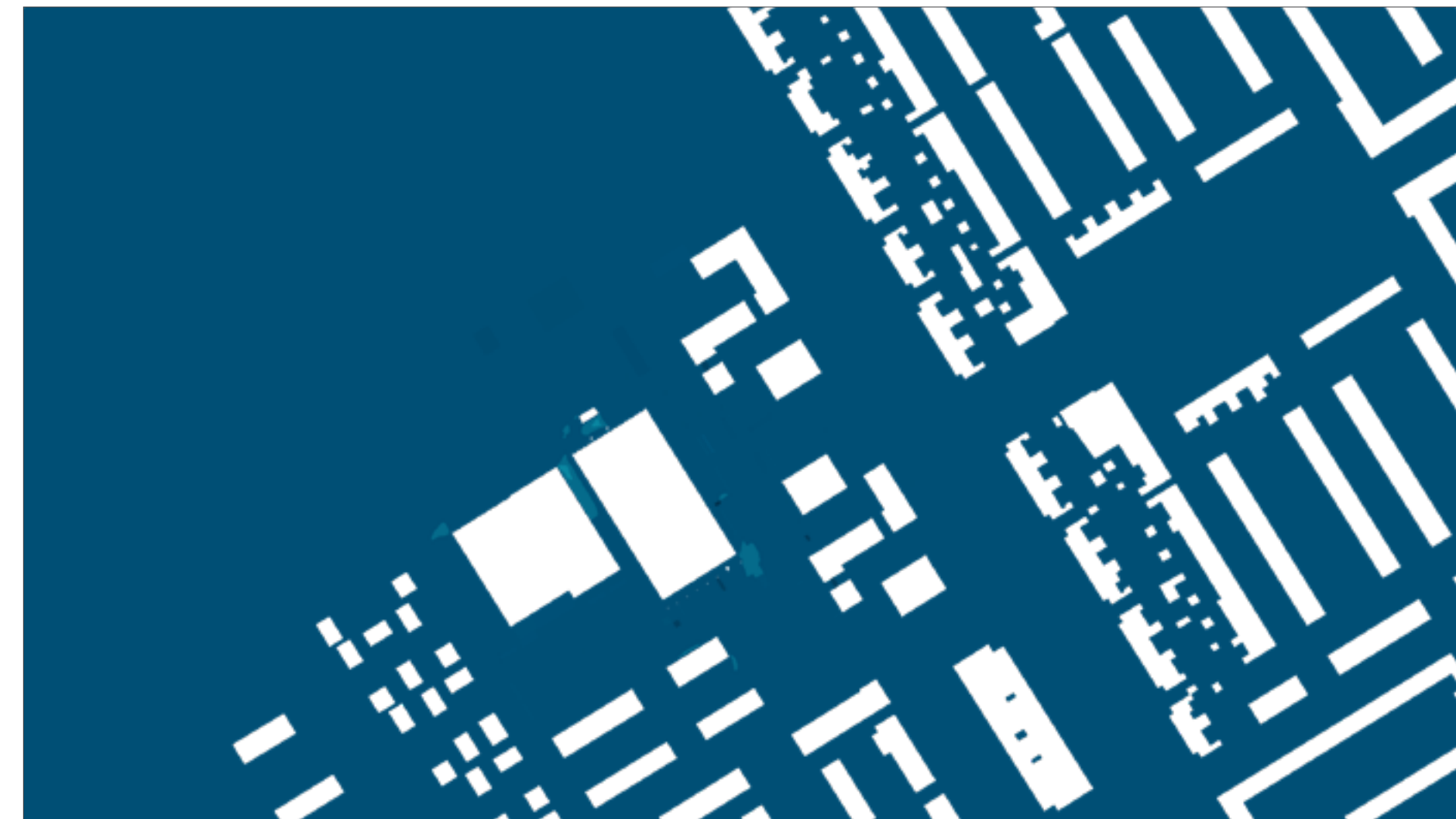
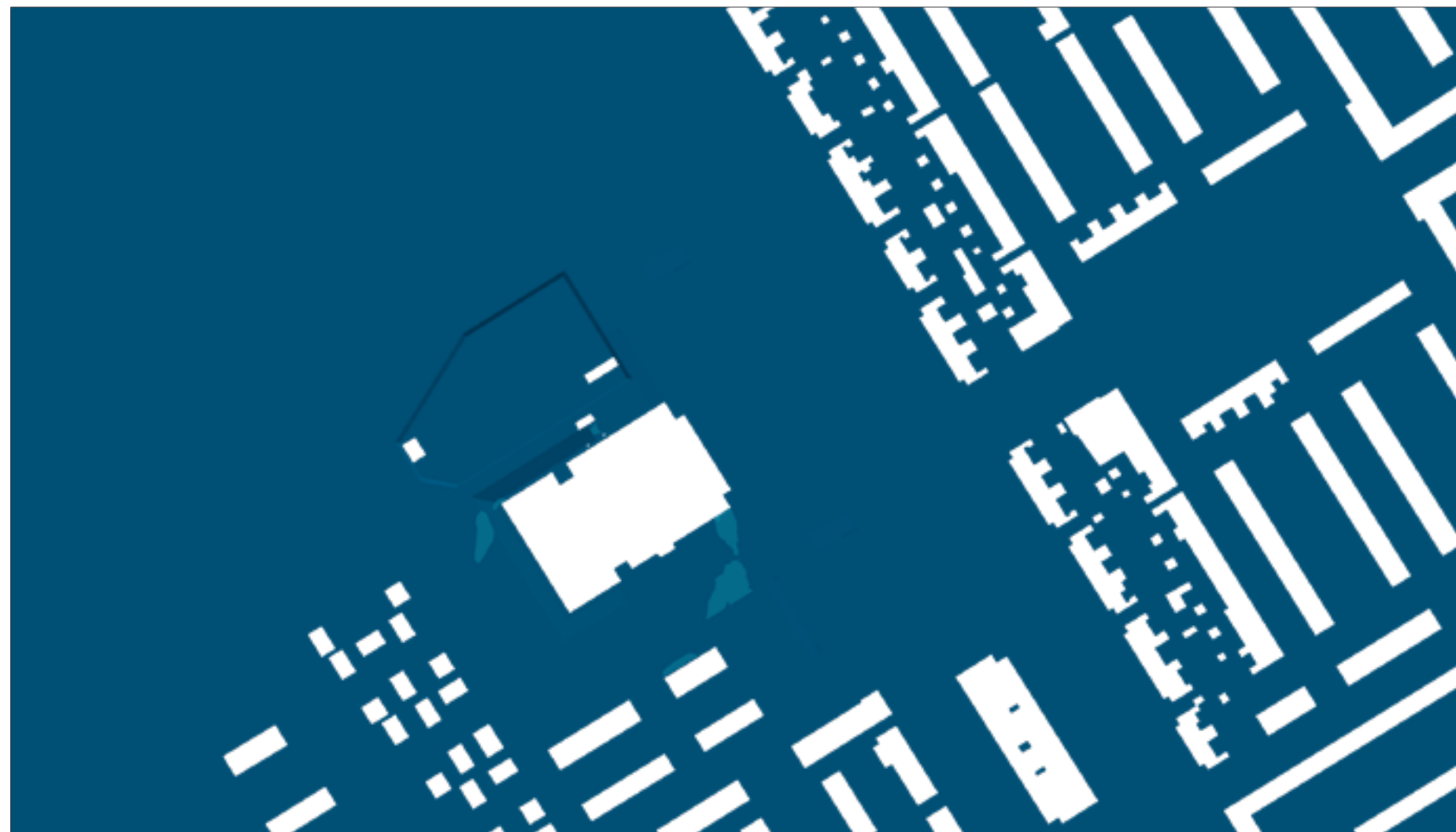
D Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Windrichting:
0° Noord

De bestaande situatie

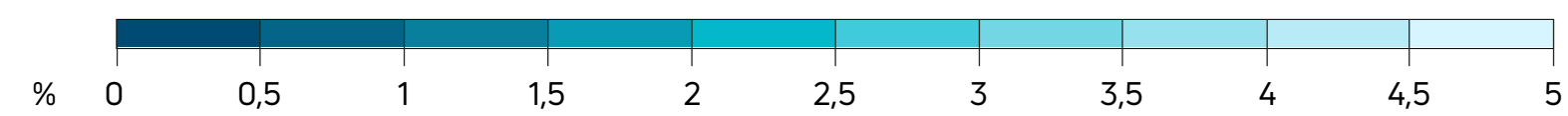


De toekomstige situatie



N
↑

Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid

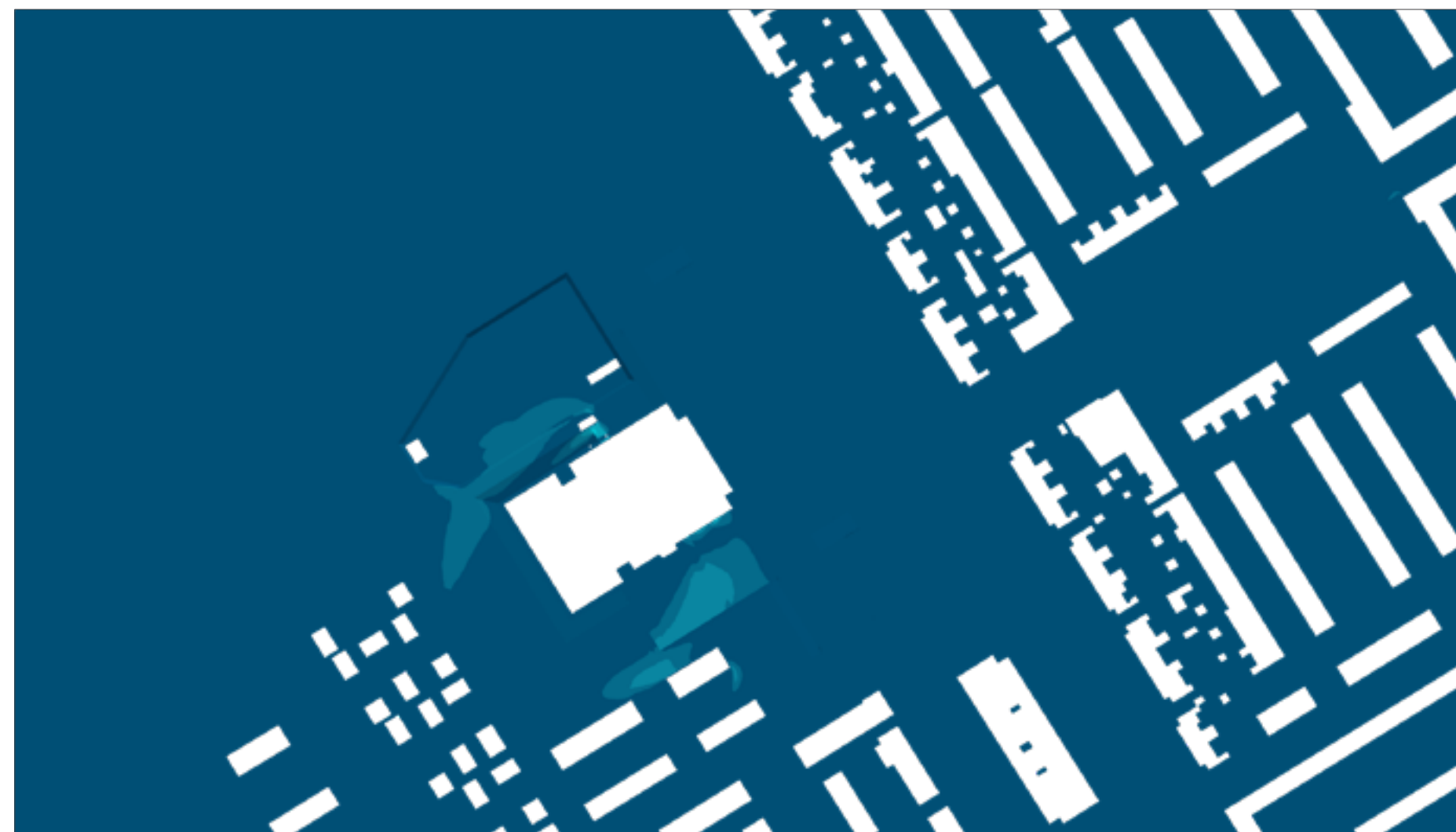


Windrichting:
30° Noordnoordoost

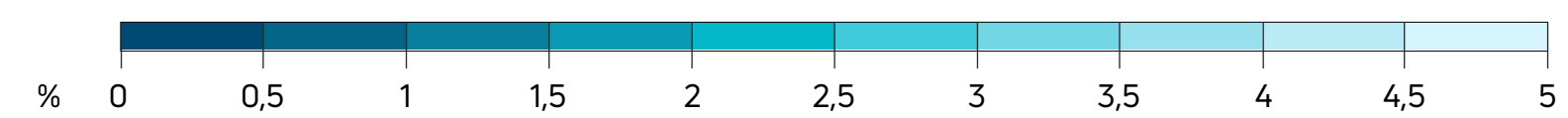
De bestaande situatie



De toekomstige situatie



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid

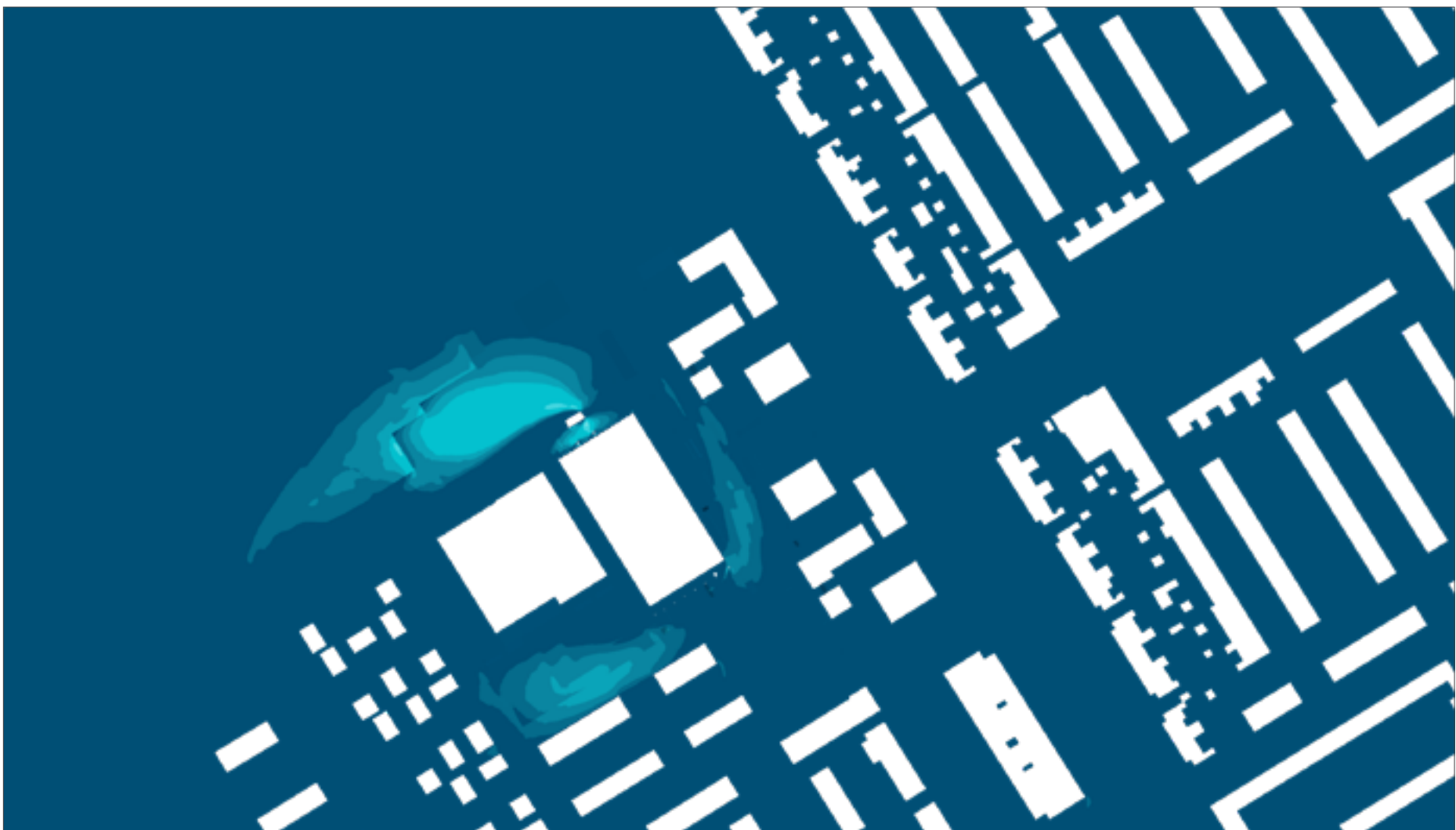
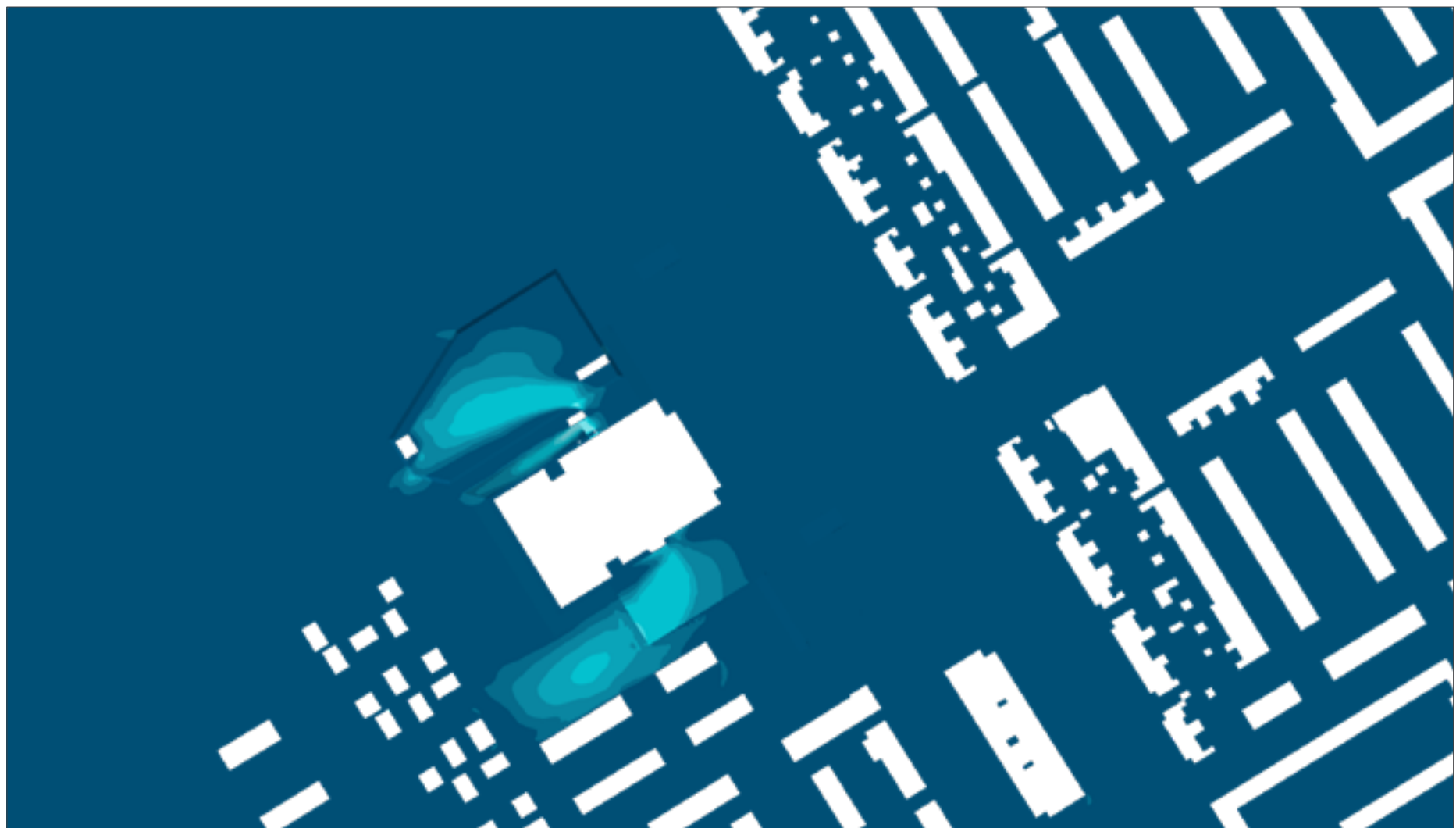


Windrichting:
60° Oostnoordoost

De bestaande situatie

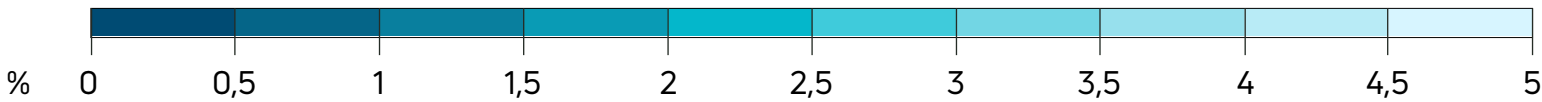


De toekomstige situatie



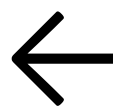
N
↑

Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Windrichting:
90° Oost

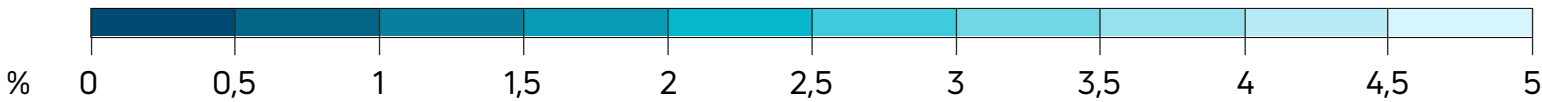
De bestaande situatie



De toekomstige situatie



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid

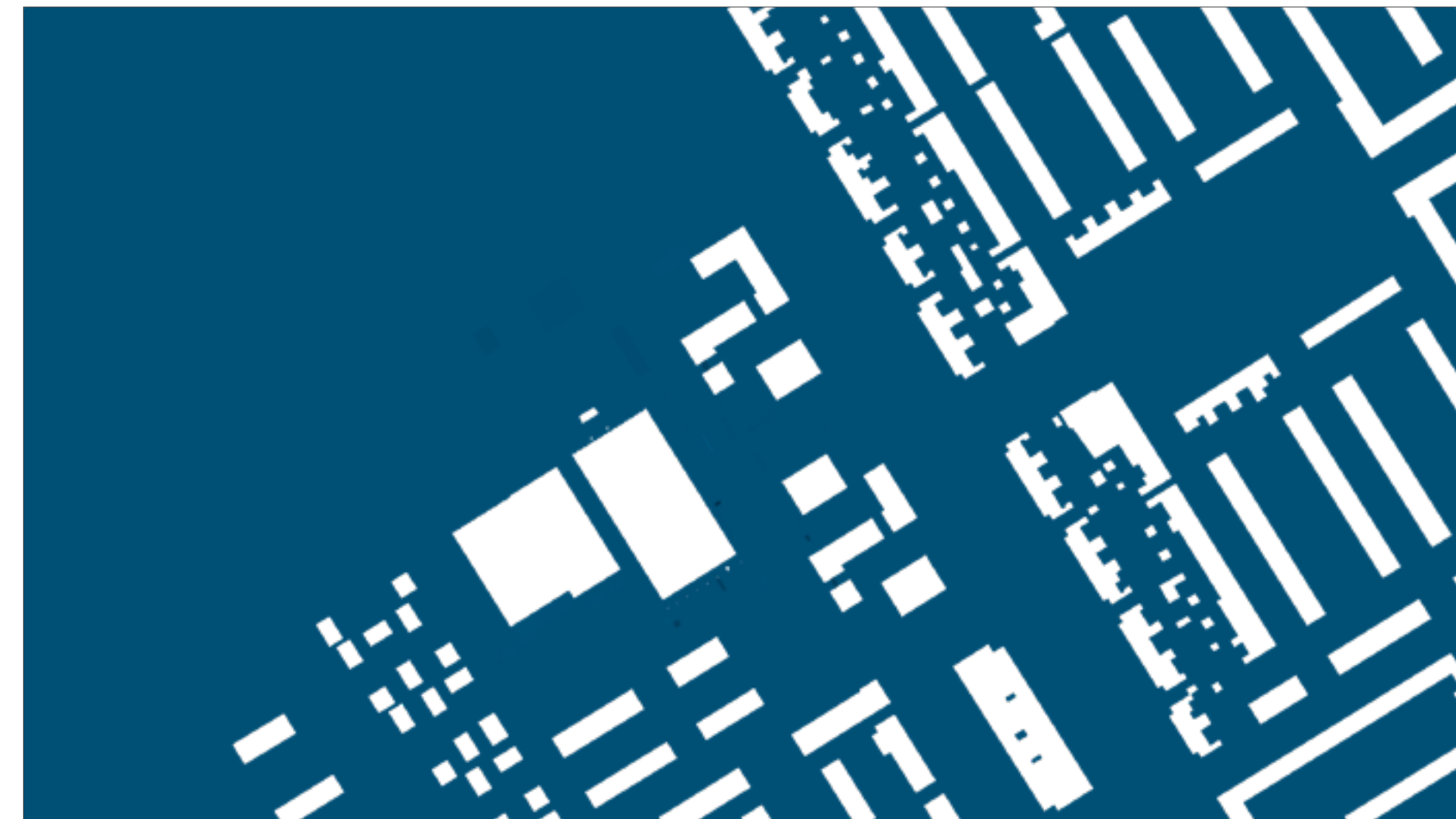
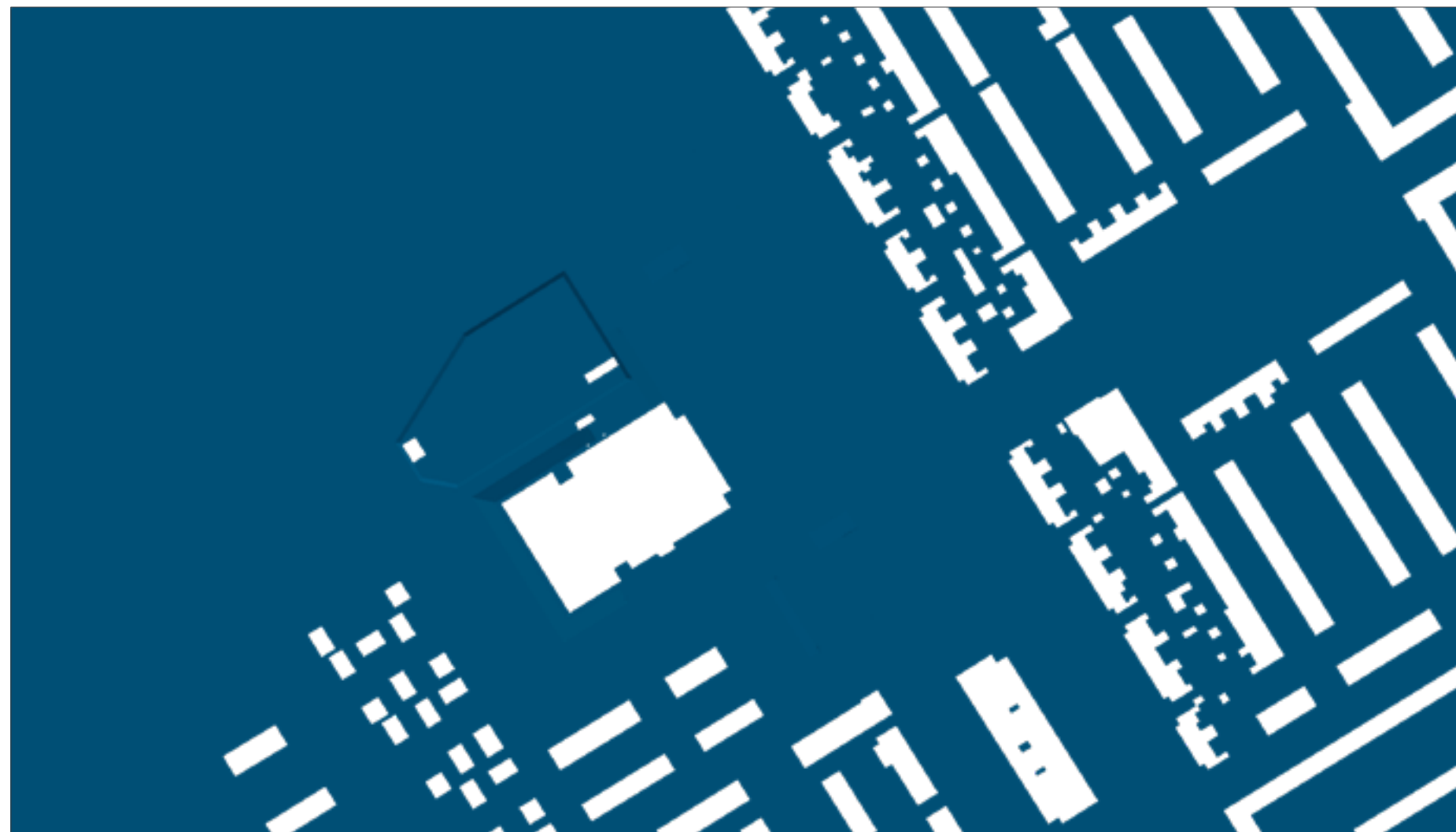


Windrichting:
120° Oostzuidoost

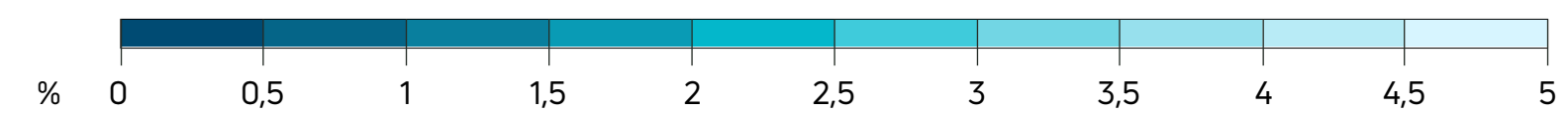
De bestaande situatie



De toekomstige situatie



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid

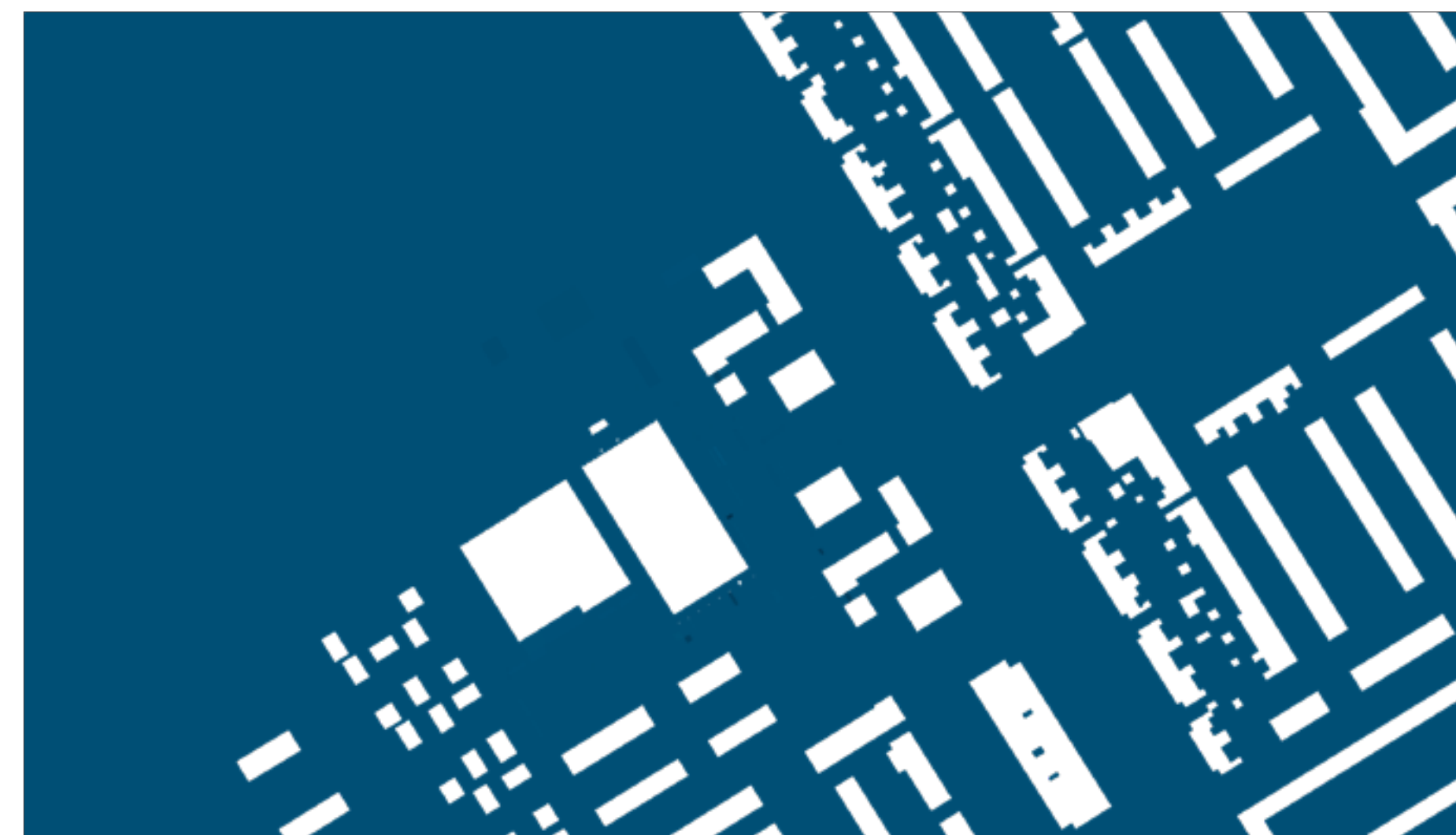
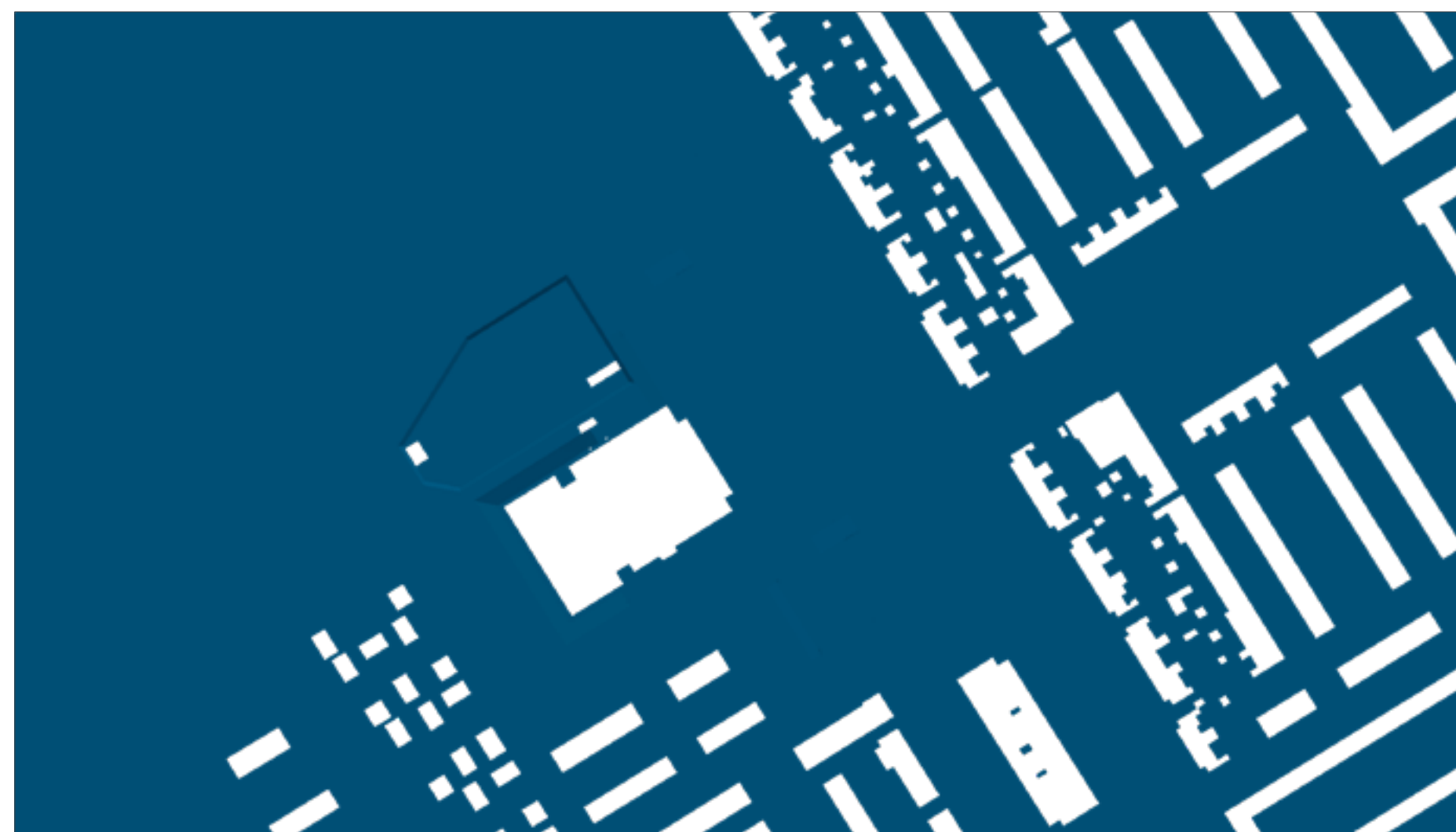


Windrichting:
150° Zuidzuidoost

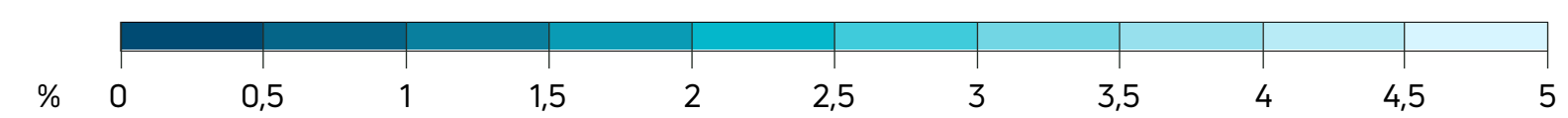


De bestaande situatie

De toekomstige situatie



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid

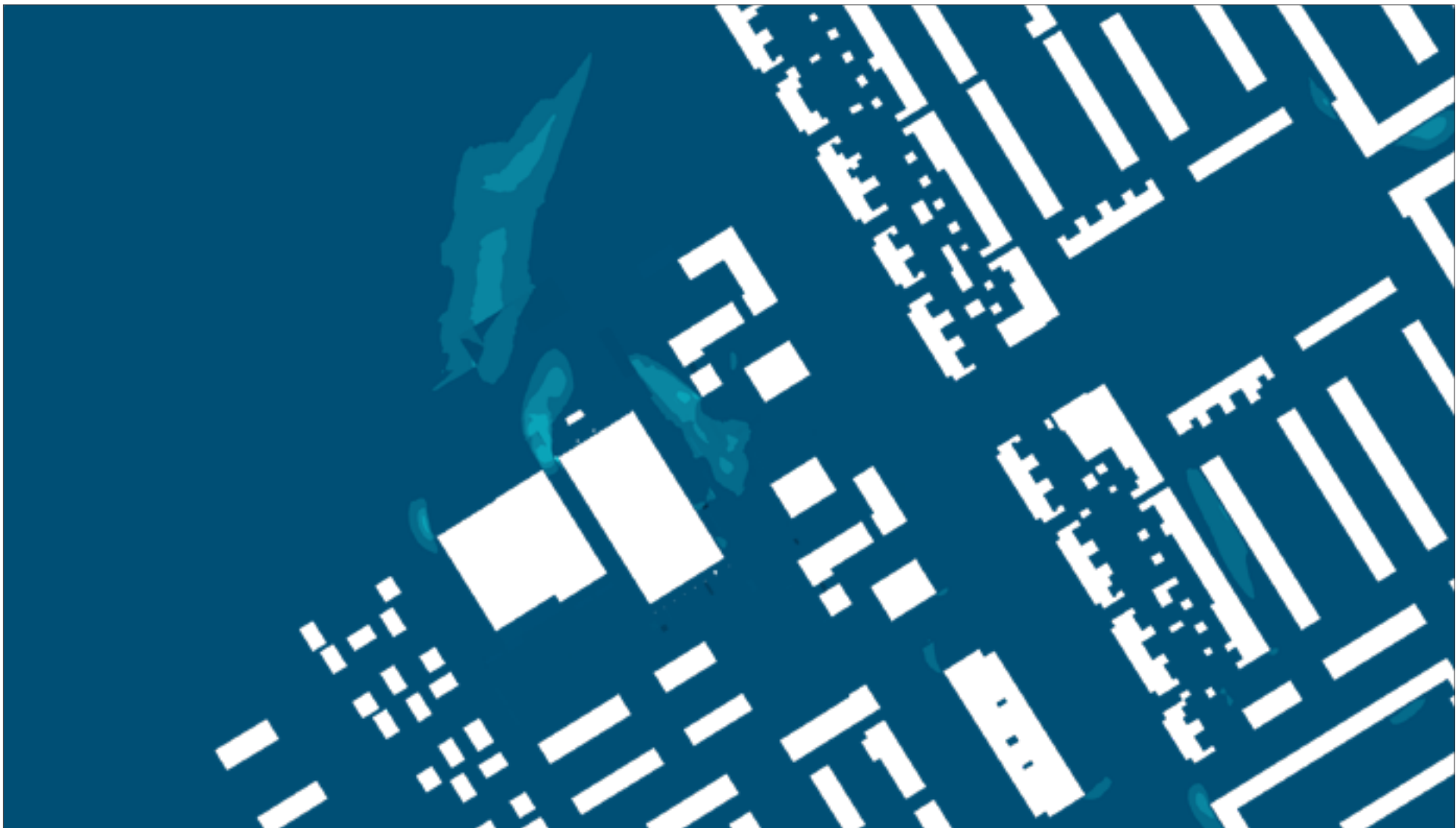
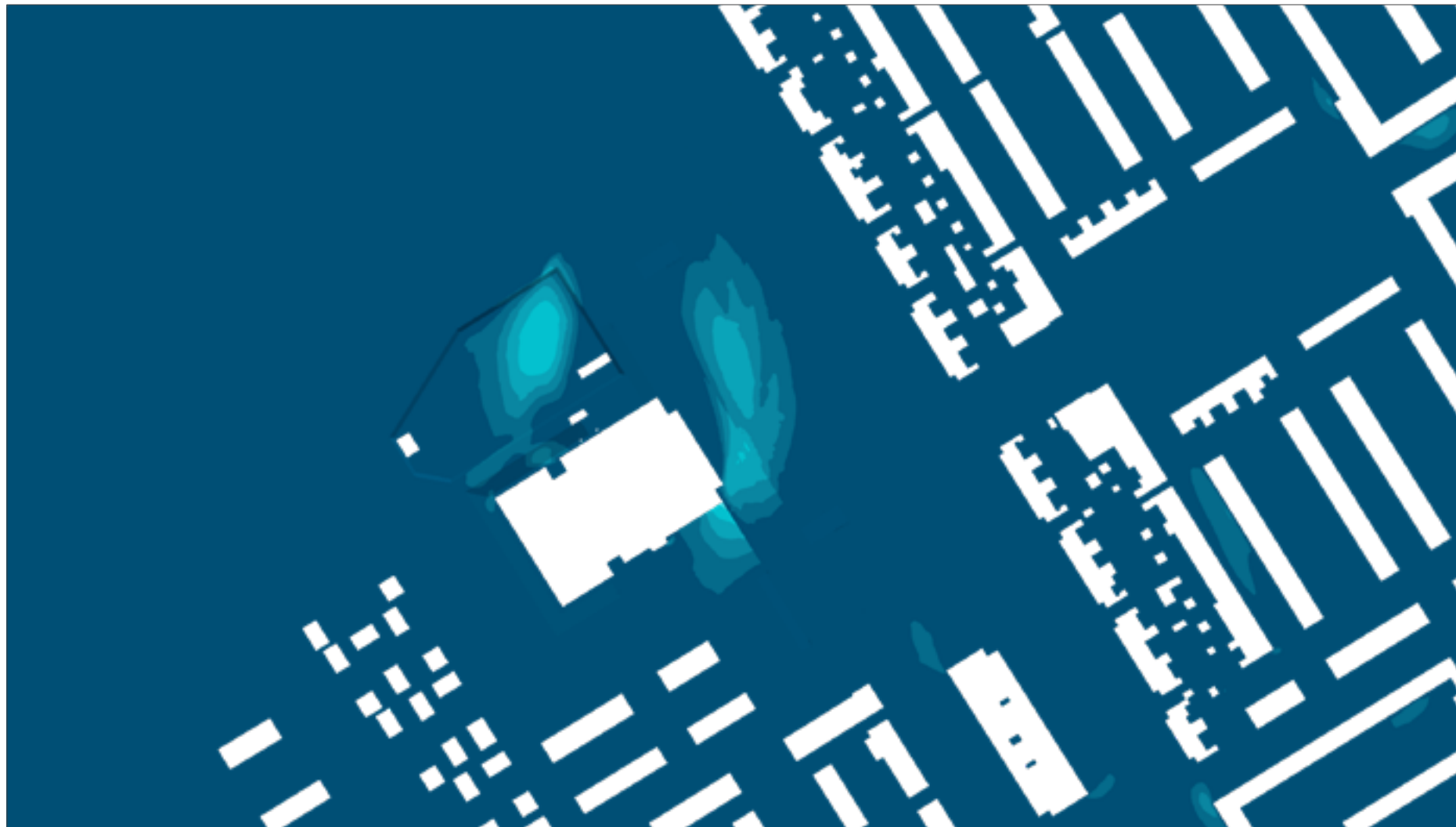


Windrichting:
180° Zuid

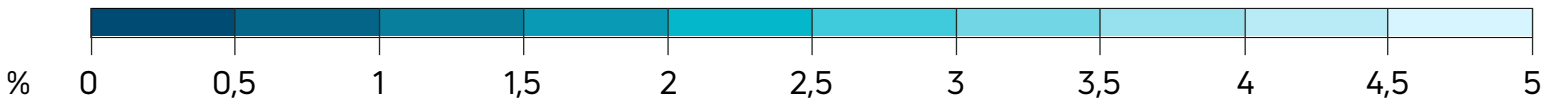


De bestaande situatie

De toekomstige situatie



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid

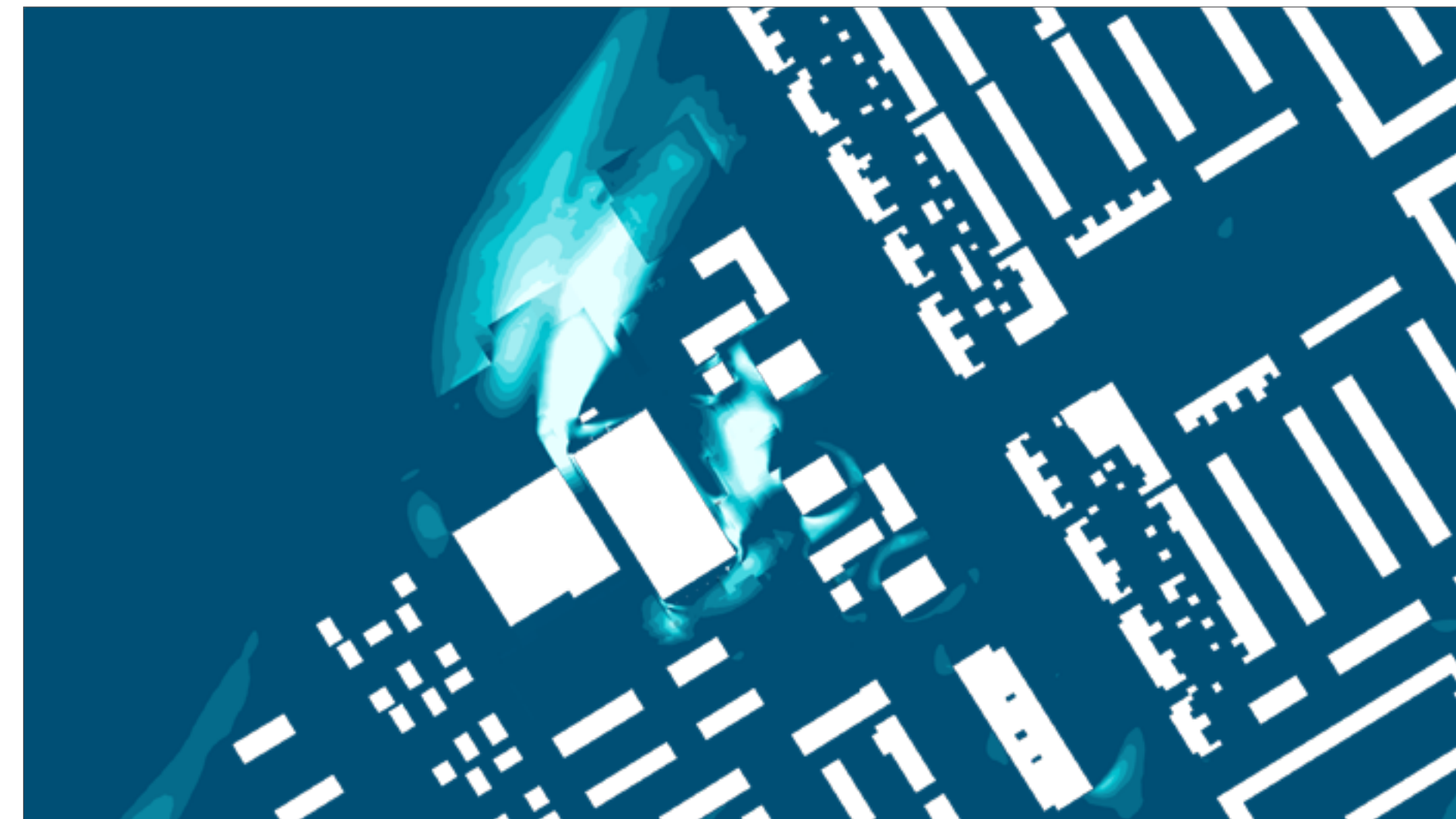
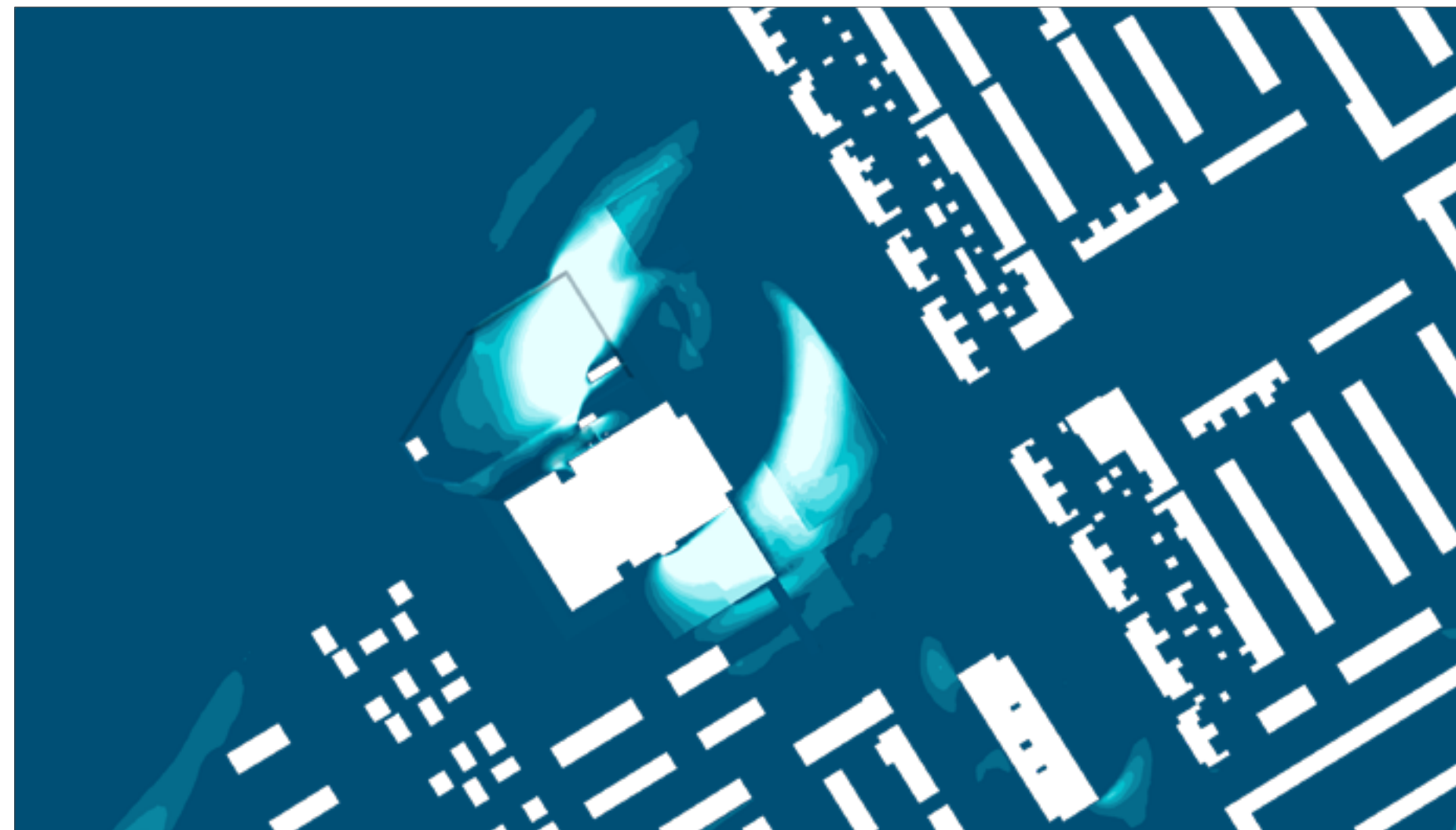


Windrichting:
210° Zuidzuidwest

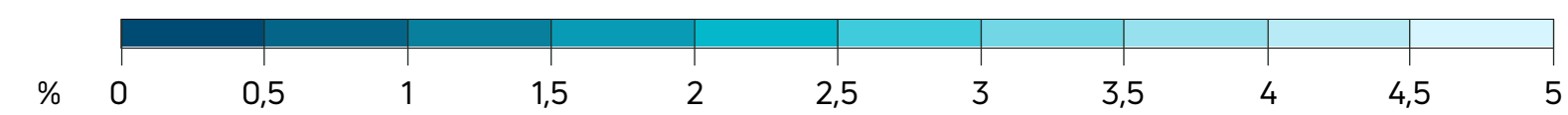
De bestaande situatie



De toekomstige situatie



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid

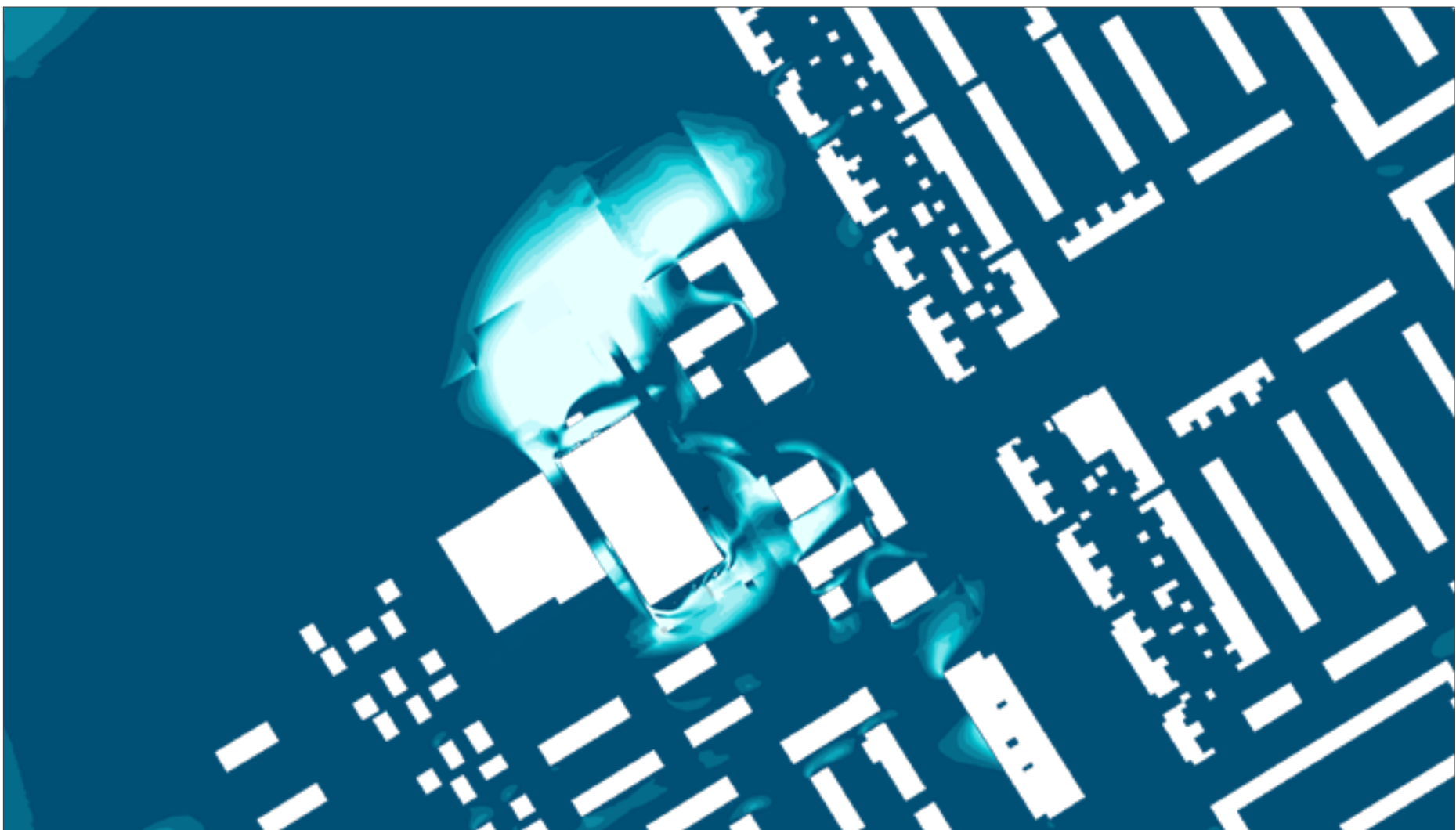
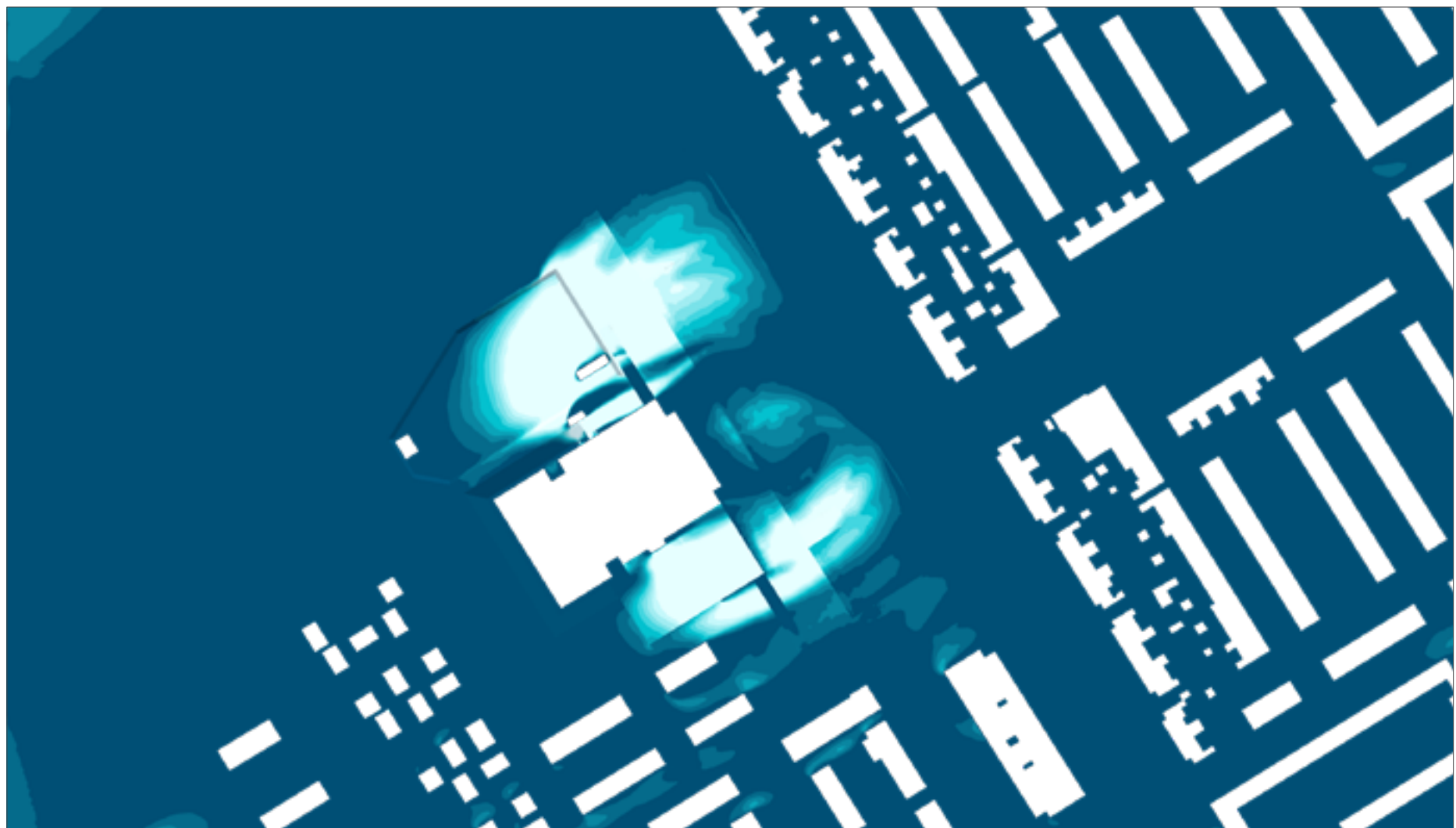


Windrichting:
240° Westzuidwest

De bestaande situatie

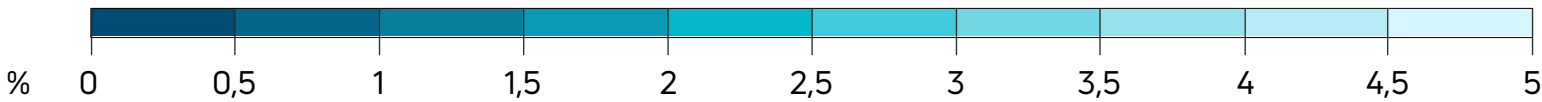


De toekomstige situatie



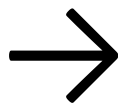
N
↑

Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid

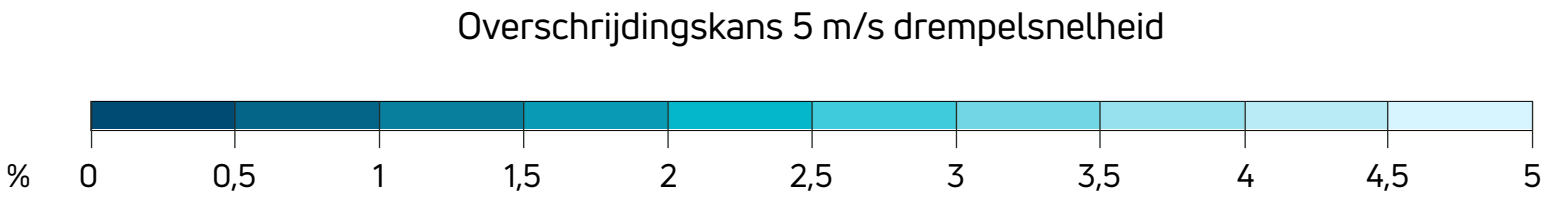
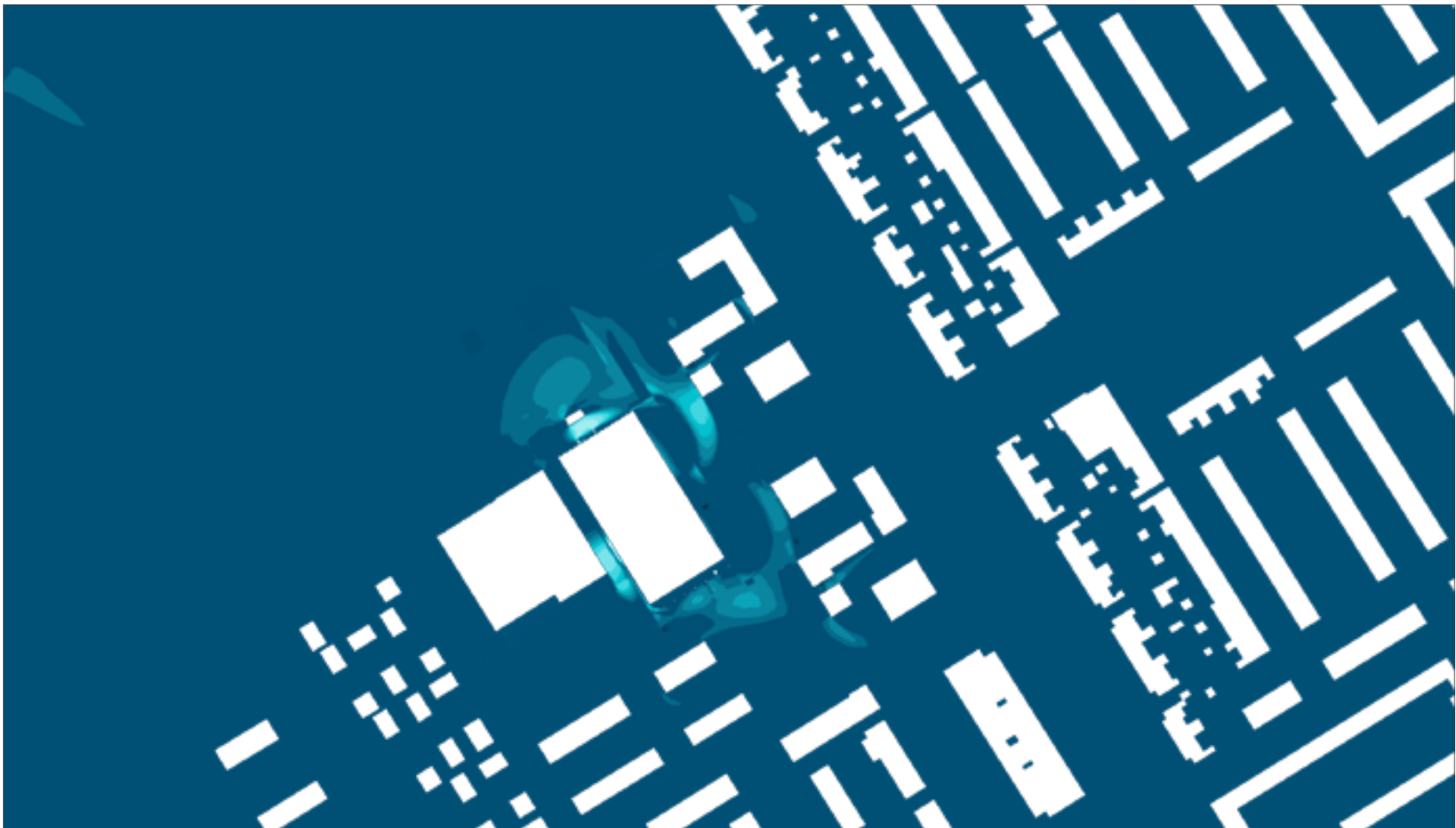
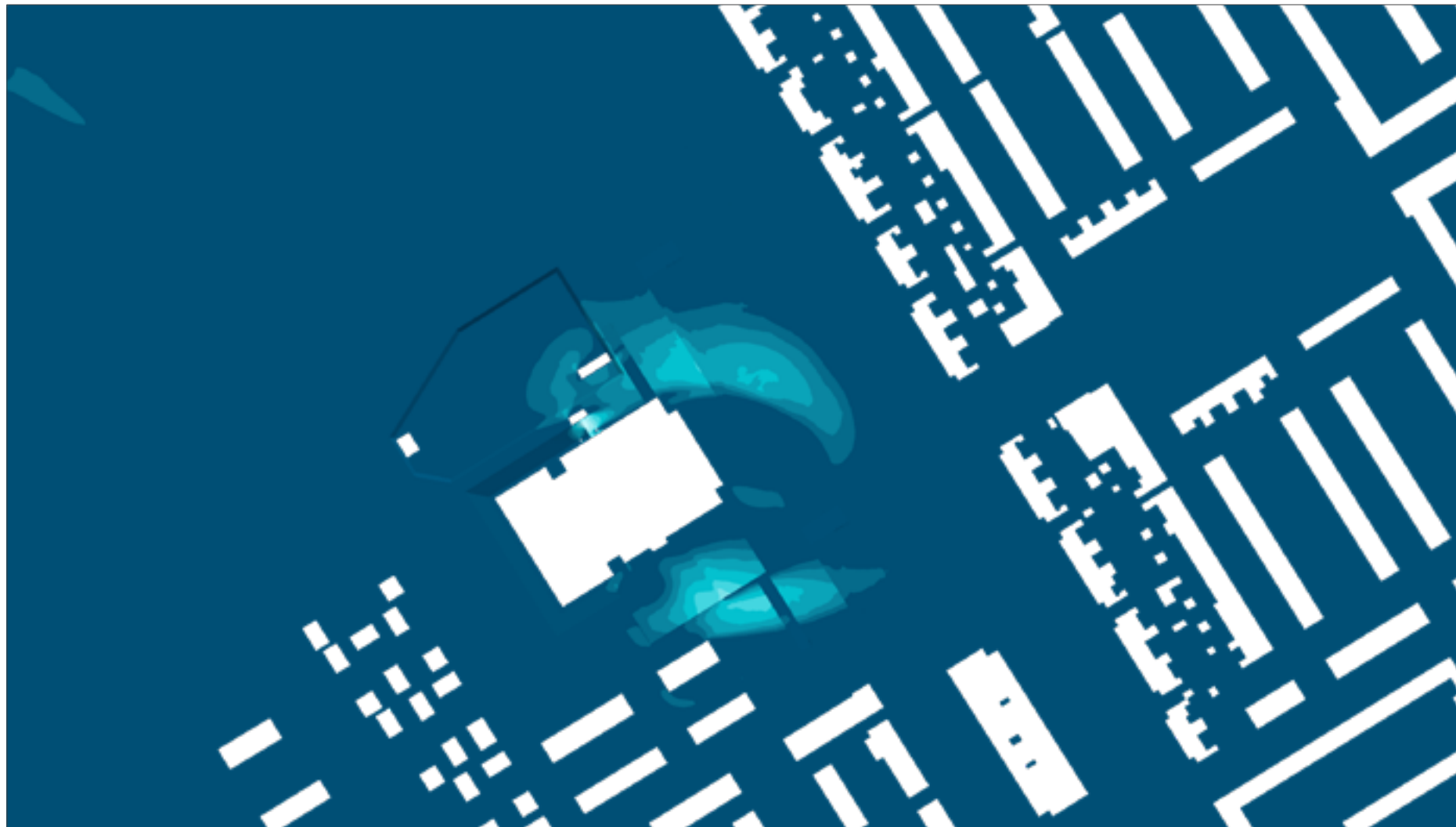


Windrichting:
270° West

De bestaande situatie



De toekomstige situatie

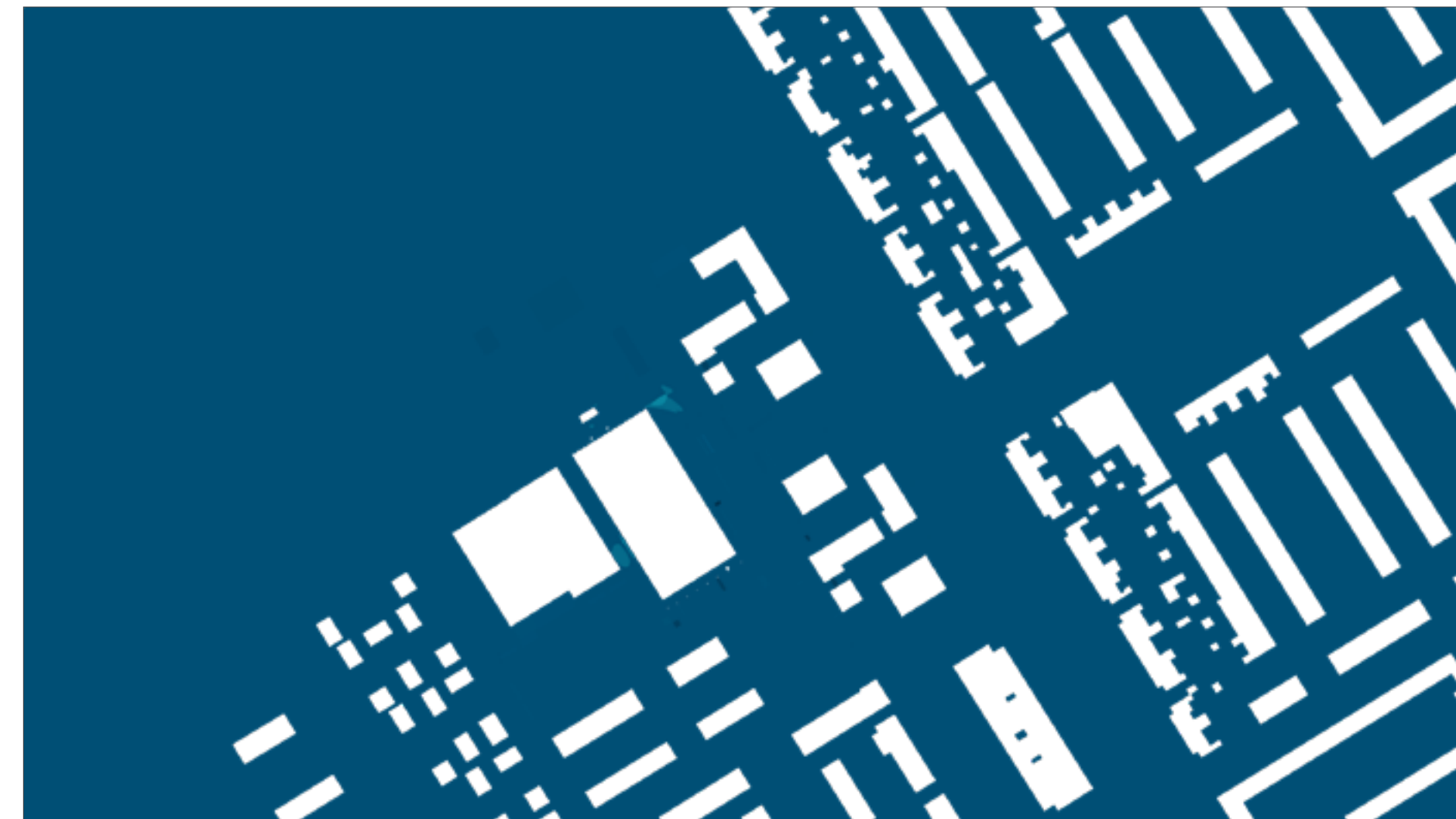
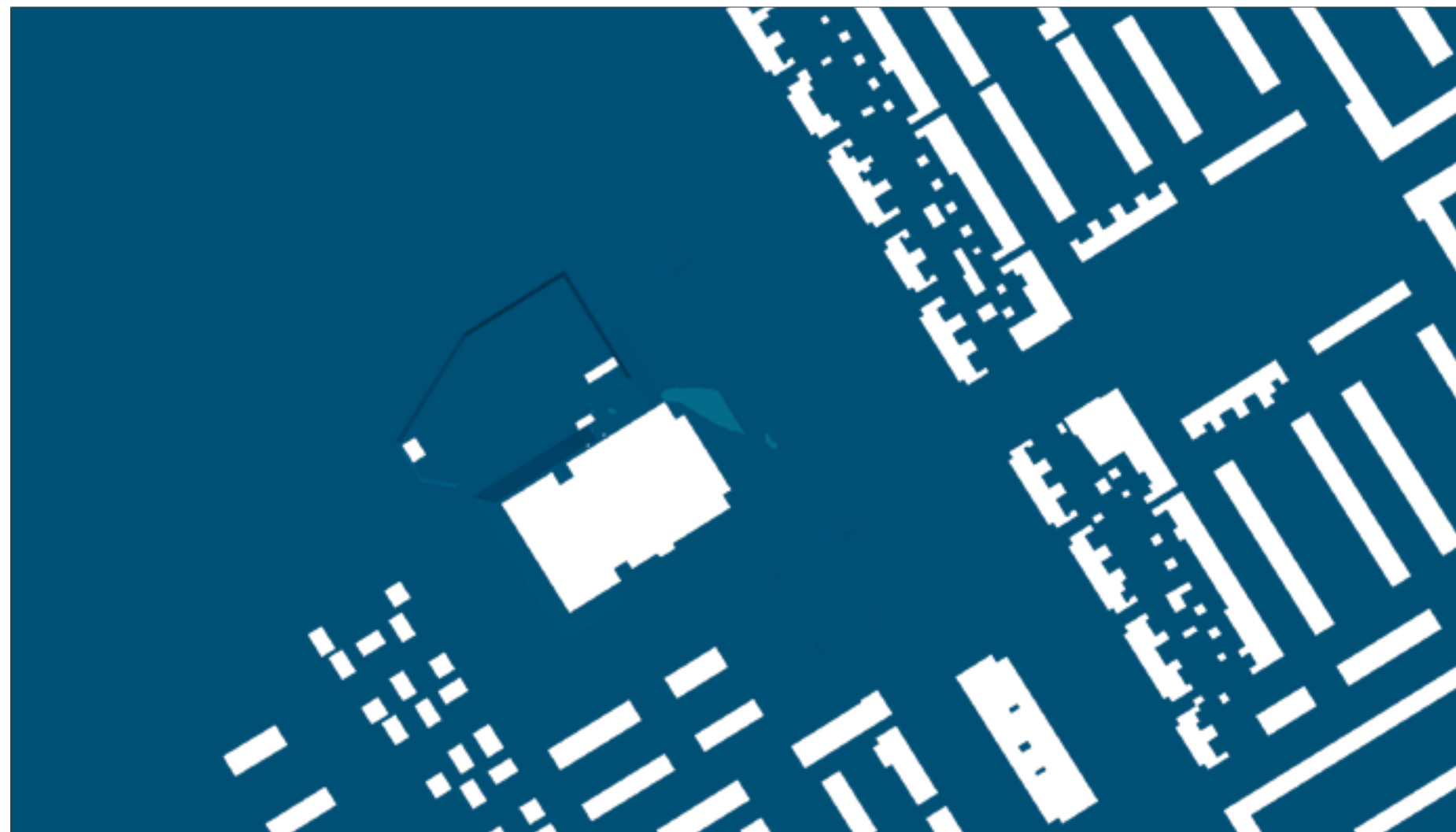


Windrichting:
300° Westnoordwest

De bestaande situatie

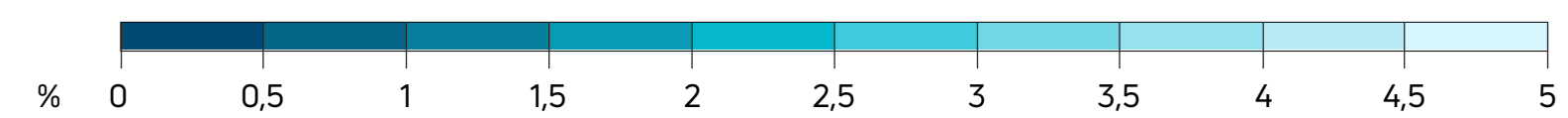


De toekomstige situatie



N
↑

Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid

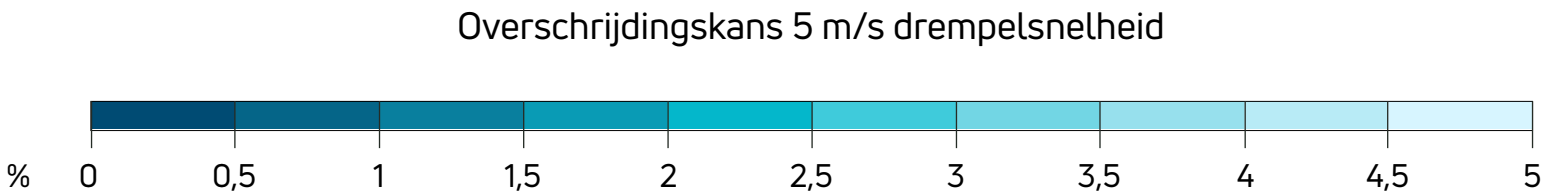
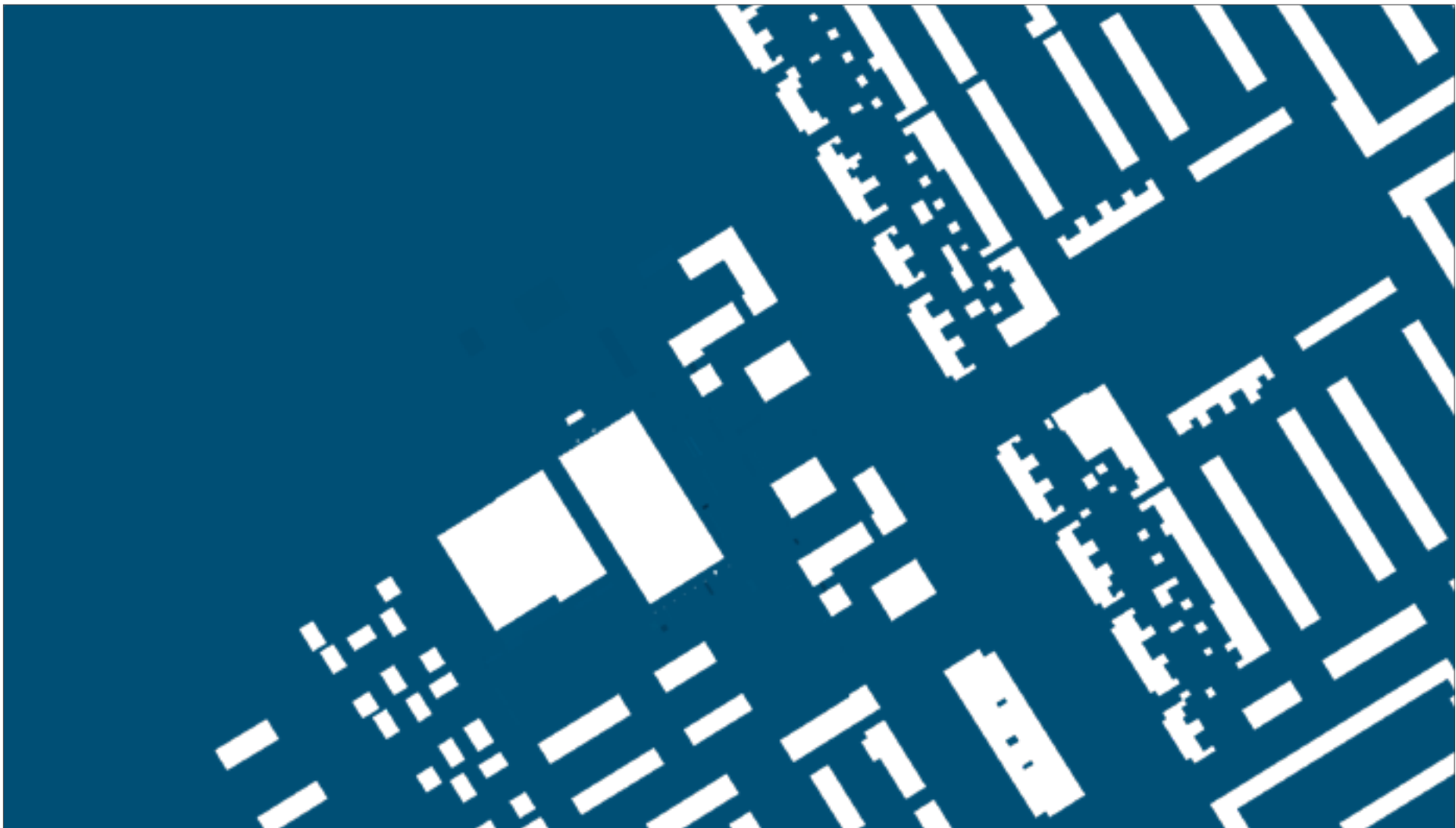
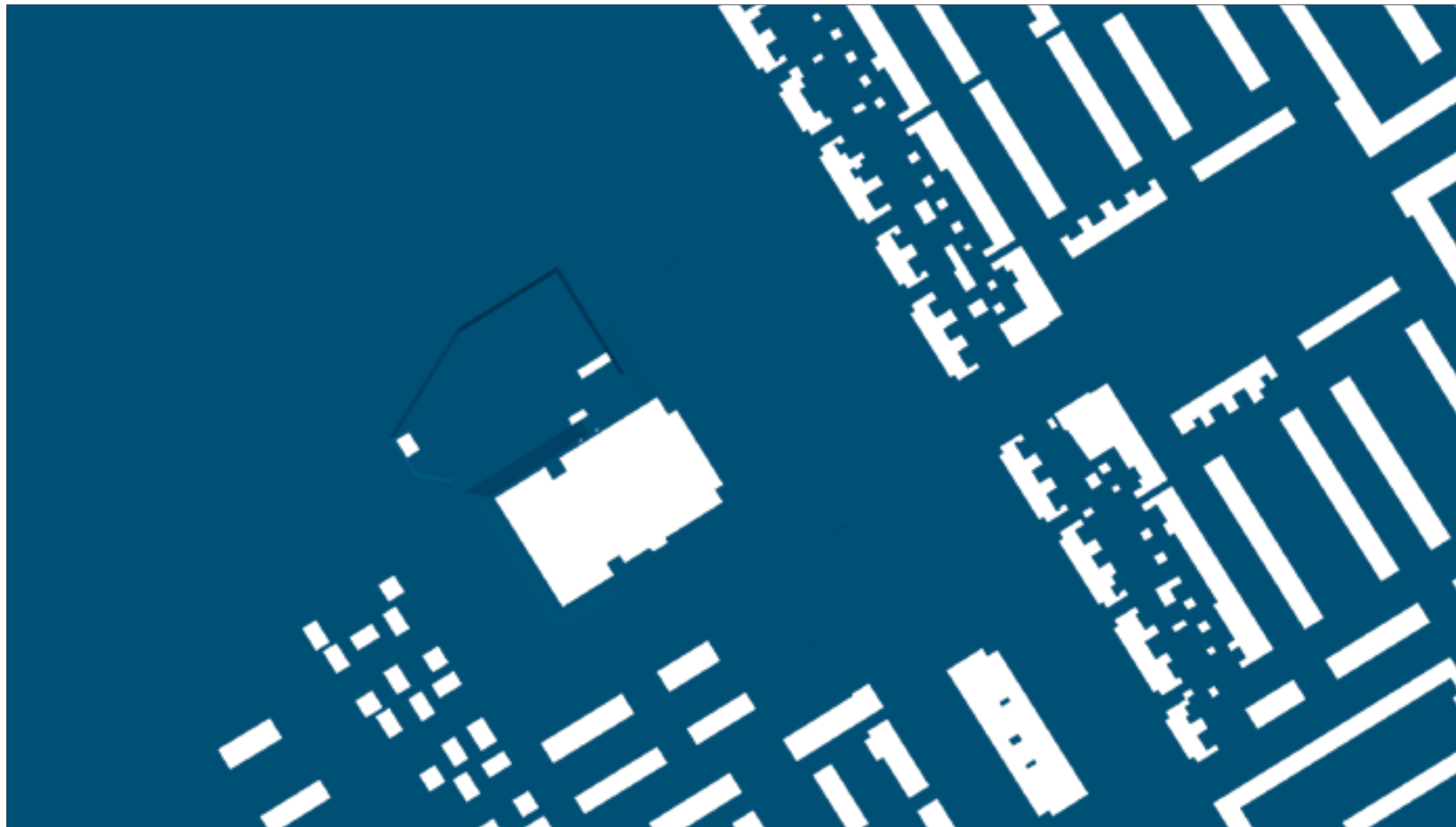


Windrichting:
330° Noordnoordwest

De bestaande situatie



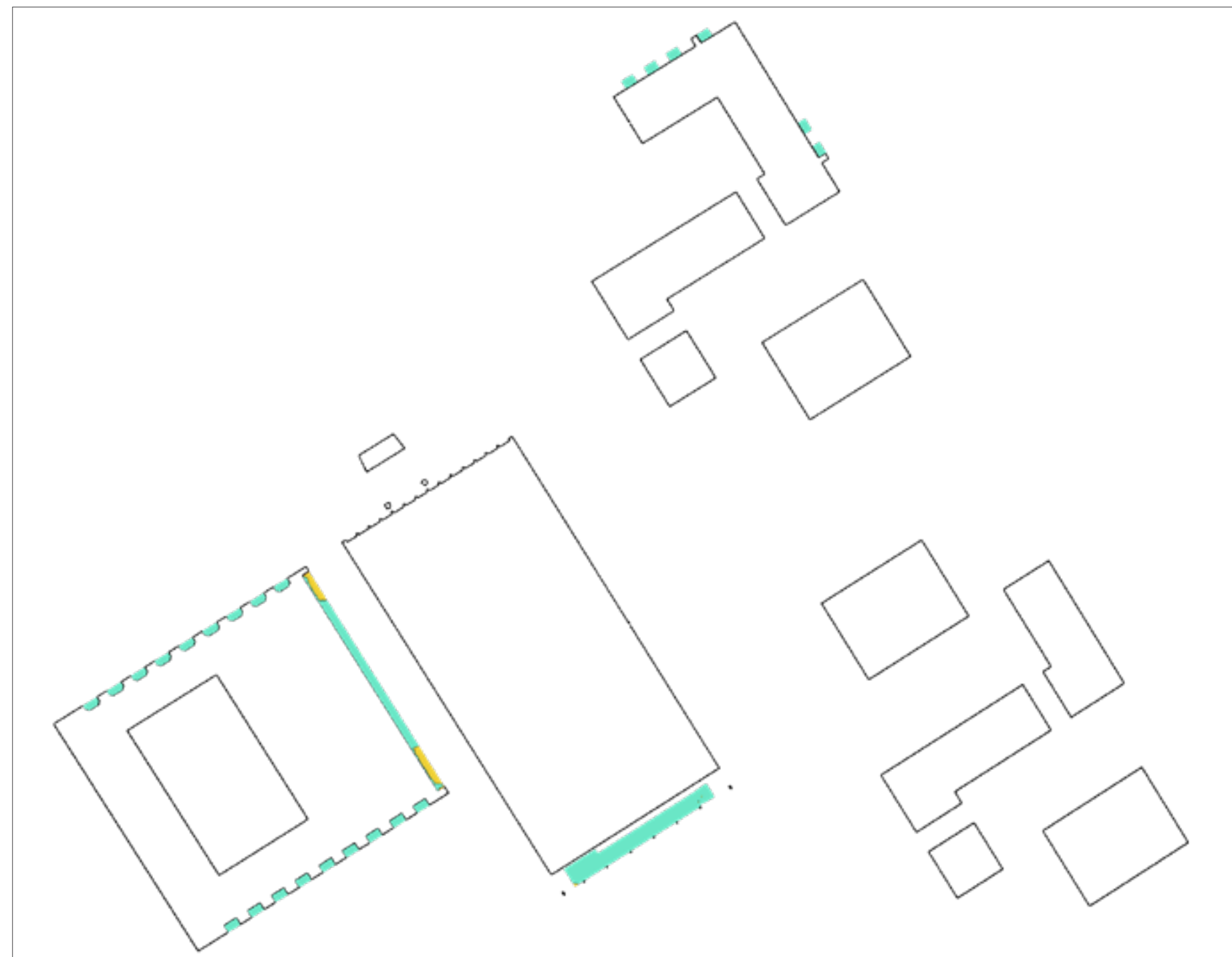
De toekomstige situatie



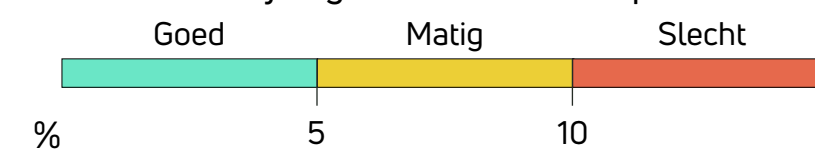
E Windklimaat private buitenruimten

1e verdieping

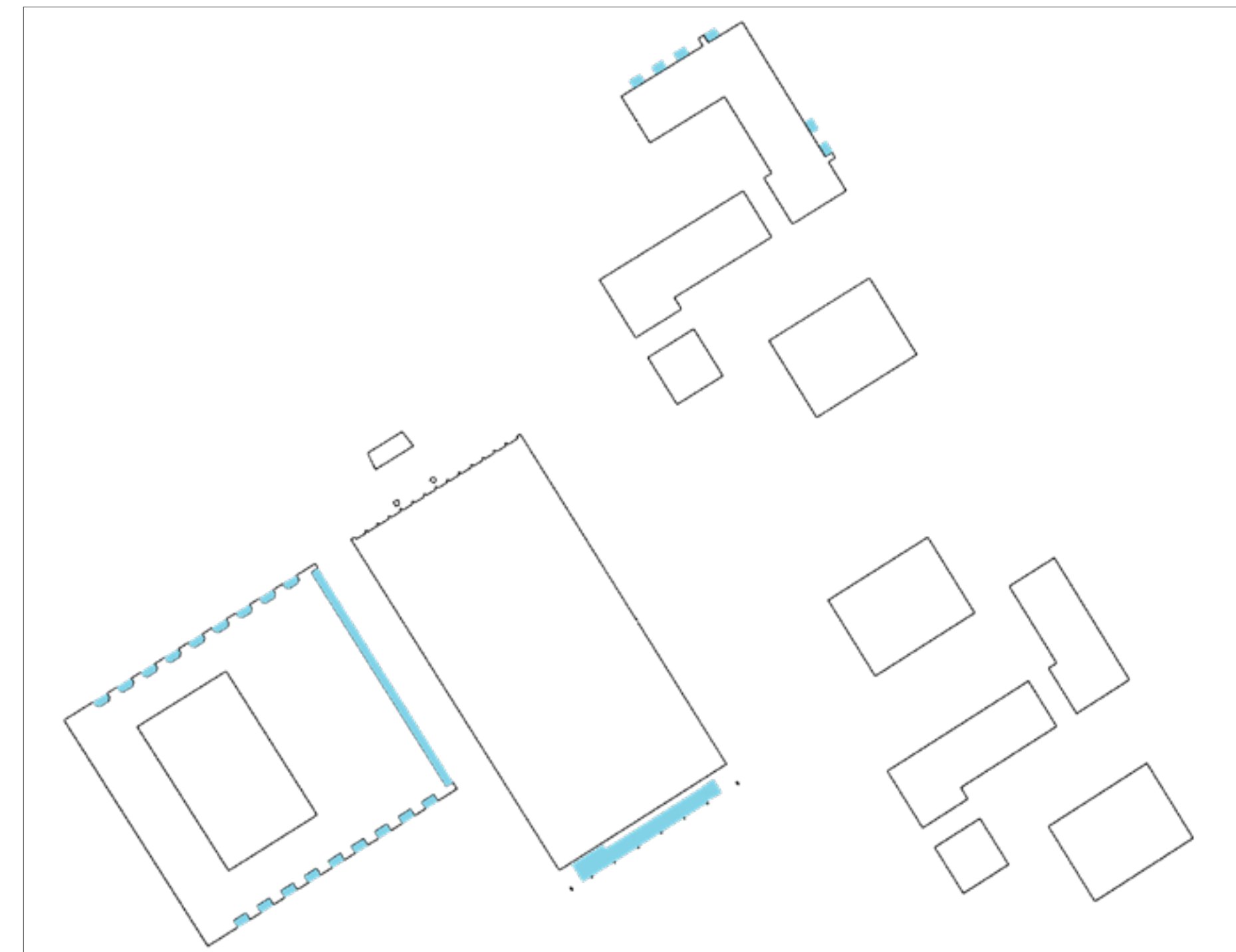
Windhinder



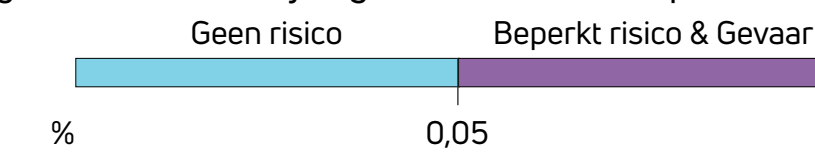
Windhinder - Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



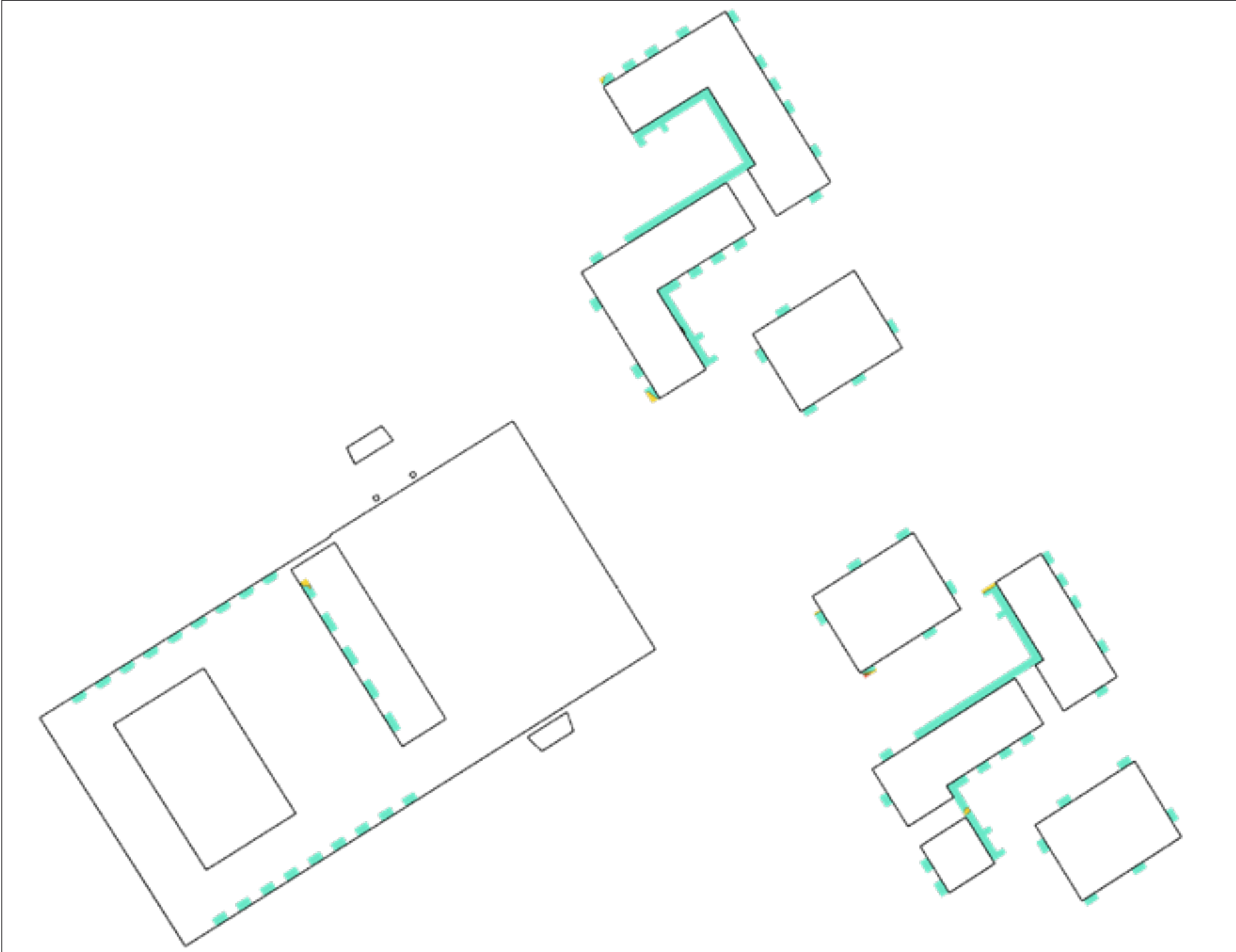
Windgevaar



Windgevaar - Overschrijdingskans 15 m/s drempelsnelheid



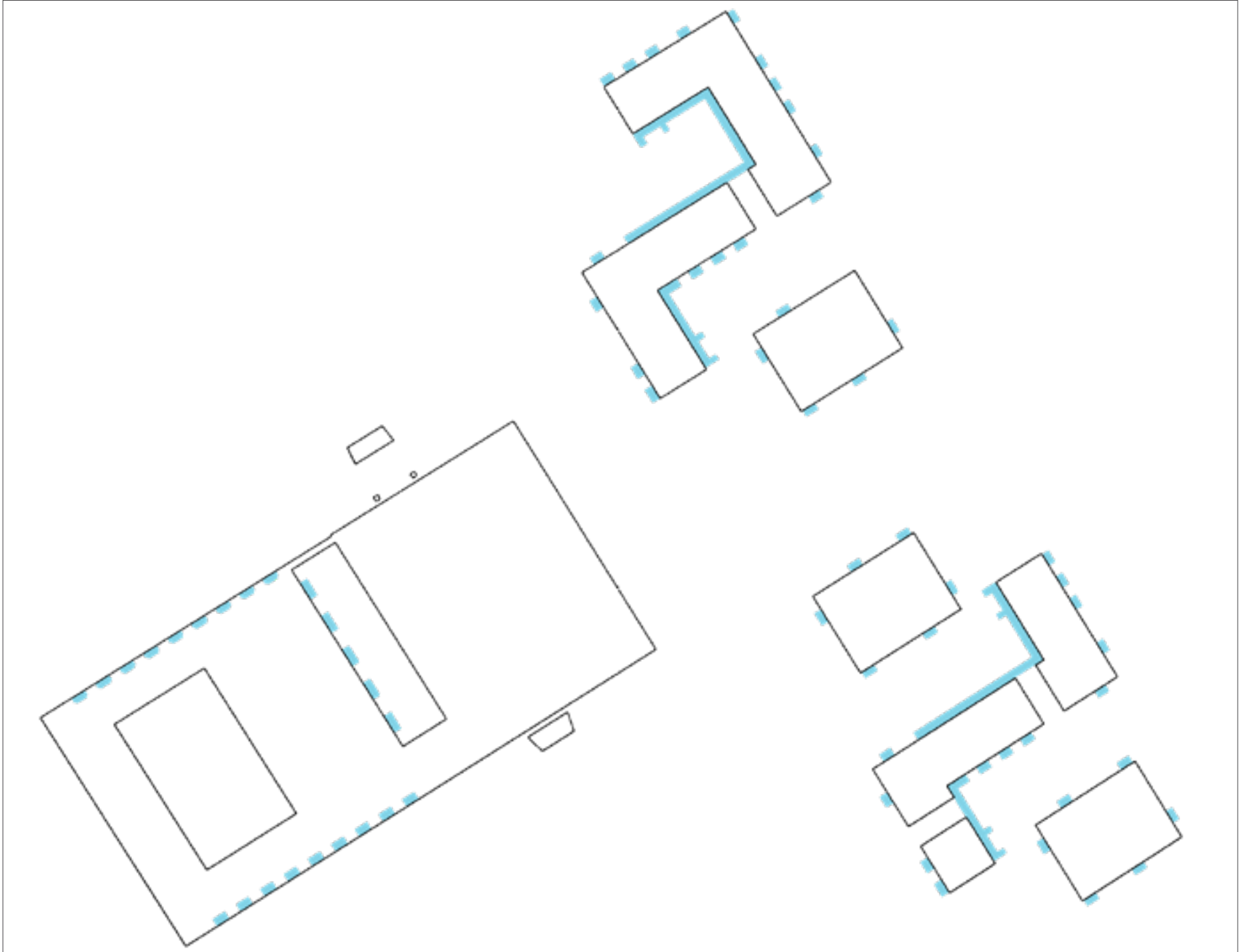
Windhinder



Windhinder - Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid

Goed	Matig	Slecht
0	5	10
%		

Windgevaar

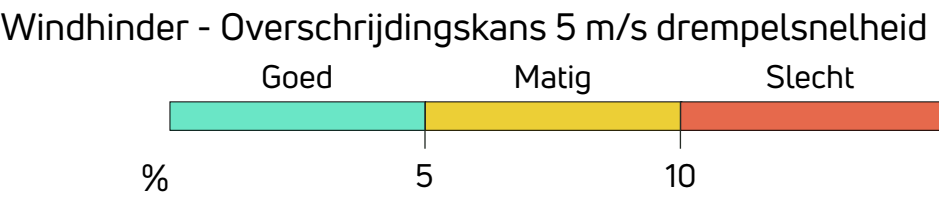
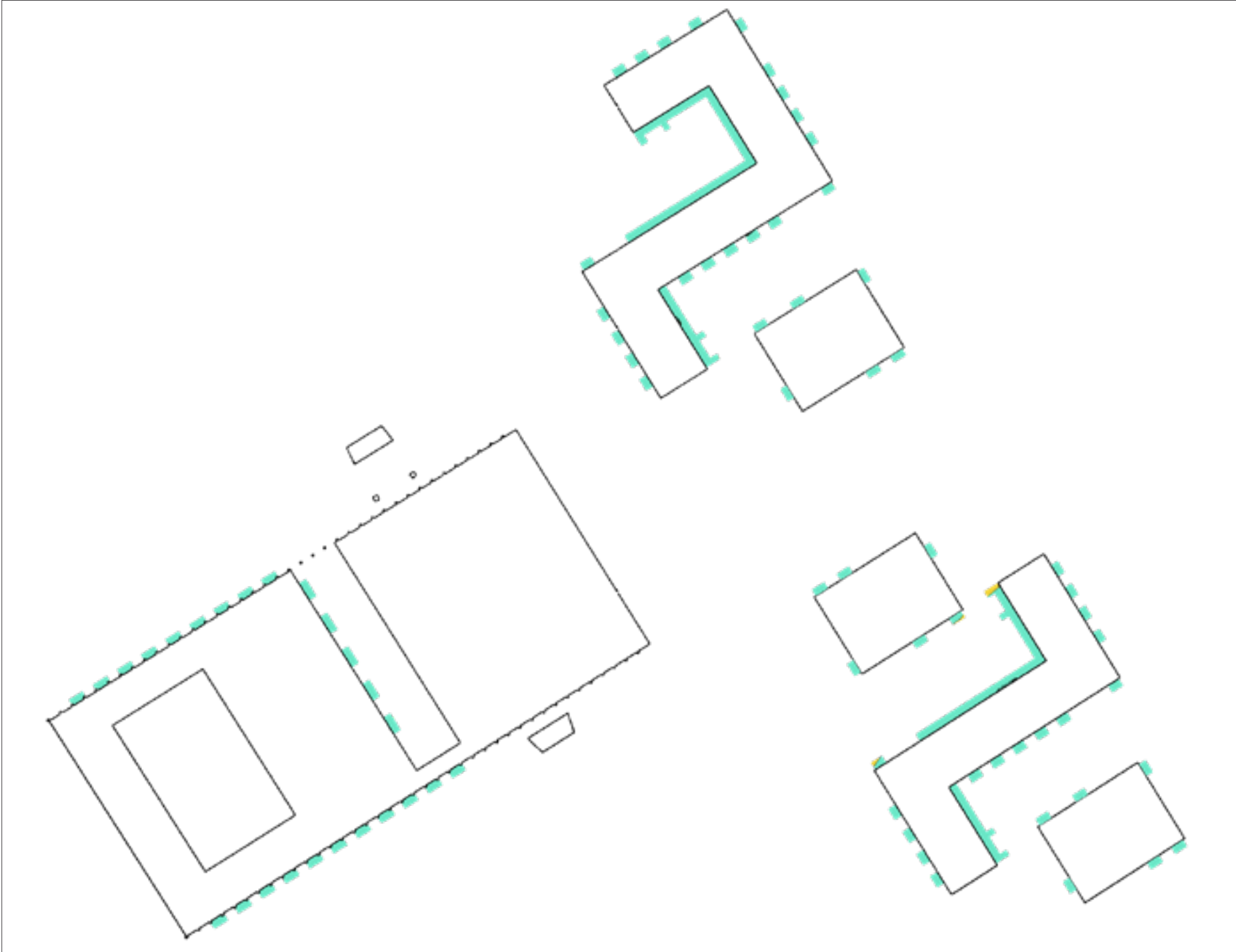


Windgevaar - Overschrijdingskans 15 m/s drempelsnelheid

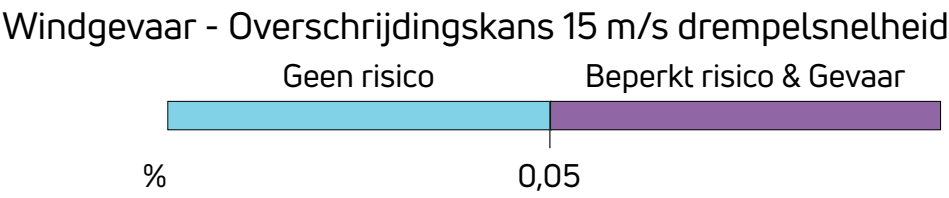
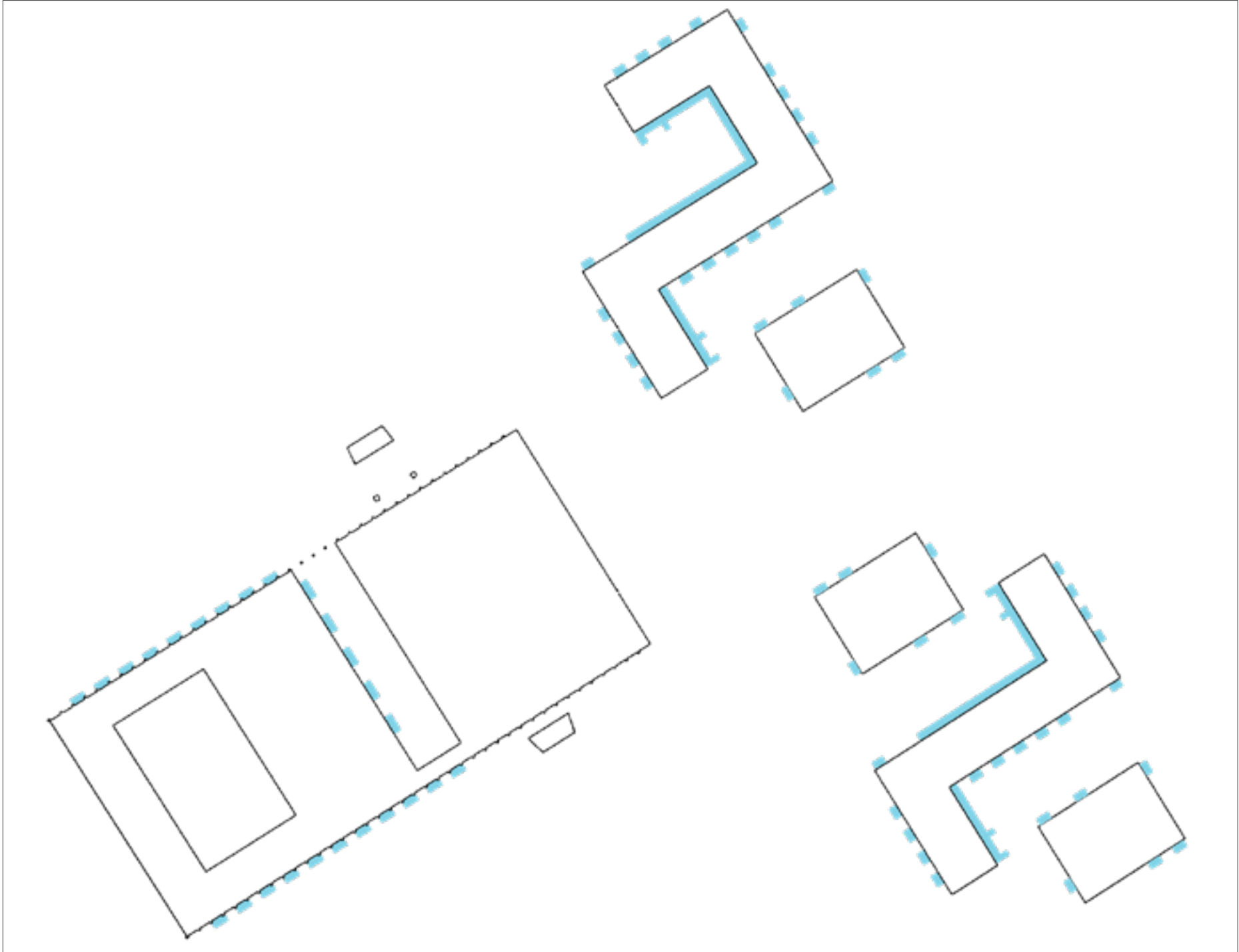
Geen risico	Beperkt risico & Gevaar
0	0,05
%	



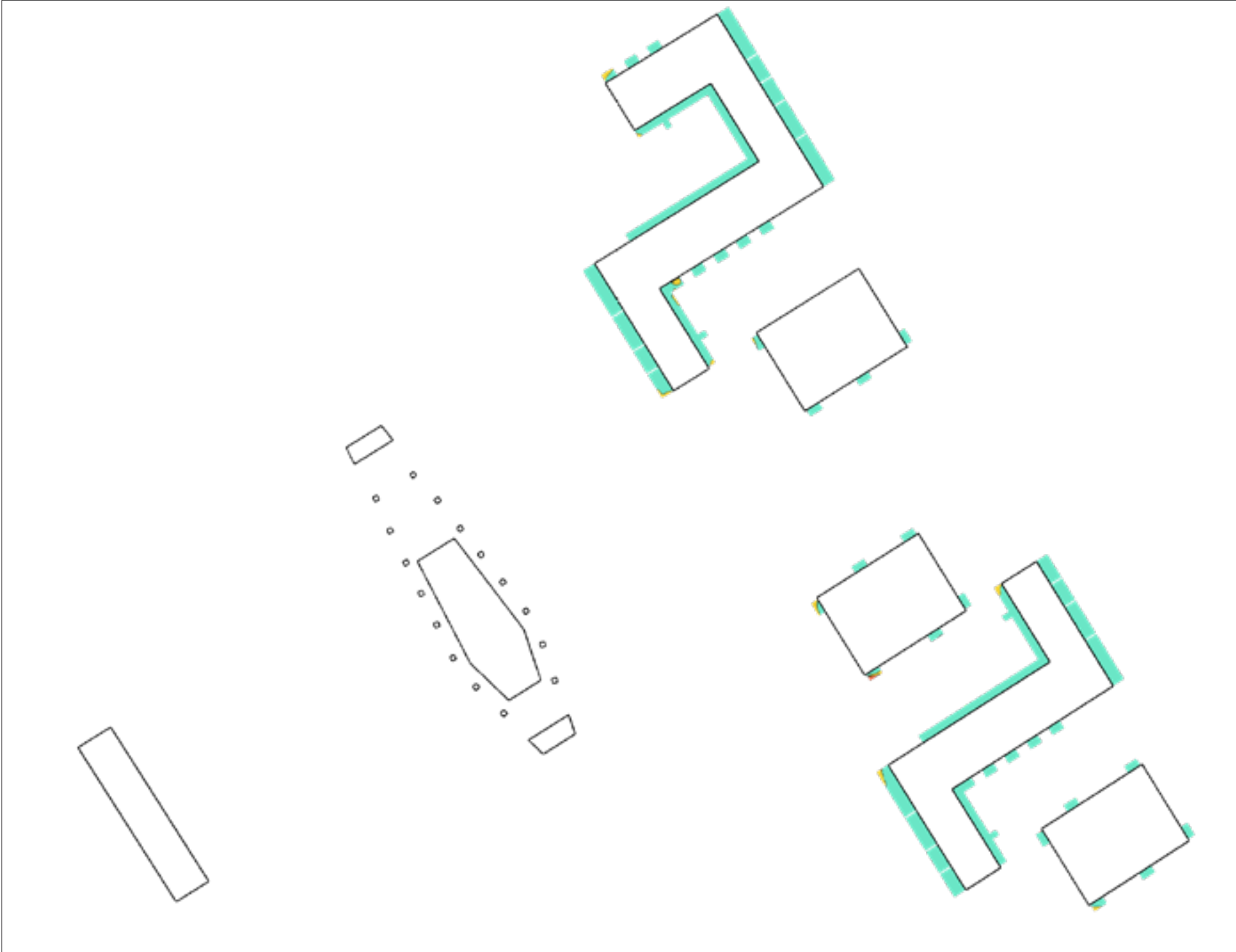
Windhinder



Windgevaar



Windhinder

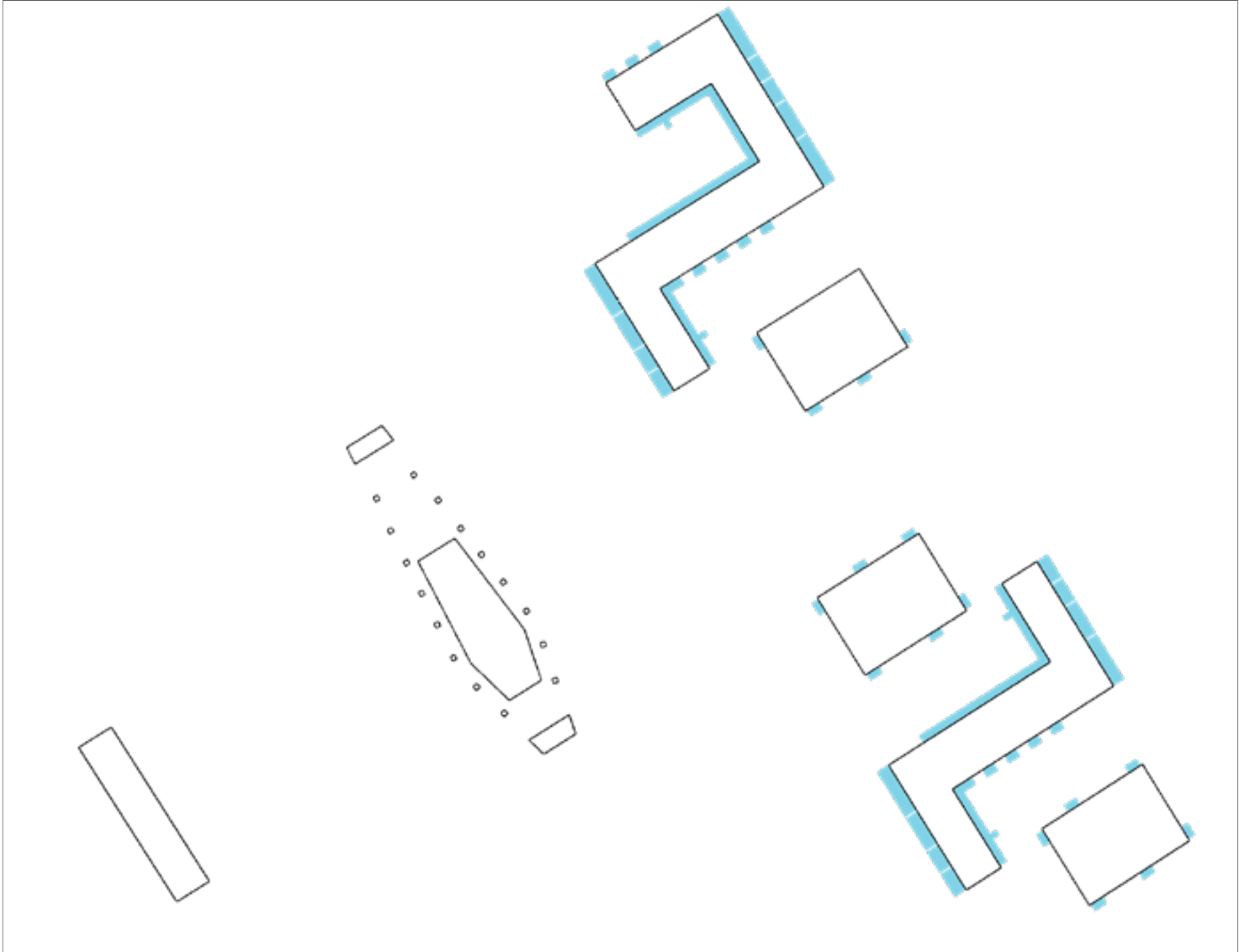


Windhinder - Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid

Goed Matig Slecht

% 5 10

Windgevaar



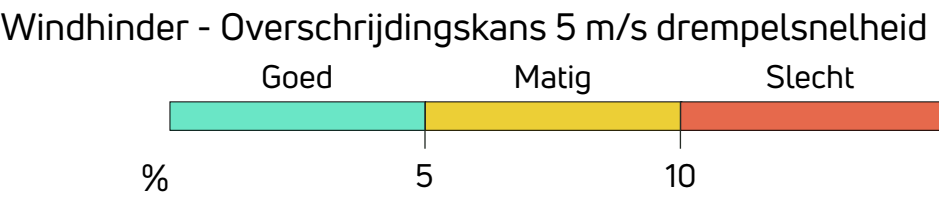
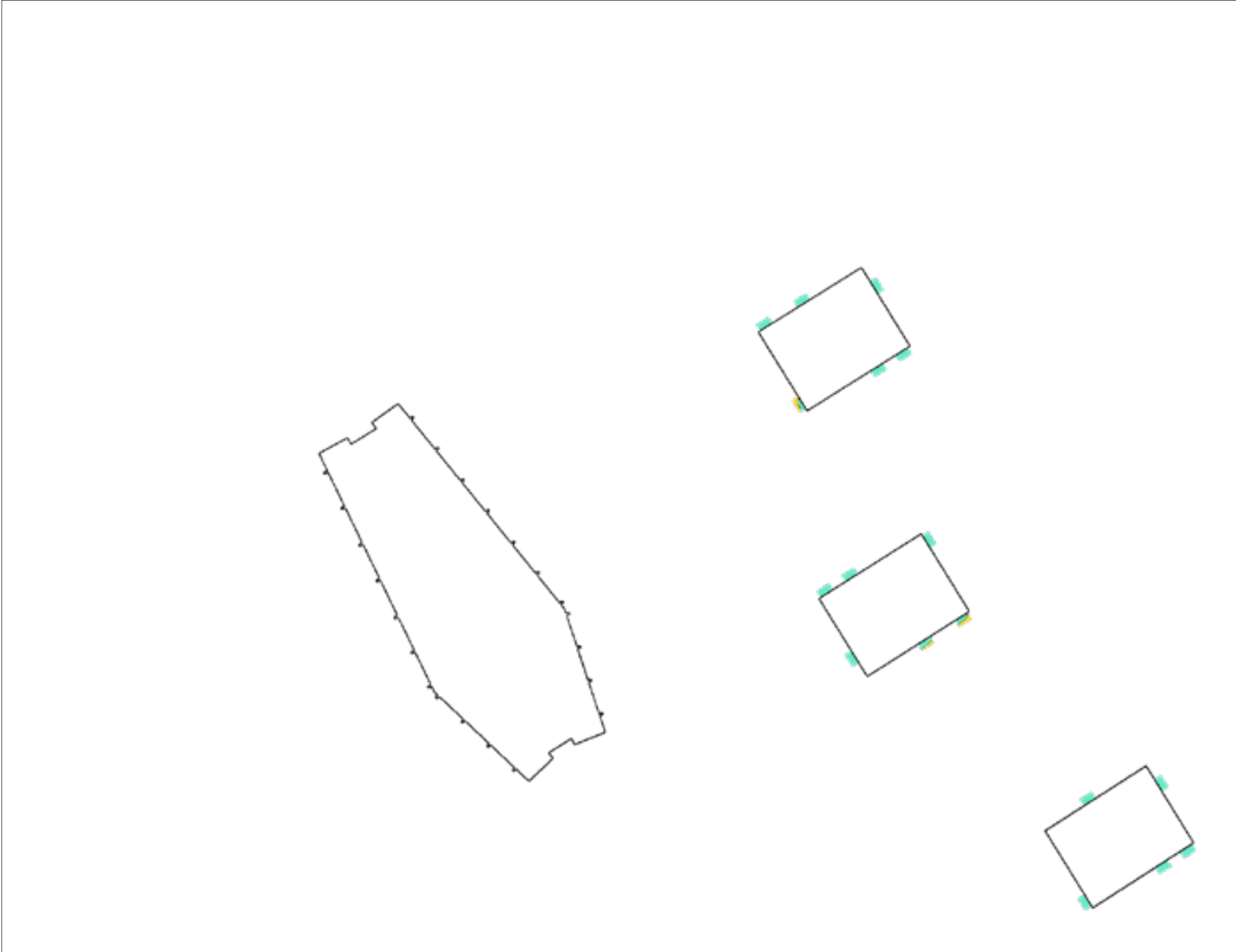
Windgevaar - Overschrijdingskans 15 m/s drempelsnelheid

Geen risico Beperkt risico & Gevaar

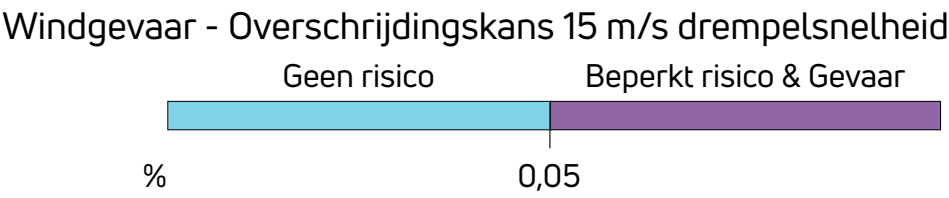
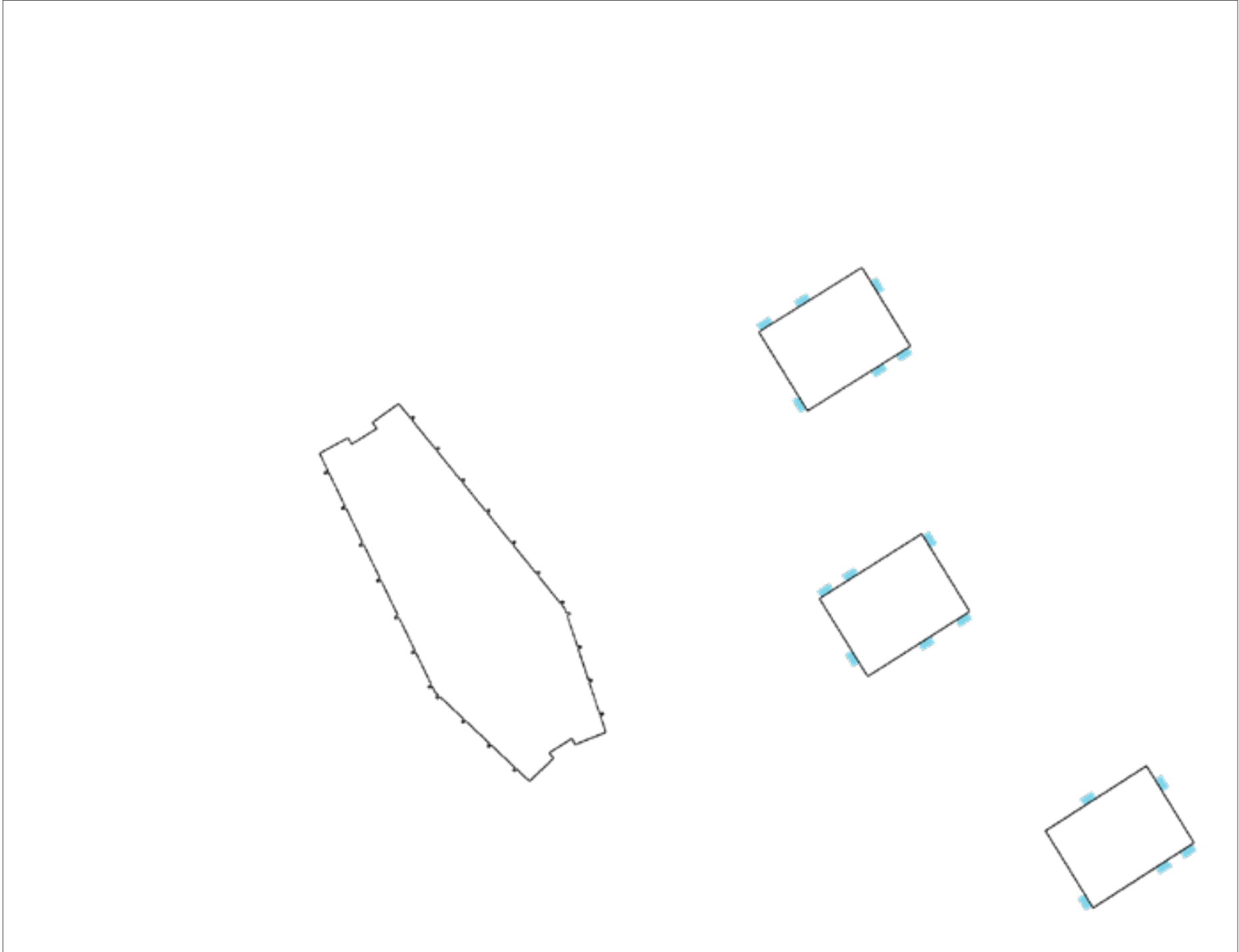
% 0,05



Windhinder



Windgevaar





Actiflow BV

Tramsingel 1

4814 AB Breda

+31 (0)76 5422 220

contact@actiflow.com

www.actiflow.com