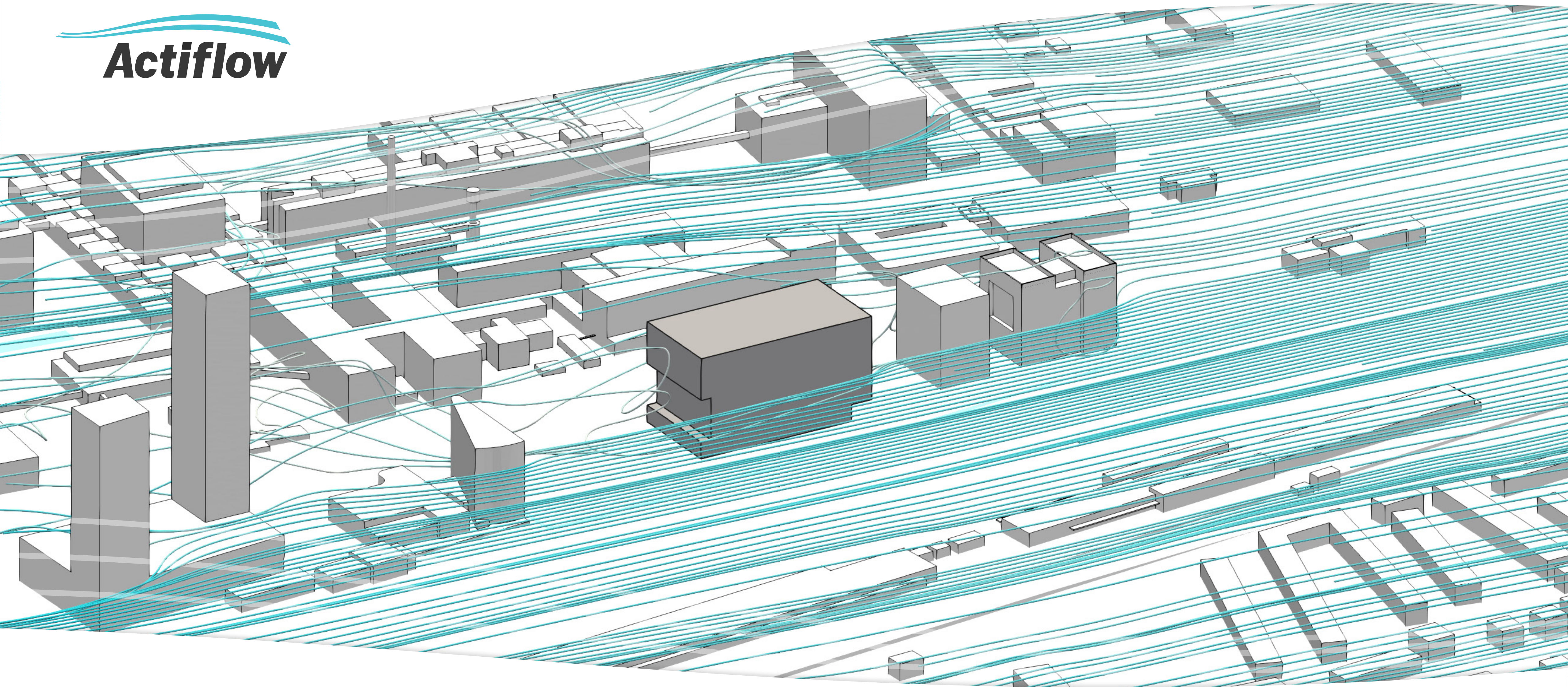




Varianten Cluster 9B (Knoop XL) te Eindhoven

CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Varianten Cluster 9B (Knoop XL) te Eindhoven
CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Opdrachtgever	Lodewijck Groep
Contactpersoon opdrachtgever	-
Projectnummer	7377
Rapportversie	1.0
Status	Definitief
Datum	19 oktober 2023
	©2023 Actiflow BV
Auteur(s)	-
Controleur	-
Actiflow BV Tramsingel 1 4814 AB Breda +31 (0)76 5422 220 contact@actiflow.com www.actiflow.com	

Inhoudsopgave

1.	Introductie	4	A	Beleidsregel gemeentelijke normen windhinder Eindhoven	23
2.	Normstelling	7	B	Inlegvel NEN 8100:2006	24
	2.1 Windhinder en windgevaar		C	Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid	25
	2.2 Classificatie en beoordeling van windhinder en windgevaar		D	Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld	26
	2.3 Gemeentelijk beleid Eindhoven		E	Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen	32
3.	Opzet van de berekening	10			
	3.1 3D-Model en rekenrooster				
	3.2 Vegetatie				
	3.3 Methodiek				
	3.4 Software				
	3.5 Aannames en randvoorwaarden				
4.	Resultaten	13			
5.	Analyse en discussie	20			
6.	Conclusie	22			

1 Introductie

Voorliggende rapportage omschrijft het vervolg op een eerder door [Actiflow](#) uitgevoerd windonderzoek^[1] in het kader van de ontwikkeling Cluster 9B dat onderdeel is van de Knoop XL te Eindhoven. Het onderzoek wordt uitgevoerd in opdracht van de Lodewijck Groep.

Het plangebied van de ontwikkeling bevindt zich aan de prof. dr. Dorgelolaan 20 te Eindhoven, zie figuur 1.1. Ten noorden van het plangebied ligt de campus van de Technische Universiteit Eindhoven wat wordt gekenmerkt door middelhoog- en hoogbouw. Ten oosten van het plangebied liggen andere middelhoge kantoorgebouwen afgewisseld met een cluster met bomen. Ten zuiden ligt het spoor-emplacment van Eindhoven Centraal, met daarachter de wijk Villapark wat zich kenmerkt door lage woningbouw. Ten zuidoosten ligt het centrum van Eindhoven, wat zich kenmerkt door middelhoge en hoge gebouwen.

In het voorgaande onderzoek is het windklimaat nabij het maximale toegestane bouwvolume van de nieuwbouw inzichtelijk gemaakt. Op basis van de resultaten uit het onderzoek worden windrijke gebieden nabij de oostelijk en westelijke hoeken waargenomen. De hinder welke men in deze zones kan ervaren is volgens gemeentelijk beleid onacceptabel. In het windrijke gebied rondom de oostelijke hoek wordt een expeditie met bijbehorende overkluizing voorzien en is dus niet langer een verblijfsgebied voor voetgangers. Om deze reden kunnen de windrijkere condities nabij deze hoek geaccepteerd worden. Er zijn naar aanleiding van de bovengenoemde resultaten twee varianten voorgesteld om het windklimaat nabij de westelijke hoek te verbeteren.

De volgende drie configuraties worden in voorliggend onderzoek behandeld:

- Maximaal bouwvolume bestemmingsplan
- Variant 1
- Variant 2

Figuur 1.2 geeft een impressie van de geometrieën van de getoetste configuraties van de nieuwbouw.

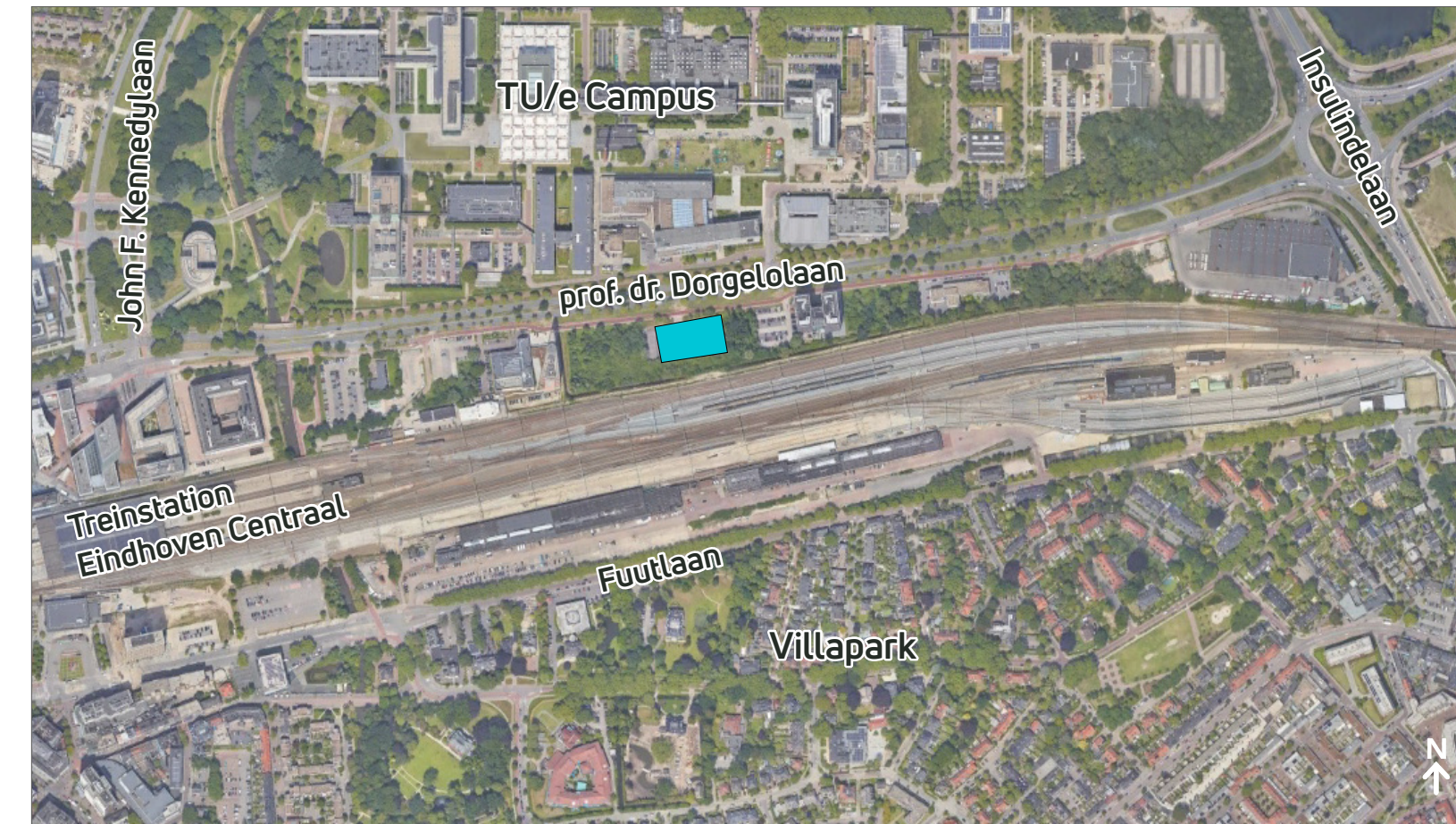
Het maximale bouwvolume uit het bestemmingsplan bestaat uit een rechthoekig volume met een lengte van 87 meter, een breedte van 45,6 meter en een hoogte van 48 meter. Varianten 1 en 2 bevatten aan de noordoostelijk georiënteerde zijde de overkluizing van de expeditie met een afmeting van acht meter hoog en tien meter diep. De overkluizing vormt hiermee een uitsparing uit het maximale bouwvolume uit het bestemmingsplan.

Aan de zuidwestelijke georiënteerde zijde van Variant 1 wordt op acht meter hoogte (boven de plint) een uitsparing voorzien van 20 meter hoog en vijf meter diep. Deze uitsparing wordt over de gehele breedte van het volume voorzien. Variant 2 kent aan de zuidwestelijk georiënteerde gevel eveneens een uitsparing op acht meter hoogte. Echter heeft deze een afmeting van acht meter hoog en vijf meter diep. Daarnaast wordt de uitsparing enkel over de noordelijke helft van de breedte van het volume voorzien.

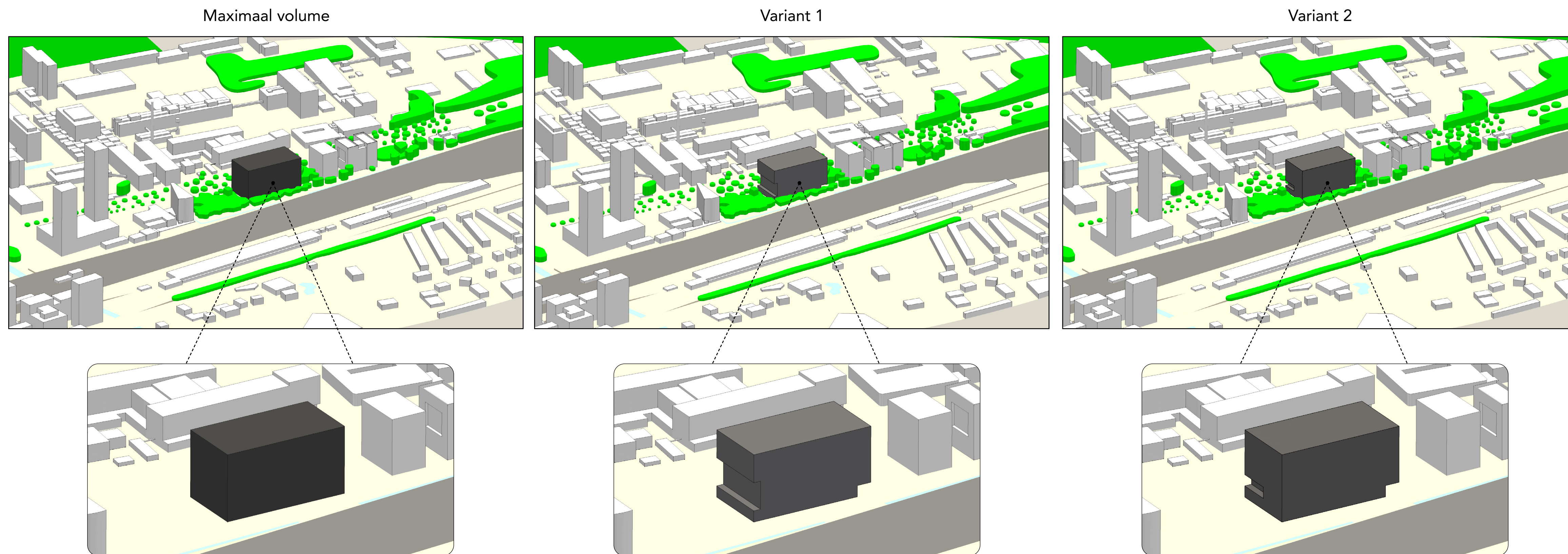
[1] Knoop XL (Cluster9B) te Eindhoven - CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar V1.0
Projectnummer: 7337 d.d. 10-05-2023

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 de modellen van de drie onderzochte configuraties
Zicht vanuit het zuidwesten

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 Eindhoven

De Nederlandse norm "NEN8100:2006" wordt niet in landelijke wetgeving aangestuurd. Daarnaast geeft deze norm enkel aan hoe windhinder en windgevaar geclassificeerd en beoordeeld kunnen worden, maar niet wanneer iets acceptabel is of niet. Middels lokaal beleid kunnen gemeenten hier zelf hun eigen invulling aan geven.

De gemeente Eindhoven geeft door middel van de normen in het *Gemeenteblad nr. 141113 "Beleidsregel gemeentelijke normen windhinder"* (d.d. 4 juni 2020) invulling hieraan. De gestelde normen worden hieronder geciteerd:

1. "De Gemeente Eindhoven kiest nadrukkelijk voor het toevoegen van hoge gebouwen binnen de stad. De Gemeente Eindhoven stelt daarbij ook eisen aan windhinder en windgevaar.
2. Windhinder en windgevaar moeten conform NEN 8100:2006 in beeld worden gebracht.
3. Voor de openbare ruimte moet als ondergrens een 'goed' (zoals gekwalificeerd in NEN 8100:2006) windklimaat worden nagestreefd. Voor 'langdurig zitten' wordt altijd een kwalificatie 'goed' verlangd. Deze kwalificatie geldt ook voor 'slenteren' wanneer een hoofdentree van een gebouw in een dergelijk gebied is gelegen. Een beoordeling 'matig' kan eventueel na bestuurlijke afweging worden geaccepteerd, hierbij spelen kosten van windhinderbeperkende maatregelen en het ontbreken van alternatieven een rol. Een 'slecht' windklimaat is niet toegestaan. In situaties waar, vanwege specifieke locatieomstandigheden, in zeer beperkte mate op niet voor verblijf relevante plekken, het windhinderklimaat in redelijkheid niet kan worden verbeterd, hebben B&W de bevoegdheid van deze eis af te wijken.
4. Bij windgevaar moet de kwalificatie 'gevaarlijk' te allen tijde worden vermeden."

Het volledige document is opgenomen in bijlage A.

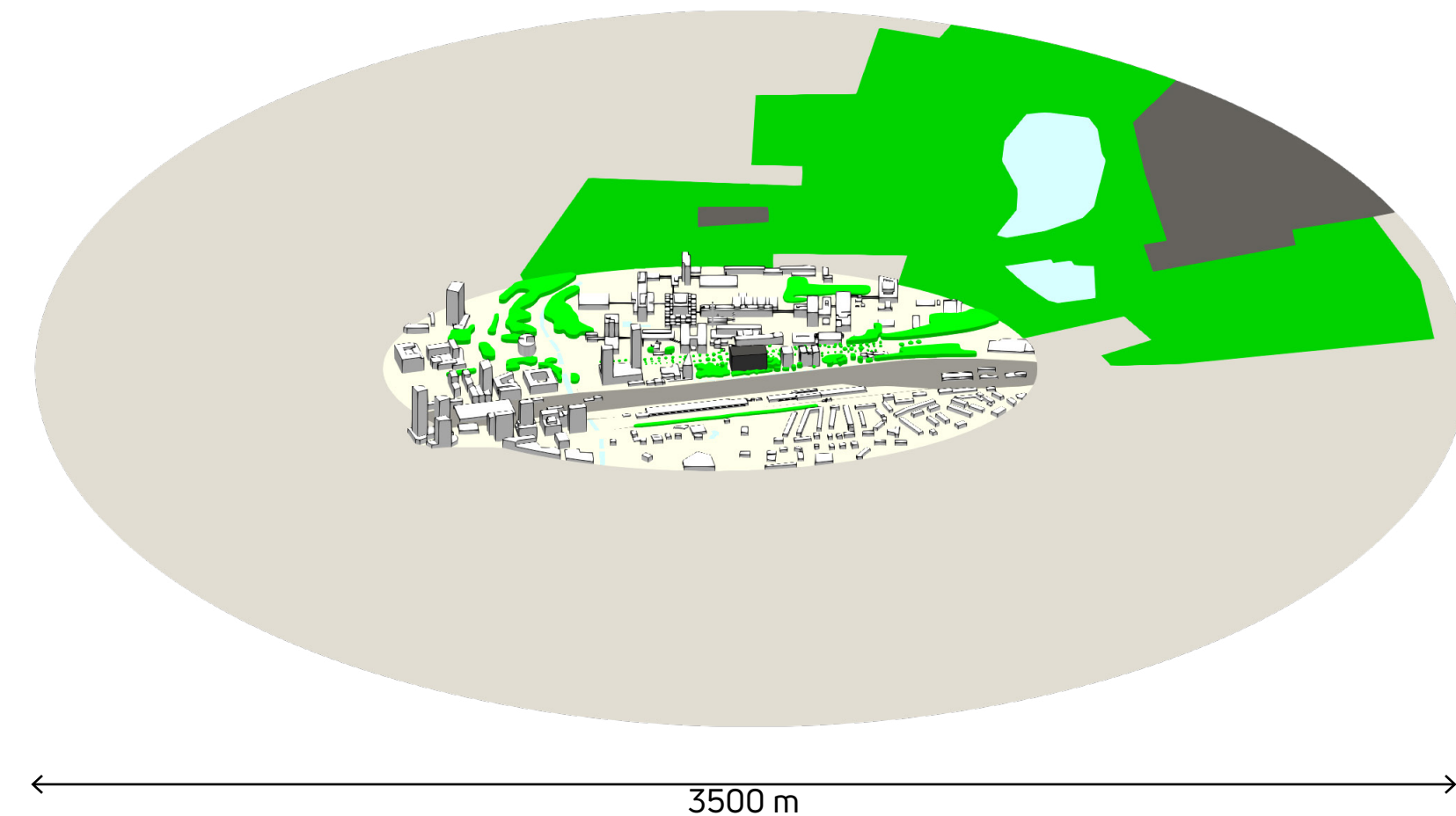
3 Opzet van de berekening

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 onderzoeken 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

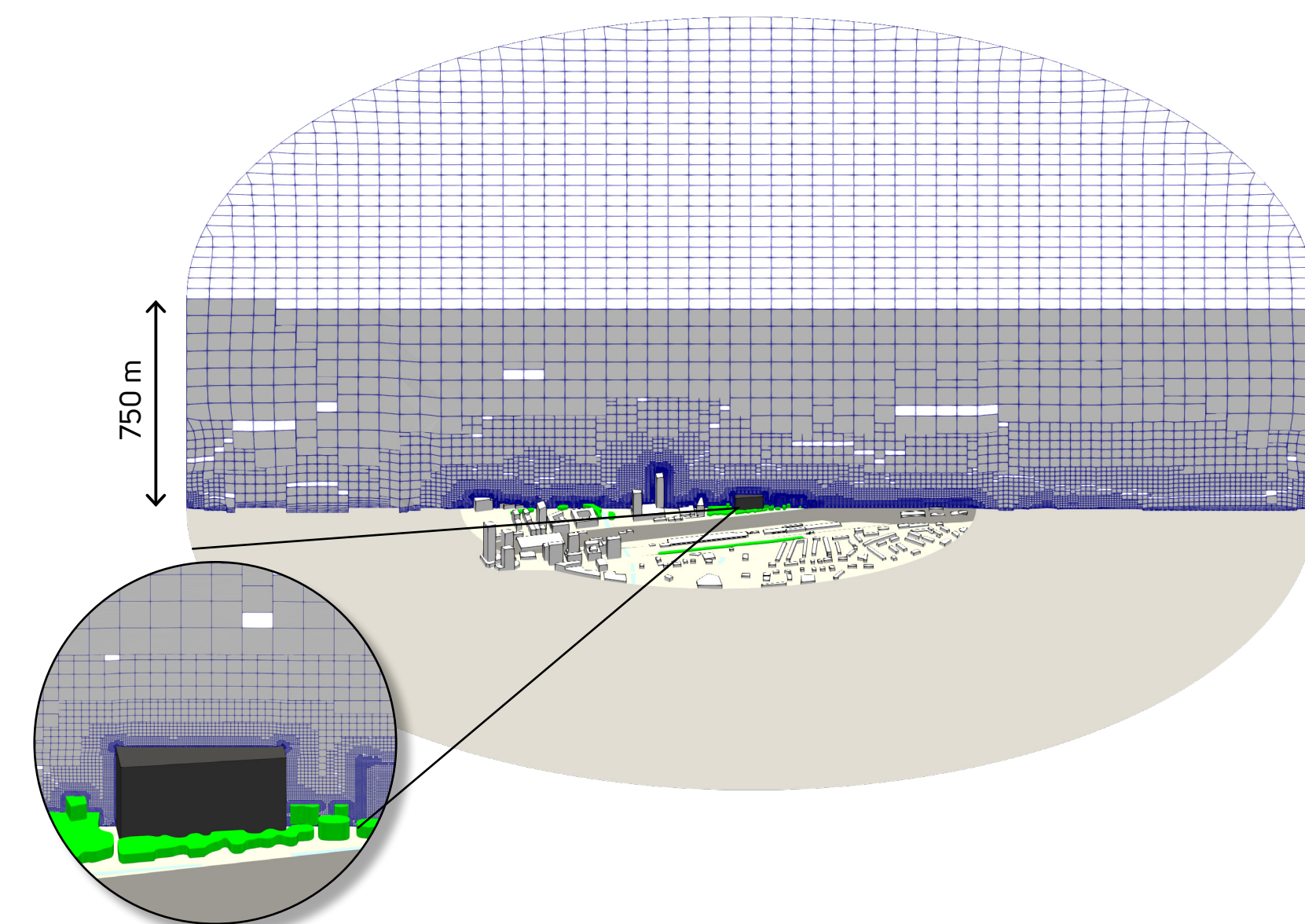
De geometrie van de model is gebaseerd op de verkregen tekeningen van de opdrachtgever. Het model omvat alle gebouwen binnen een ellips met assen van 500m en 800m. Dit betreft de toekomstige situatie na toevoeging van de de verschillende configuraties van de nieuwbouw zoals is getoond in figuur 1.2. Figuur 3.1 toont een impressie van het gehele model. De nieuwbouw is ingevoerd als eenvoudig blokvormig element aangezien verdere detaillering nu nog niet concreet is. De omliggende bebouwing is als eenvoudige massa's weergegeven. Rond dit gebied is een cilindervormig domein geplaatst met een doorsnede van 3500 m en een hoogte van 750 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 35.371.963 cellen in het model met het maximale volume, 34.282.831 cellen in het model van Variant 1 en 34.226.618 cellen in het model van Variant 2. 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 bij maximaal
volume

Zicht vanuit het
zuiden.



Figuur 3.2:
Doorsnede van het
rekenrooster bij
maximaal volume

Zicht vanuit het
zuiden.

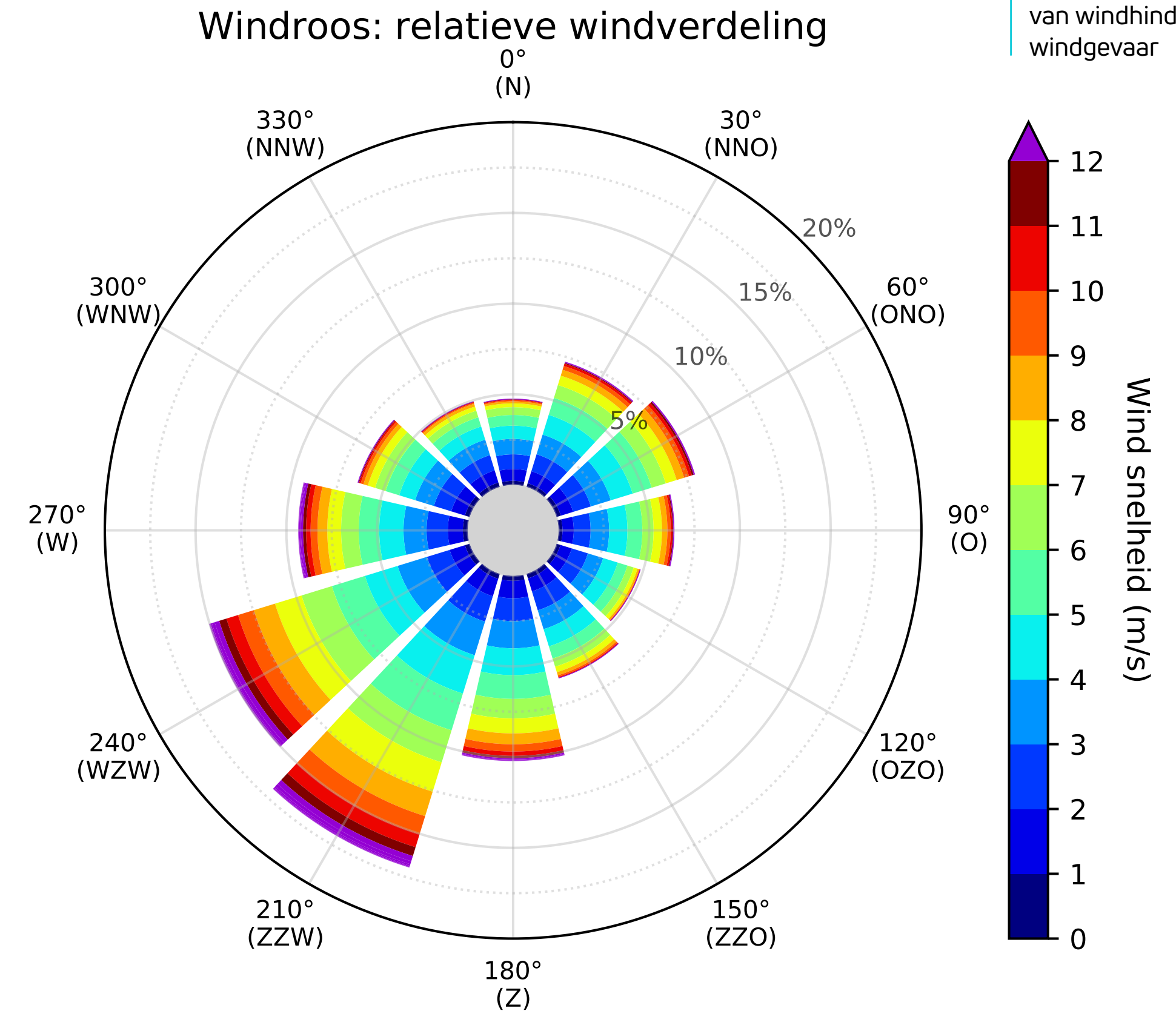
3.2 Vegetatie

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 D.

3.3 Methodiek

Om inzicht te krijgen in het windklimaat is de gehele windroos doorgererekend, 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 C.

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



3.4 Software

De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van OpenFOAM v2206, 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).

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

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

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

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

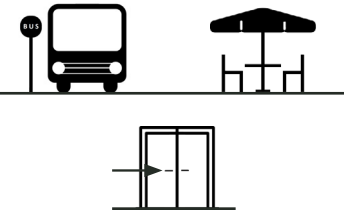
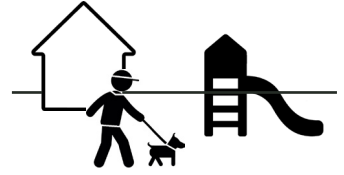
4 Resultaten

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. De richtwaarden worden getoest op het gemeentelijk beleid zoals omschreven in paragraaf 2.3 en Bijlage A.

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				

Het windklimaat rondom het projectgebouw varieert in alle drie de configuraties van windhinderklasse A (goed voor iedere voetgangersactiviteit) tot en met klasse D (matig geschikt voor de activiteit doorlopen), zie figuur 4.1.

In alle situaties heersen er nabij de vier gevels voornamelijk kalme windcondities die gekenmerkt worden door klasse A en B (klasse B resulteert in een 'matig' windklimaat voor de activiteit langdurig zitten, en wordt niet geaccepteerd door het gemeentelijk beleid). Nabij de noordelijke hoek zijn soortgelijke condities aanwezig. De meest windrijke condities bevinden zich rondom de overige hoeken.

Bij de zuidelijke hoek ligt een zone met windhinderklasse C, welke matig geschikt is voor slenteren, maar ongeschikt is om langdurig te zitten, zie figuur 4.2. Deze zone ligt echter in een gebied waar geen voetgangersactiviteiten worden verwacht en zal daardoor geen hinder opleveren.

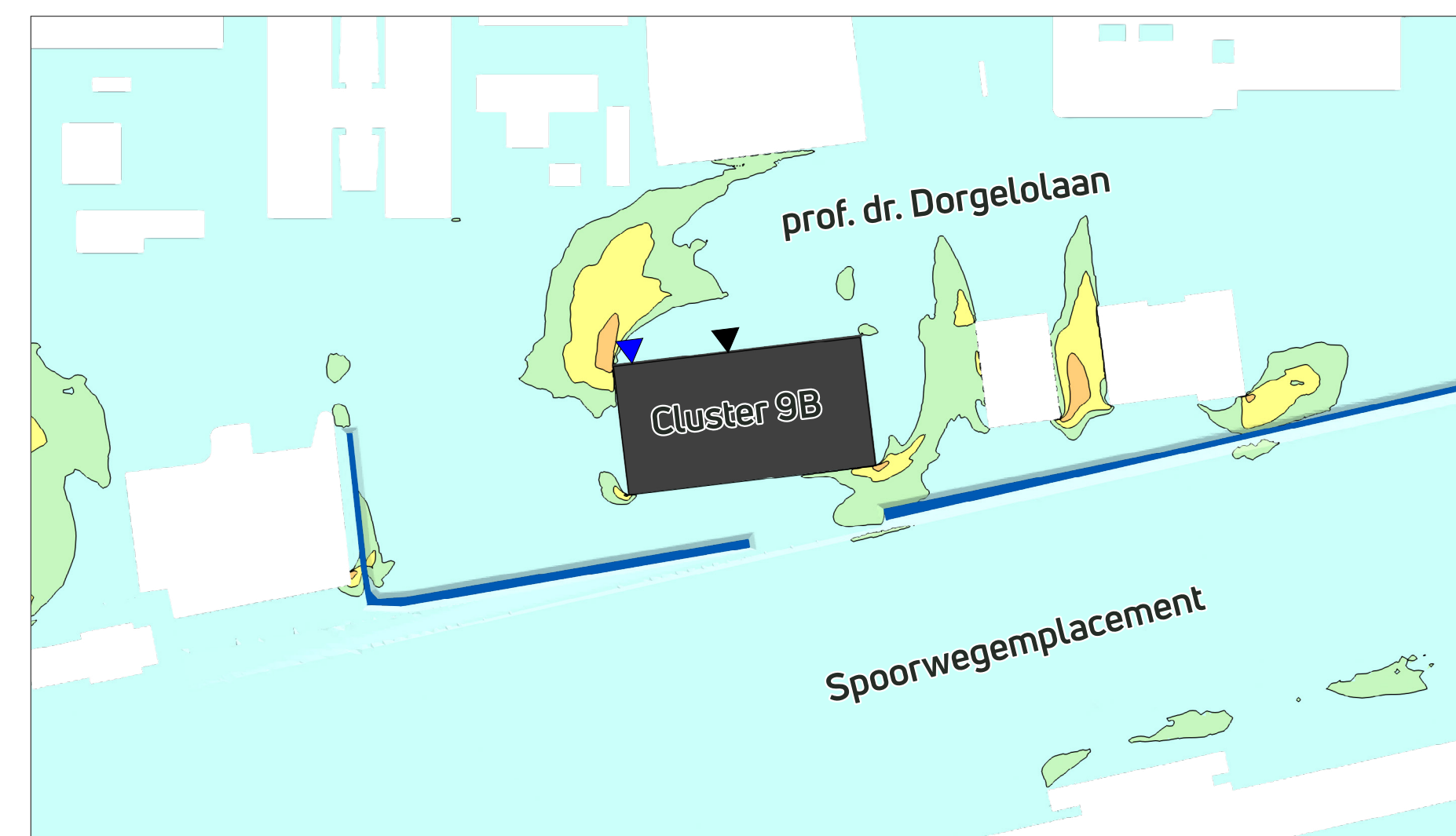
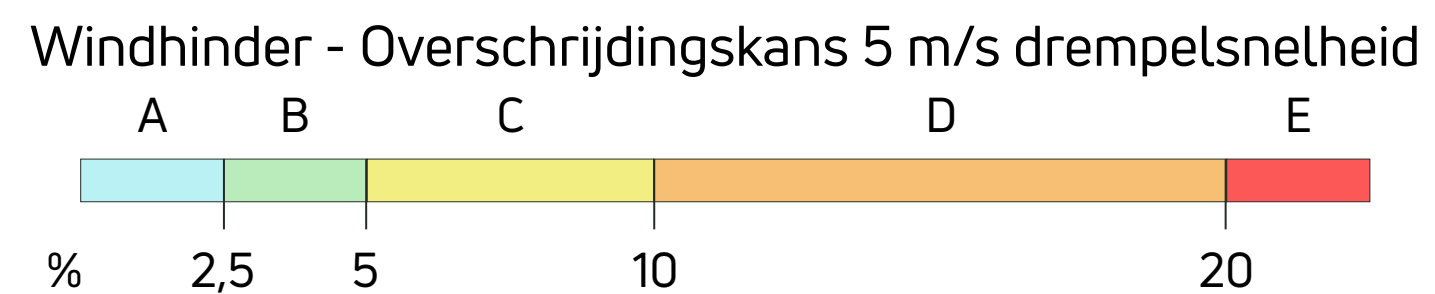
De oostelijke hoek kent in de configuratie met het maximale volume een zone met windklasse C en beperkt klasse D. Het gebied met klasse C/D neemt na inpassing van zowel Variant 1, als van Variant 2, beperkt in omvang toe. Omdat er in dit gebied een expeditie wordt voorzien, geldt deze zone niet langer als verblijfsgebied voor voetgangers. Er wordt daarom geen hinder in dit gebied verwacht.

In alle drie de configuraties is een windrijke zone rondom de westelijke hoek waargenomen waar condities heersen die gekenmerkt worden door klasse C en D. Het gebied strekt zich vanaf de westhoek uit in de richting van de prof. dr. Dorgelolaan. De verandering in omvang van het gebied met klasse C is na inpassing van de varianten zeer beperkt. Daarentegen verbetert het gebied met klasse D na inpassing van Variant 1 grotendeels naar klasse C.

In de resultaten is terug te zien die hier nu slechts nog ongeveer een kwart gebied (circa 4 m bij 6 m) van het gebied met klasse D over is van het gebied dat in de configuratie met het maximale volume aanwezig was. Hetzelfde gebied is ook na inpassing van Variant 2 verbeterd, hier is ongeveer de helft van de zone verbeterd naar klasse C. De zone met klasse D dat over blijft heeft ongeveer een oppervlak van 4 m bij 10 m.

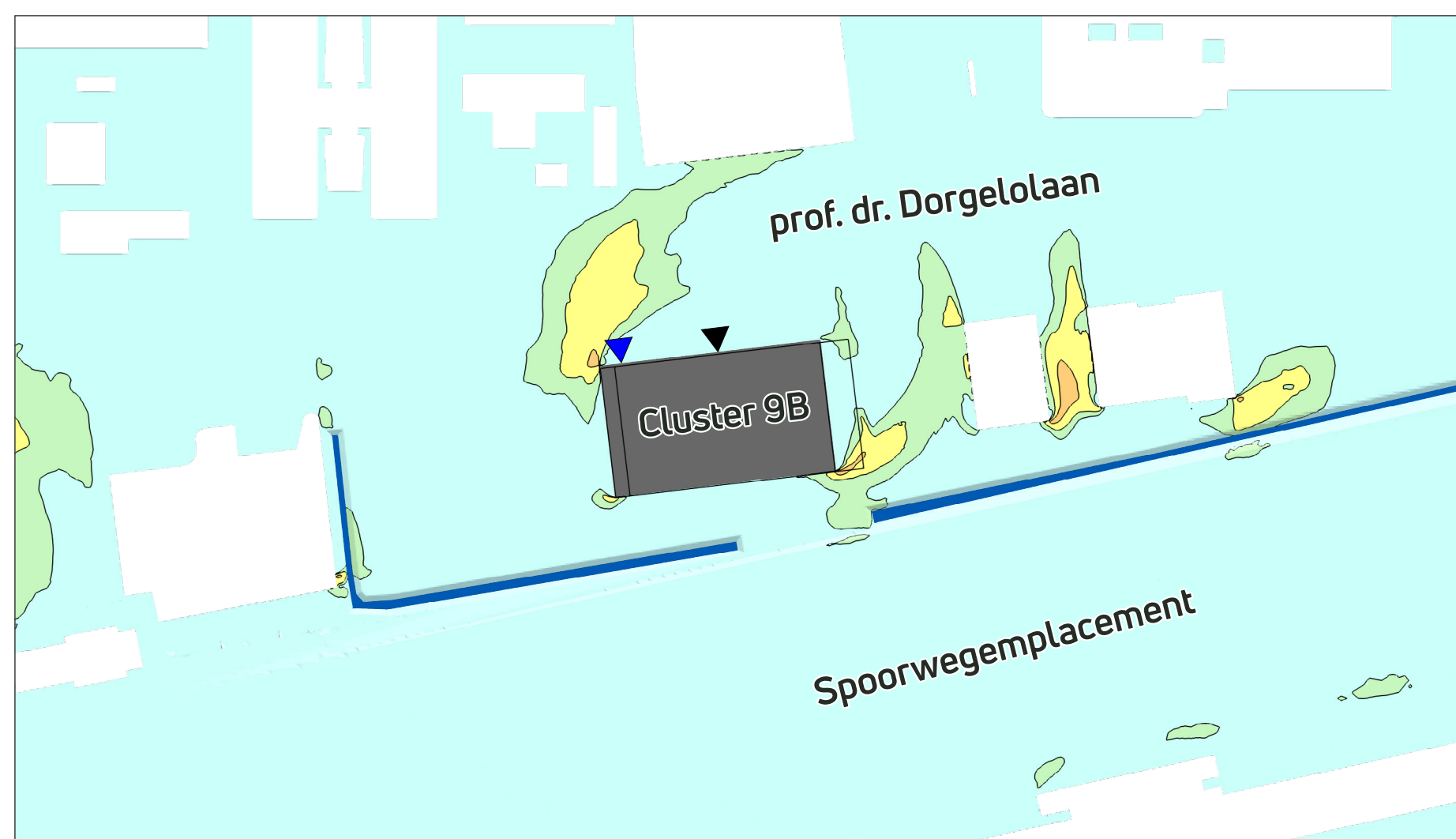
De indicatief aangegeven gebouwentrees (zwart is de hoofdentree, blauw de ingang voor de fietsen) liggen alle in een zone geclassificeerd met windhinderklasse A. Deze klasse is geschikt om comfortabel gebruik te maken van gebouwentrees. Wanneer fietsers de fietsingang vanuit het westen benaderen zullen zij wel door een gebied met klasse C en D fietsen. Gezien de geringe omvang van deze zones wordt hier voor hen geen hinder verwacht.

Er is in geen van de configuraties een risico op windgevaar waargenomen, zie figuur 4.3.

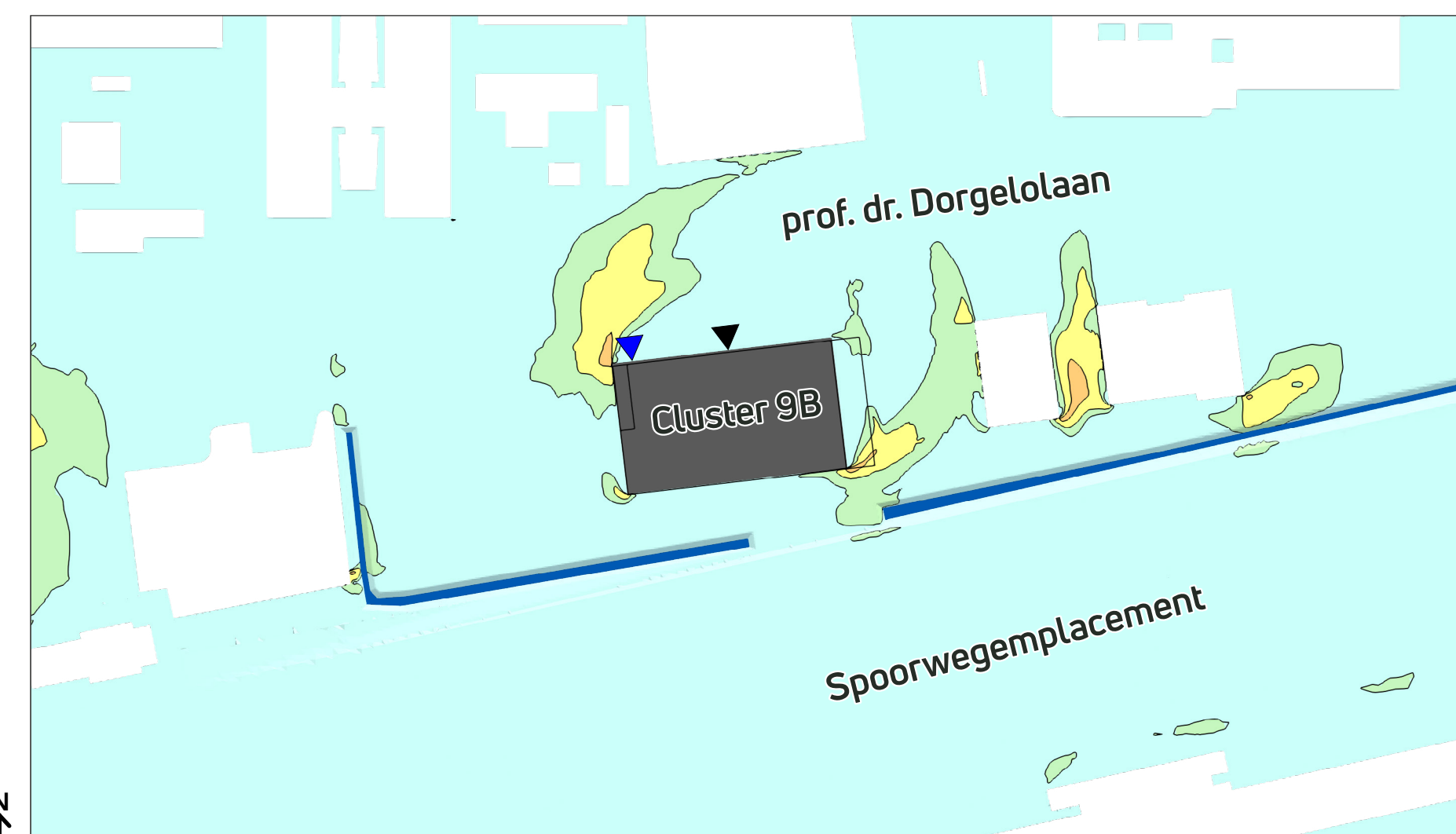


Figuur 4.1:
Windhinder op
voetgangsniveau

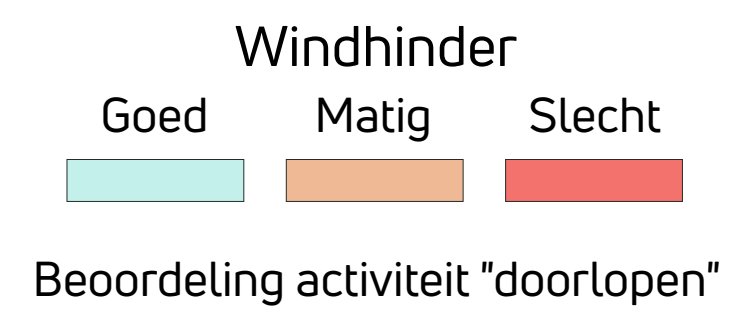
Maximaal volume



Variant 1



Variant 2

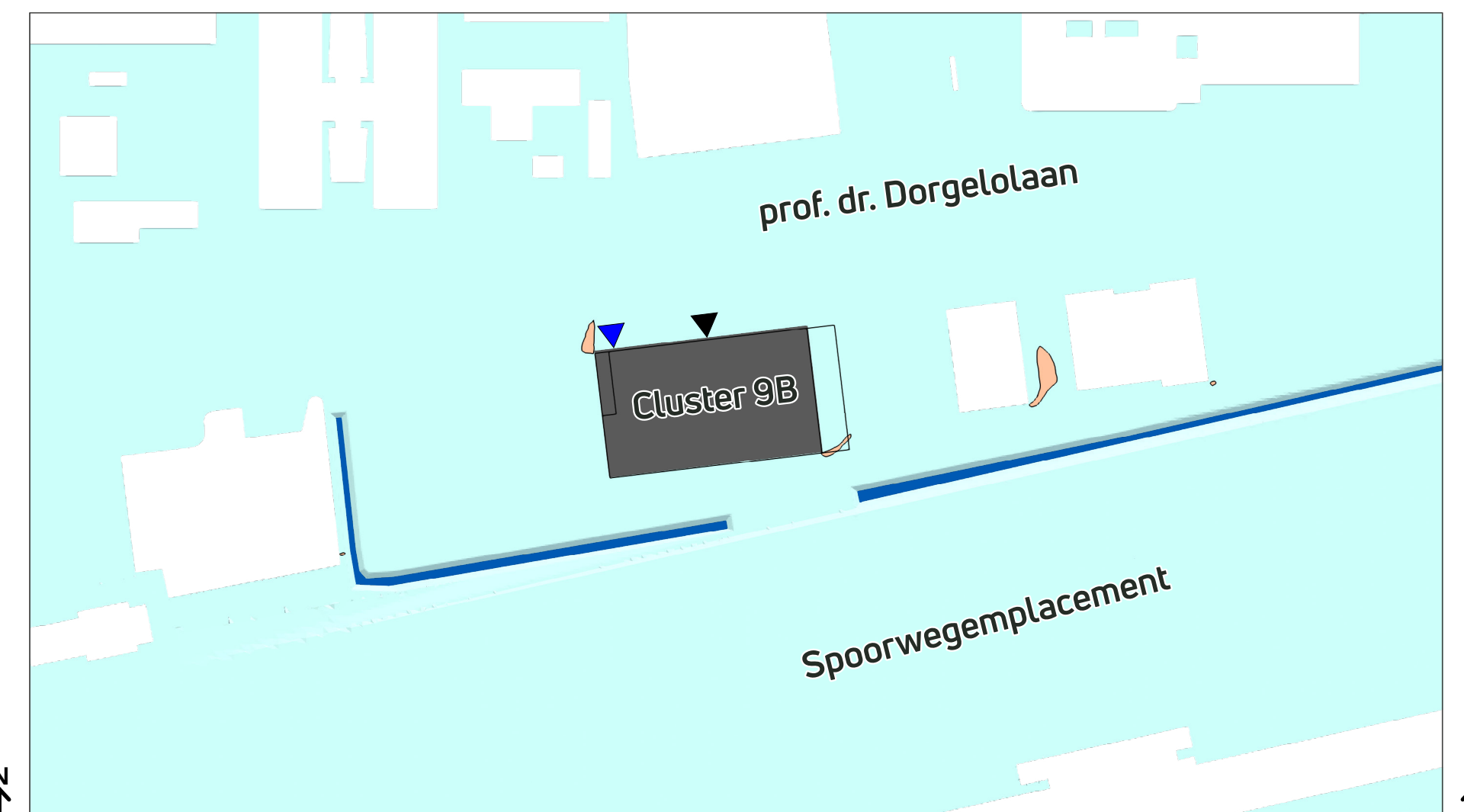


Figuur 4.2a:
Windhinder op voetgangersniveau
Beoordeling voor de activiteit "Doorlopen"

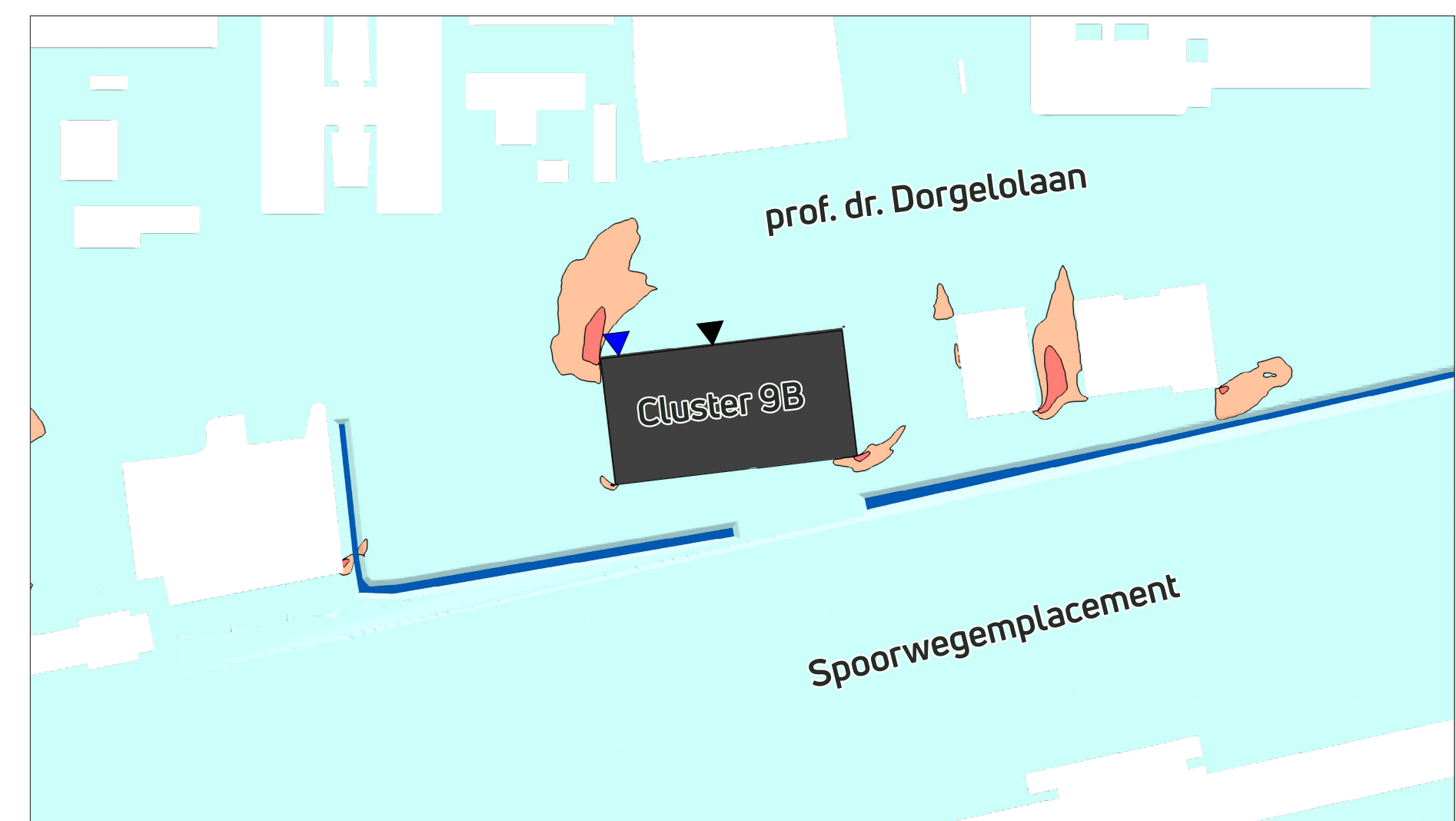
Maximaal volume



Variant 1

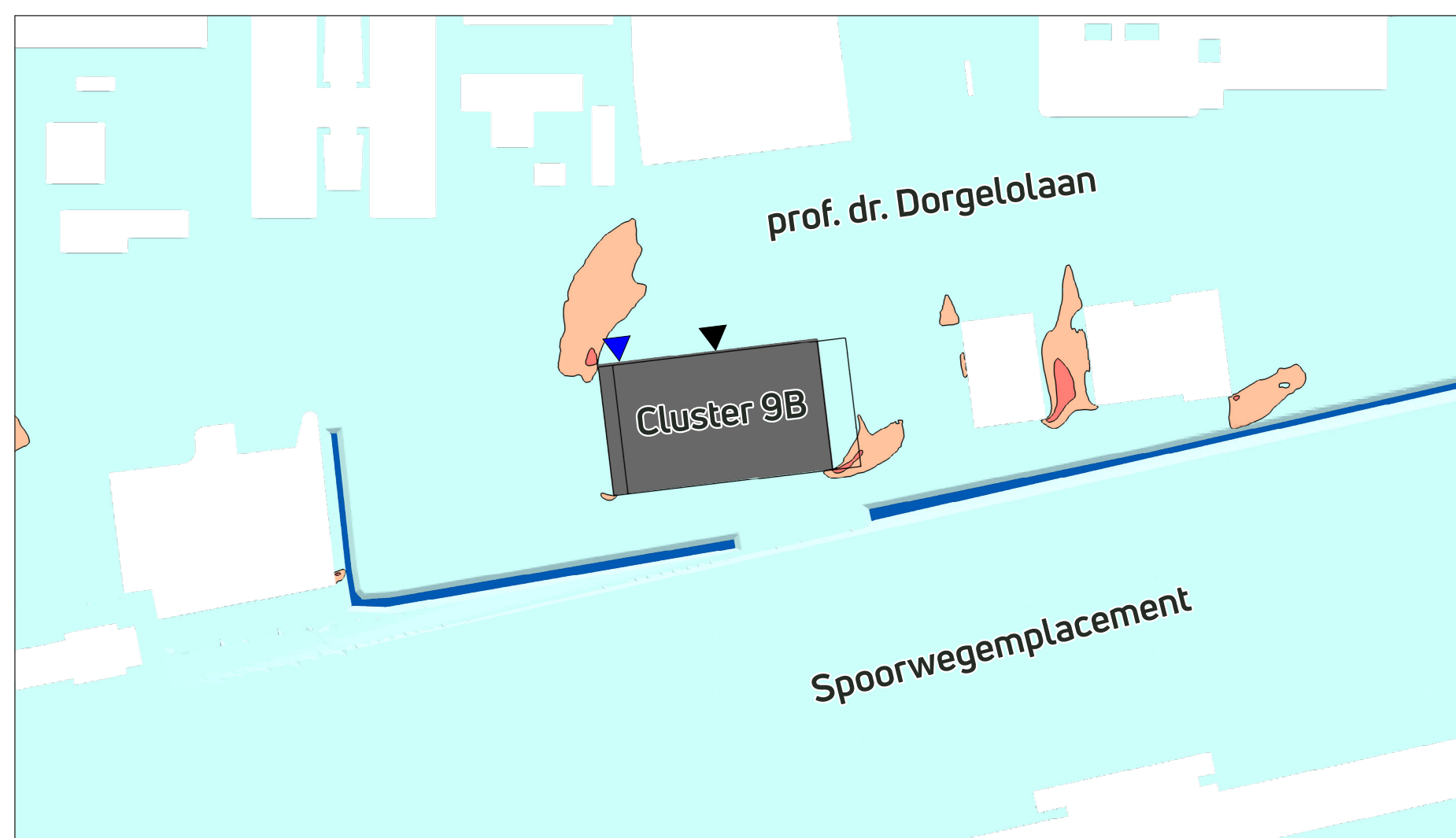


Variant 2

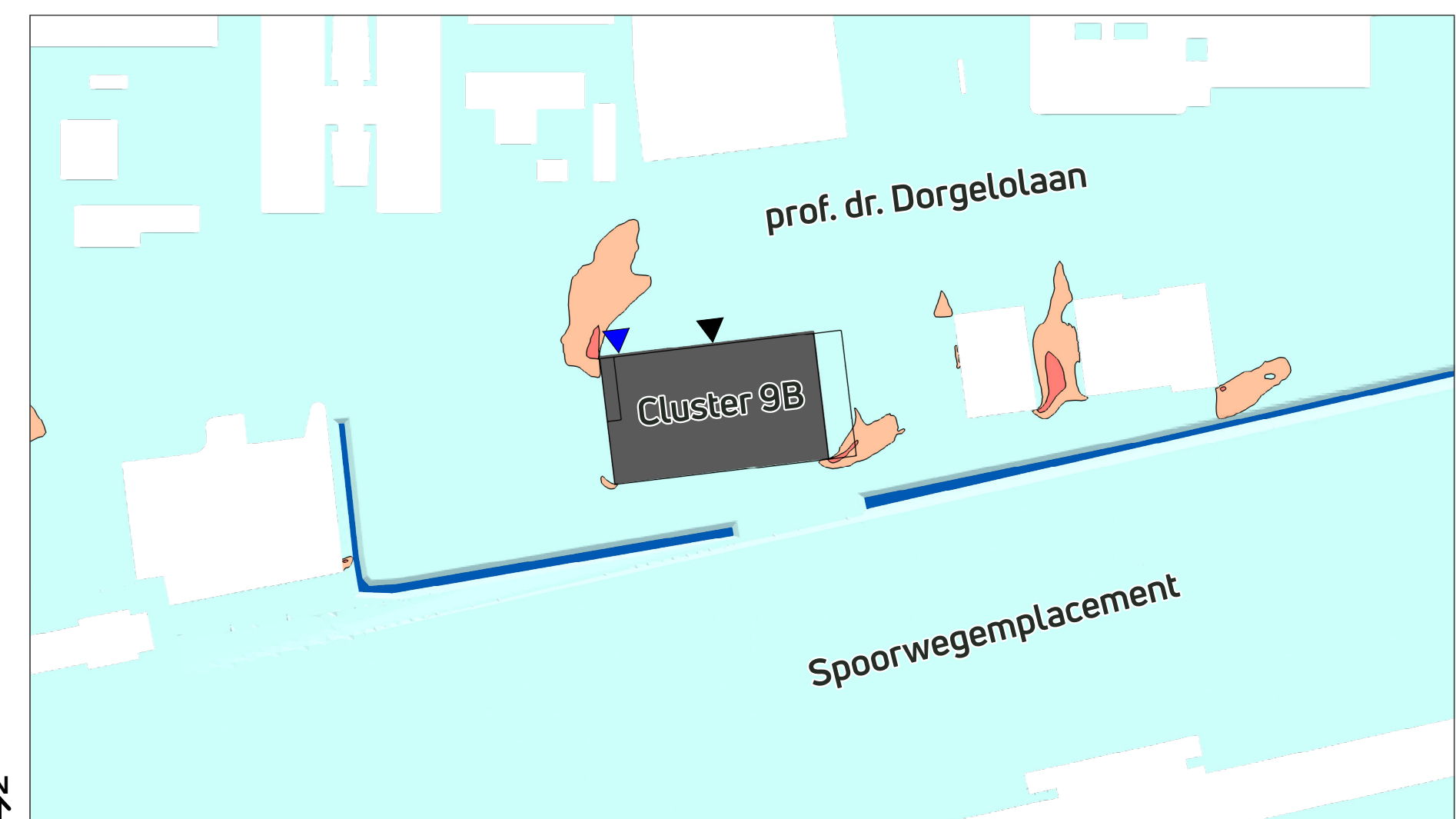


Figuur 4.2b:
Windhinder op voetgangersniveau
Beoordeling voor de activiteit "slenteren"

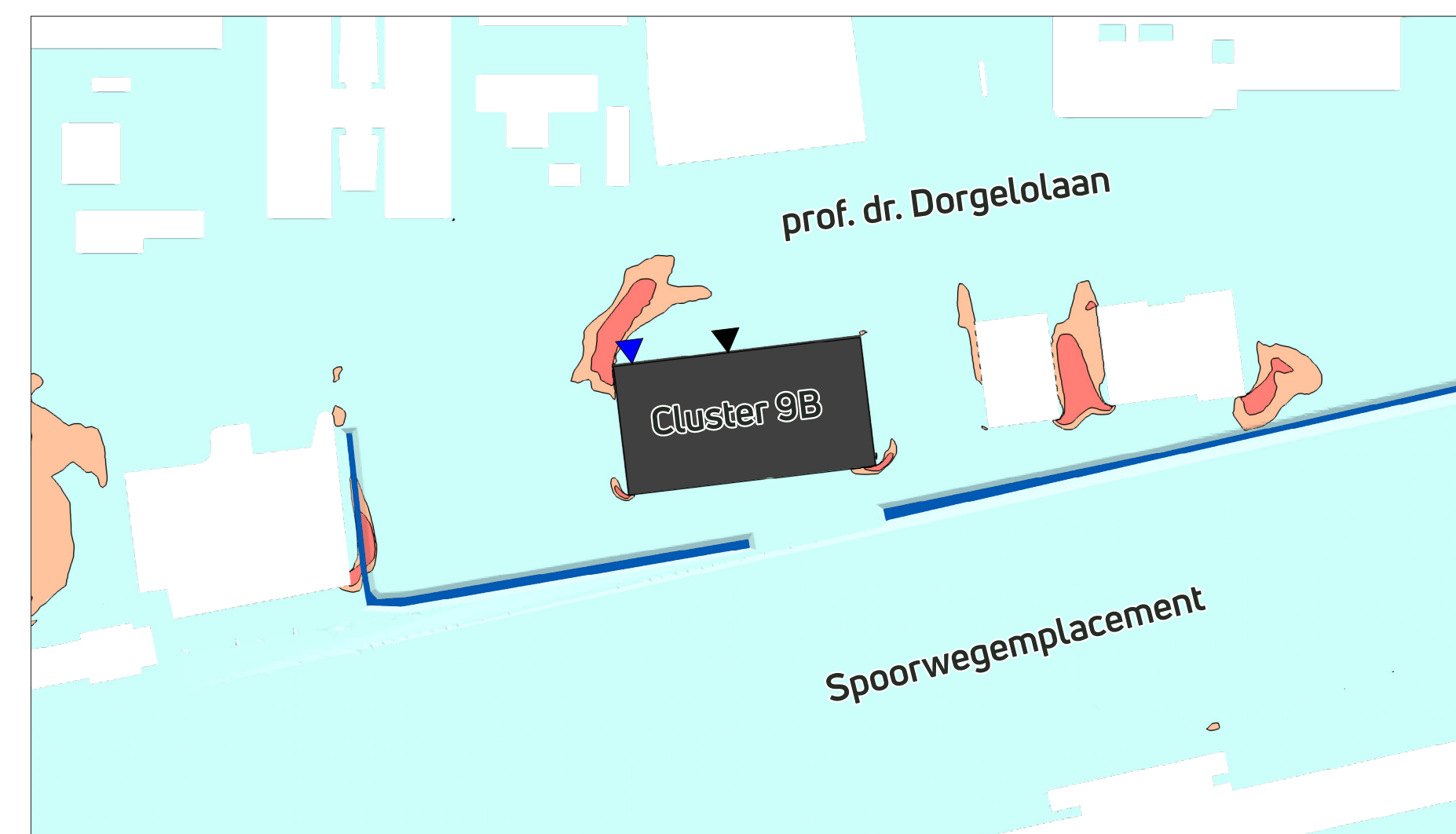
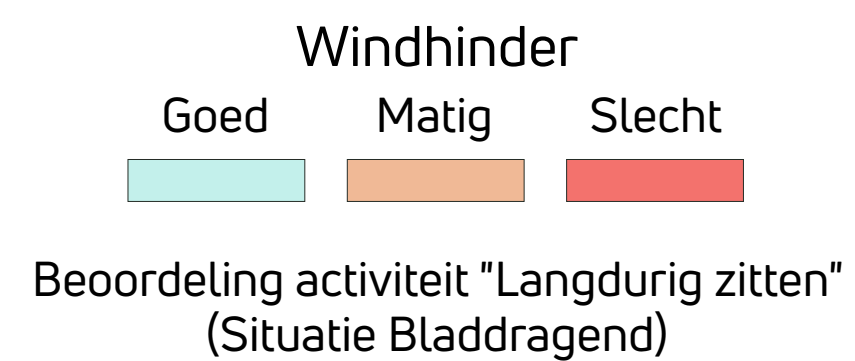
Maximaal volume



Variant 1

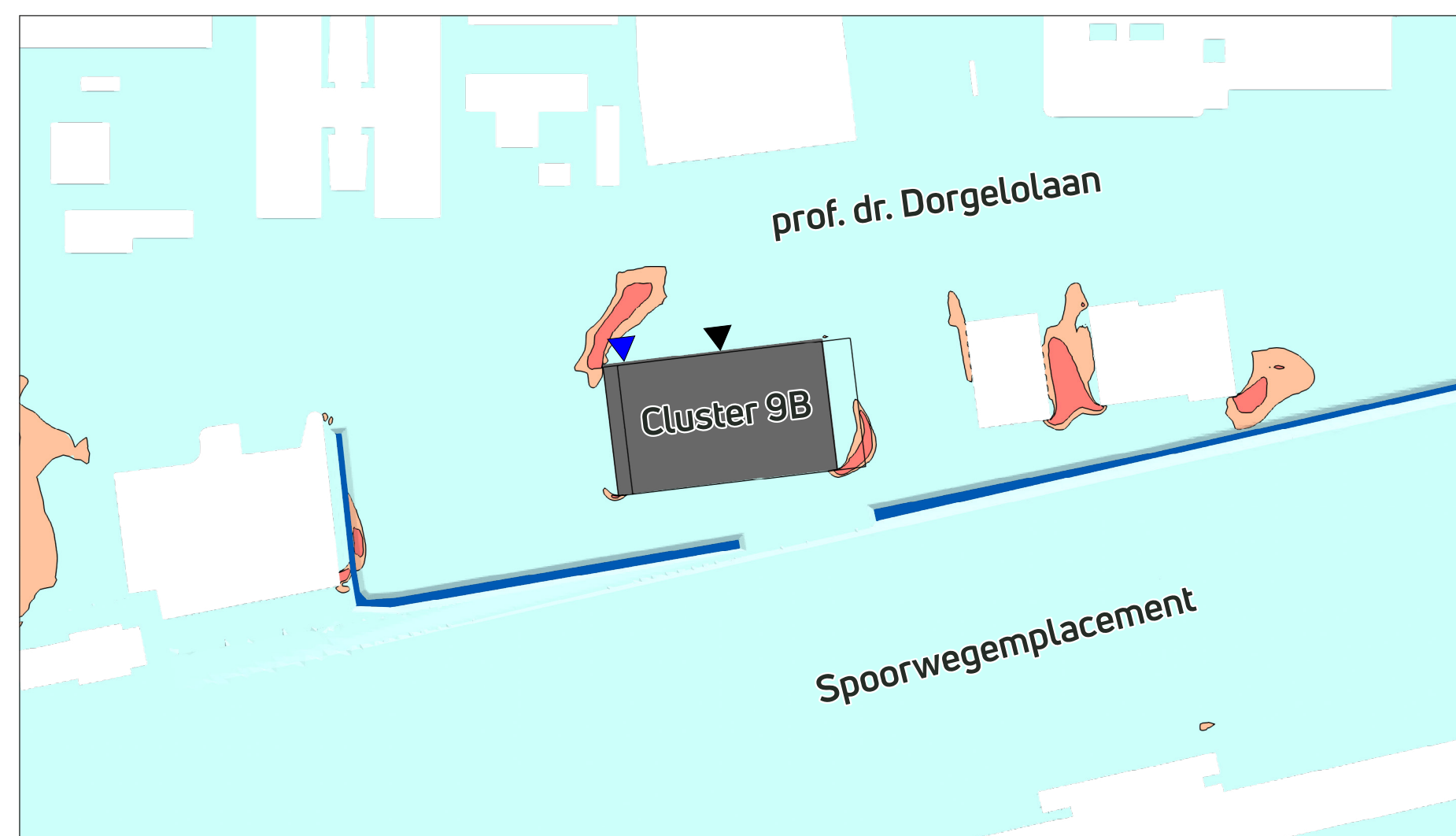


Variant 2

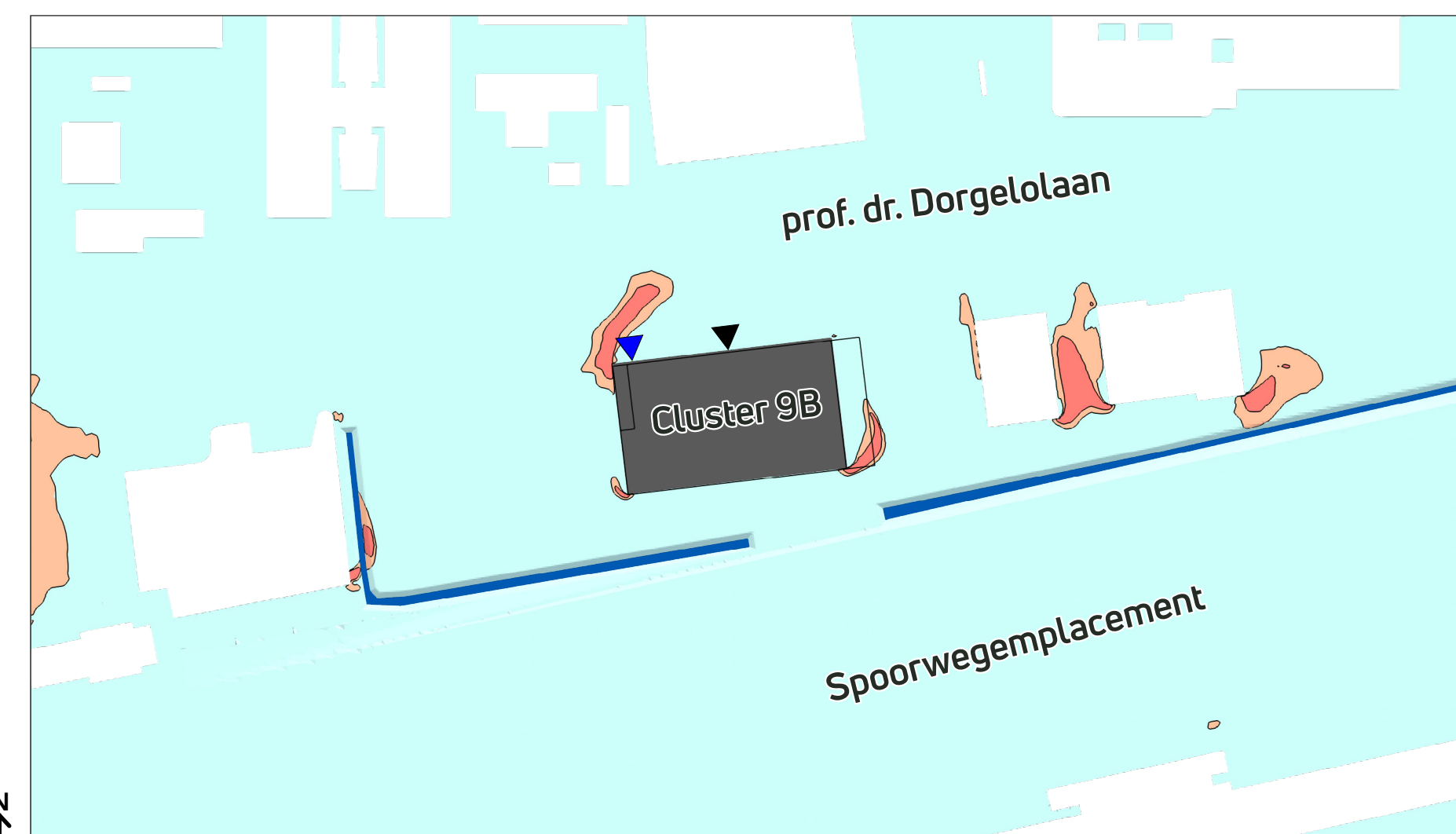


Figuur 4.2c:
Windhinder op
voetgangsniveau
Beoordeling voor de
activiteit "langdurig
zitten" (Situatie
Bladdragend)

Maximaal volume



Variant 1

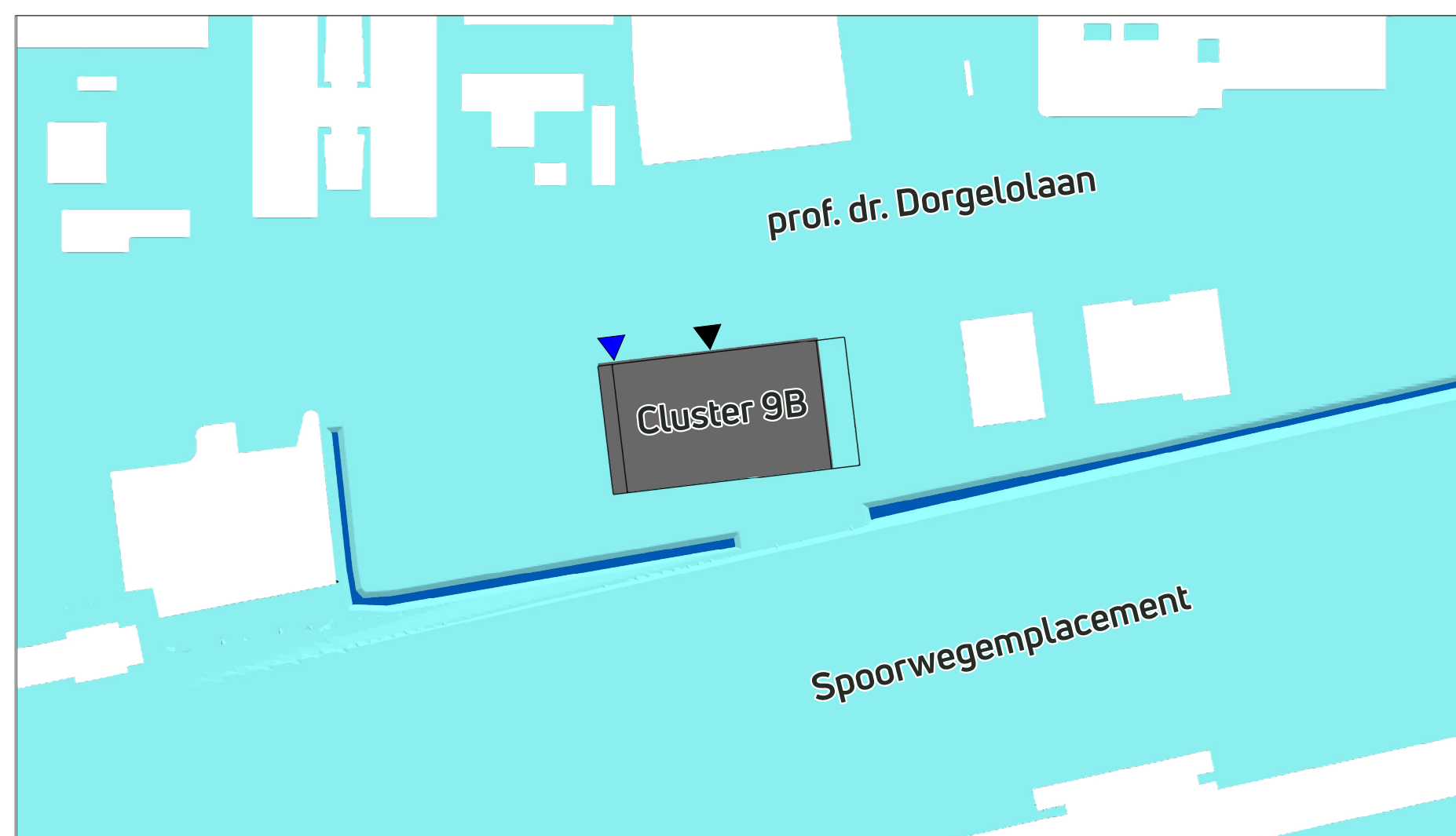


Variant 2

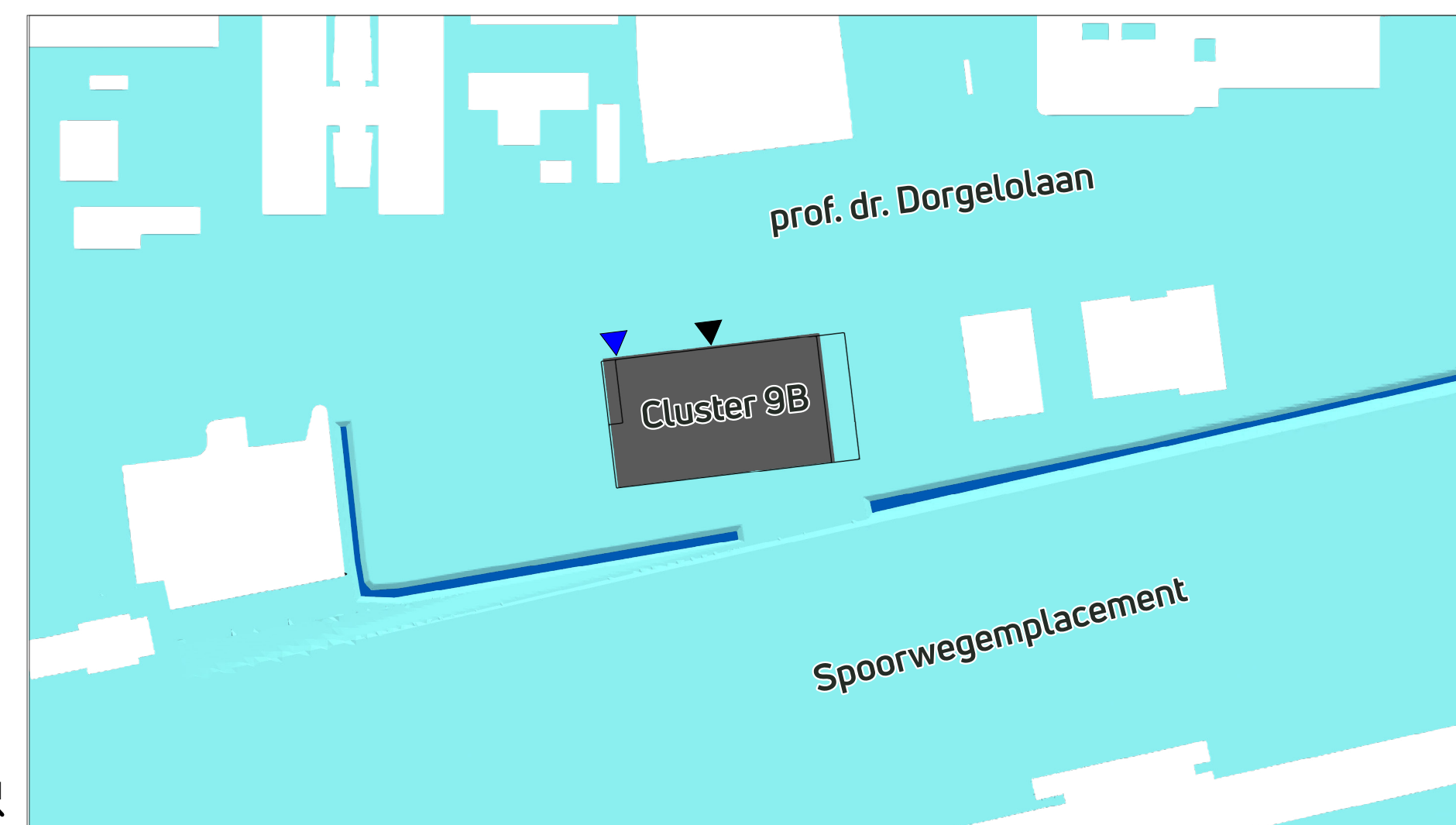


Maximaal volume

Figuur 4.3:
Windgevaar op
voetgangsniveau



Variant 1



Variant 2

5 Analyse en discussie

In dit hoofdstuk wordt besproken hoe het in hoofdstuk 4 getoonde windklimaat nabij de westhoek ontstaat en hoe dit eventueel gemitigeerd kan worden. In bijlage E zijn de overschrijdingskansen voor windhinder per windrichting te zien die ook gebruikt zijn in deze analyse.

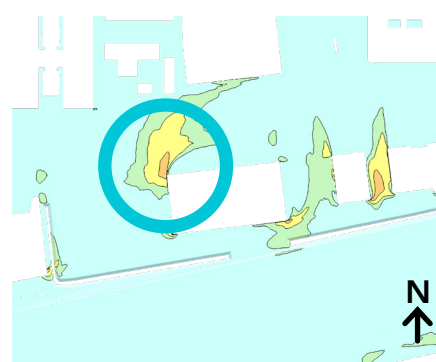
In figuur 5.1 zijn de stroomlijnen te zien richting de zone met windhinderklasse D aan de westhoek van het gebouw voor de configuratie met het maximale bouwvolume. De zone met een verhoogd risico op windhinder wordt met name veroorzaakt door de zuidzuidwesten en westzuidwesten wind welke in het plangebied het meest voorkomen en ook de hoogste snelheden kennen, zoals te zien is op de windroos in figuur 3.3. Nadat de wind uit deze richtingen het stadscentrum van Eindhoven is gepasseerd, kan deze vrijwel ongehinderd aanstromen richting het projectgebouw. De stroming komt op een hoogte van circa 15 m in contact met de zuidelijke hoek van de ontwikkeling. Vervolgens daalt de wind langs de zuidwestelijke gevel af richting het maaiveld. Nabij de westhoek versnelt de wind door een zogenaamde 'hoekstroming', waardoor het de zone met windhinderklasse C en D veroorzaakt. In Variant 1 komt de wind ook eerst met de zuidelijke hoek van de ontwikkeling in contact, maar valt vervolgens op de gecreëerde setback, waardoor de stroming wordt geremd. De wind stroomt van de setback af in de richting van de westhoek. Eenmaal nabij de hoek maakt de wind ook hier, weliswaar in mindere mate, een versnelling door als gevolg van de 'hoekstroming', zie figuur 5.2. Dit resulteert in een lokale verbetering van het windklimaat ten opzichte van het maximale bouwvolume.

In Variant 2 komen dezelfde stromingsfenomenen voor als in de configuratie met het maximale bouwvolume. De wind stroomt tegen de zuidelijke hoek aan en daalt langs de zuidwestelijk georiënteerde gevel af richting het maaiveld. Naarmate de stroming de westhoek nadert versnelt de wind als gevolg van de 'hoekstroming', zie figuur 5.3. Doordat de wind hier door de uitsparing meer ruimte heeft versnelt de wind minder geconcentreerd de hoek om waardoor het gebied met klasse D hier een kleinere omvang kent.

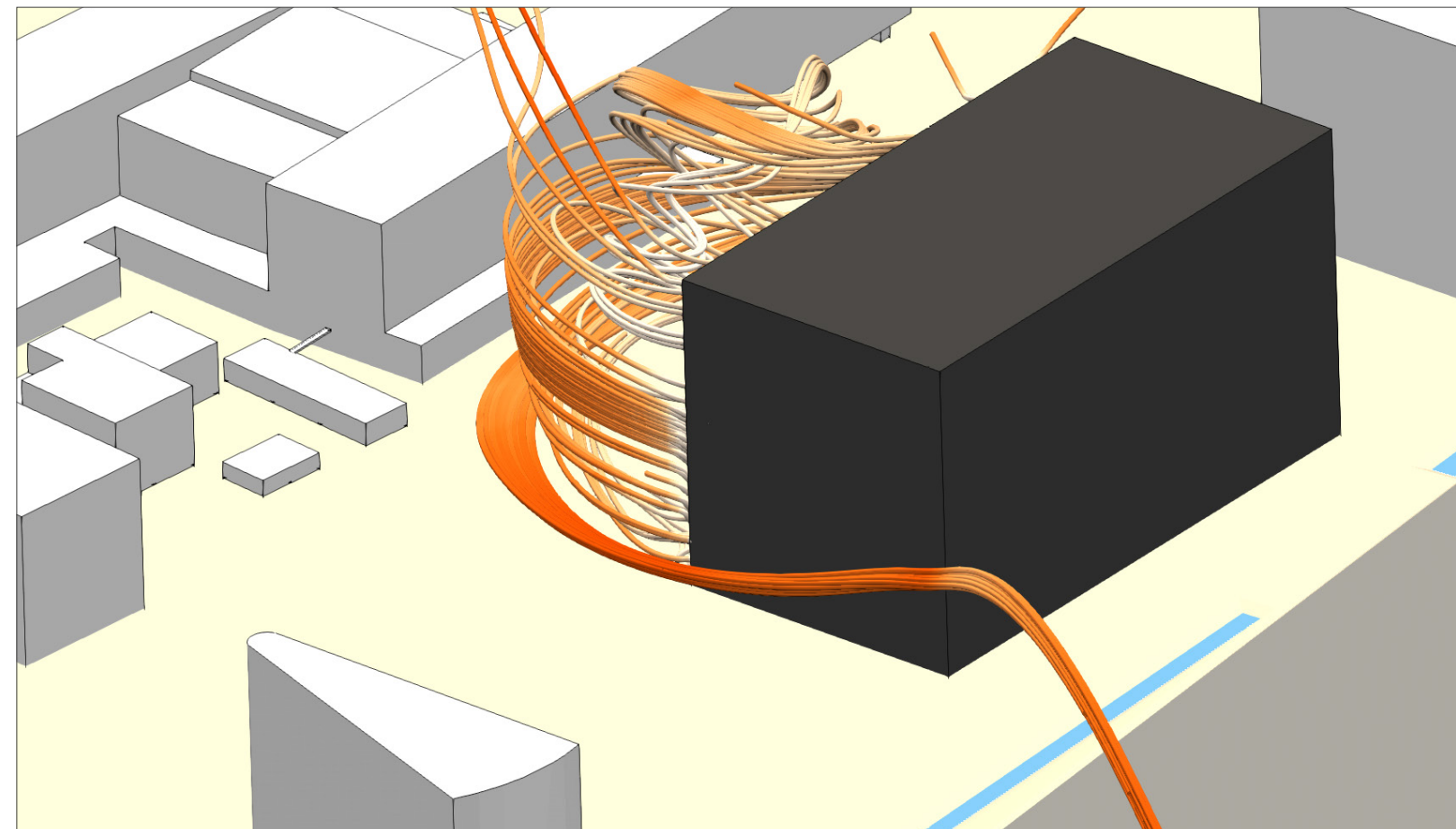
Op basis van de gevonden resultaten wordt aanbevolen om Variant 1 verder te optimaliseren. Variant 1 vertoont de grootste verbetering ten opzichte van het maximale volume, maar kent nog steeds een kleine zone waar klasse D geldt. Aanbevolen wordt om het toegepaste principe (uitsparing over de gehele breedte) verder te optimaliseren om het gebied met klasse D verder te mitigeren. Hierbij zou bijvoorbeeld een diepere uitsparing kunnen helpen. Daarnaast kan het verlagen van de uitsparing ten opzichte van het maaiveldniveau een bijdrage leveren in het verbeteren van het windklimaat.

Voor de maatvoering van deze maatregelen kan [Actiflow](#) geraadpleegd worden en is nader onderzoek mogelijk.

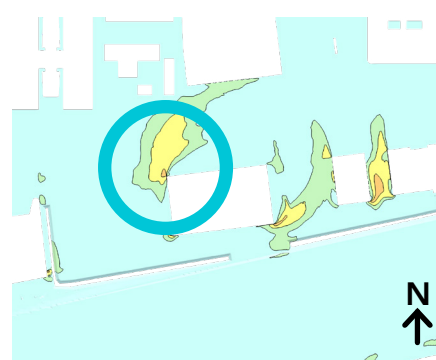
Figuur 5.1:
Stroomlijnen richting
de noordwest hoek
van de nieuwbouw
(Maximaal volume)



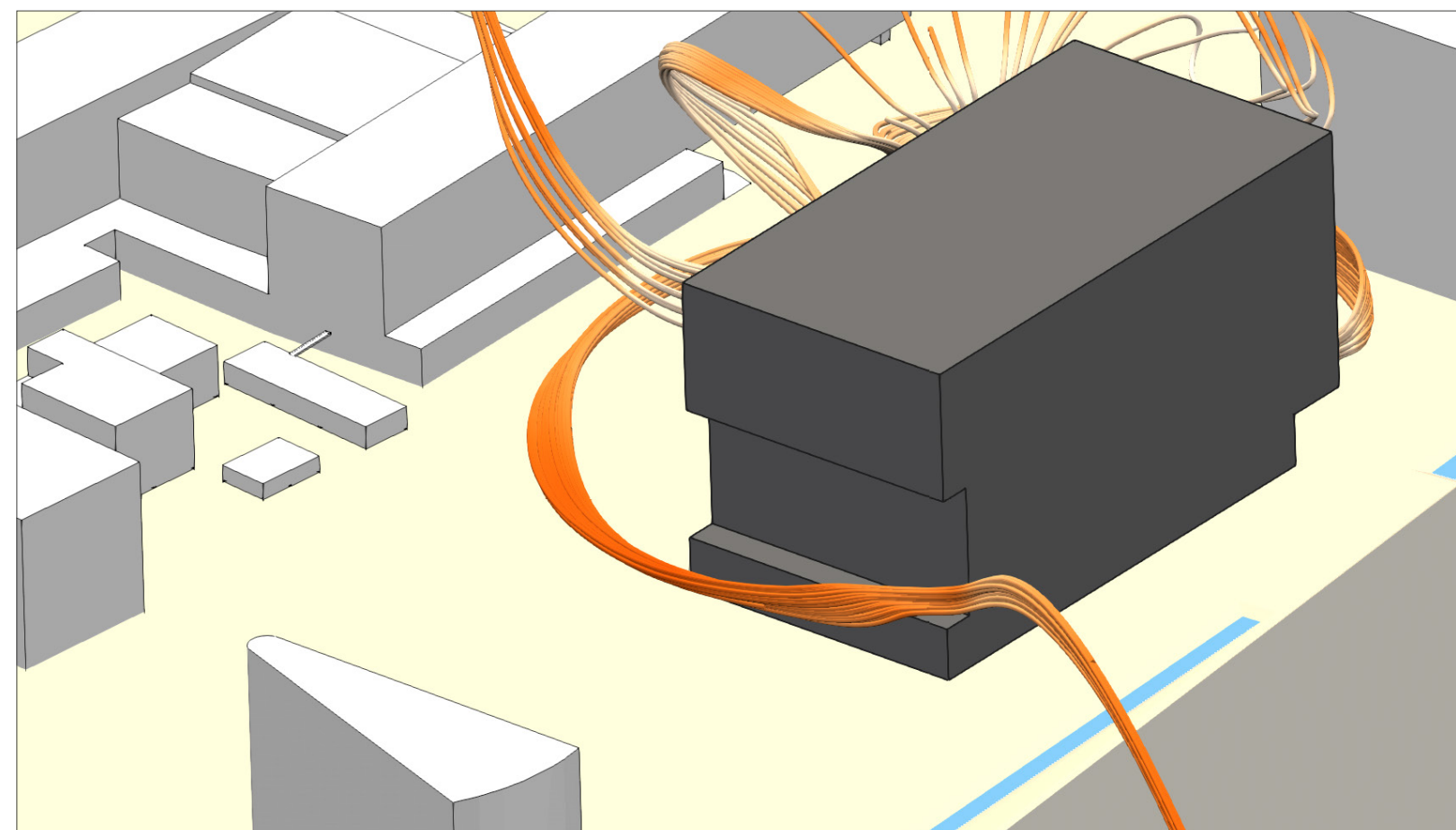
Wind vanuit ZZW.
laag hoog



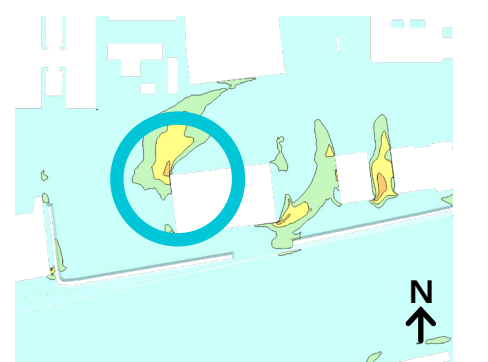
Figuur 5.2:
Stroomlijnen richting
de noordwest hoek
van de nieuwbouw
(Variant 1)



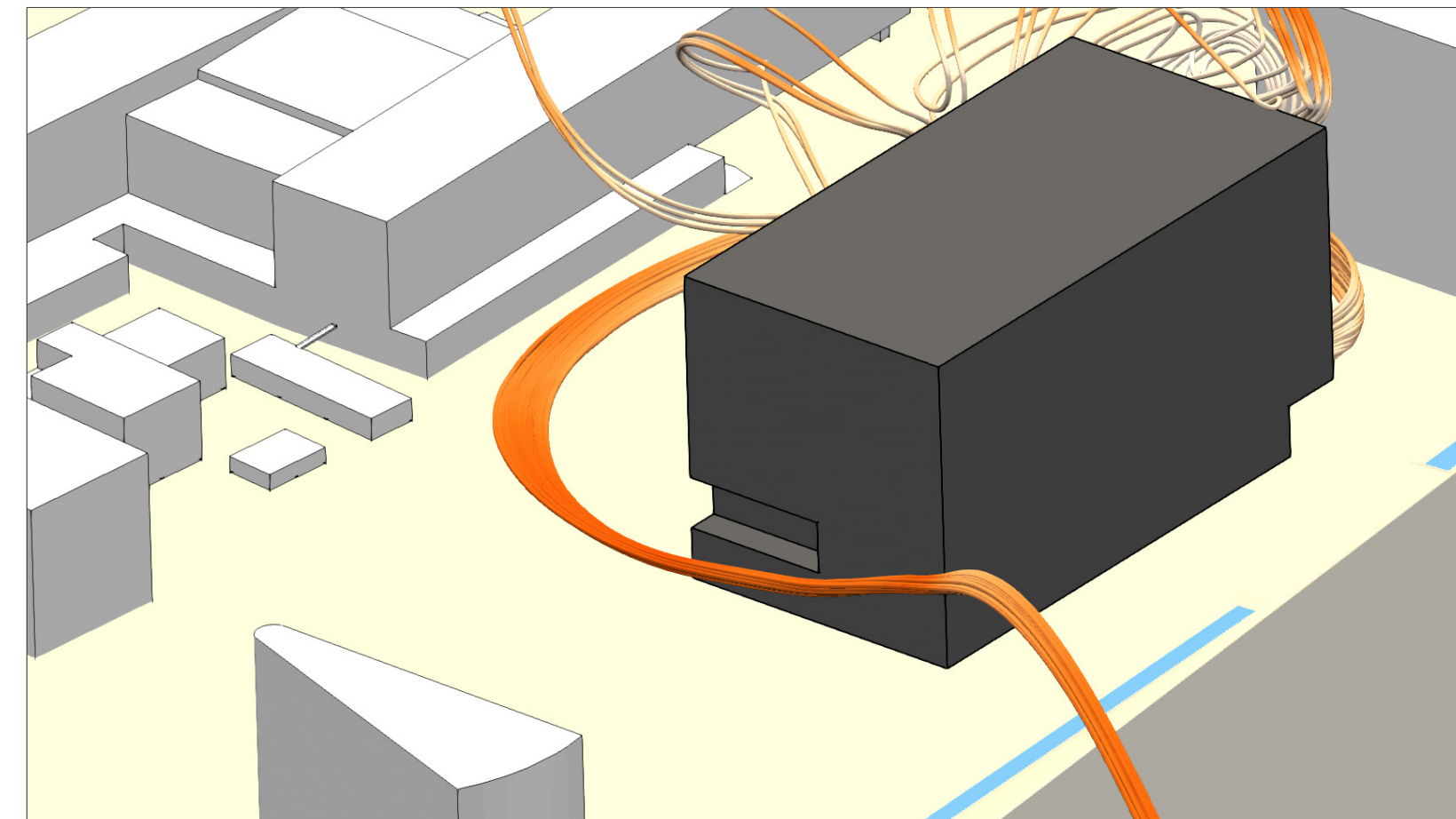
Wind vanuit ZZW.
laag hoog



Figuur 5.3:
Stroomlijnen richting
de zuidoost hoek van
het gebouw.
(Variant 2)



Wind vanuit ZZW
laag hoog



6 Conclusie

Voorliggende rapportage beschrijft het vervolg op een eerder door [Actiflow](#) uitgevoerd windonderzoek^[1] in het kader van de ontwikkeling Cluster 9B dat onderdeel is van de Knoop XL te Eindhoven. Het onderzoek wordt uitgevoerd in opdracht van de Lodewijck Groep.

Uit het voorgaande onderzoek is gebleken dat het windklimaat nabij de westhoek van de ontwikkeling niet aan de gemeentelijke eisen voldoet. [Actiflow](#) heeft twee varianten voorgesteld ten einde het windklimaat rondom deze hoek te verbeteren.

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.

In dit onderzoek zijn de volgende drie configuraties onderzocht:

- Maximaal bouwvolume bestemmingsplan
- Variant 1
- Variant 2

Het windonderzoek laat het volgende zien:

- Het heersende windklimaat in het projectgebied varieert in alle drie de onderzochte configuraties van windhinderklasse A (geschikt voor alle activiteiten) tot D (matig geschikt voor de activiteit doorlopen). Deze klasse 'D' is conform het gemeentelijk beleid enkel toegestaan na bestuurlijke afweging en indien maatregelen overwegende bezwaren kennen.
- De zone met klasse D die bij de westelijke hoek van de configuratie met het maximale bouwvolume is waargenomen, is in zowel Variant 1 als Variant 2 sterk afgenomen. Variant 1 laat hierbij de grootste verbetering zien.
- De gebouwentrees ondervinden een geschikte windhinderklasse voor het gebruik van entrees. Fietzers die de fietsingang vanuit het westen benaderen zullen wel door een gebied met klasse C en D fietsen. Gezien de geringe omvang van deze zones wordt hier voor hen geen hinder verwacht.
- Er is in geen van de onderzochte configuraties een risico of beperkt risico op windgevaar gevonden in het plangebied.

Er wordt aanbevolen om het ontwerp van Variant 1 te optimaliseren om zodoende het windklimaat nabij de westelijke hoek verder te verbeteren.

Voor de maatvoering van deze maatregelen kan [Actiflow](#) geraadpleegd worden en is nader onderzoek mogelijk.

[1] Knoop XL (Cluster9B) te Eindhoven - CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar V1.0
Projectnummer: 7337 d.d. 10-05-2023

Beleidsregel gemeentelijke normen windhinder

Het college van burgemeester en wethouders van de gemeente Eindhoven maakt bekend dat zij in de vergadering van 26 mei 2020 de beleidsregel gemeentelijke normen windhinder heeft vastgesteld;

Aanleiding

Realisering

Binnen de gemeente Eindhoven worden de komende jaren de nodige projecten gerealiseerd waarbij sprake is van hoge gebouwen (District E, Lichthoven, De Bunker, Victoriakwartier, etc.). Bij het realiseren van deze gebouwen hoort ook dat aandacht besteed zal moeten worden aan windhinder. Wanneer dat niet gebeurt bestaat een grote kans op klachten. Het achteraf oplossen hiervan brengt hoge kosten met zich mee (zie als voorbeeld de windluluf bij de Admirant).

Voor het toetsen van windhinder bestaan geen wettelijke regels. Wel bestaat behoefte aan een toetsingskader op dit gebied.

Voor windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving bestaat een landelijk privaatrechtelijke norm (NEN 8100:2006). In deze norm worden vooral de toepassingscriteria beschreven. Zo is in de norm beschreven wanneer onderzoek naar wind bij bouwwerken nodig is, hoe het onderzoek moet worden uitgevoerd, aan welke eisen moet worden getoetst en hoe rapportage moet plaatsvinden.

Ten aanzien van windhinder zijn in de norm vijf kwaliteitsklassen A t/m E gedefinieerd, waarbij A overeenkomt met de kleinste overschrijdingskans en E met de grootste overschrijdingskans. De waardering van de kwaliteitsklasse is afhankelijk van de activiteitsklasse. Ten aanzien van windhinder worden drie verschillende activiteitsklassen I, II en III onderscheiden, die kortweg worden gekenmerkt met 'doorlopen', 'sleutelen' en 'langdurig zitten'. De waardering van het lokale windklimaat wordt gekwalificeerd met 'goed', 'matig' of 'slecht'.

Bij windgevaar worden twee kwalificaties gegeven: 'beperkt risico' en 'gevaarlijk'.

Oplossing

1. De Gemeente Eindhoven kiest nadrukkelijk voor het toevoegen van hoge gebouwen binnen de stad. De Gemeente Eindhoven stelt daarbij ook eisen aan windhinder en windgevaar.
2. Windhinder en windgevaar moeten conform NEN 8100:2006 in beeld worden gebracht.
3. Voor de openbare ruimte moet als ondergrens een 'goed' (zoals gekwalificeerd in NEN 8100:2006) windklimaat worden nagestreefd. Voor 'langdurig zitten' wordt altijd een kwalificatie 'goed' verlangd. Deze kwalificatie geldt ook voor 'sleutelen' wanneer een hoofdentree van een gebouw in een dergelijk gebied is gelegen.
- Een beoordeling 'matig' kan eventueel na bestuurlijke afweging worden geaccepteerd, hierbij spelen kosten van windhinderbepkende maatregelen en het ontbreken van alternatieven een rol.
- Een 'slecht' windklimaat is niet toegestaan. In situaties waar, vanwege specifieke locatieomstandigheden, in zeer beperkte mate op niet voor verblijf relevante plekken, het windhinderklimaat in redelijkheid niet kan worden verbeterd, hebben B&W de bevoegdheid van deze eis af te wijken.
4. Bij windgevaar moet de kwalificatie 'gevaarlijk' te allen tijde worden vermeden.

Deze beleidsregel treedt in werking de dag na publicatie van dit gemeenteblad.

Eindhoven, 26 mei 2020
Het college van burgemeester en wethouders van Eindhoven,
burgemeester
, secretaris

B Inlegvel NEN 8100:2006

Project	Projectgegevens
Projectnaam	Varianten Cluster 9B (Knoop XL) te Eindhoven
Opdrachtgever	Lodewijck Groep
Projectleider Actiflow	-
Datum	19-10-2023
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen een ellips met assen van 500m en 800m rondom projectgebouw
Kerngebied	Nieuwbouw en de directe omgeving
Omgeving	Bouwmassa's
Afmetingen model	Rond met straal 1.750 m en hoogte 750 m
Blokkeringsgraad	Maximaal 3 %
Gemodelleerd groen	Bomen en struiken: poreuze zone
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	12 (rondom in stappen van 30 graden)
Onderzochte configuraties	3 configuraties: Maximaal bouwvolume in bestaande omgeving, Variant 1 in de bestaande omgeving en Variant 2 in de bestaande omgeving
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM (eindige volume methode) ☐ FEM (eindige elementen methode) ☐ anders Programmatuur: OpenFOAM Versie: of2206
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: hexaëders en tetraëders met prismalaag Huidig ontwerp: 35.371.963 cellen; Variant 1: 34.282.831 cellen; Variant 2: 34.226.618 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, $z_0 = 1,0\text{m}$
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: 162104		Y: 383905	
Toegepaste eisen	V_{DR} m/s	Gewenste kwaliteits-klasse	Overschrijdings-kans % $p(V_{LOK} > V_{DR,H})$	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			

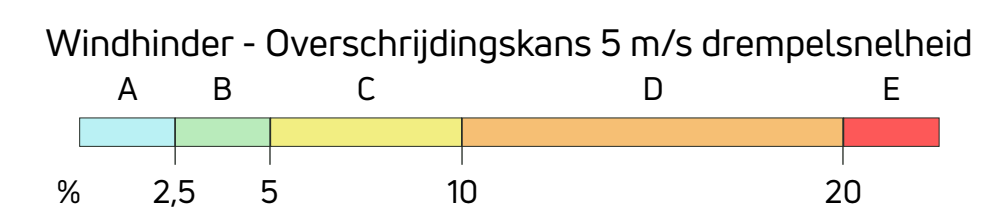
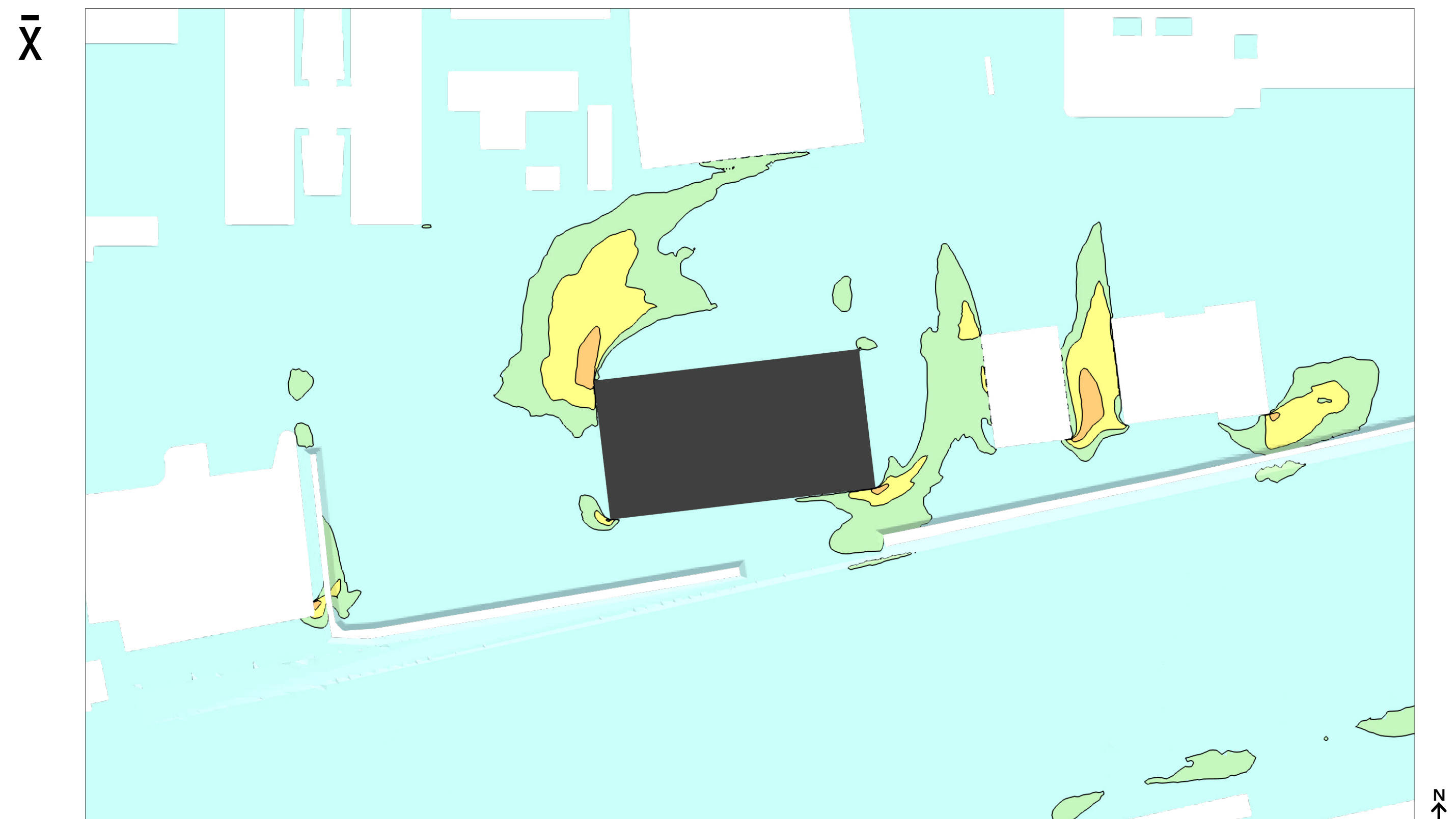
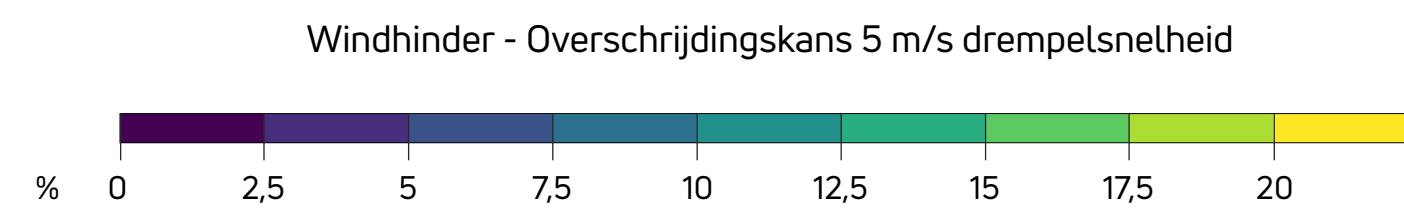
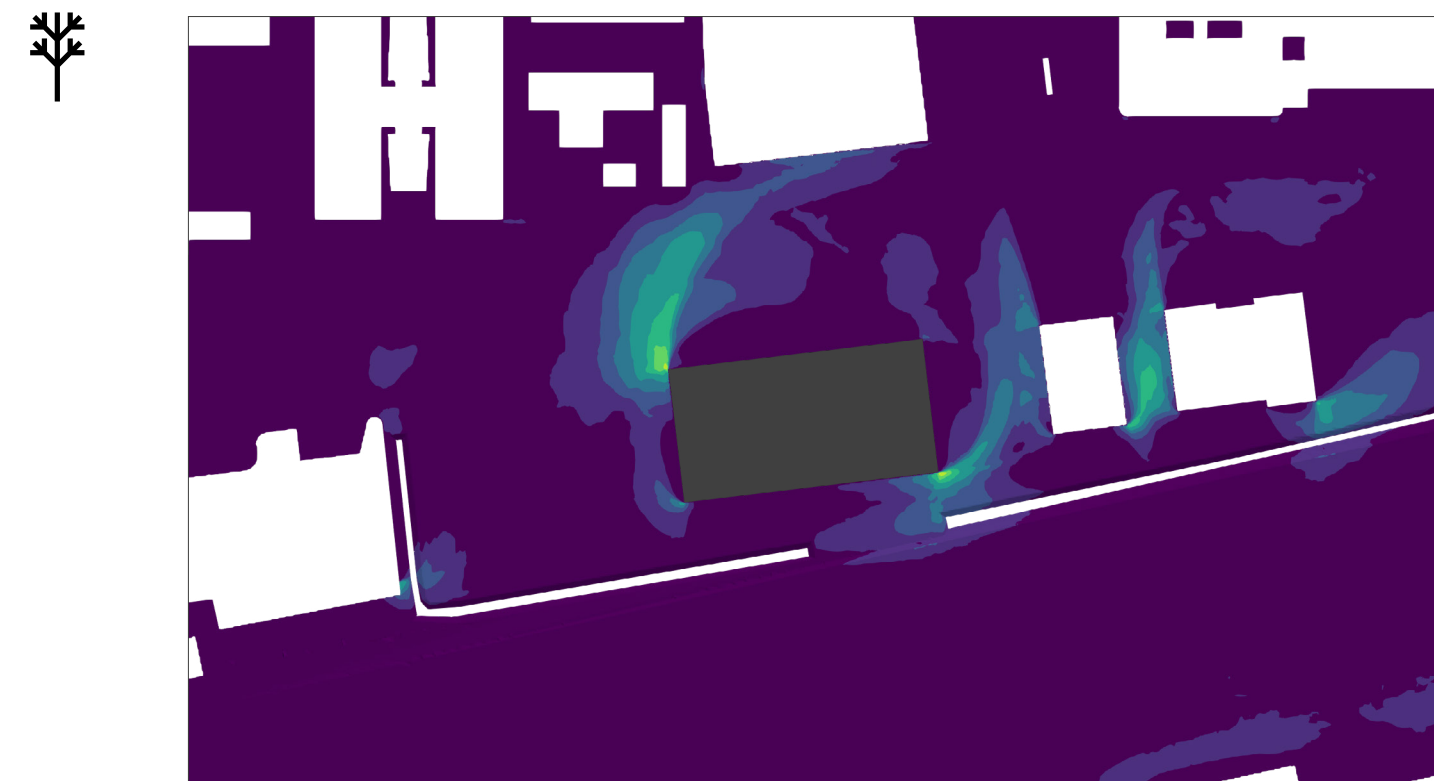
C Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid

FREQUENTIETABEL VAN DE 60 METER WINDSNELHEID DISTRIBUTIEF RELATIEF IN PERCENTAGES
Amersfoortse Coördinaten: X: 162104 Y: 383905 Jaar 1963-2002

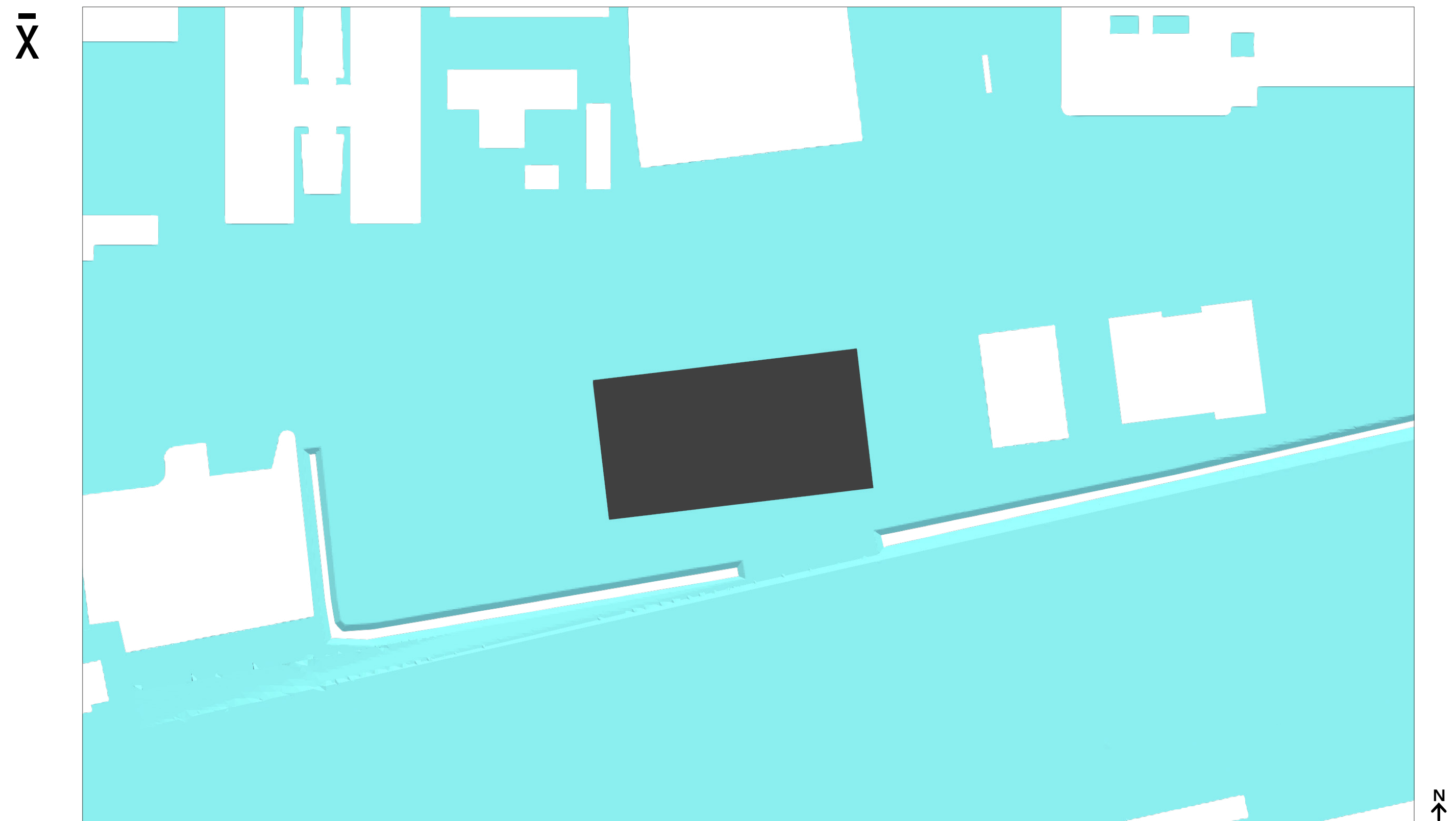
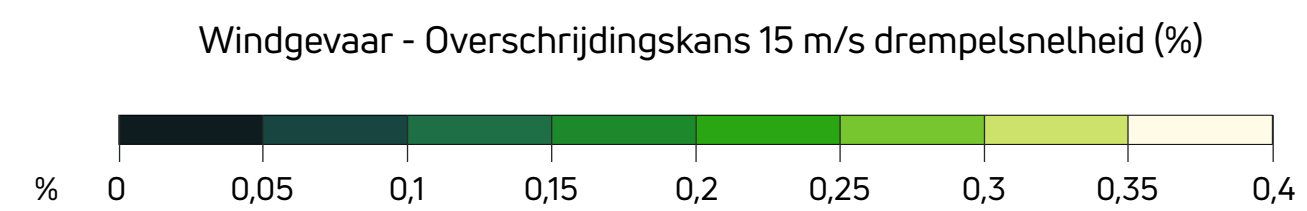
Windsnelheid [m/s]	N 350° - 10°	NNO 20° - 40°	ONO 50° - 70°	O 80° - 100°	OZO 110° - 130°	ZZO 140° - 160°	Z 170° - 190°	ZZW 200° - 220°	WZW 230° - 250°	W 260° - 280°	WNW 290° - 310°	NNW 320° - 340°	Cumulatief
0,0 - 0,9	0.23	0.22	0.25	0.22	0.23	0.27	0.28	0.29	0.28	0.27	0.28	0.26	3.07
1,0 - 1,9	0.65	0.69	0.71	0.62	0.65	0.75	0.96	1.01	0.88	0.83	0.79	0.7	9.23
2,0 - 2,9	0.81	0.98	1.02	0.93	0.93	1.09	1.26	1.46	1.31	1.17	1	0.88	12.85
3,0 - 3,9	0.85	1.13	1.15	1.02	0.88	1.09	1.5	1.94	1.69	1.27	1.08	0.89	14.47
4,0 - 4,9	0.73	1.14	1.26	1.01	0.84	0.99	1.48	2.21	1.88	1.34	0.92	0.76	14.54
5,0 - 5,9	0.59	0.98	1.1	0.82	0.56	0.7	1.31	2.12	1.91	1.13	0.78	0.53	12.51
6,0 - 6,9	0.43	0.74	0.81	0.62	0.36	0.47	1.07	1.85	1.75	0.97	0.61	0.38	10.07
7,0 - 7,9	0.21	0.54	0.63	0.46	0.22	0.32	0.83	1.69	1.53	0.76	0.42	0.24	7.87
8,0 - 8,9	0.11	0.34	0.43	0.3	0.1	0.18	0.6	1.41	1.22	0.54	0.25	0.16	5.63
9,0 - 9,9	0.06	0.22	0.28	0.18	0.04	0.09	0.4	1.04	0.91	0.38	0.16	0.06	3.84
10,0 - 10,9	0.04	0.13	0.17	0.1	0.02	0.05	0.24	0.75	0.67	0.25	0.09	0.04	2.54
11,0 - 11,9	0.02	0.05	0.1	0.05	0	0.01	0.13	0.51	0.42	0.17	0.04	0.02	1.51
12,0 - 12,9	0.01	0.03	0.05	0.03	0	0.01	0.07	0.3	0.26	0.11	0.02	0.01	0.89
13,0 - 13,9	0	0.02	0.01	0.01	0	0	0.03	0.17	0.16	0.06	0.01	0	0.47
14,0 - 14,9	-	0	0	0	-	-	0.02	0.09	0.08	0.04	0	0	0.25
15,0 - 15,9	-	0	0	0	-	-	0.01	0.05	0.04	0.02	0	0	0.12
16,0 - 16,9	-	-	-	-	-	-	0.01	0.03	0.02	0.01	0	-	0.07
17,0 - 17,9	-	-	-	-	-	-	0	0.01	0.01	0.01	0	-	0.04
18,0 - 18,9	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0	0	0	-	0.02
19,0 - 19,9	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	0
20,0 - 20,9	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	0
21,0 - 21,9	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	-	0
22,0 - 22,9	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	0
23,0 - 23,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	0
24,0 - 24,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25,0 en hoger	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

D Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld

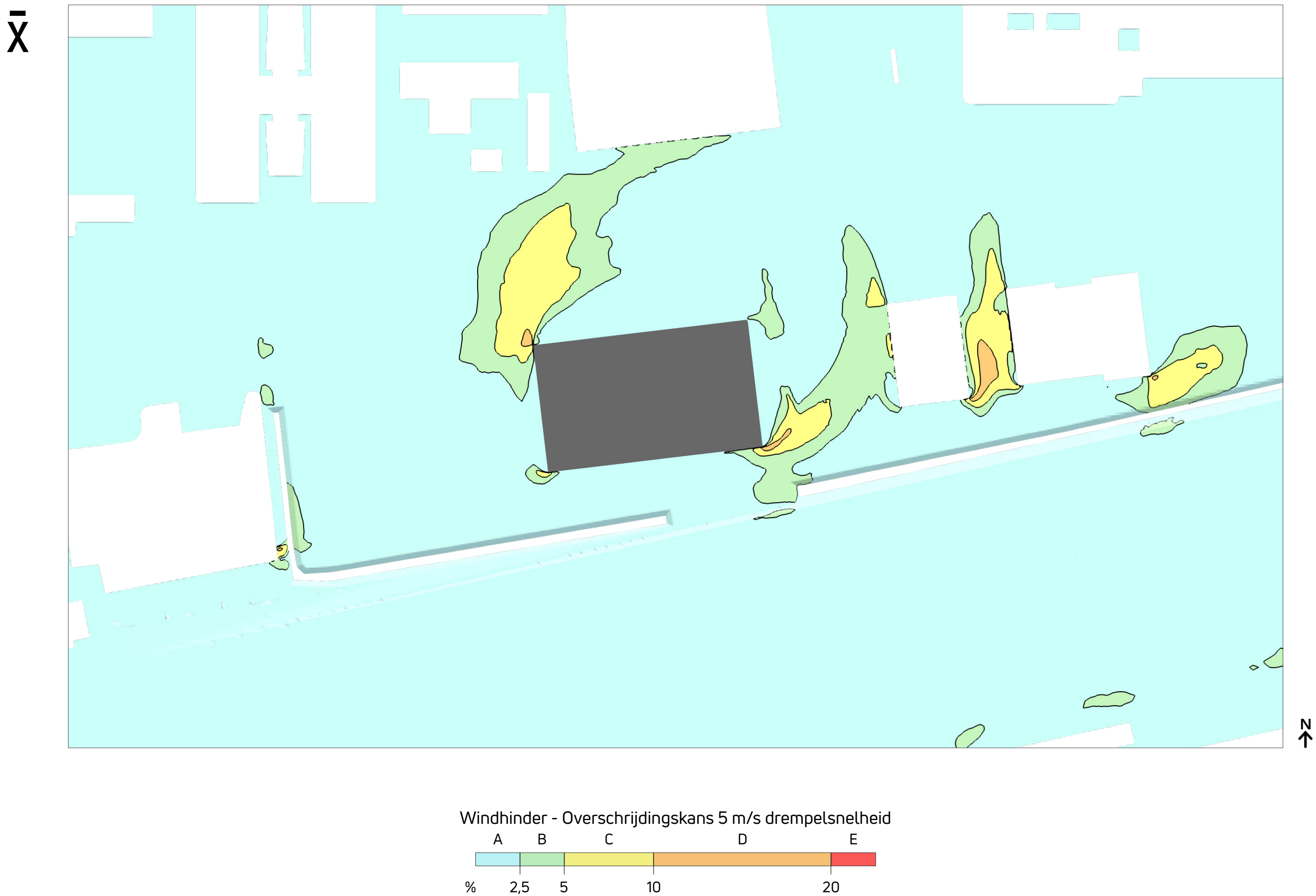
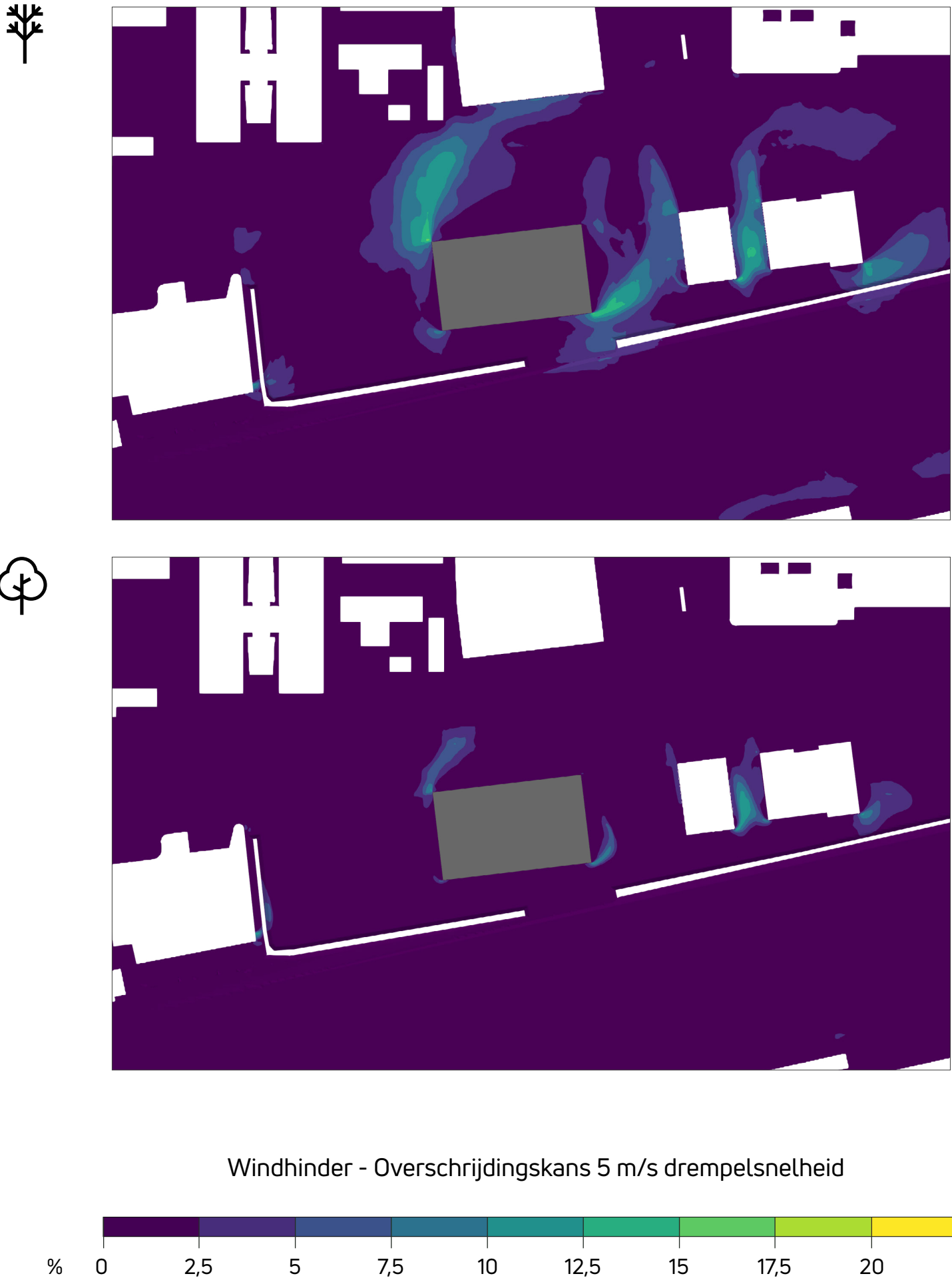
Windhinder bij maximaal volume



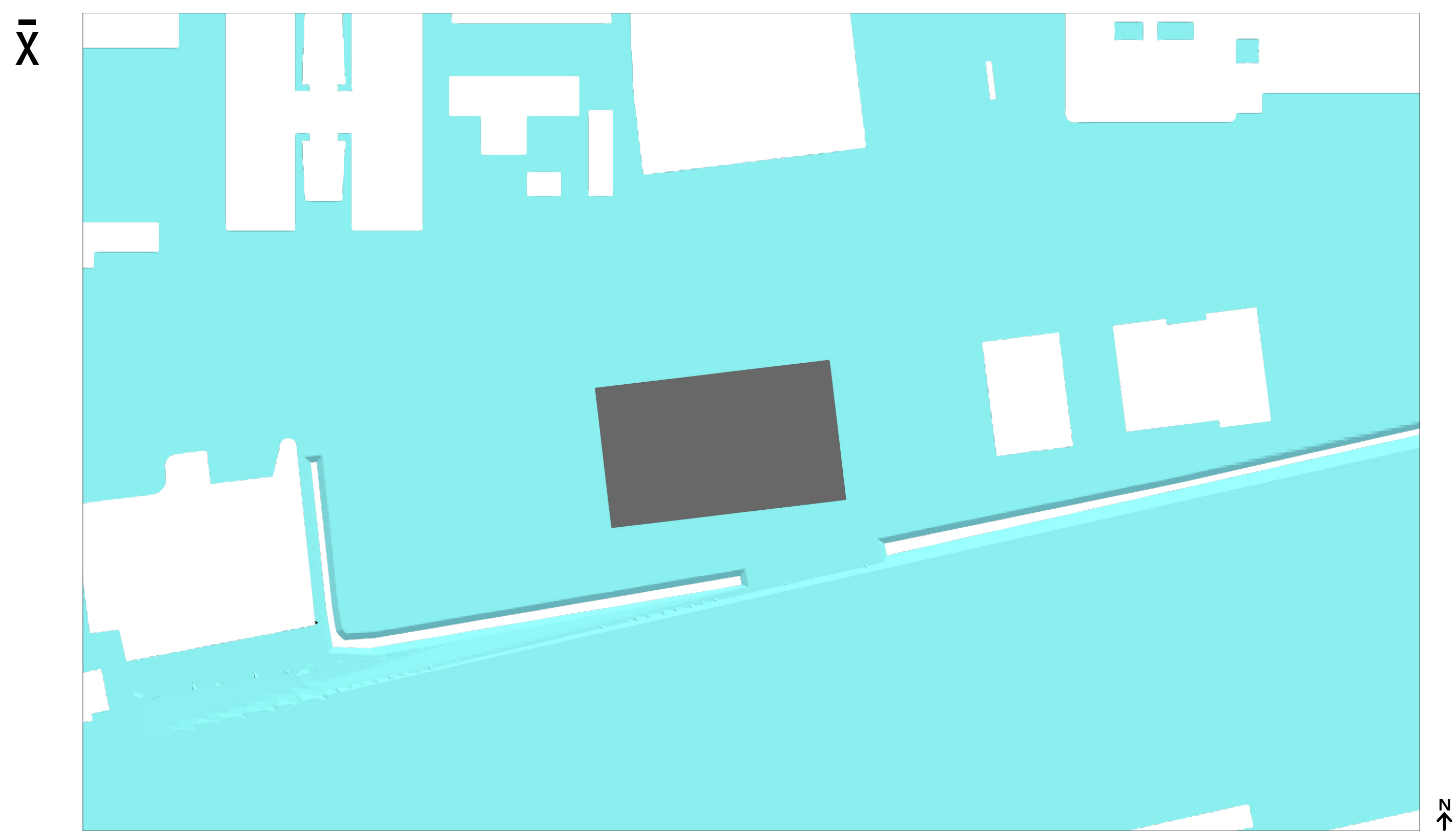
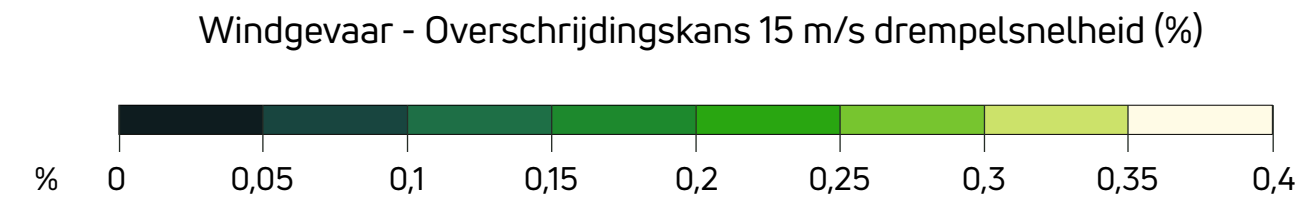
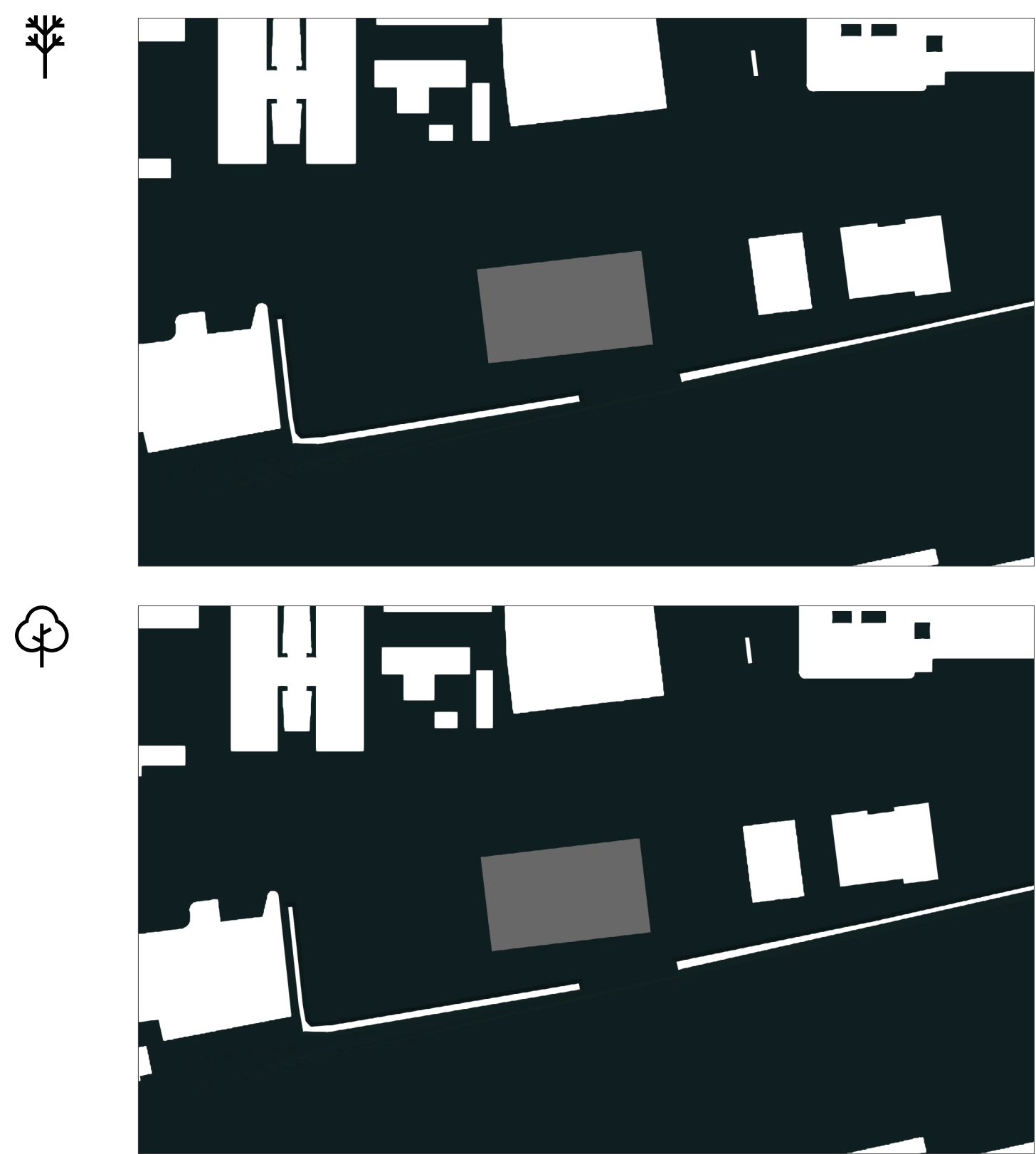
Windgevaar bij maximaal volume



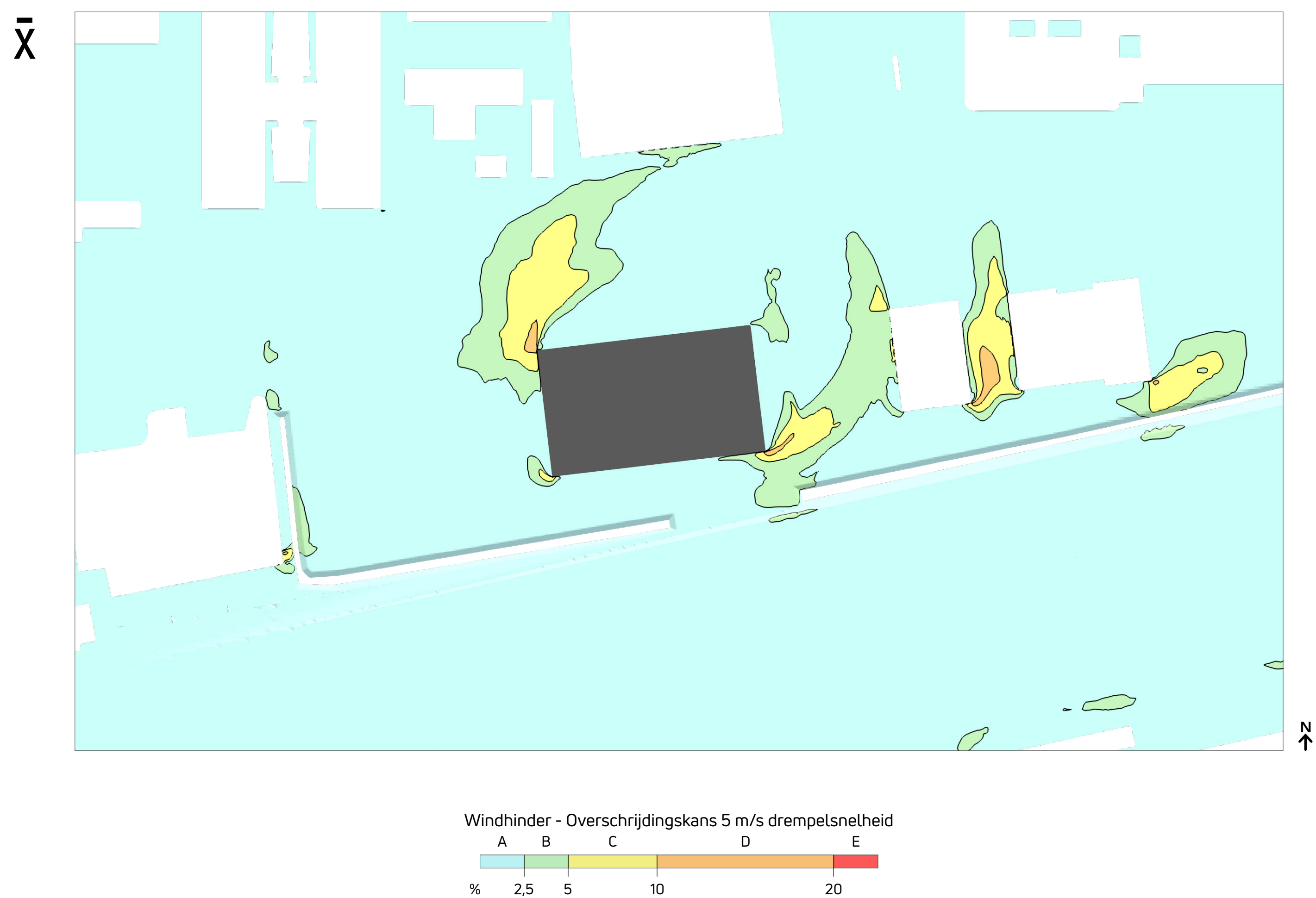
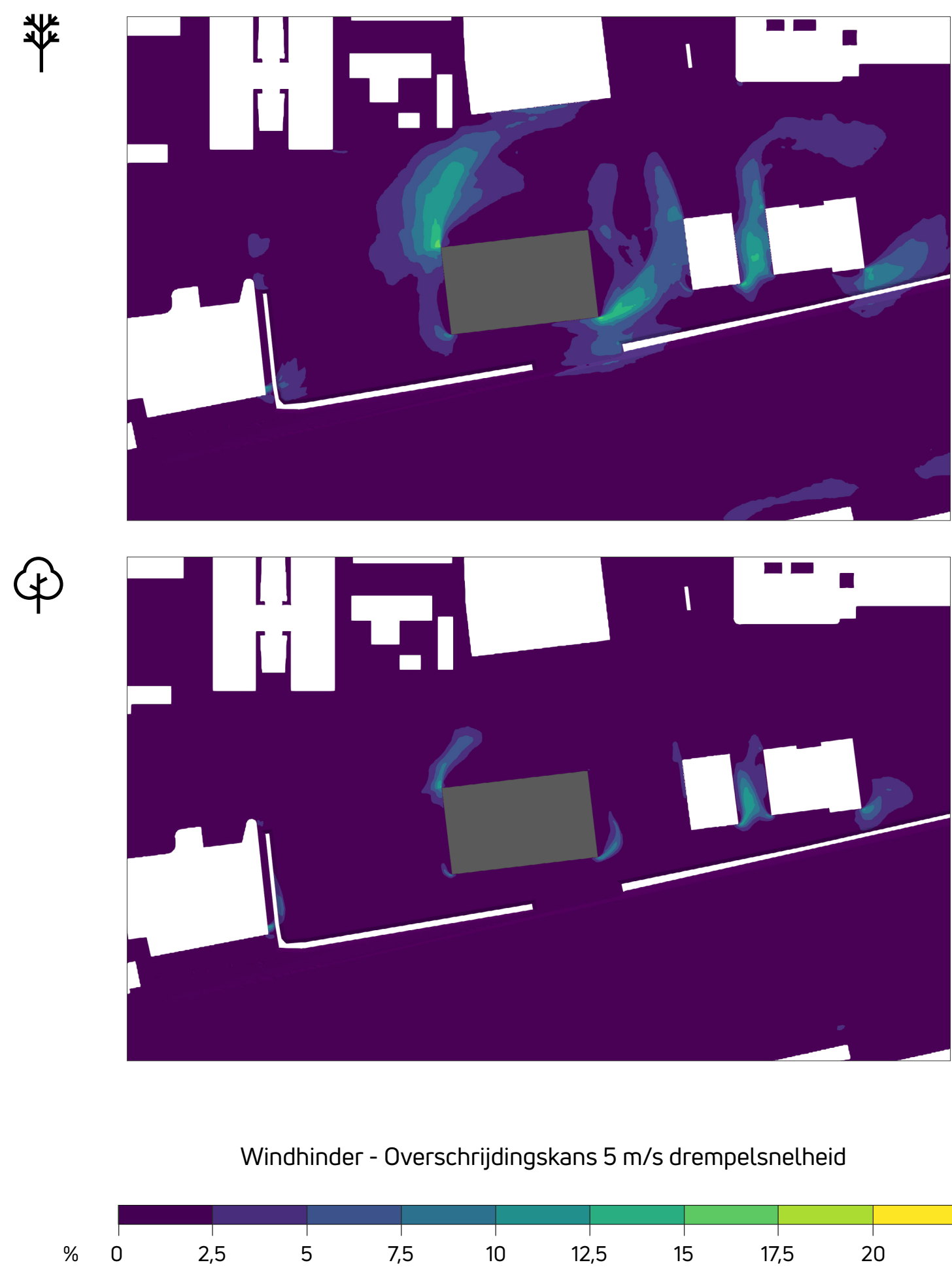
Windhinder bij Variant 1



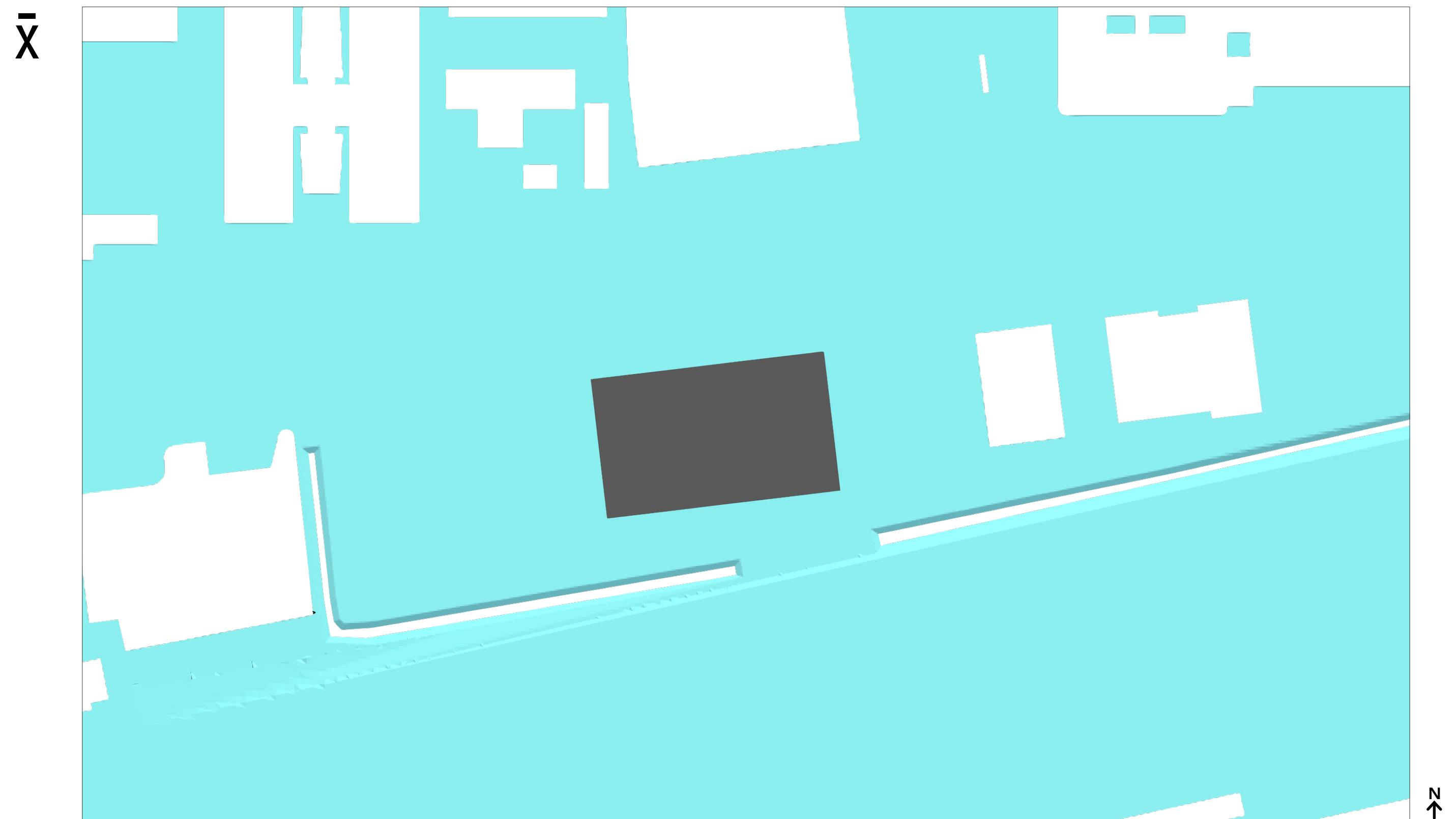
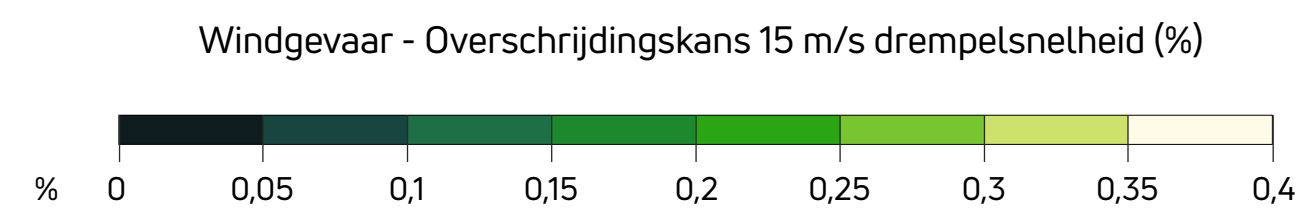
Windgevaar bij Variant 1



Windhinder bij Variant 2



Windgevaar bij Variant 2

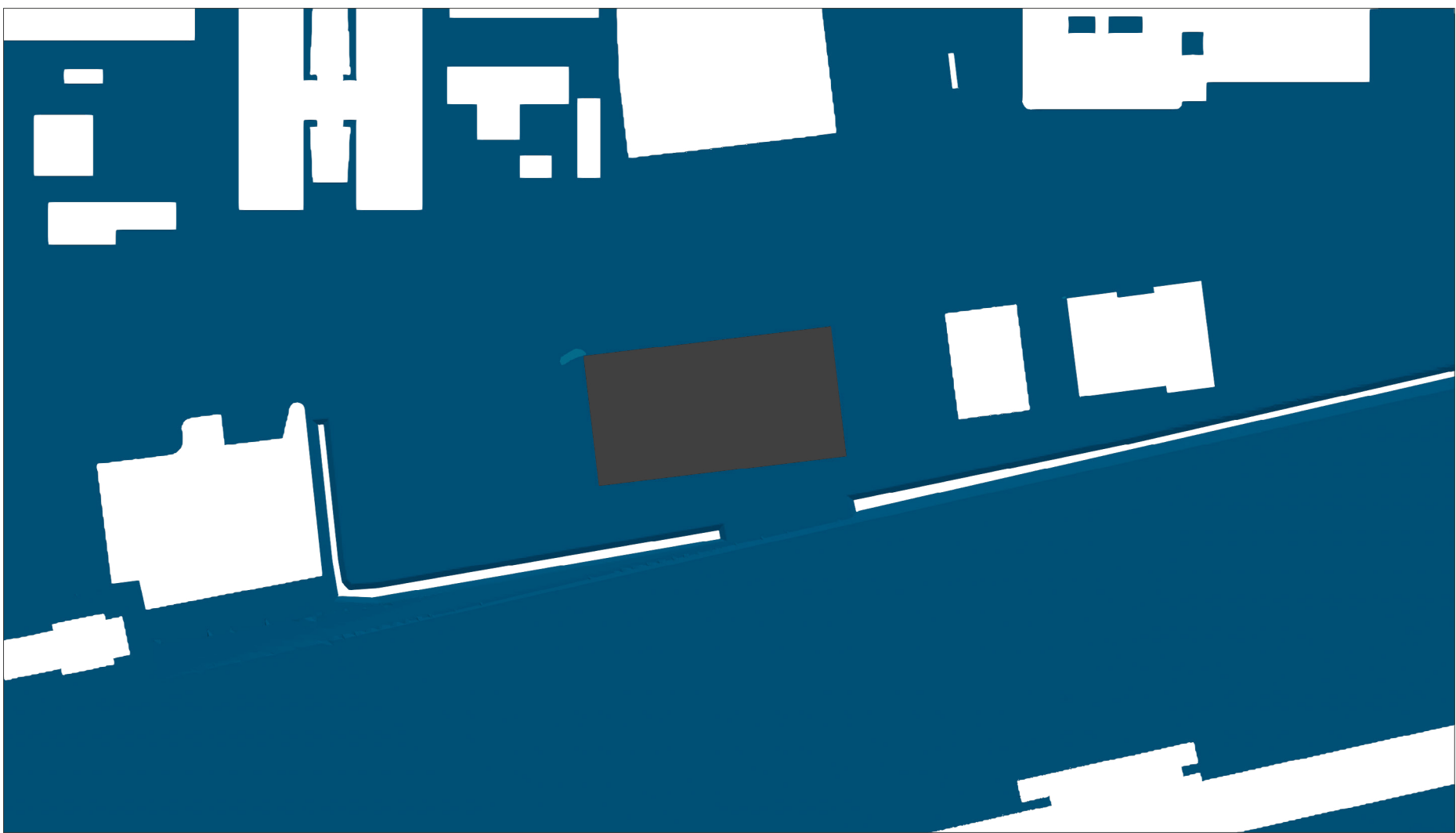
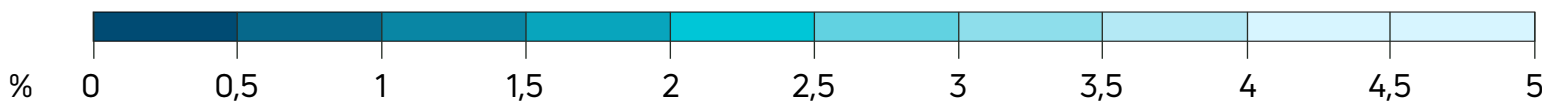


E Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Windrichting:
0° Noord



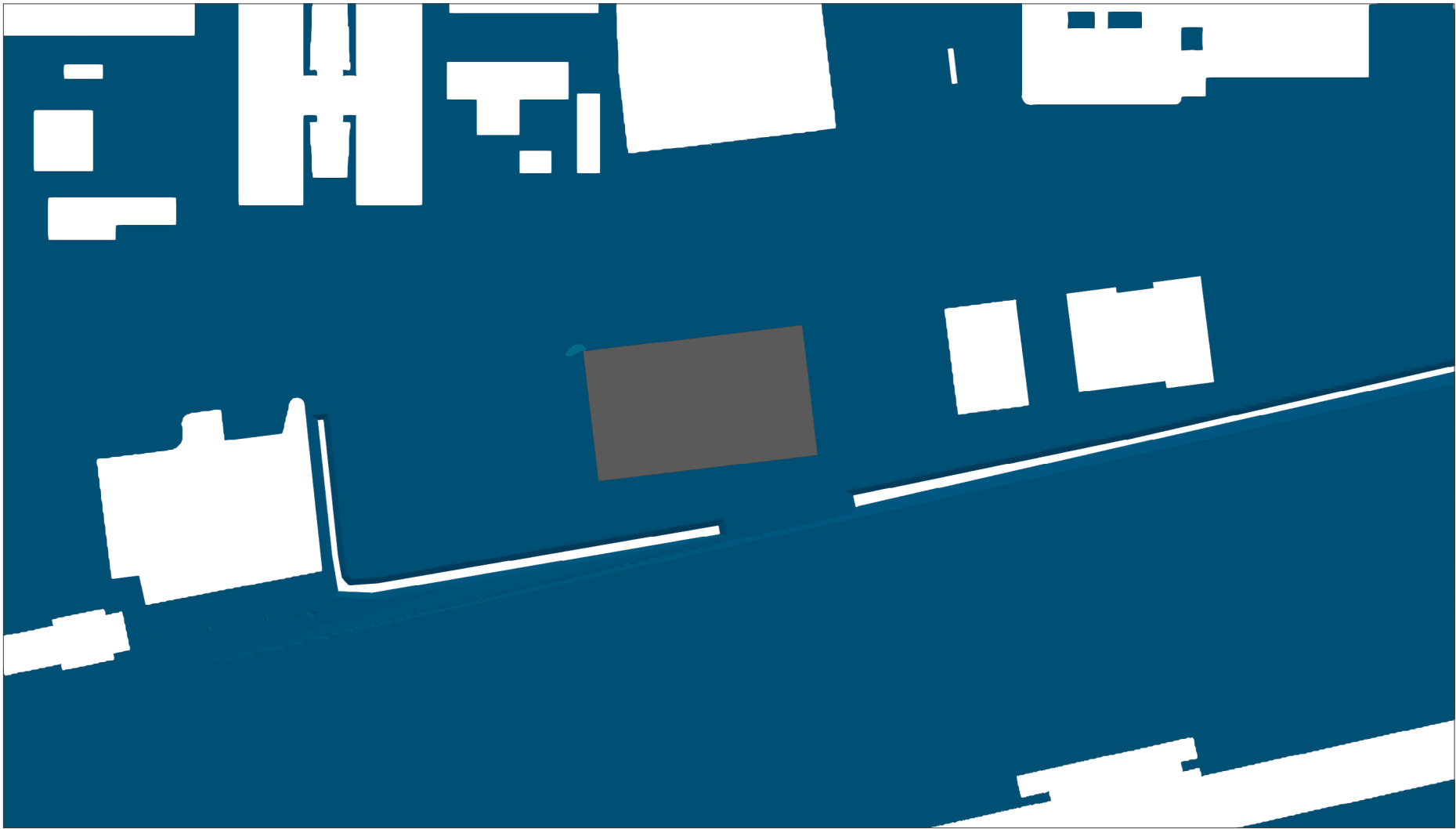
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Maximaal volume



Variant 1

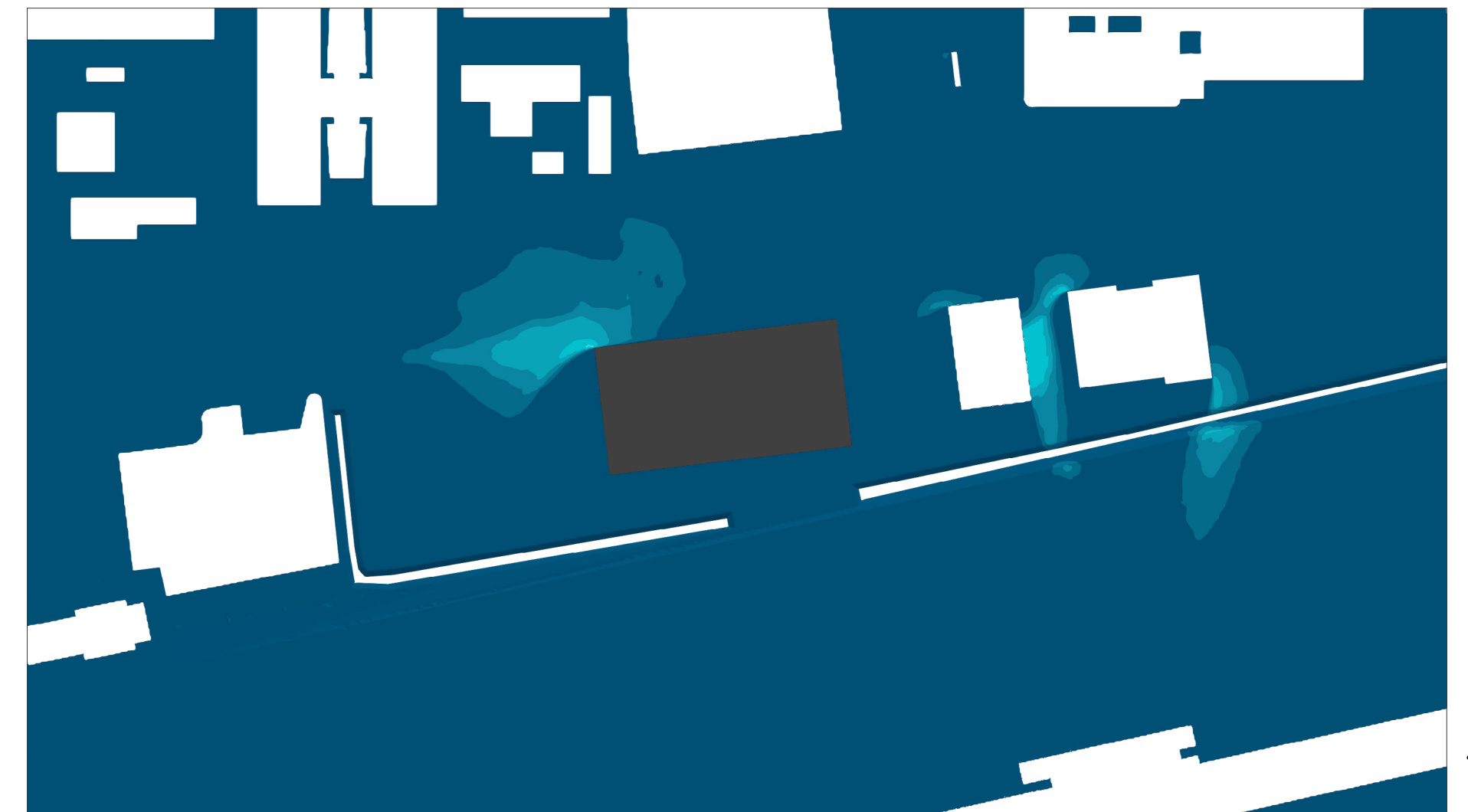
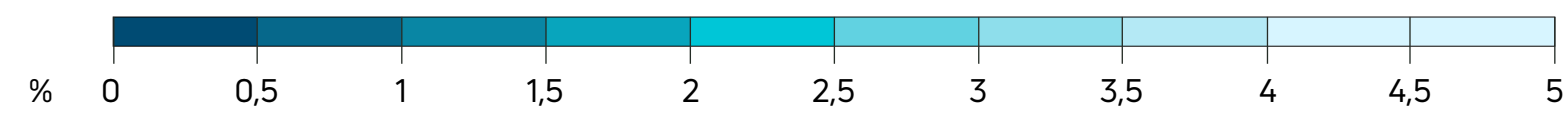


Variant 2

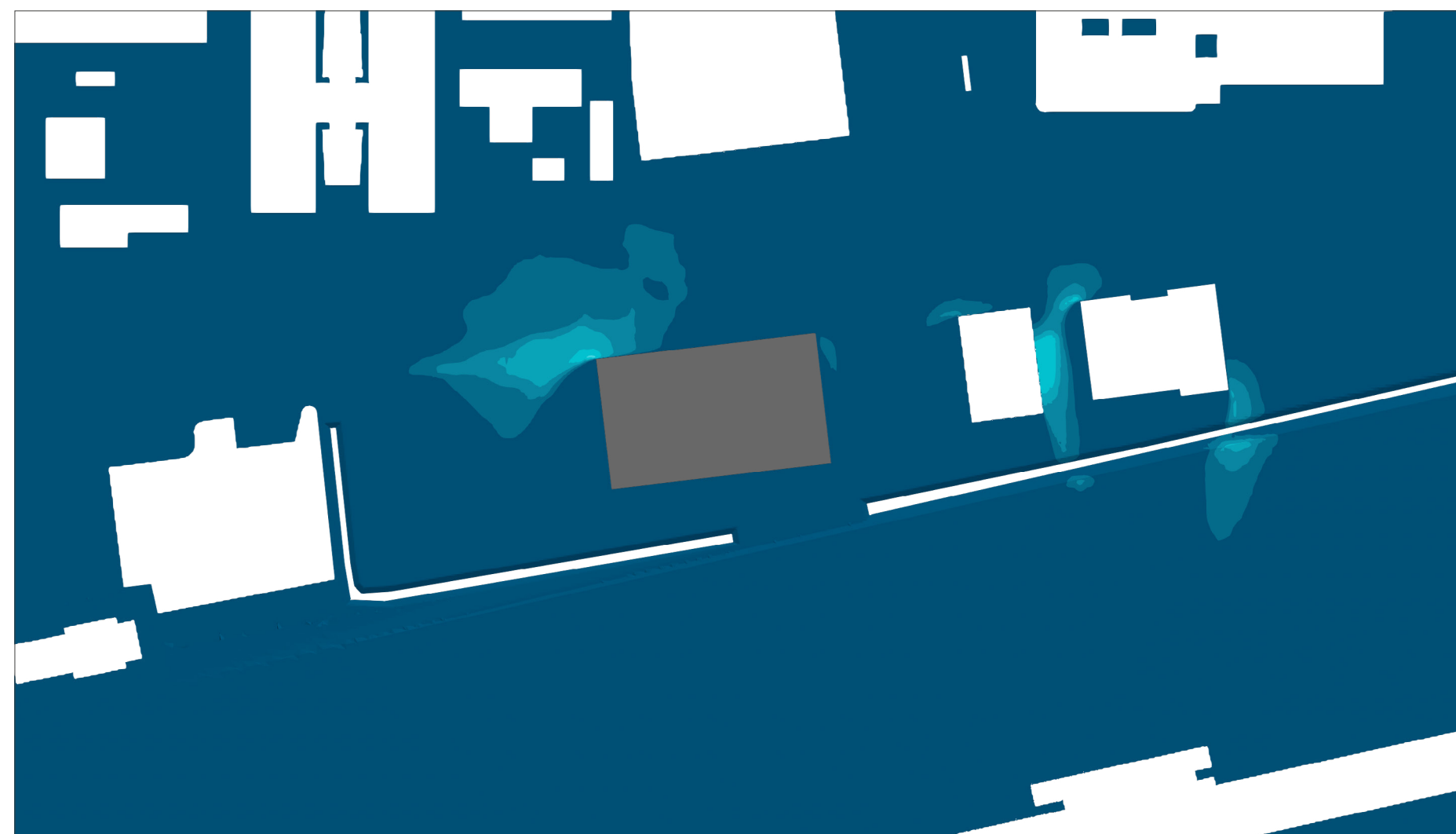
Windrichting:
30° Noordnoordoost



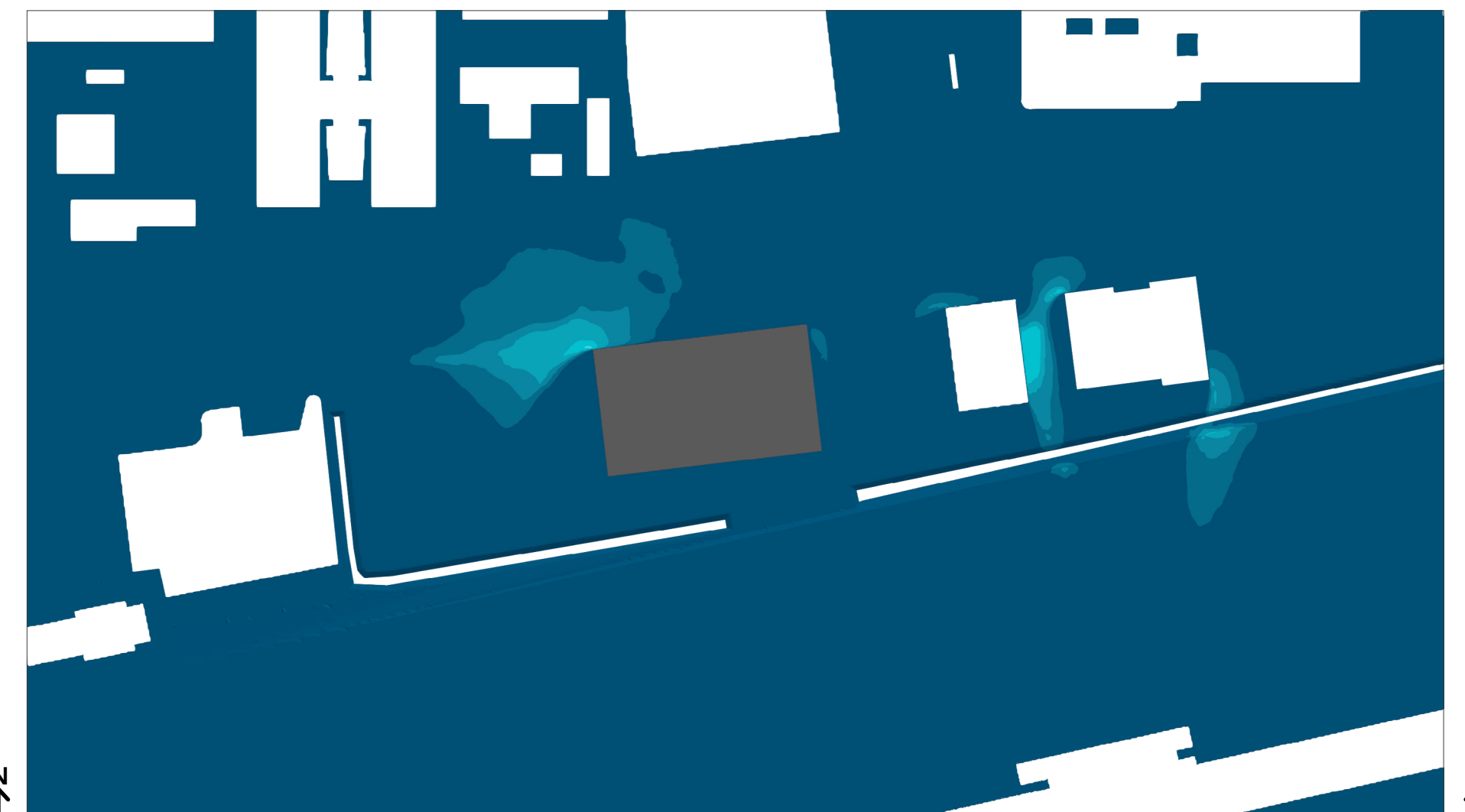
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Maximaal volume



Variant 1

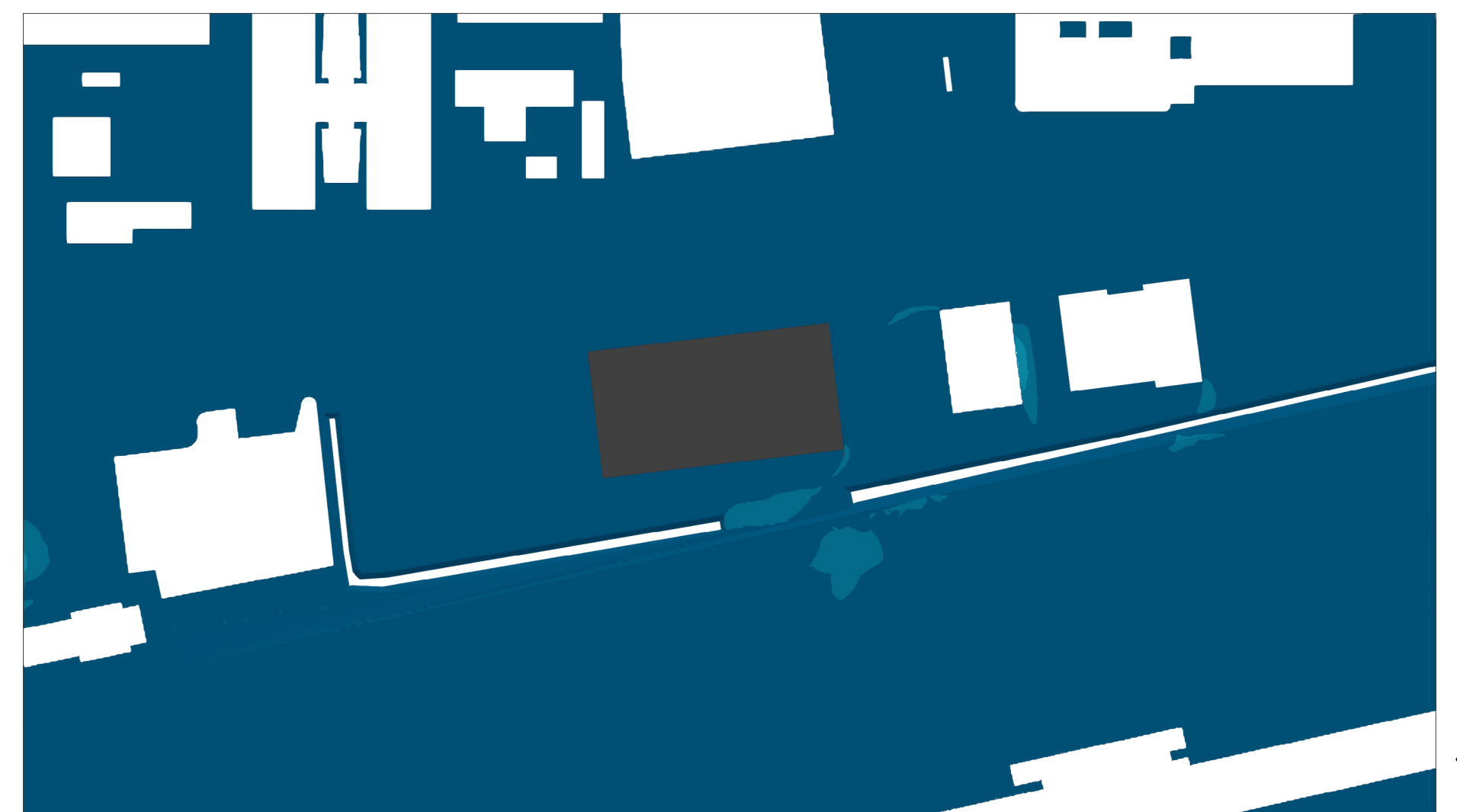
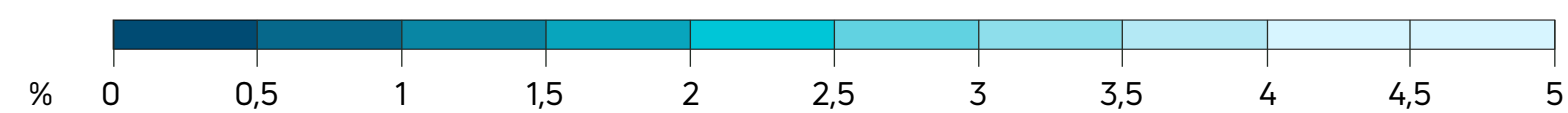


Variant 2

Windrichting:
60° Oostnoordoost



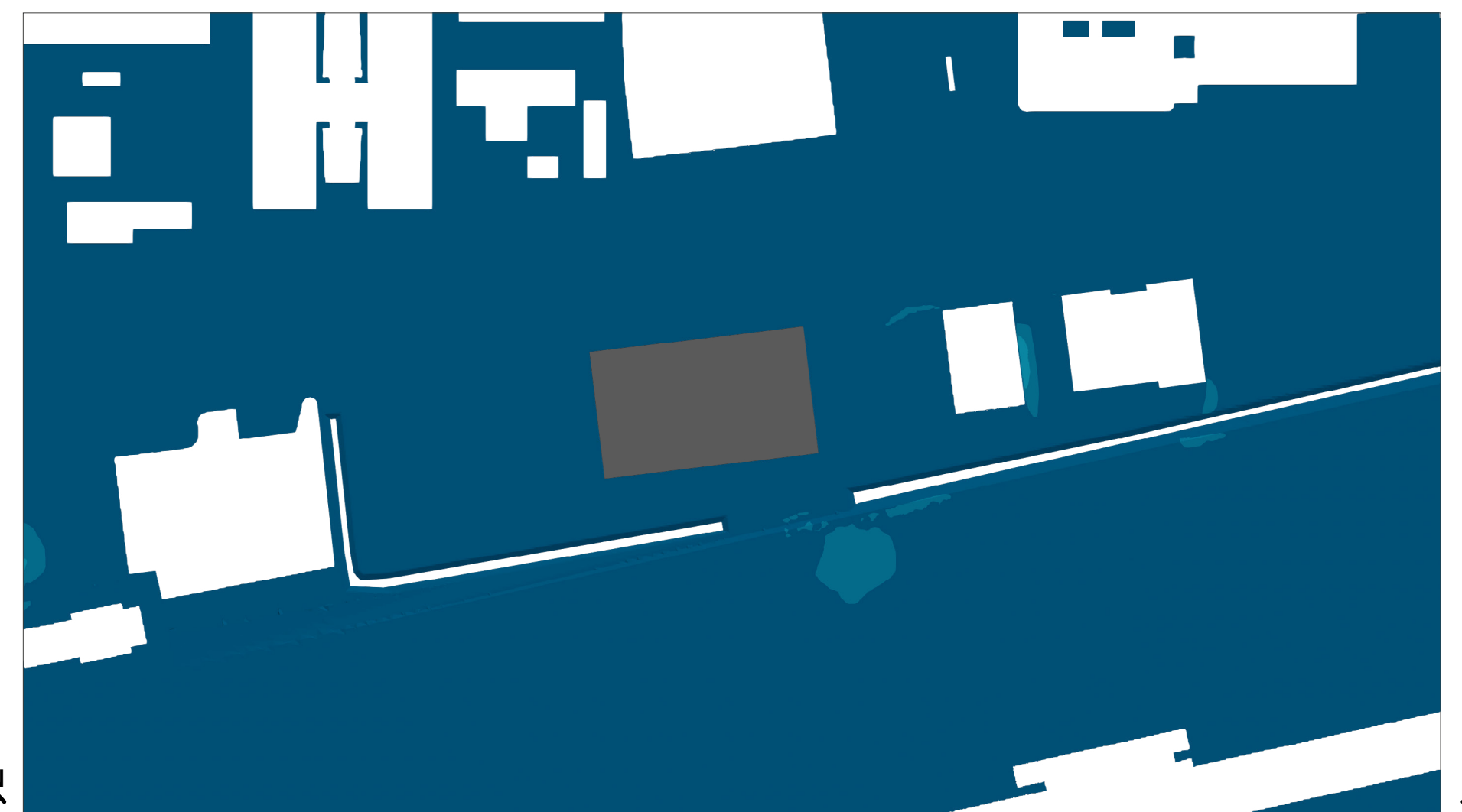
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Maximaal volume

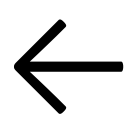


Variant 1

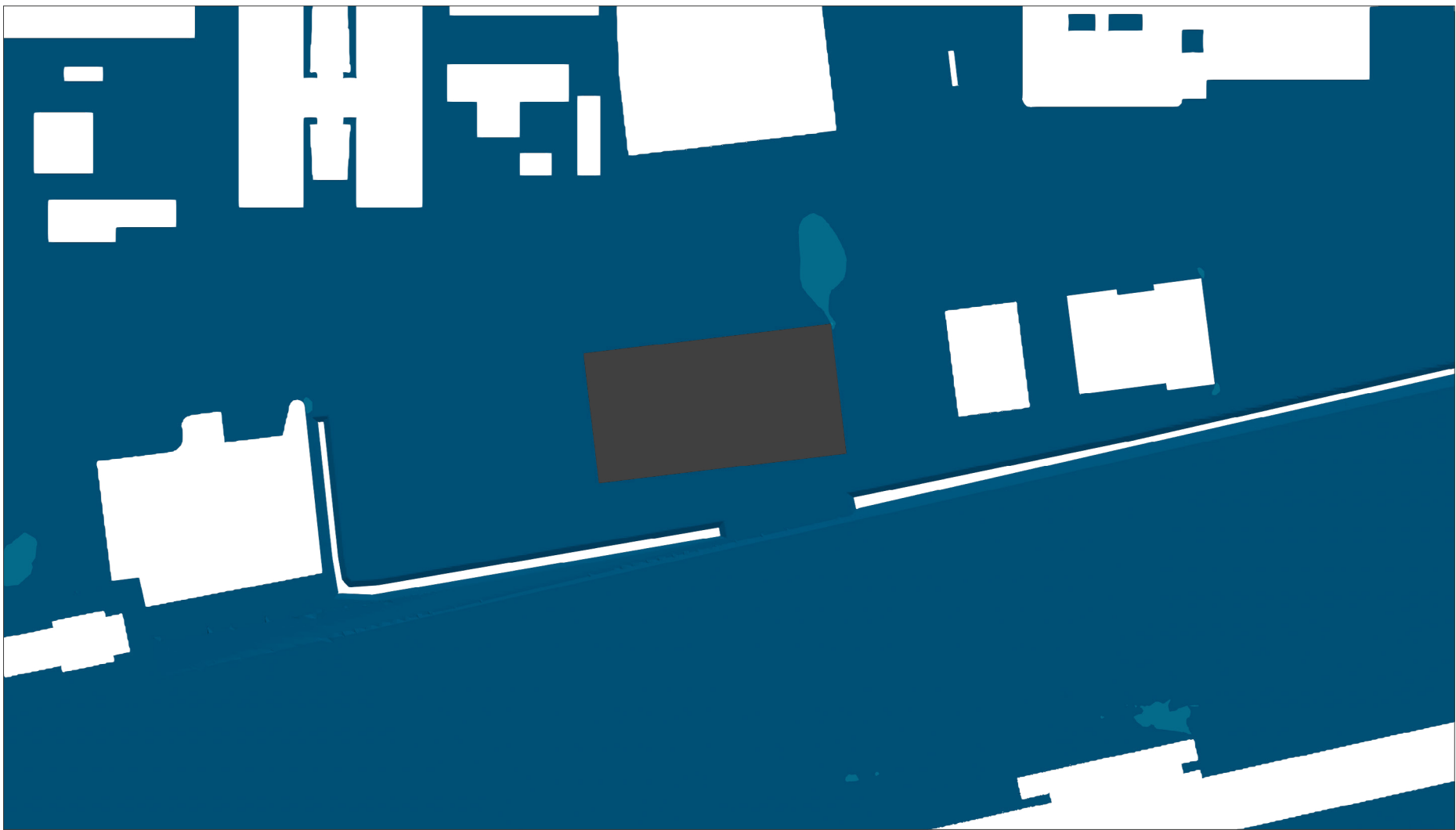
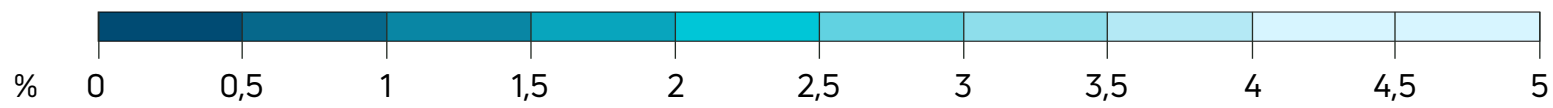


Variant 2

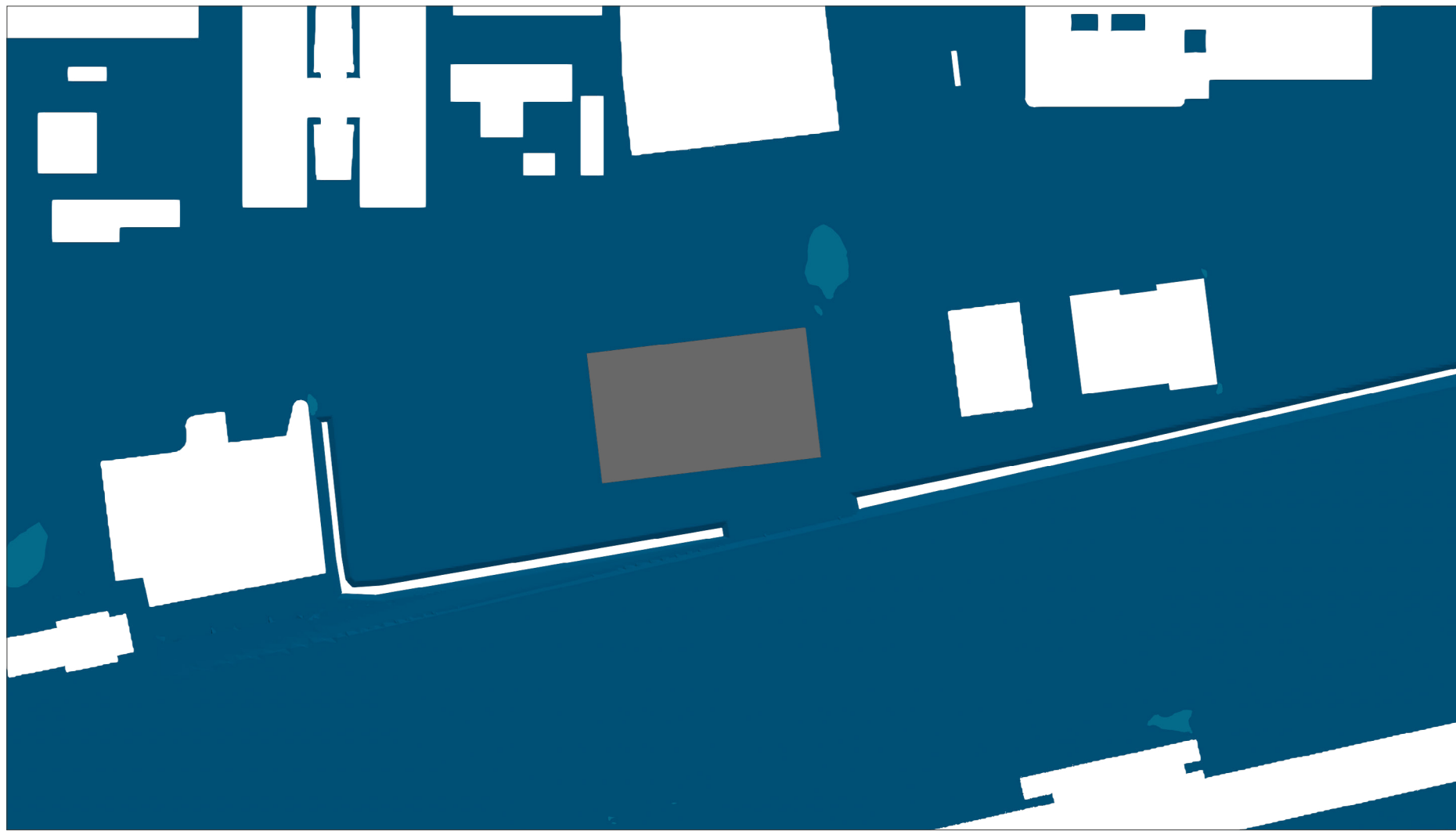
Windrichting:
90° Oost



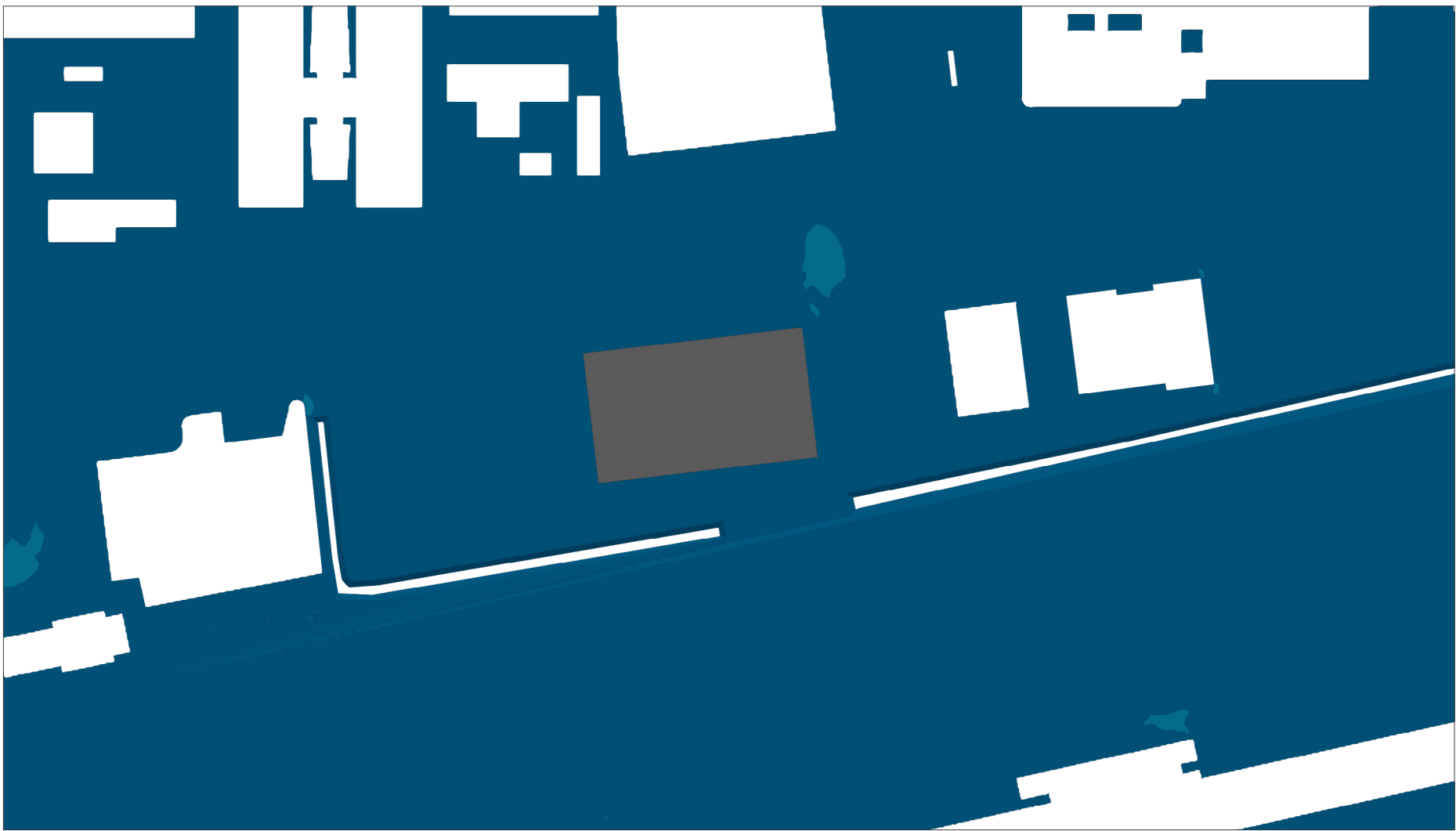
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Maximaal volume



Variant 1

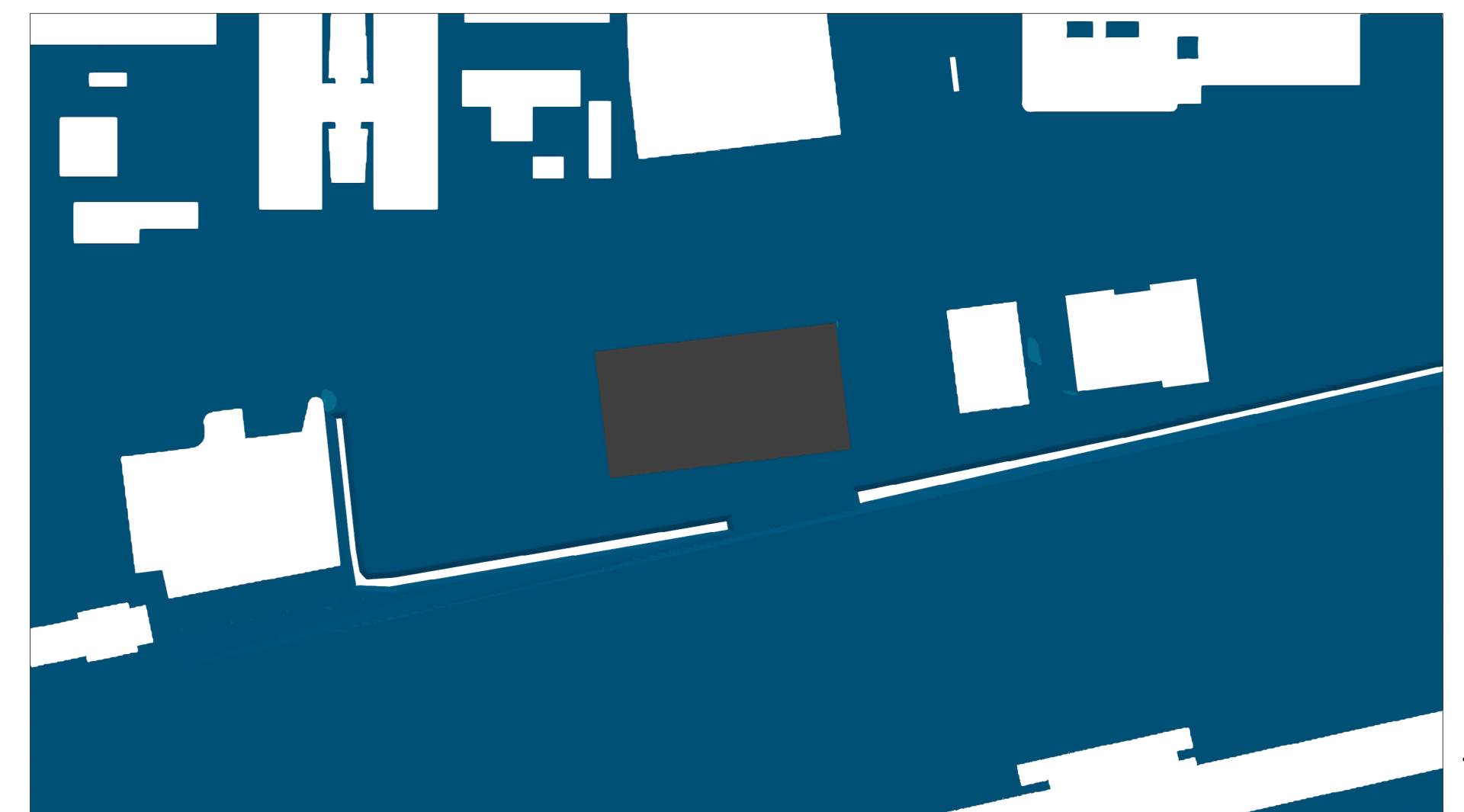
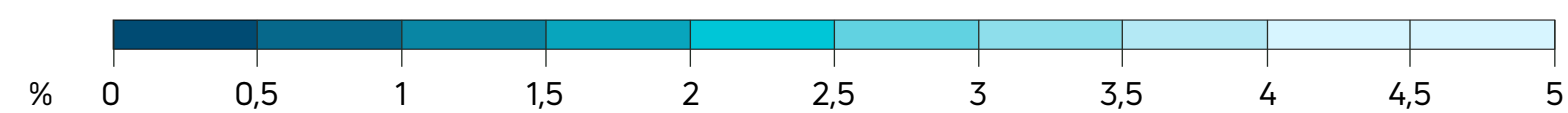


Variant 2

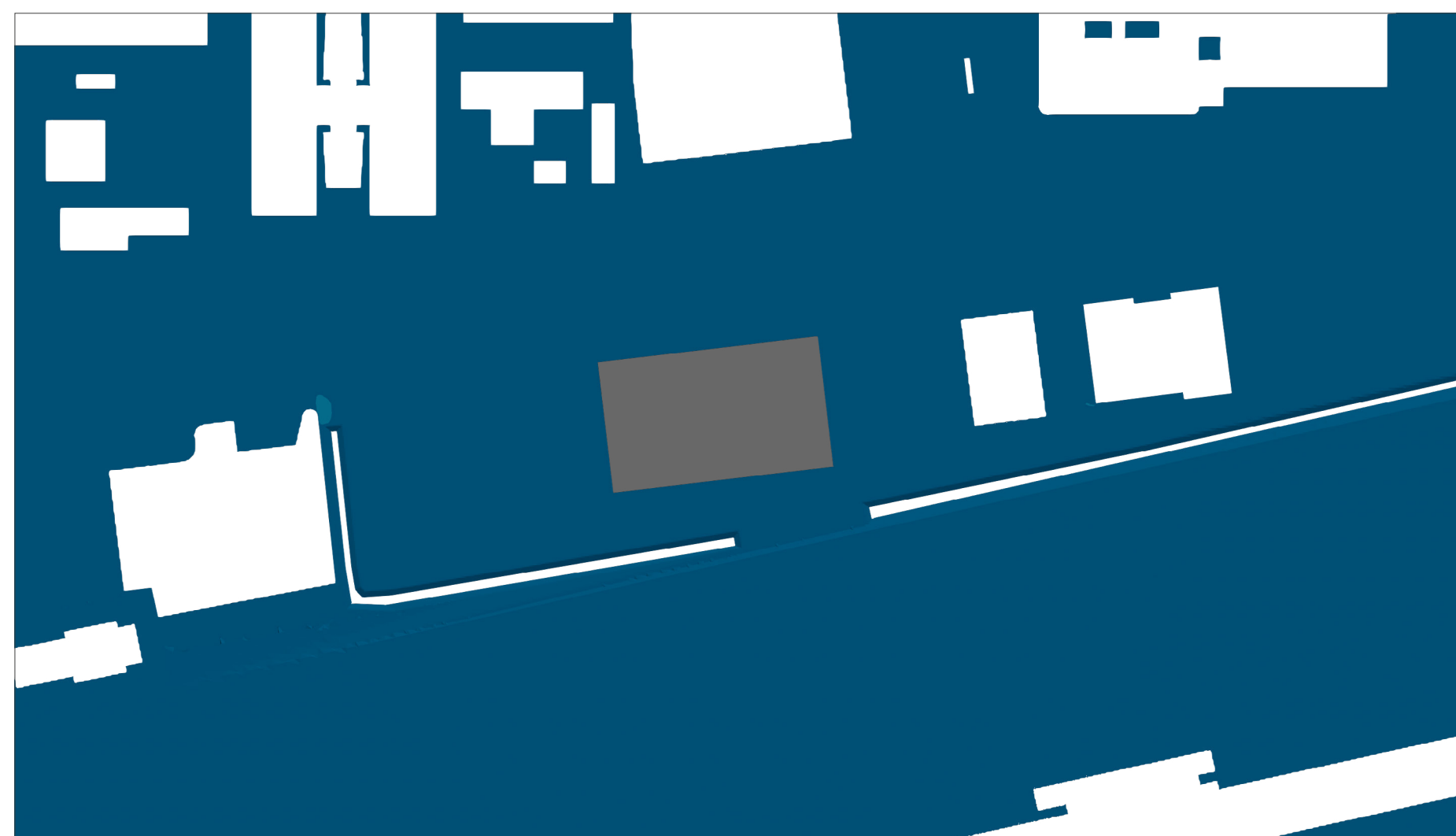
Windrichting:
120° Oostzuidoost



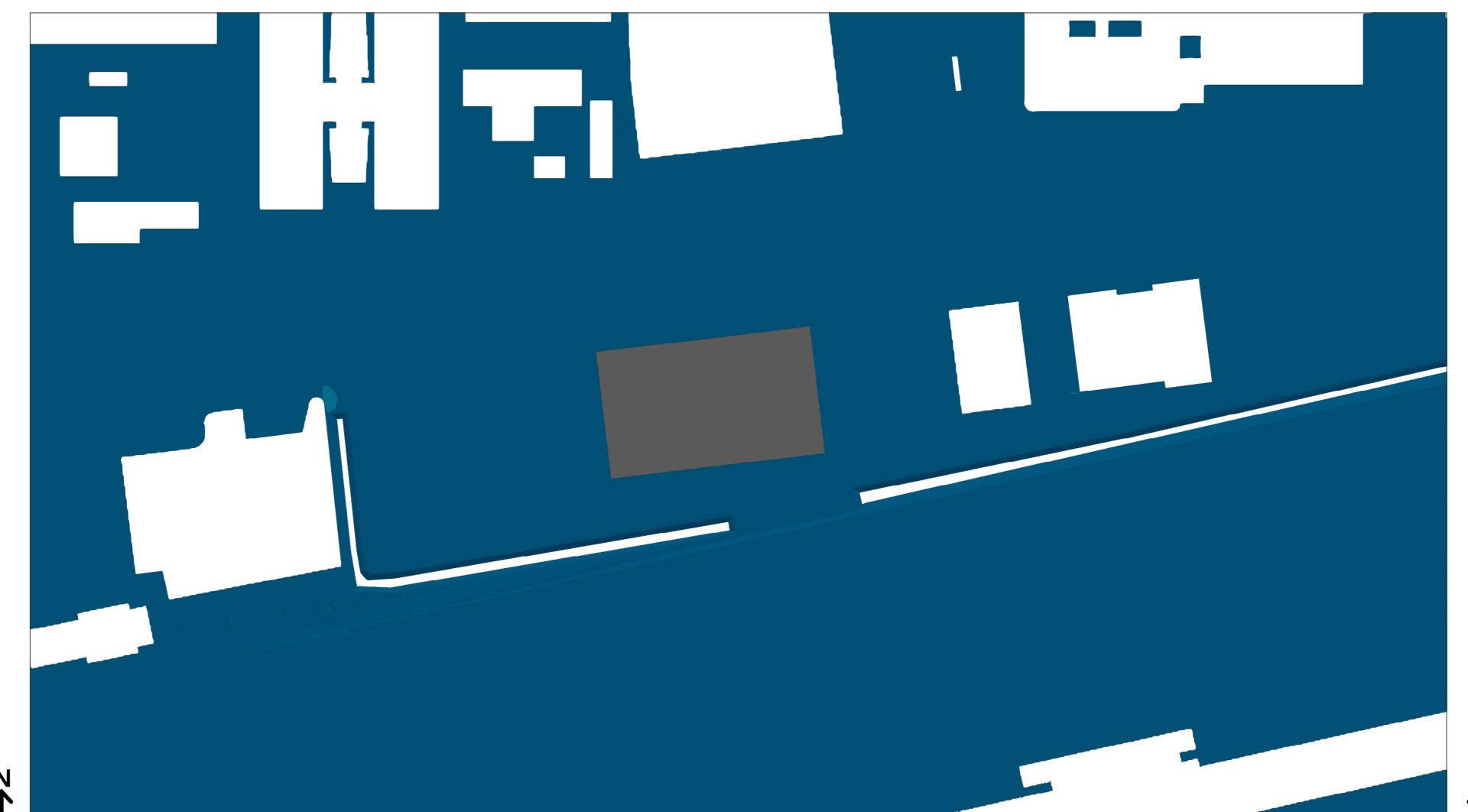
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Maximaal volume



Variant 1

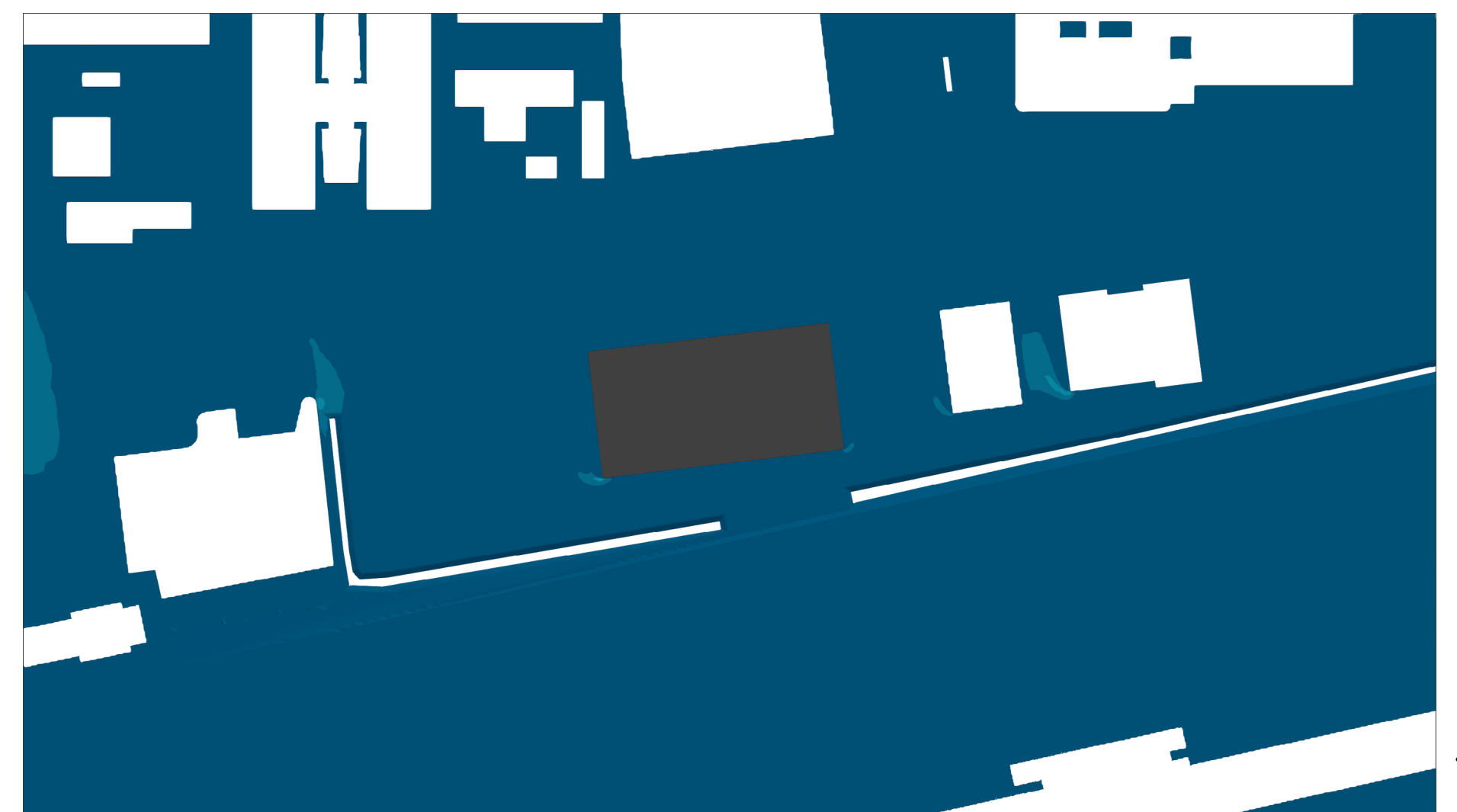
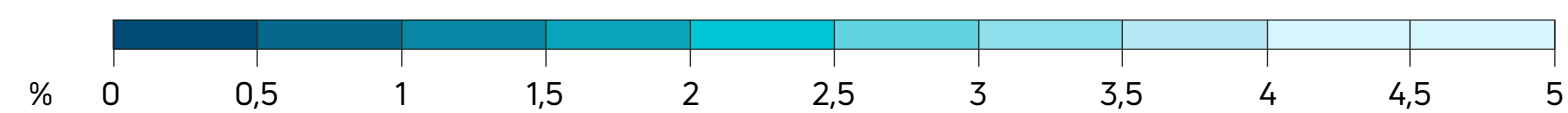


Variant 2

Windrichting:
150° Zuidzuidoost



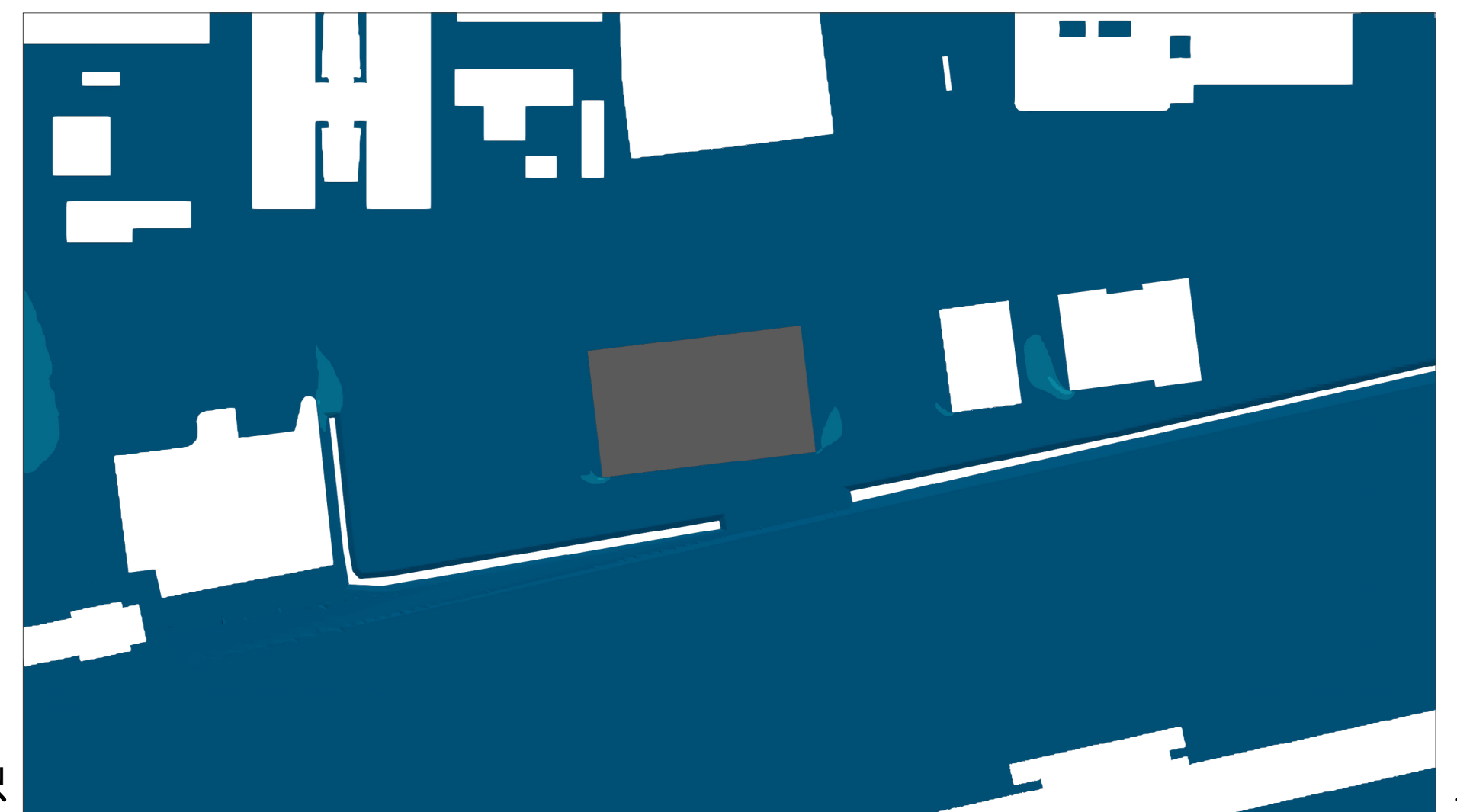
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Maximaal volume



Variant 1

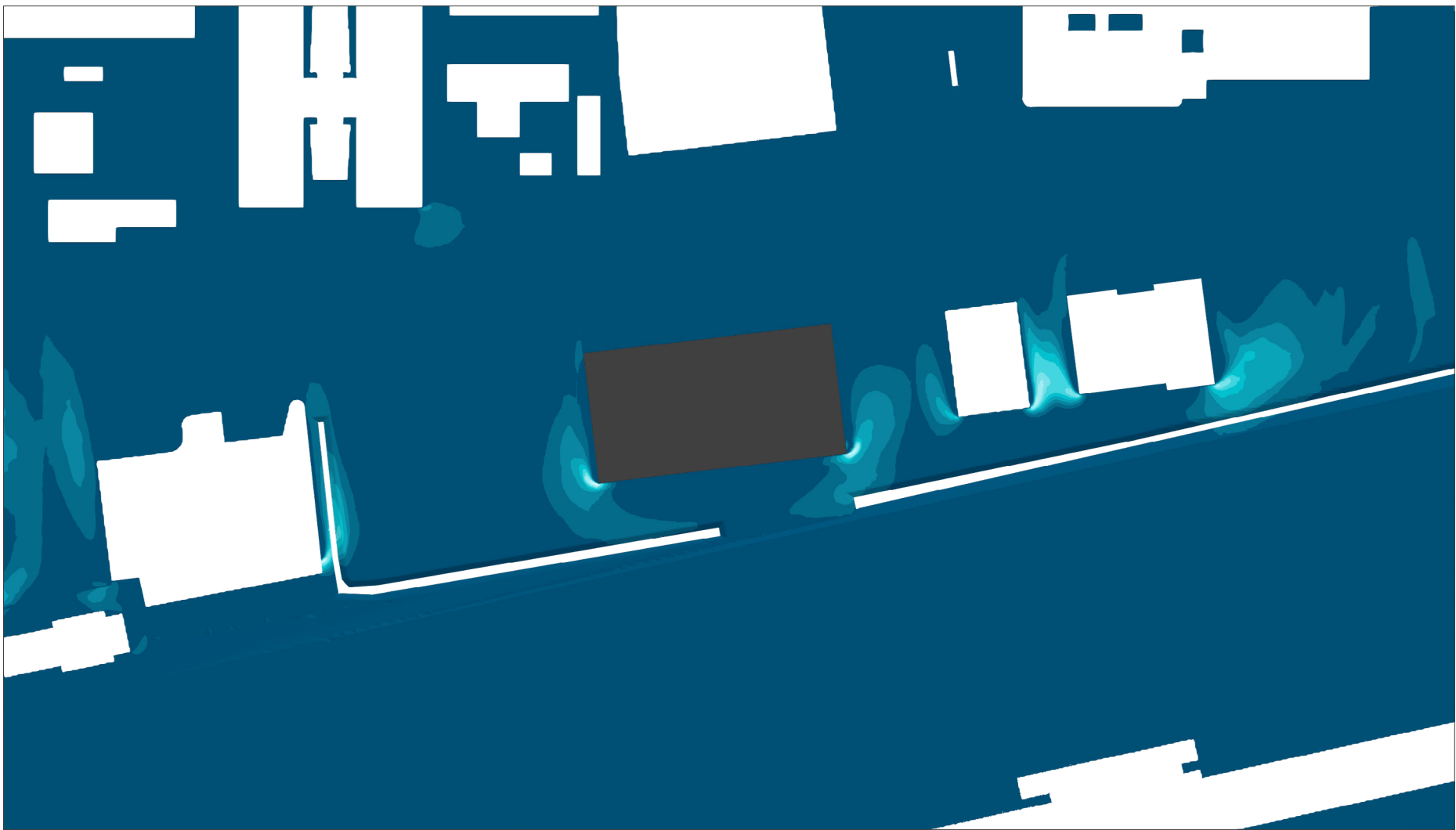
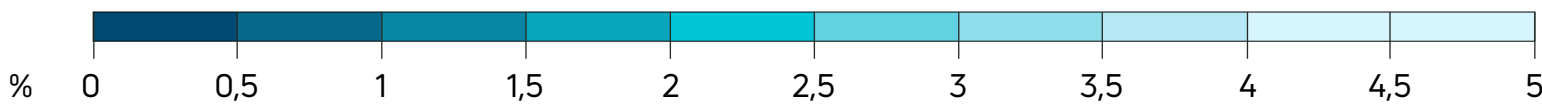


Variant 2

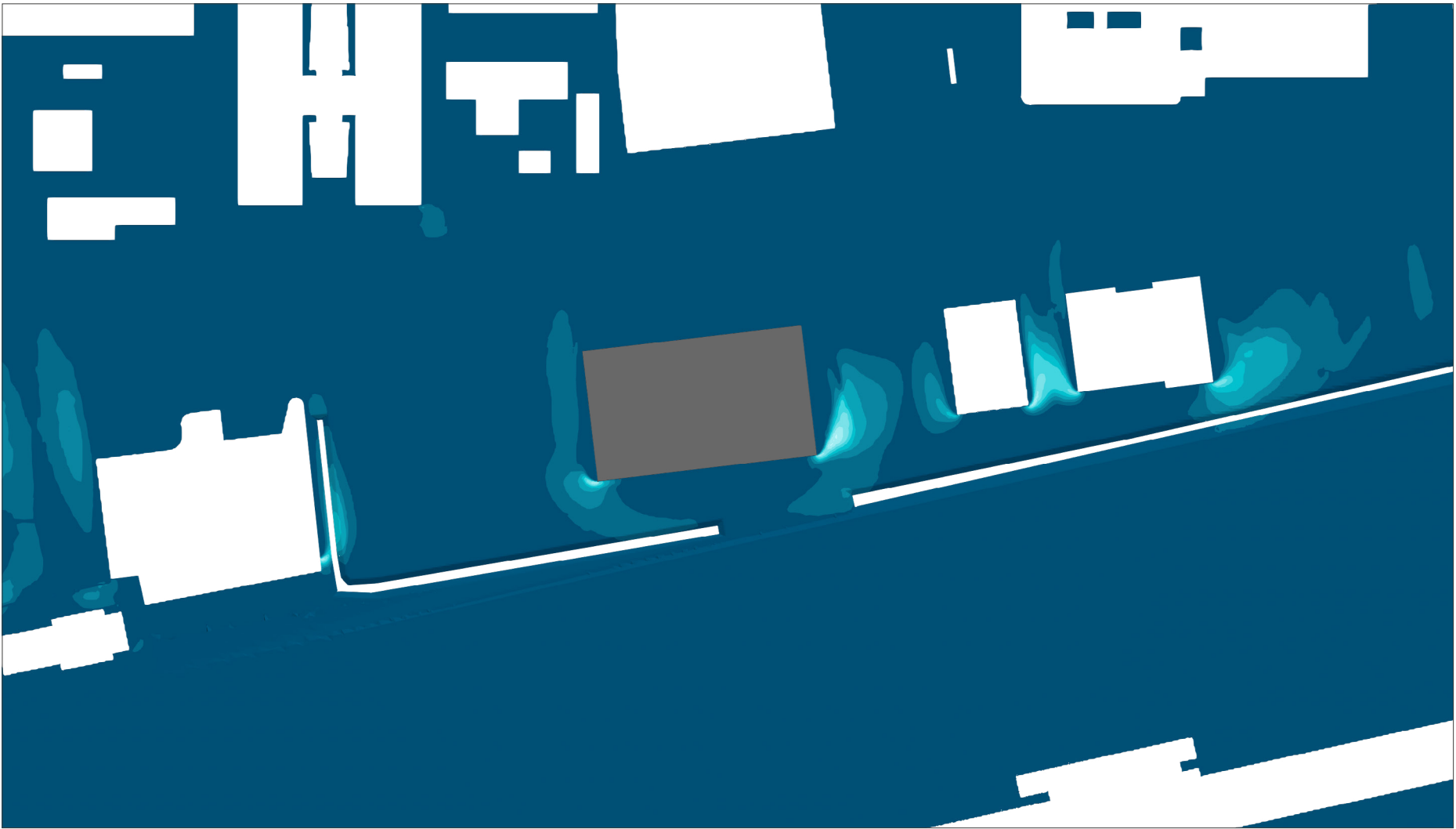
Windrichting:
180° Zuid



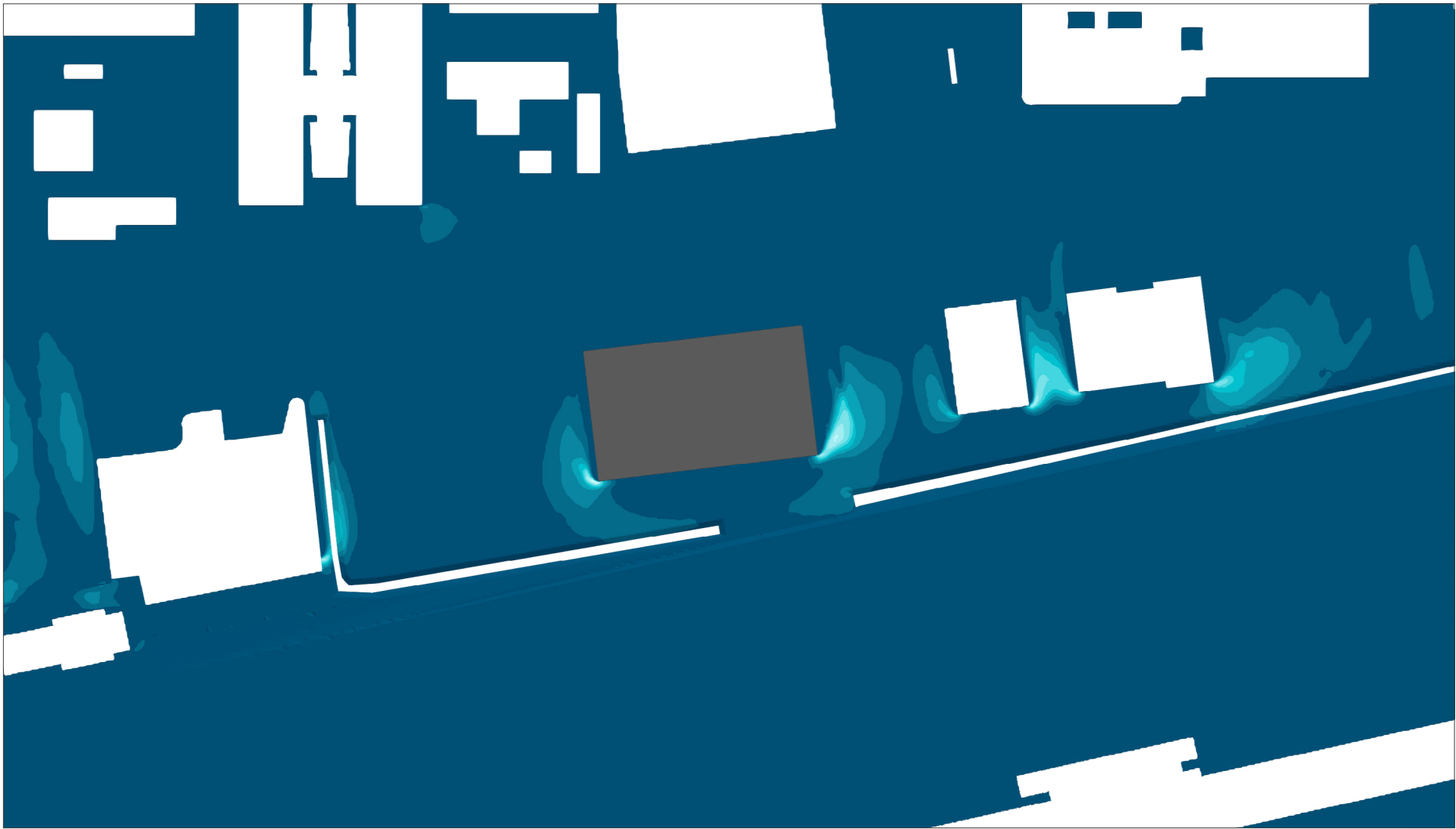
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Maximaal volume



Variant 1

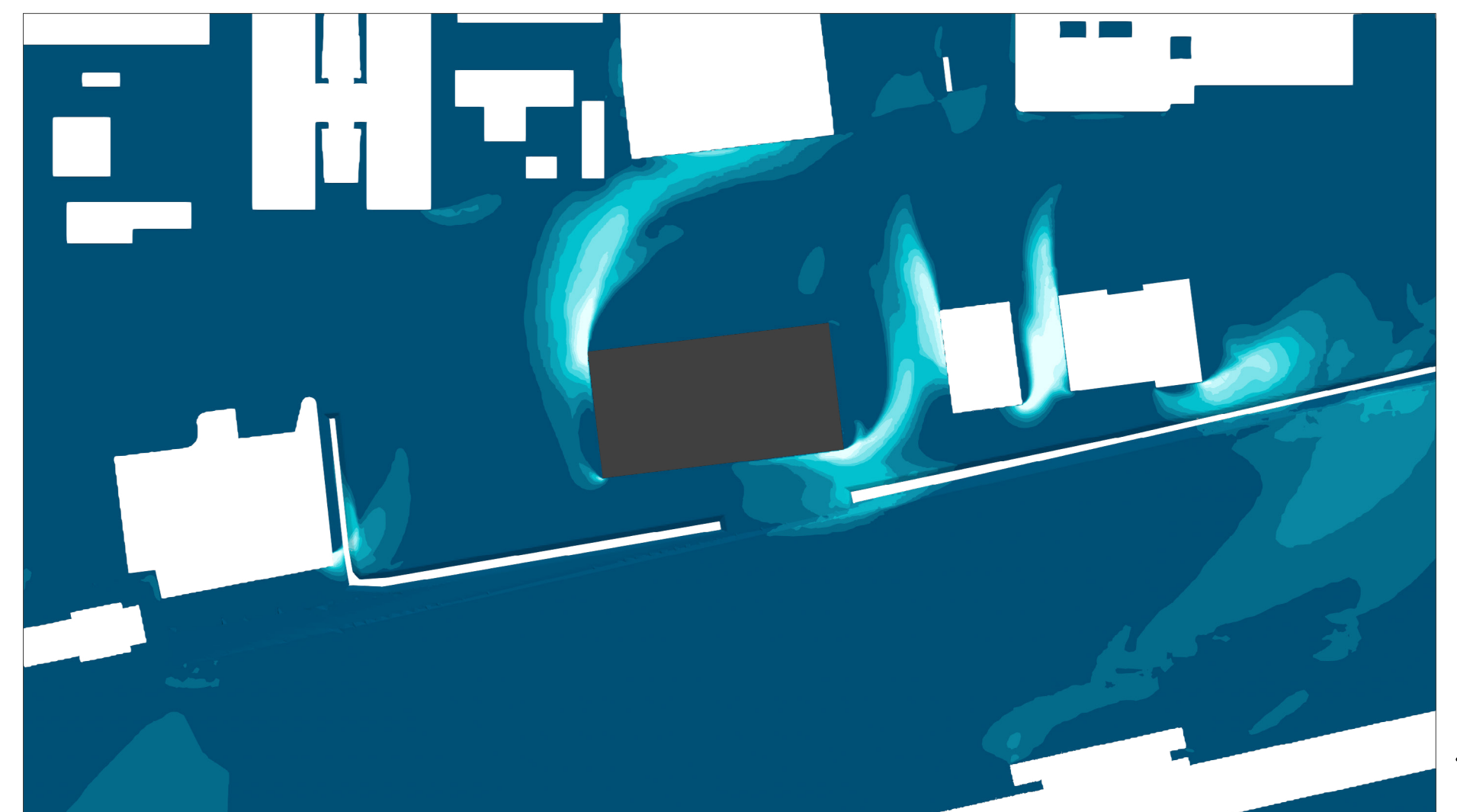
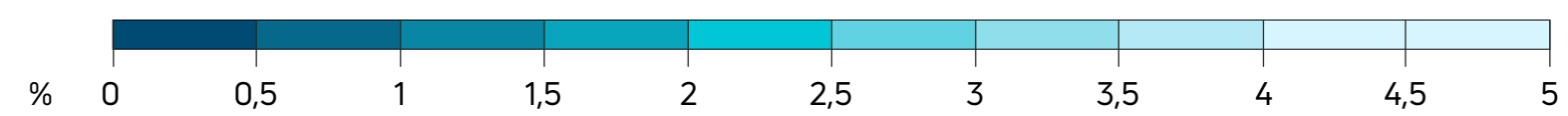


Variant 2

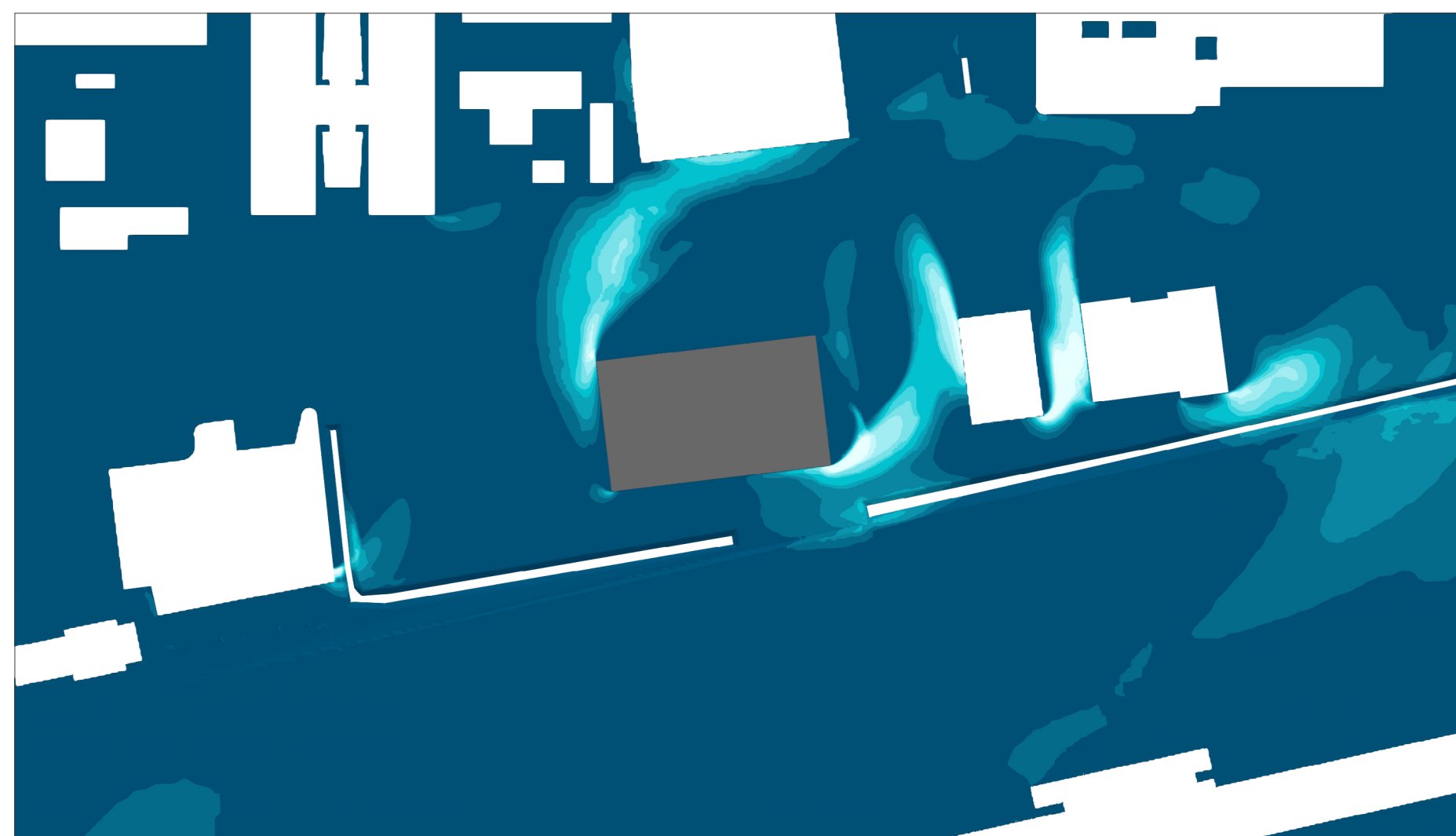
Windrichting:
210° Zuidzuidwest



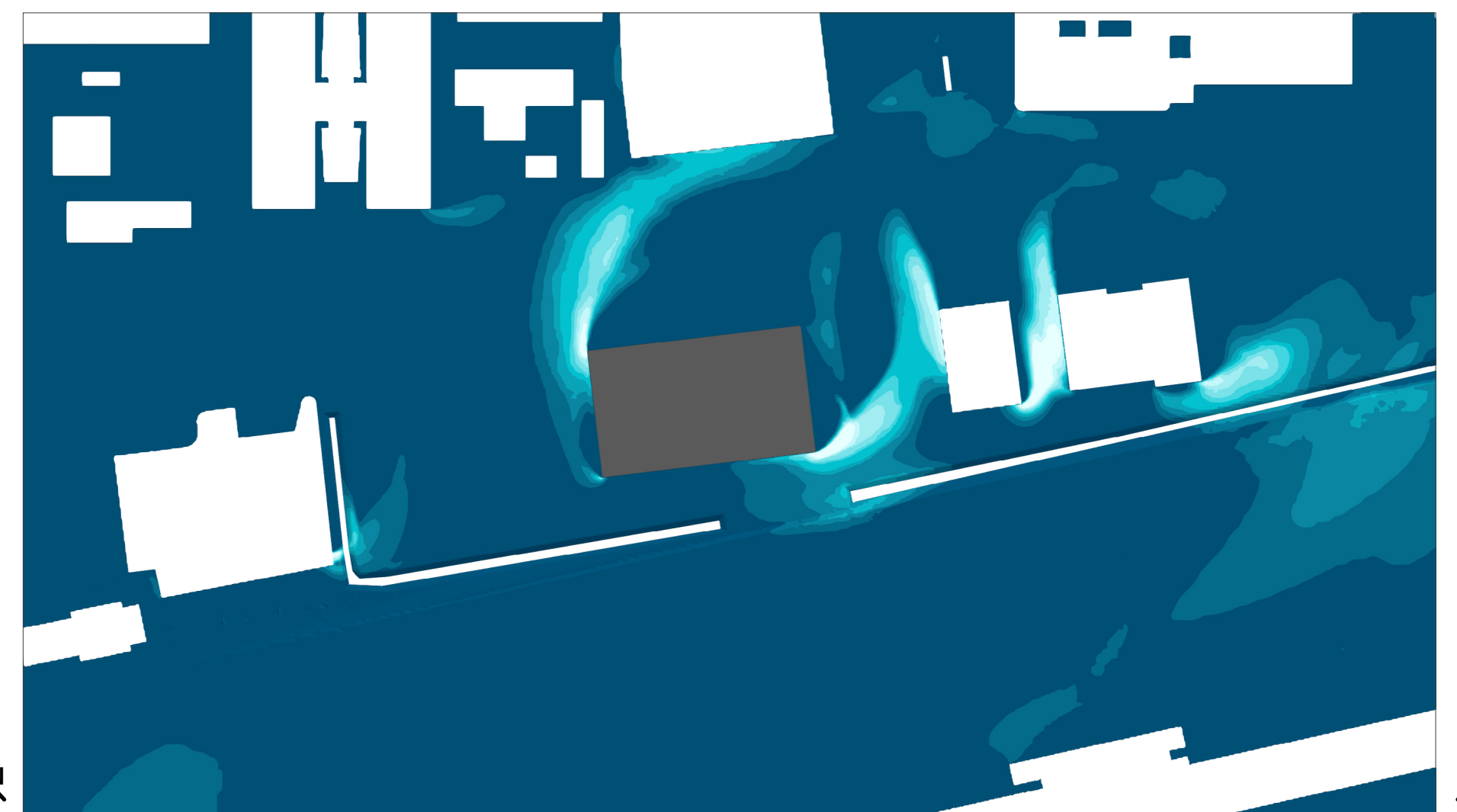
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Maximaal volume



Variant 1

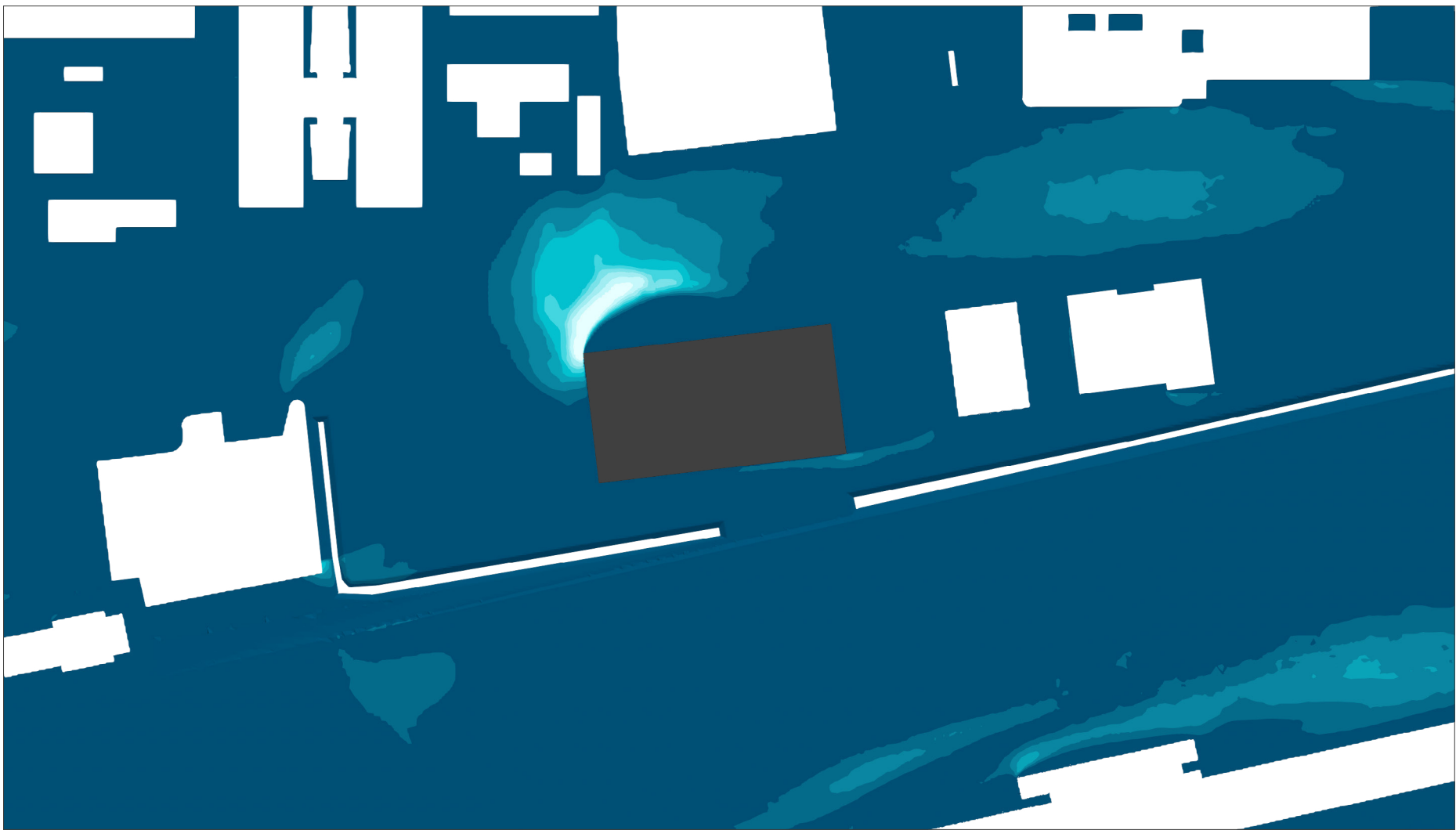
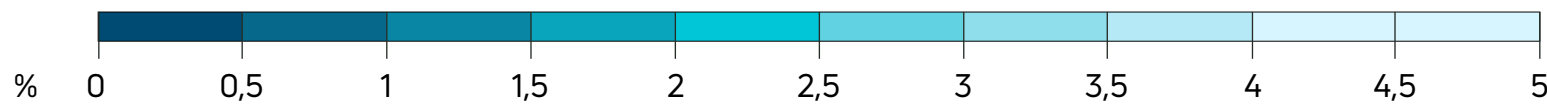


Variant 2

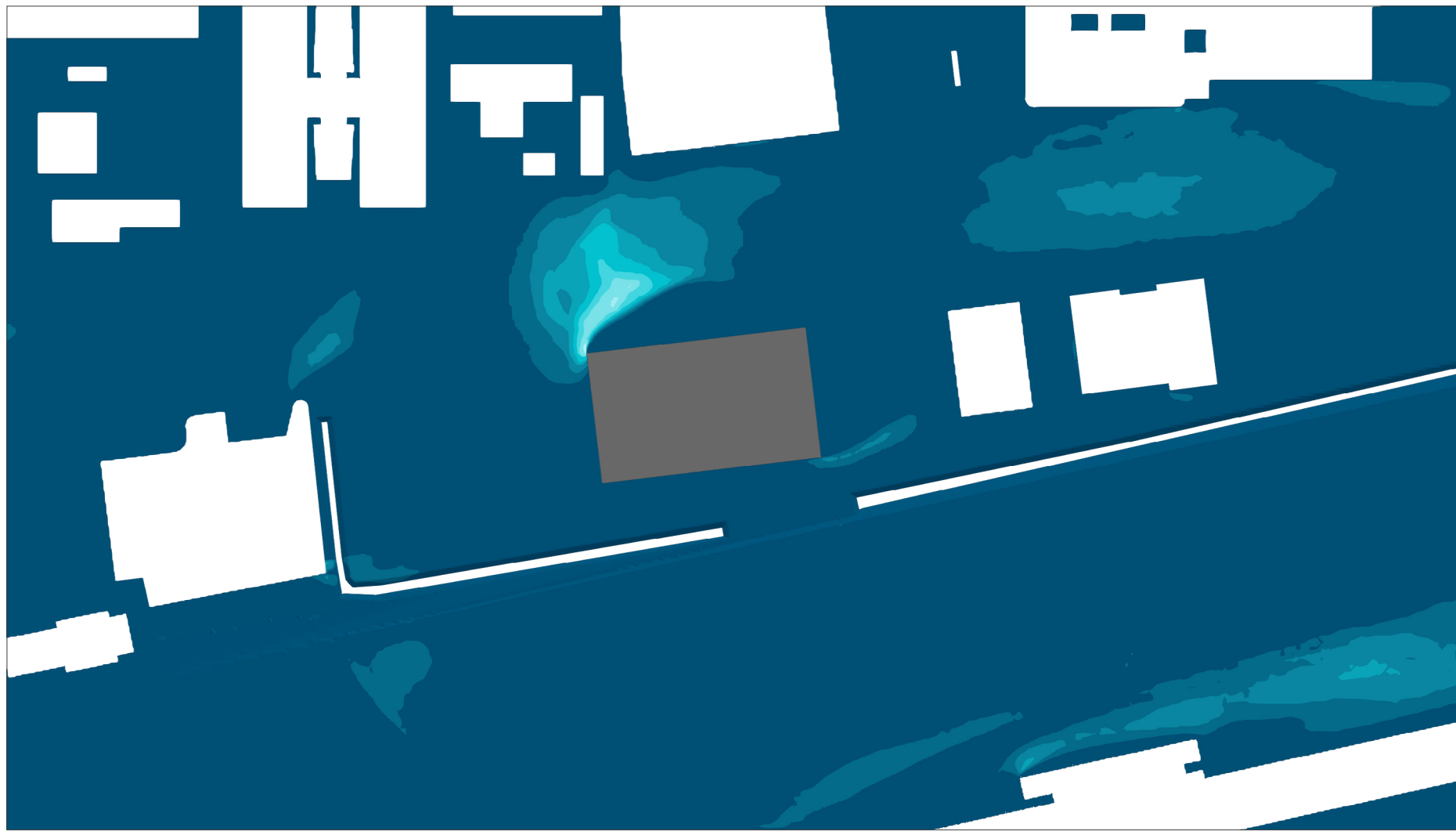
Windrichting:
240° Westzuidwest



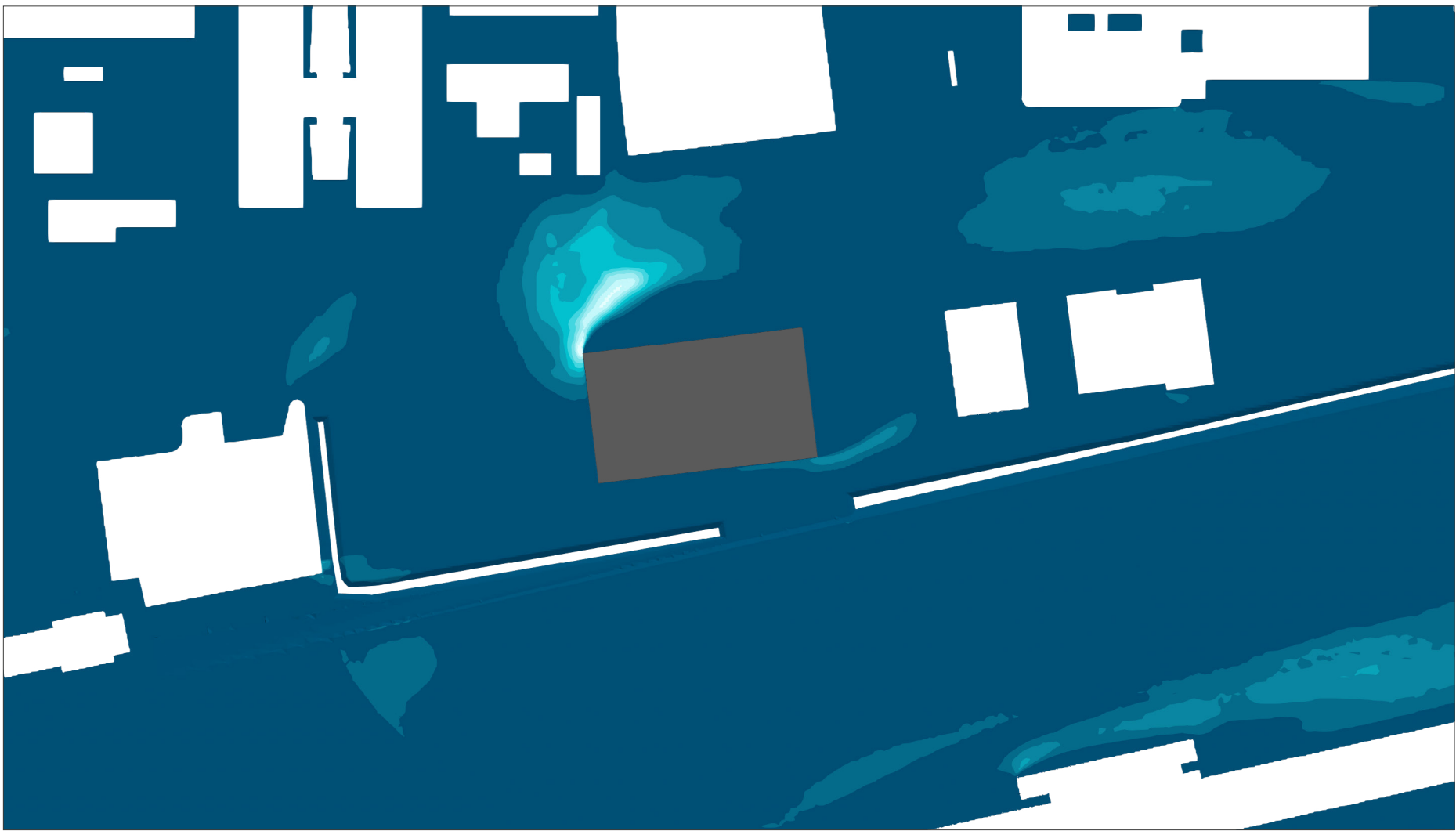
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Maximaal volume

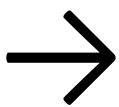


Variant 1

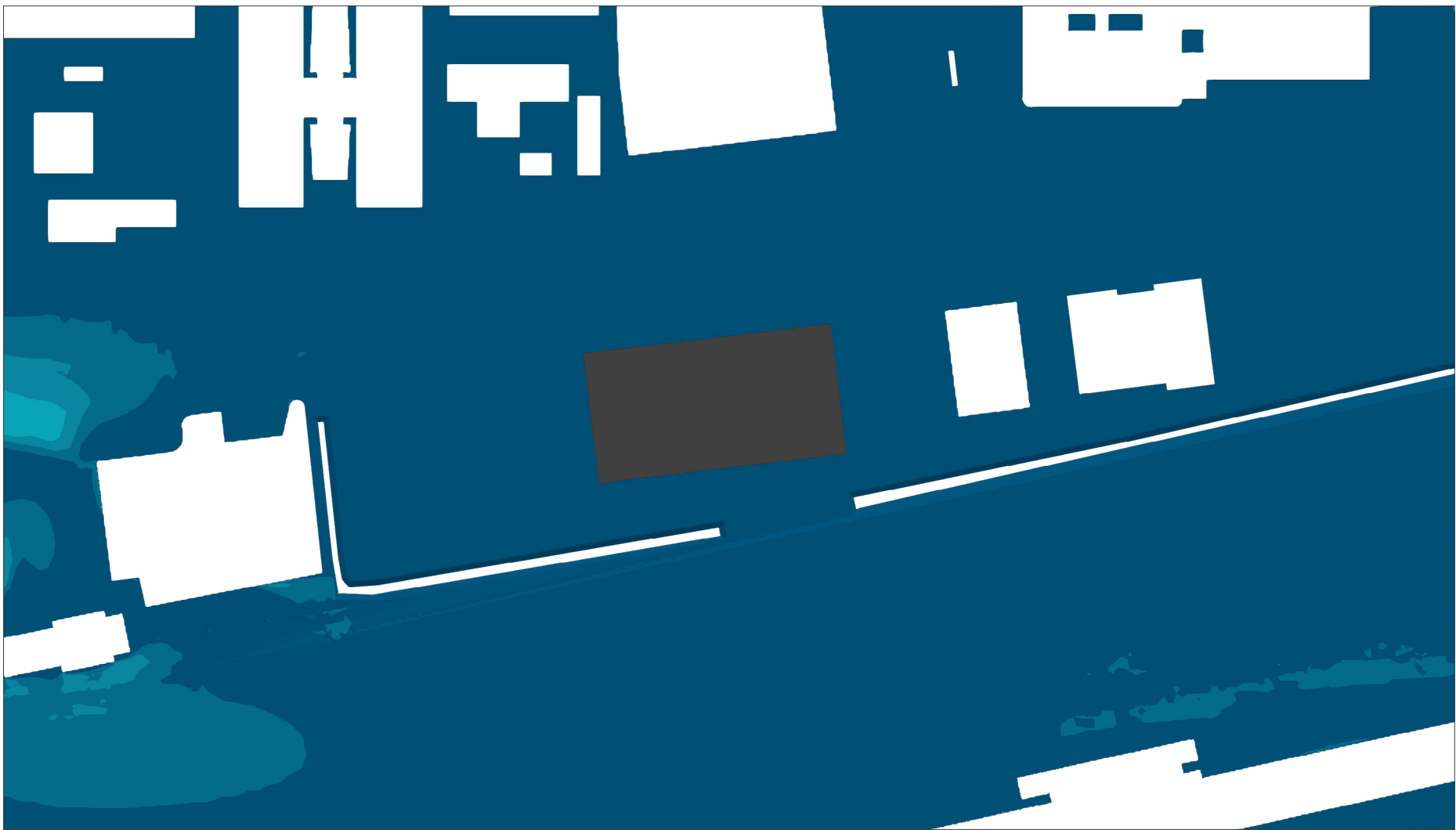
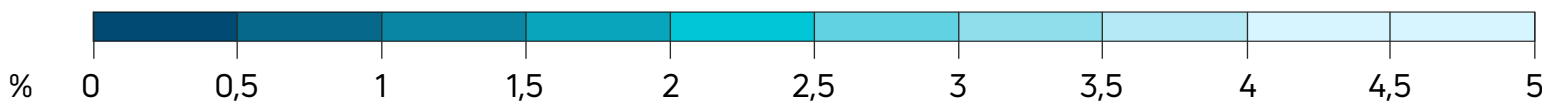


Variant 2

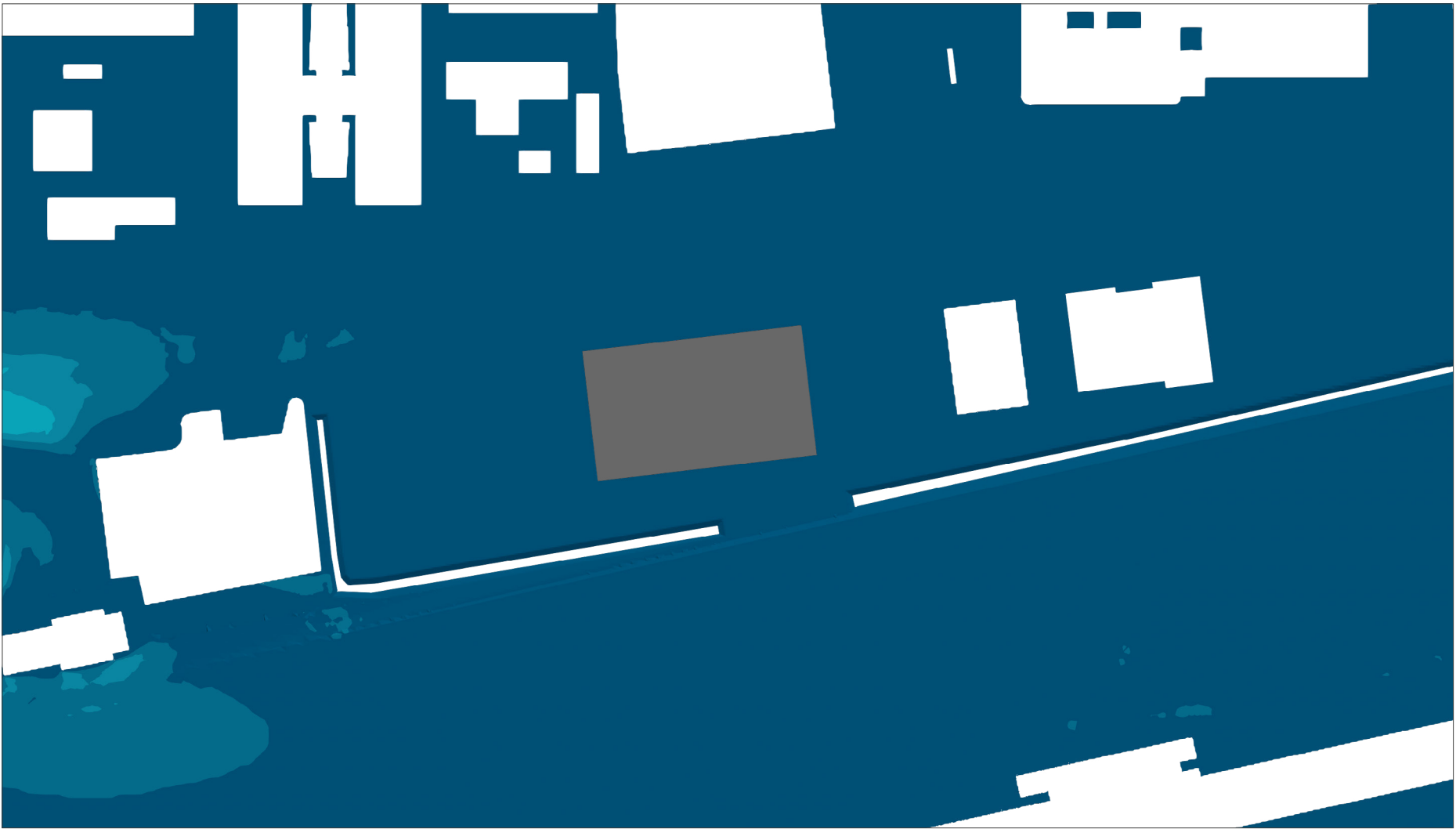
Windrichting:
270° West



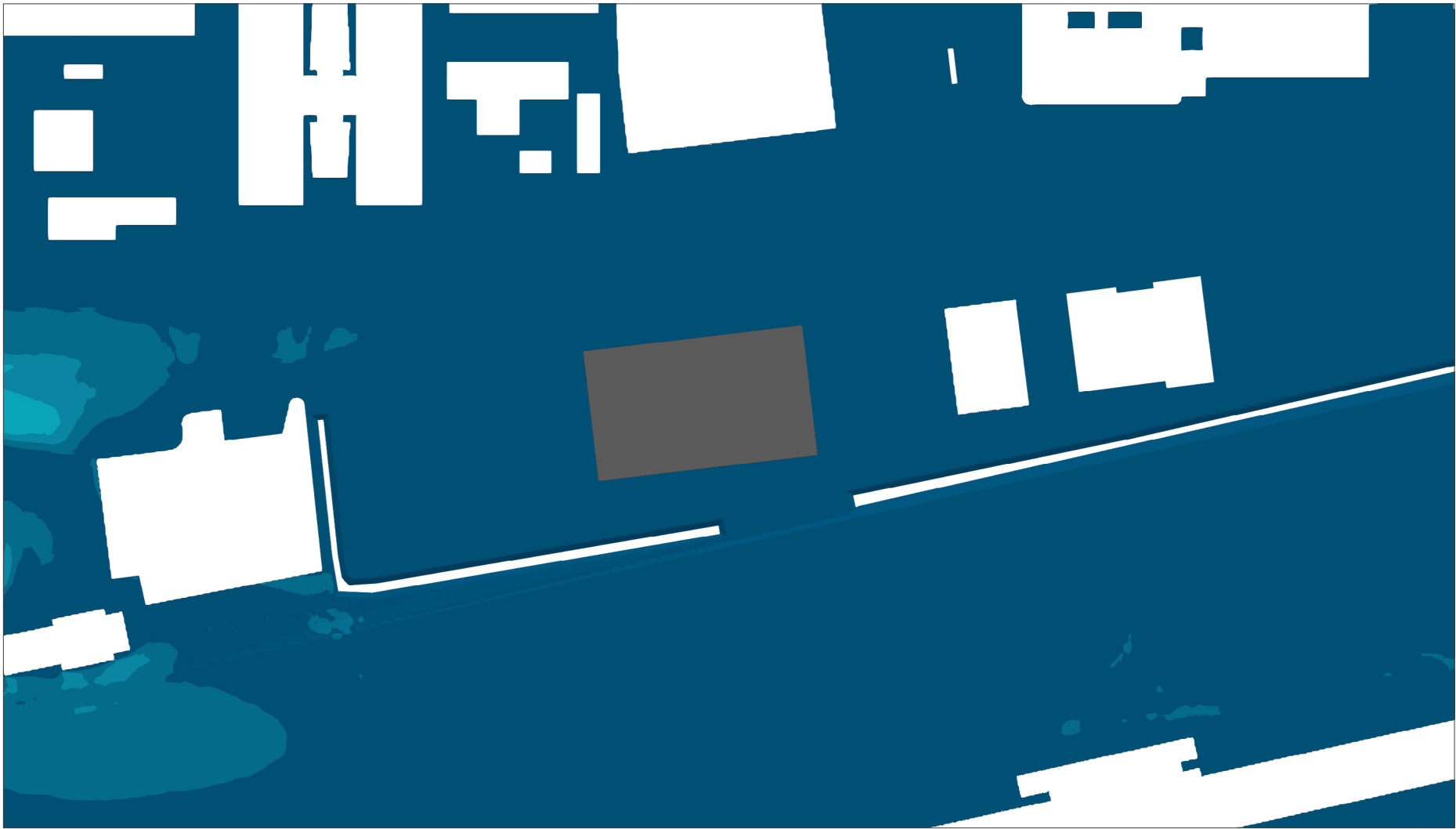
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Maximaal volume



Variant 1

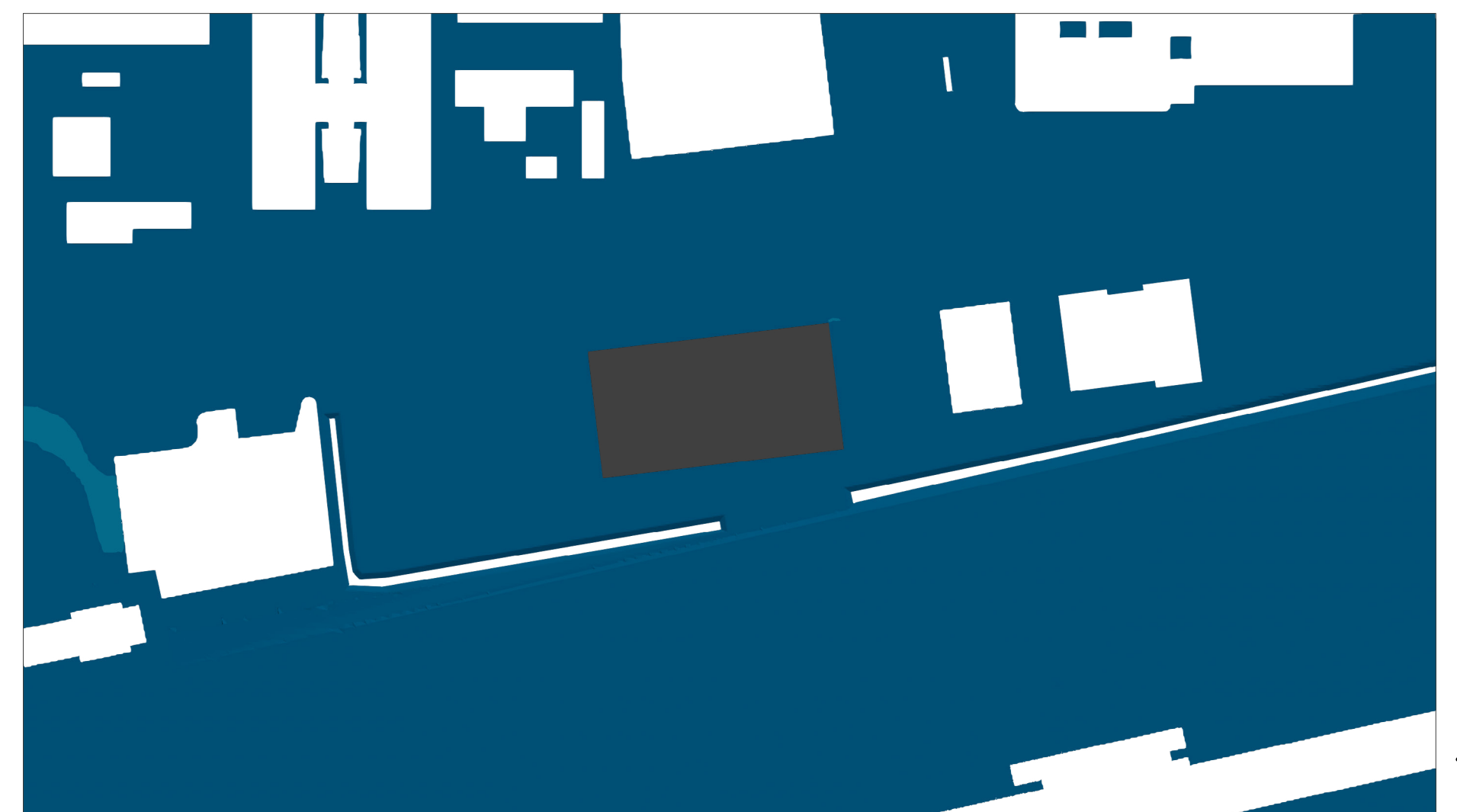
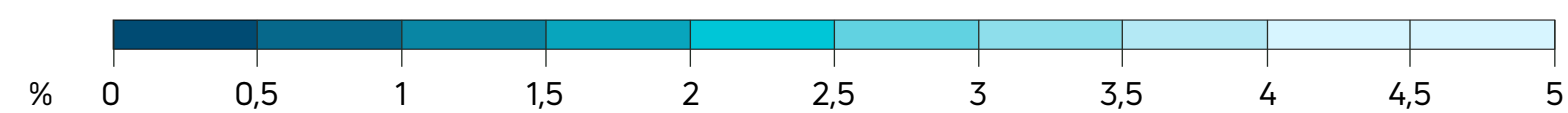


Variant 2

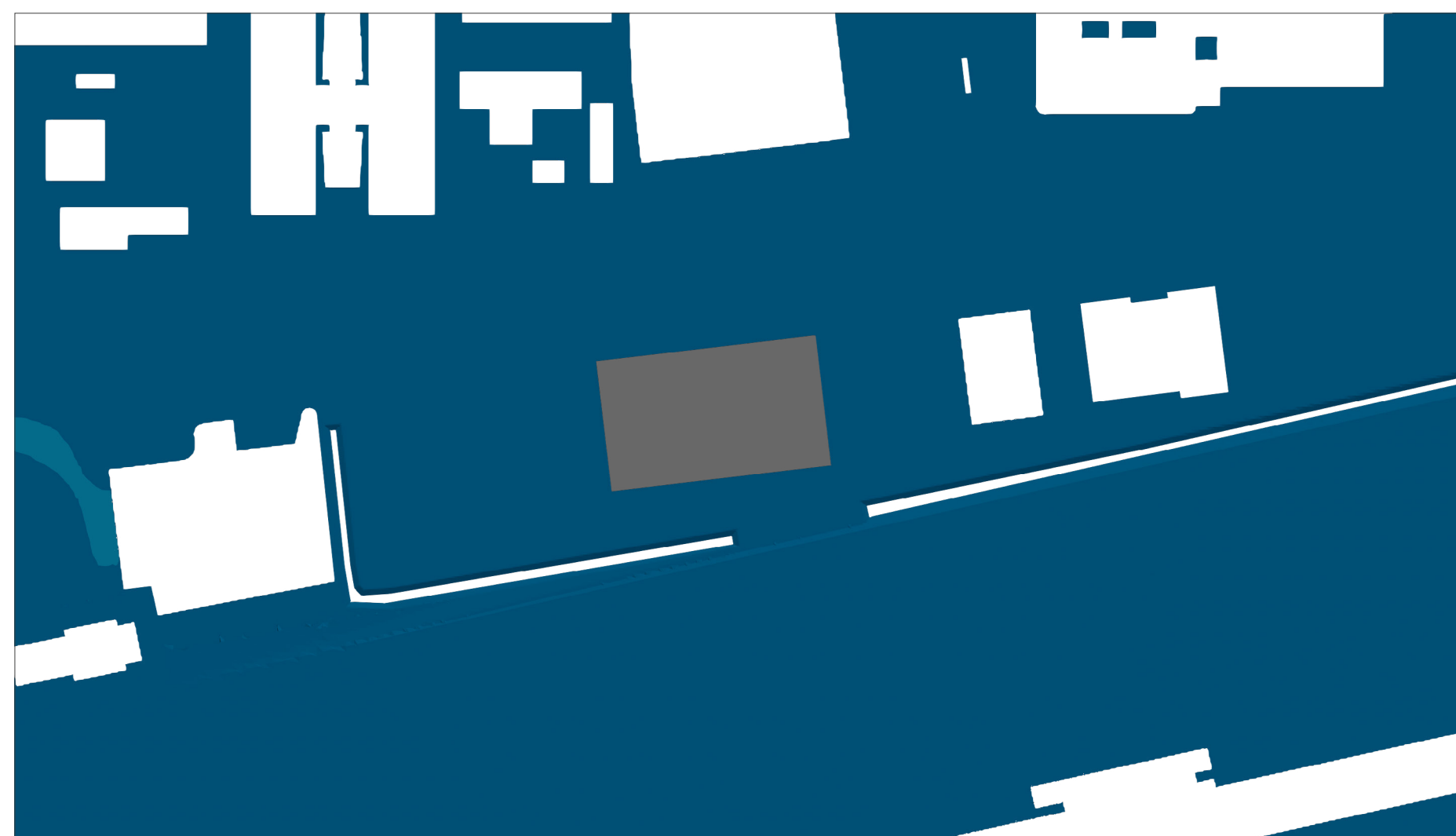
Windrichting:
300° Westnoordwest



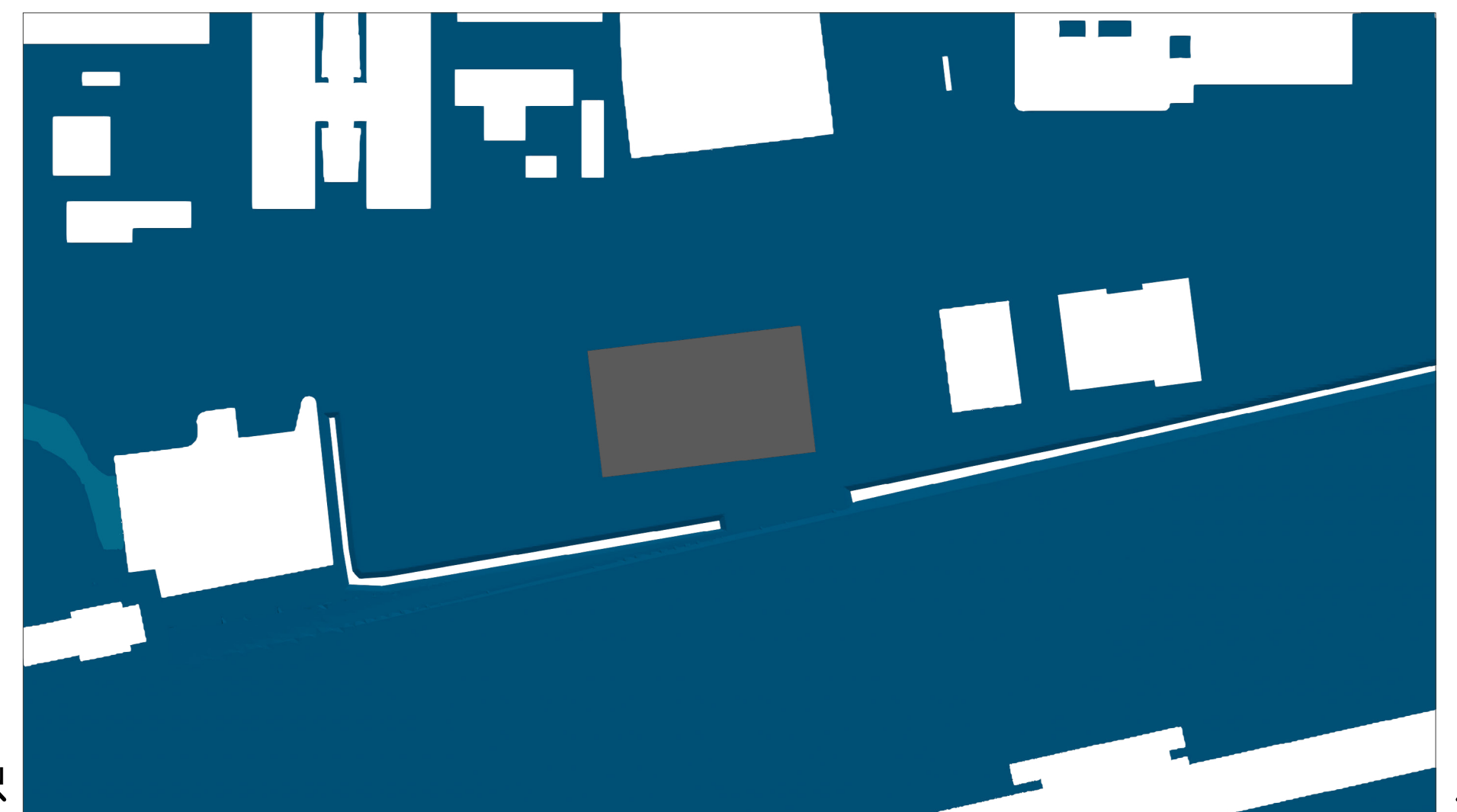
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Maximaal volume



Variant 1

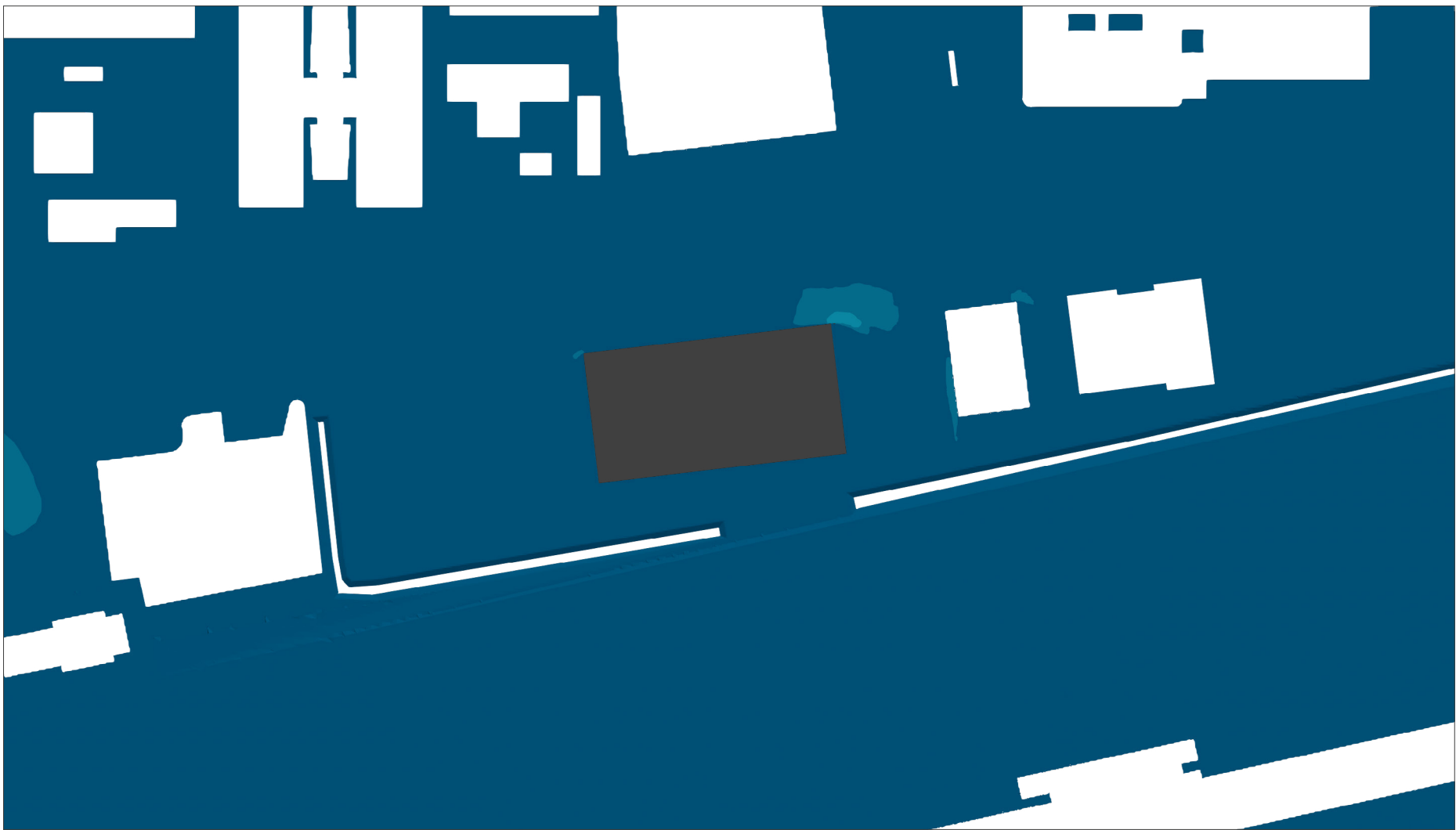
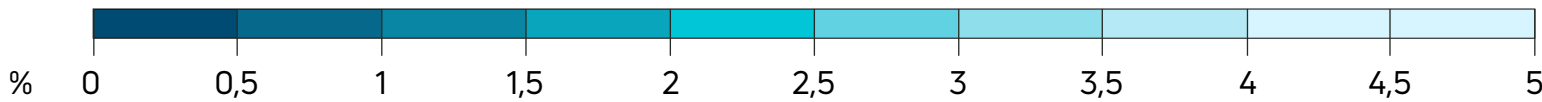


Variant 2

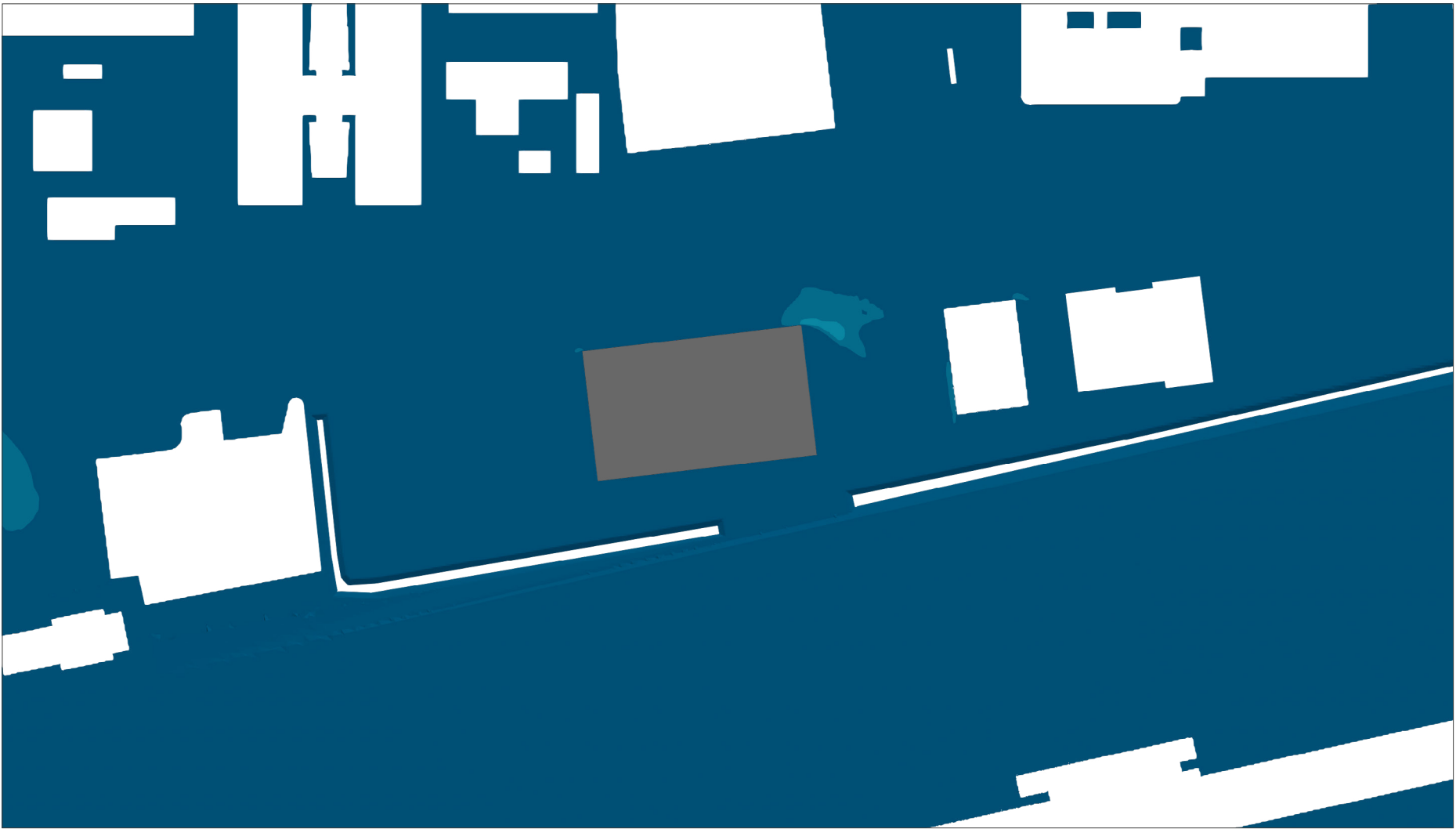
Windrichting:
330° Noordnoordwest



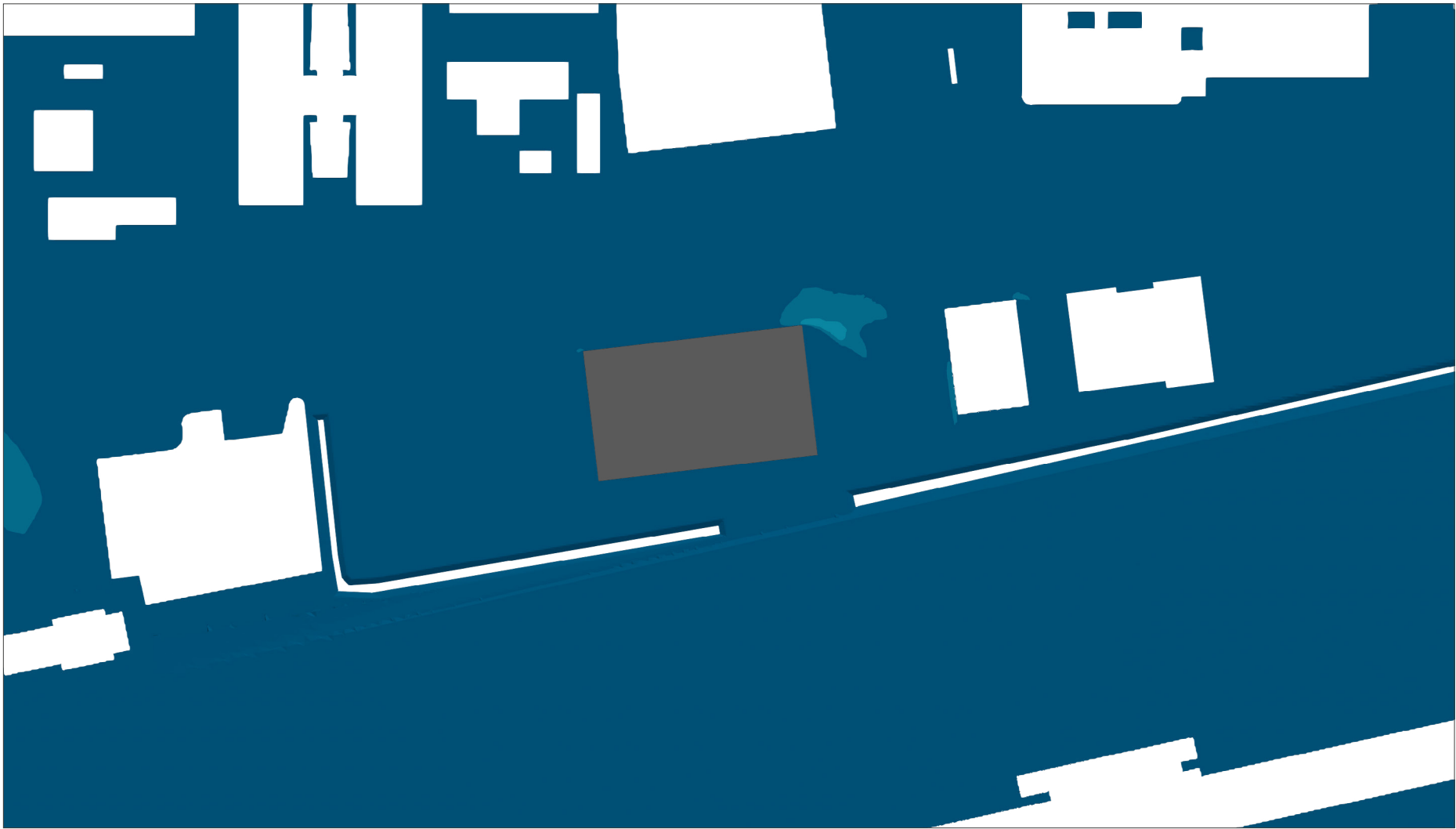
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Maximaal volume



Variant 1



Variant 2



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