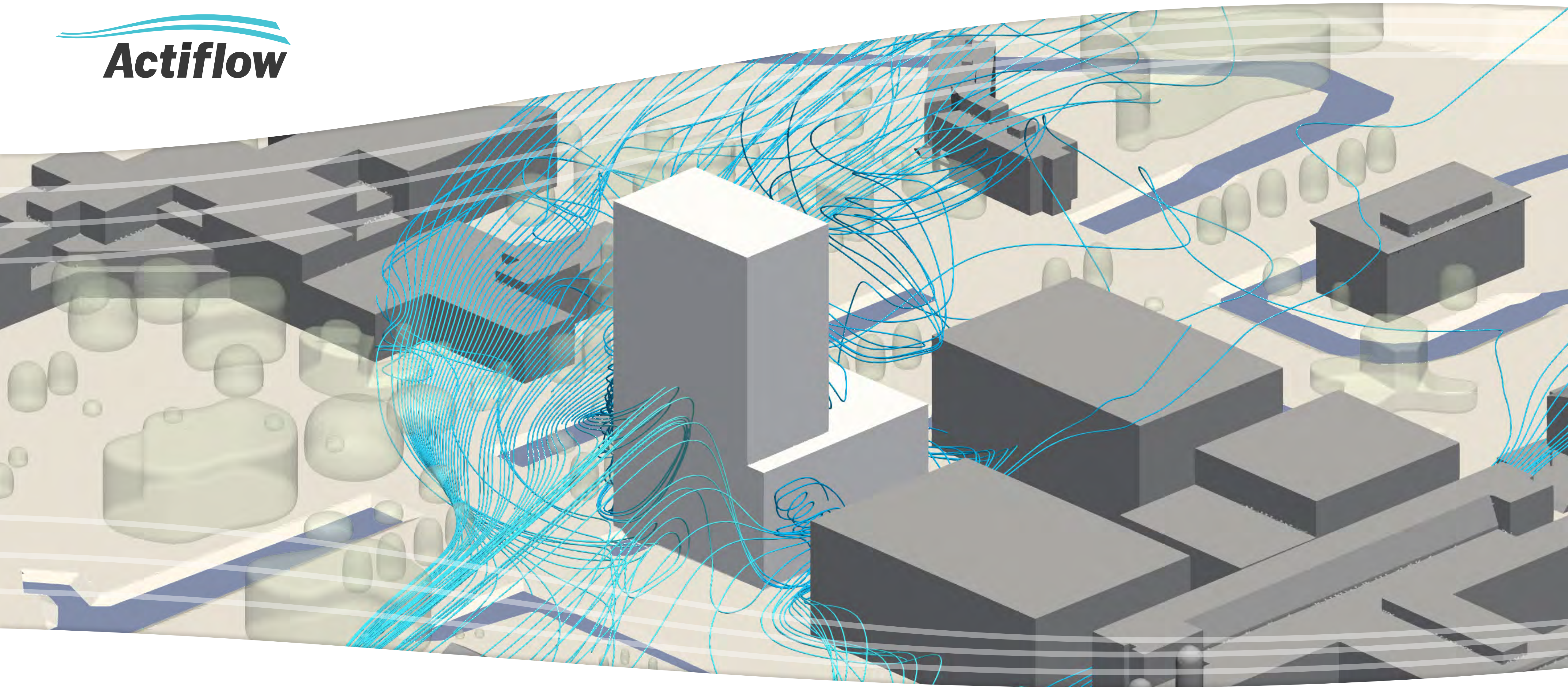
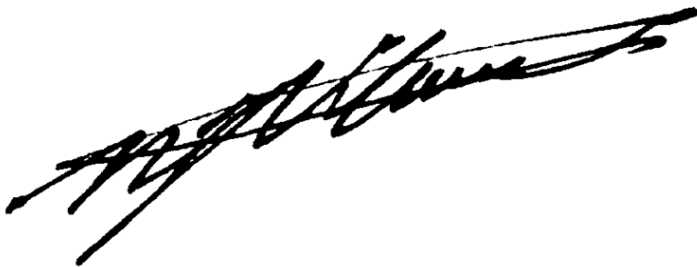




Science Park kavel 12A te Amsterdam

CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Science Park kavel 12A te Amsterdam
CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Opdrachtgever	Gemeente Amsterdam
Contactpersoon opdrachtgever	Tim Ruijs
Projectnummer	7461
Rapportversie	1.1
Status	Definitief
Datum	23 januari 2024
	©2024 Actiflow BV
Auteur(s)	ir. Nick Vlaun
	
Controleur	ir. Reinier Maas
	
Actiflow BV Tramsingel 1 4814 AB Breda +31 (0)76 5422 220 contact@actiflow.com www.actiflow.com	

Inhoudsopgave

1.	Introductie	4	A	Inlegvel NEN 8100:2006	27
2.	Normstelling	6	B	Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid	28
	2.1 Windhinder en windgevaar		C	Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld	29
	2.2 Classificatie en beoordeling van windhinder en windgevaar		D	Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen	35
3.	Opzet van de berekening	8			
	3.1 3D-Model en rekenrooster				
	3.2 Vegetatie				
	3.3 Methodiek				
	3.4 Software				
	3.5 Aannames en randvoorwaarden				
4.	Resultaten	11			
5.	Analyse en discussie	23			
	5.1 Stromingsfenomenen				
	5.2 Aanbevelingen				
6.	Conclusie	26			

1 Introductie

Voorliggende rapportage omschrijft een windonderzoek, uitgevoerd door **Actiflow** in opdracht van Gemeente Amsterdam. Dit windonderzoek is uitgevoerd voor de ontwikkeling van het project Science Park kavel 12A te Amsterdam.

De projectlocatie bevindt zich in het Amsterdam Science Park en is gelegen in het verlengde van de Kruislaan op de kavel naast LAB42 en Matrix One, zie figuur 1.1. De ontwikkeling omvat de realisatie van een woontoren met een bouwhoogte van maximaal 72 m. In dit onderzoek worden drie ontwerpvarianten beschouwd voor het toe te voegen bouwvolume, zie figuur 1.2 en 1.3.

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
(bron: Google Maps)



Figuur 1.2:
Impressie van
het model van de
toekomstige situatie
Zicht vanuit het zuiden

Figuur 1.3:
Impressie van
het model van de
toekomstige situatie

Zicht vanuit het zuiden



(a)
Toekomstige situatie variant 1



(b)
Toekomstige situatie variant 2



(c)
Toekomstige situatie variant 3

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)		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

3 Opzet van de berekening

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

3.1 3D-Model en rekenrooster

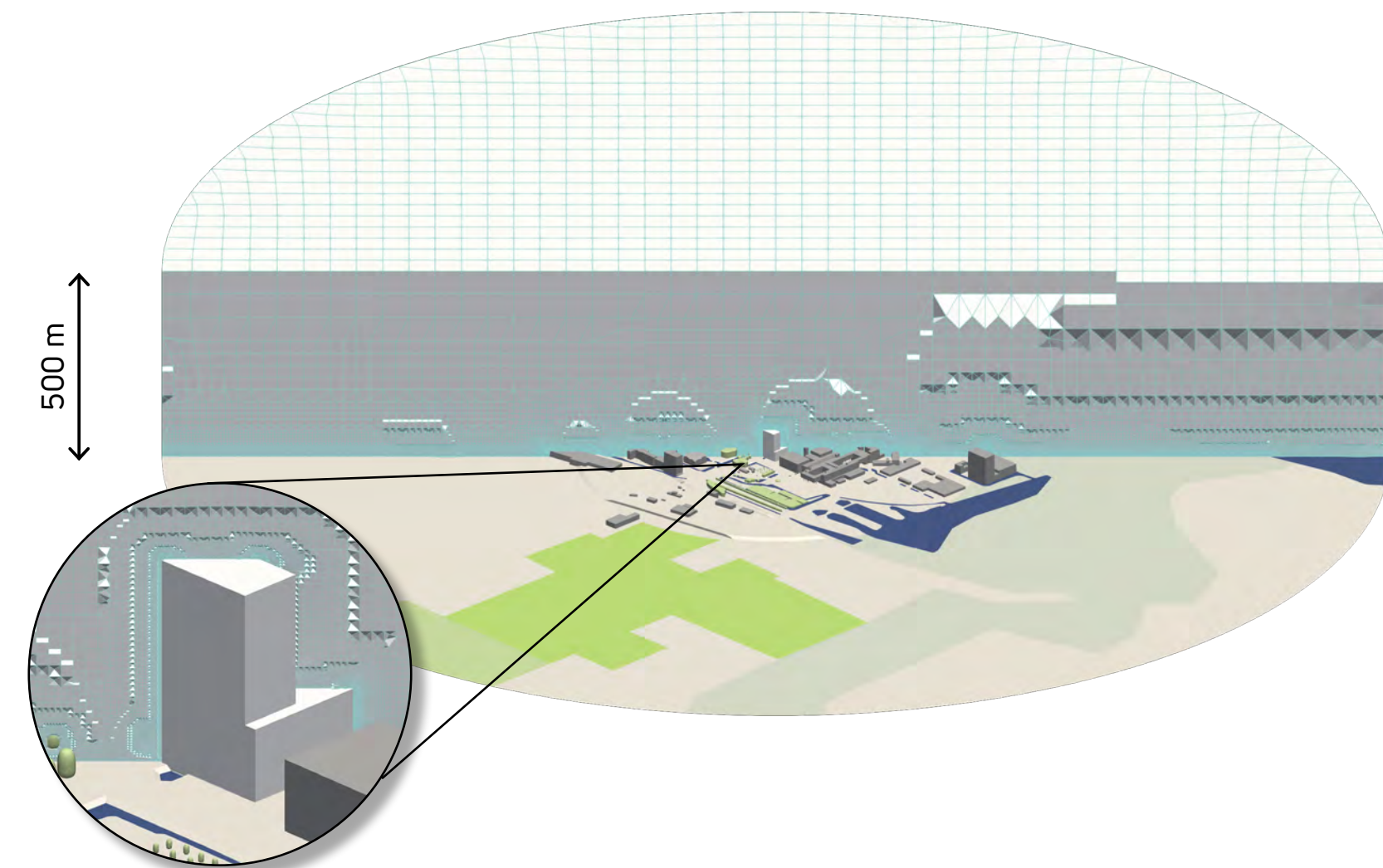
De geometrie van de modellen is gebaseerd op de verkregen tekeningen van de opdrachtgever. De modellen omvatten alle gebouwen binnen een straal van minimaal 500 m. Dit betreffen drie modelvarianten van de toekomstige situatie na toevoeging van de nieuwbouw in figuur 1.2, 1.3 en 3.1.

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 rekenrooster bestaat voor de modelvarianten van de toekomstige situatie uit 26.328.060 cellen (var. 1), 26.292.804 cellen (var. 2) en 26.380.573 cellen (var. 3). Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vijf lagen met anisotrope verfijning geplaatst. Hierbij is de resolutie hoger loodrecht op de betreffende wand. Deze lagen zorgen voor een betere berekening van de snelheidsgradiënt in de (atmosferische) grenslaag.



Figuur 3.1:
Impressie van het
model
Zicht vanuit het zuiden



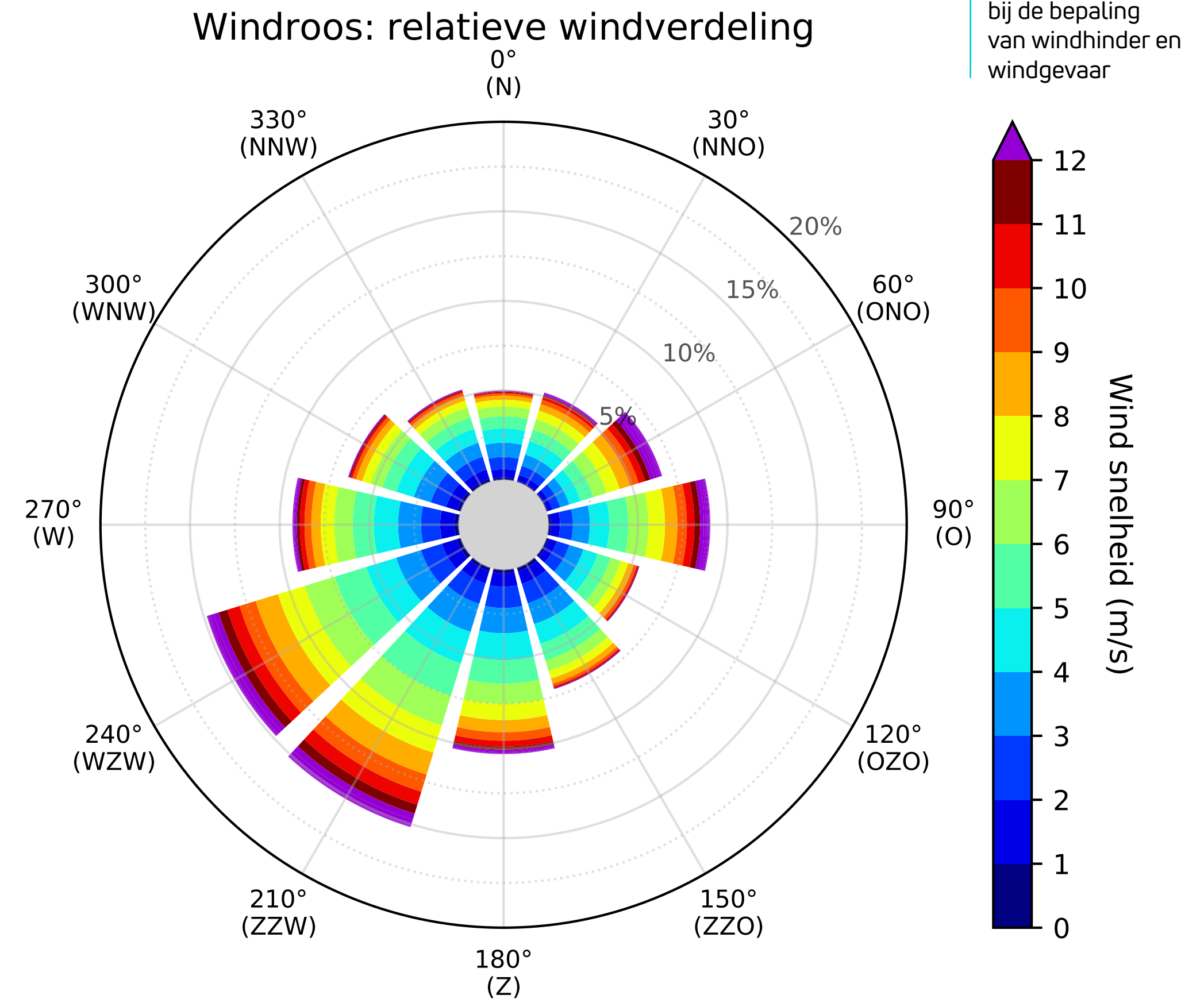
Figuur 3.2:
Doorsnede van het
rekenrooster
Zicht vanuit het zuiden

3.2 Vegetatie

Vegetatie heeft een relevante invloed op het windklimaat en is daarom rondom het plangebied opgenomen. Deze invloed verandert echter in de loop van het jaar, afhankelijk van het seizoen en het type vegetatie. Tegelijkertijd verschillen ook de windomstandigheden in de loop van het jaar. Op dit moment zijn windstatistieken niet voor elke maand of seizoen apart beschikbaar. Om een zo realistisch mogelijk beeld van het windklimaat te krijgen is daarom een vereenvoudiging nodig. In het bijzonder worden twee verschillende simulatiesets uitgevoerd voor het hele jaar: één met bladdragende vegetatie (vegetatietoestand in de zomer) en één met bladloze vegetatie (vegetatietoestand in de winter). Het gemiddelde tussen de twee resultaten wordt vervolgens berekend om een overzicht te krijgen van het windklimaat over het hele jaar. De jaargemiddelde resultaten worden gerapporteerd en besproken in hoofdstuk 4 conform NEN 8100:2006, terwijl de afzonderlijke resultaten voor het geval met bladdragende vegetatie en bladloze vegetatie worden gerapporteerd in bijlage C.

3.3 Methodiek

Om inzicht te krijgen in het windklimaat is de gehele windroos 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 B.



3.4 Software

De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van OpenFOAM v2306, 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).

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

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

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

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

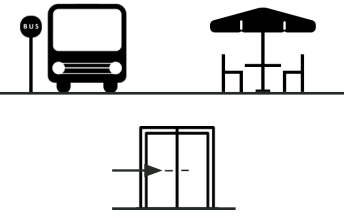
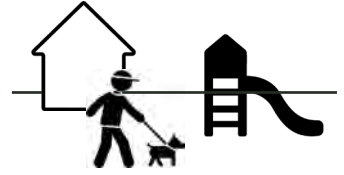
4 Resultaten

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.

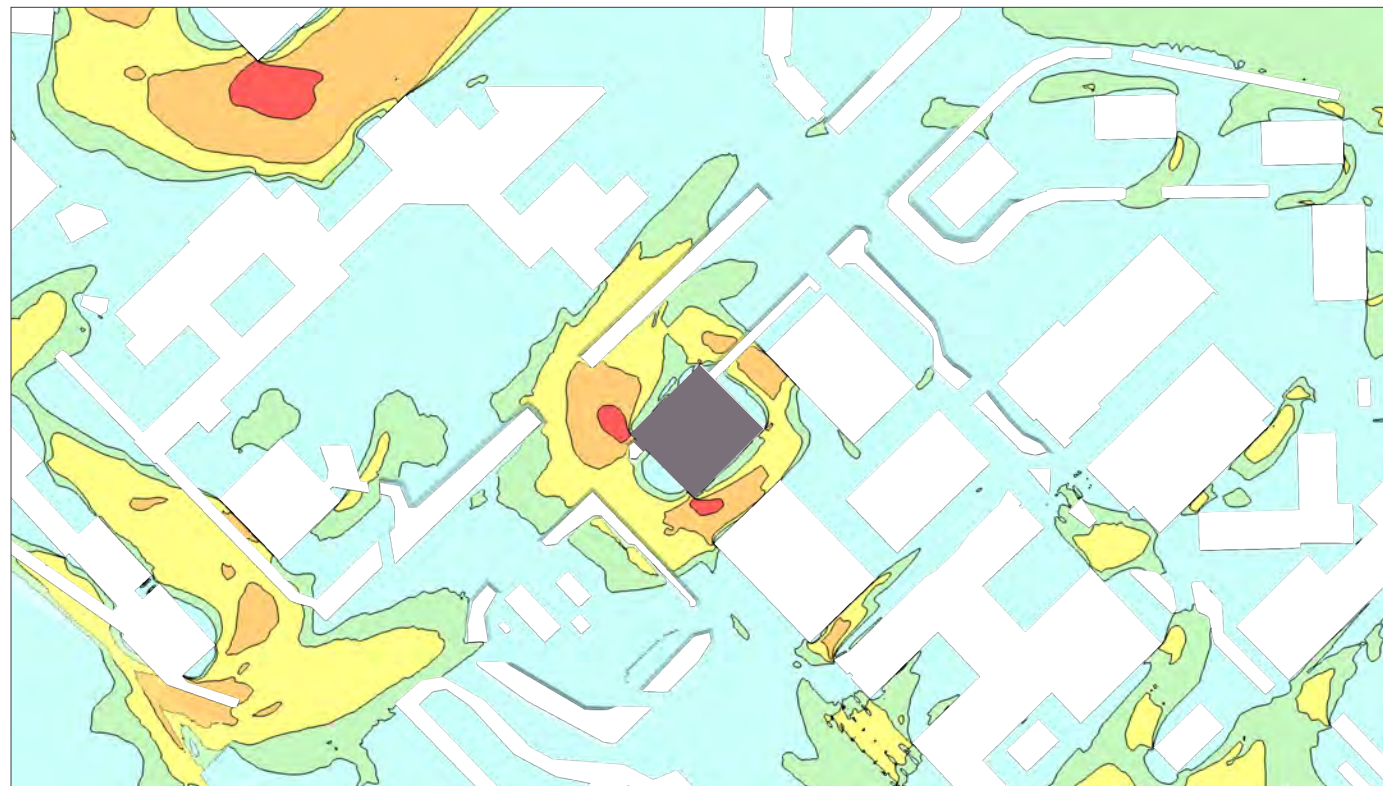
Figuren 4.1 t/m 4.6c tonen de resultaten van de openbare buitenruimte. In figuur 4.3, 4.4 en 4.5 worden per ontwerpvariant de resultaten getoond voor de diverse activiteiten die benoemd worden in NEN 8100:2006. In deze figuren tonen sub a en b de jaargemiddelde resultaten voor de activiteiten doorlopen en slenteren. Sub c toont het resultaat voor de activiteit langdurig zitten. Deze activiteit vindt, in tegenstelling tot de andere activiteiten, typisch plaats tijdens dagen die een aangename 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 per activiteit wordt tabel 4.1 aangehouden.

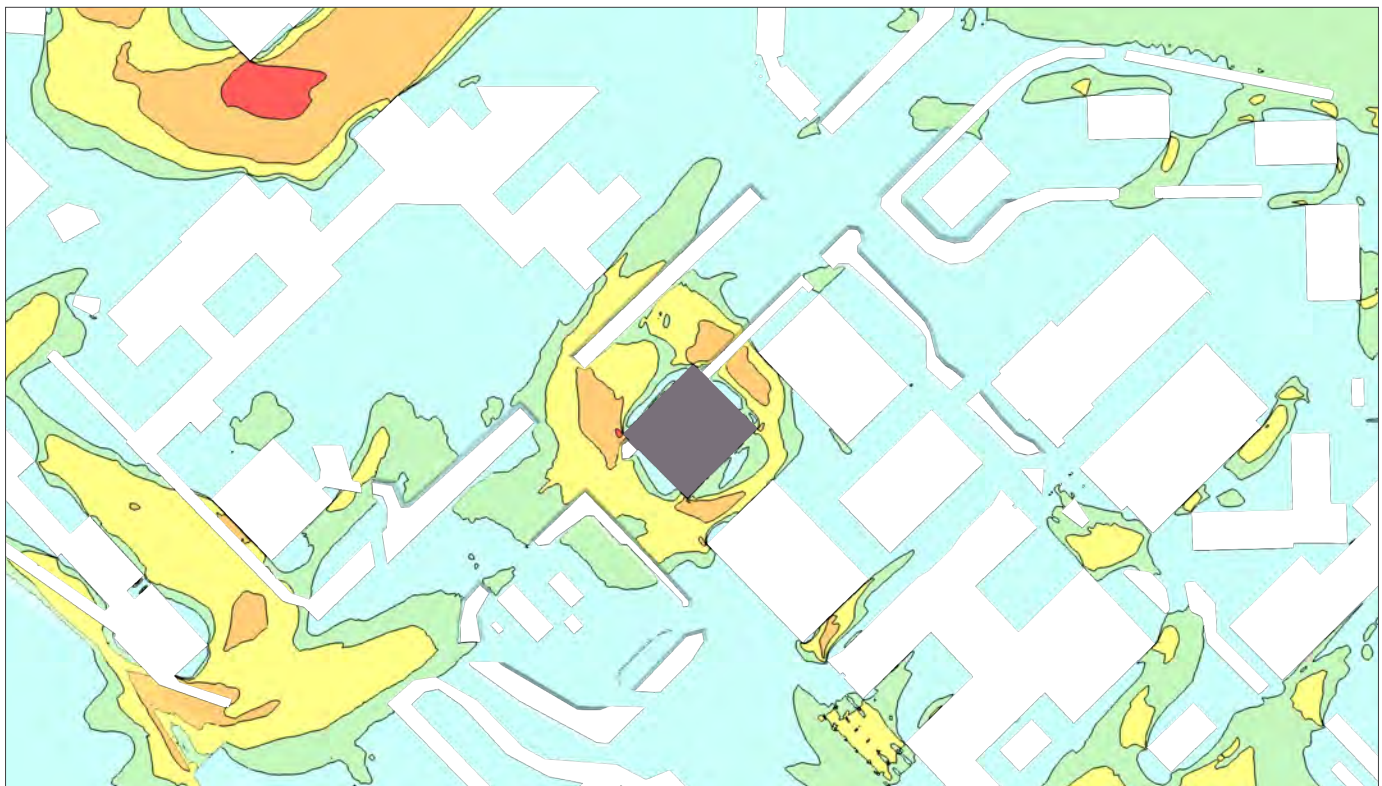
Tabel 4.1: Richtwaarden van de windhinderklassen per activiteit

		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				

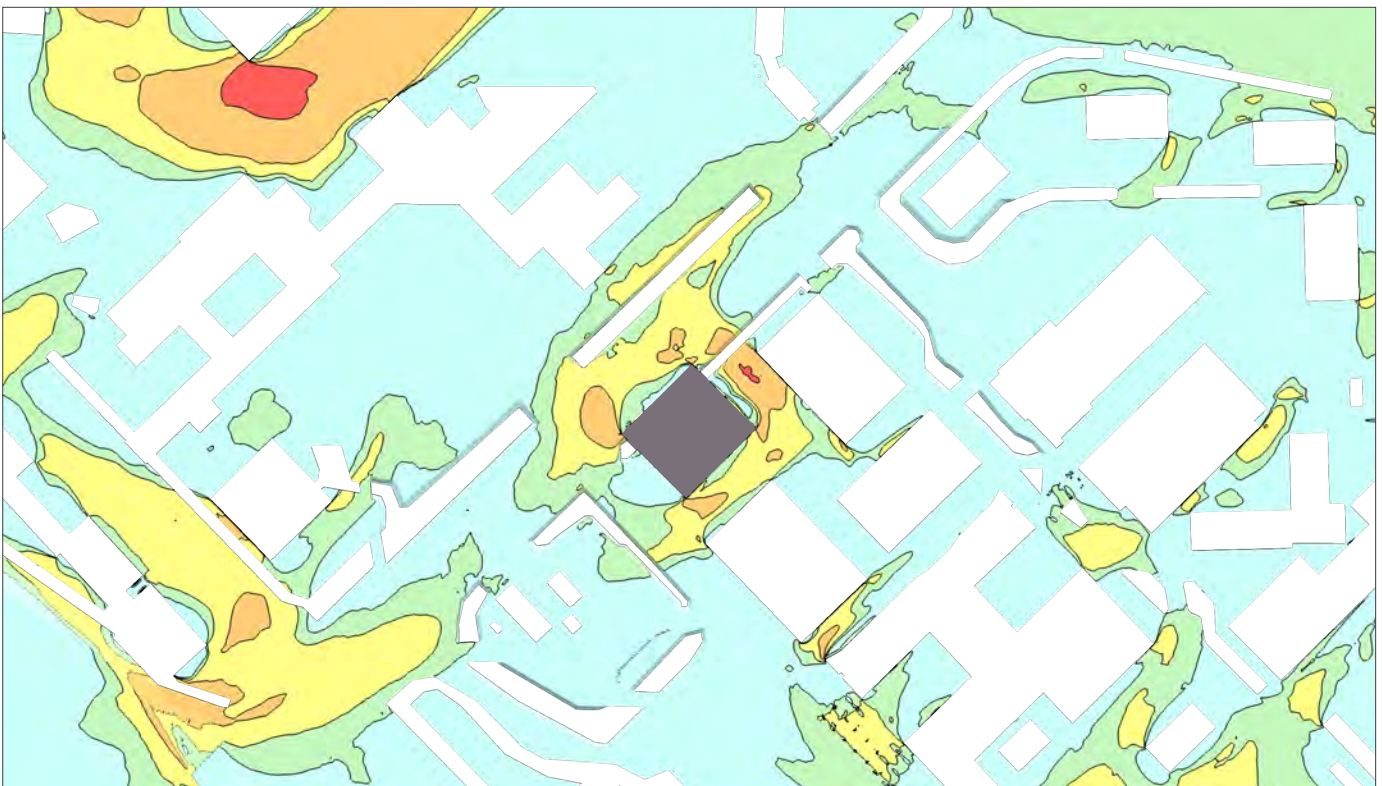
Figuur 4.1:
Windhinder op
voetgangersniveau
vergelijking
ontwerpvarianten



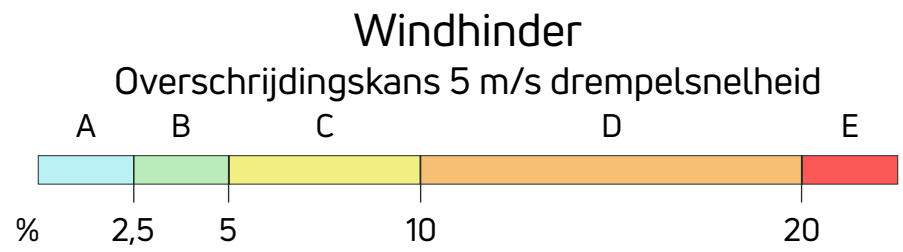
(a)
Toekomstige situatie variant 1



(b)
Toekomstige situatie variant 2



(c)
Toekomstige situatie variant 3



Uit de resultaten blijkt dat, als gevolg van de realisatie van de nieuwbouw, een windrijk klimaat zal optreden rondom de projectkavel. De optredende condities rondom de nieuwbouw worden gekenmerkt door windhinderklassen A t/m D (matig geschikt voor de activiteit doorlopen), zie figuur 4.1.

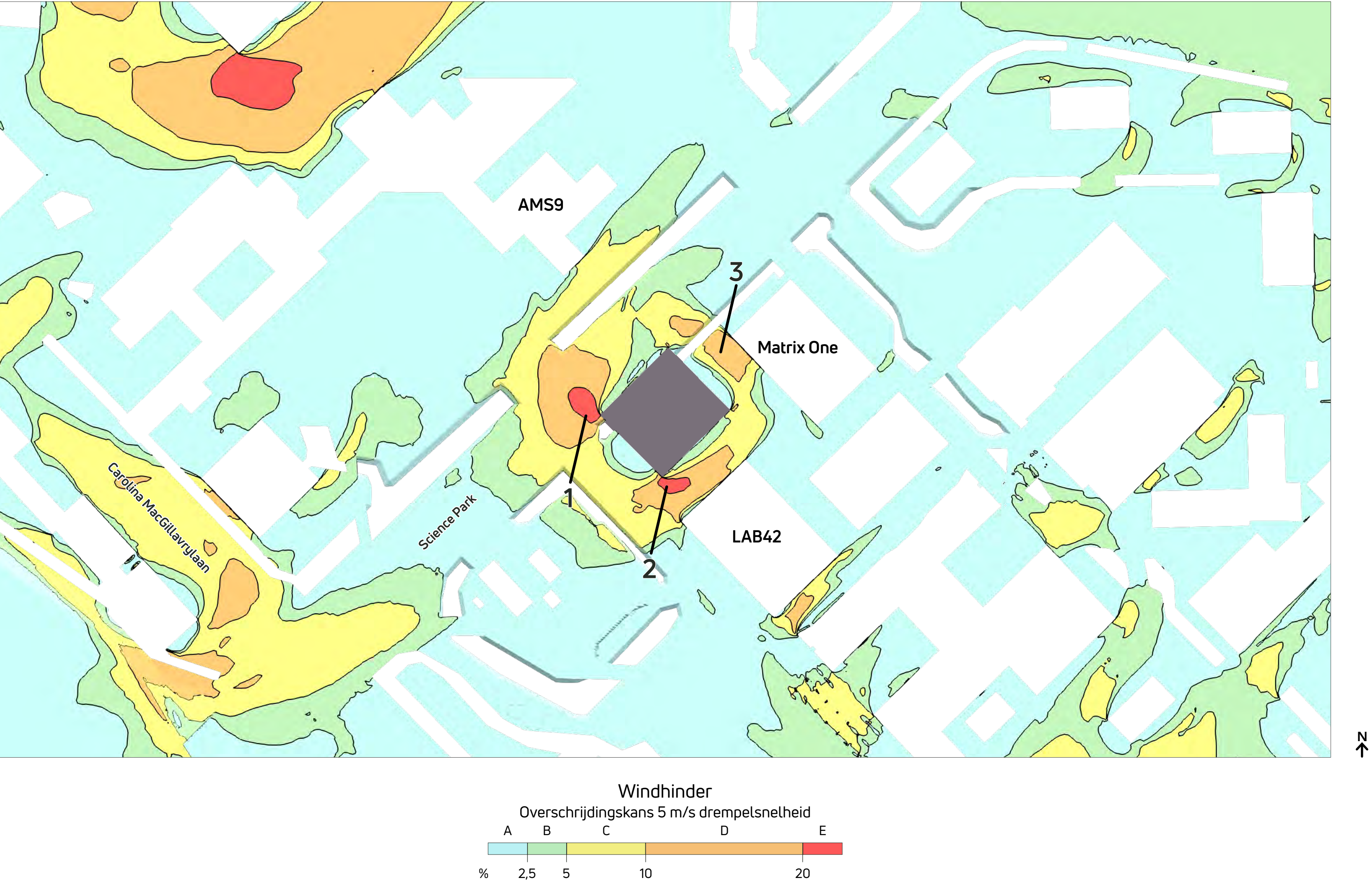
In alle varianten treden op maximaal twee posities naast de nieuwbouw condities op die worden geclassificeerd in de meeste windrijke windhinderklasse E. De exacte positie en omvang van deze zones is afhankelijk van de ontwerpconfiguratie. Aan de westelijke hoek van de nieuwbouw (figuur 4.2, locatie 1) zal bij alle varianten windhinderklasse E optreden. De omvang van de zone met deze meest windrijke condities is aanzienlijk groter voor variant 1 dan voor de overige varianten 2 en 3. In variant 1 is het hoogbouwvolume gepositioneerd aan de zuidwestgevel en heeft deze een (ongunstige) oriëntatie dwars op de dominante windrichtingen. Dit zorgt tevens voor het optreden van windhinderklasse E bij de zuidelijke hoek van de nieuwbouw (figuur 4.2, locatie 2). De omvang van deze zone is in variant 2 eveneens aanzienlijk kleiner en in variant 3 is deze afwezig. Op het parkeerterrein tussen de nieuwbouw en Matrix One treedt windhinderklasse E daarentegen alleen bij variant 3 op (figuur 4.2, locatie 3). Bij de andere ontwerpvarianten wordt ten hoogste windhinderklasse D verwacht op dezelfde positie.

Conditie die worden gekenmerkt 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, waarbij wordt uitgegaan van een matig comfortniveau. Windhinderklasse E geeft aan dat een slecht comfortniveau zal optreden ongeacht de activiteit. Deze klasse dient, indien mogelijk, te worden vermeden (figuur 4.3 t/m 4.5). In hoofdstuk 5 worden de windrijke zones verder geanalyseerd.

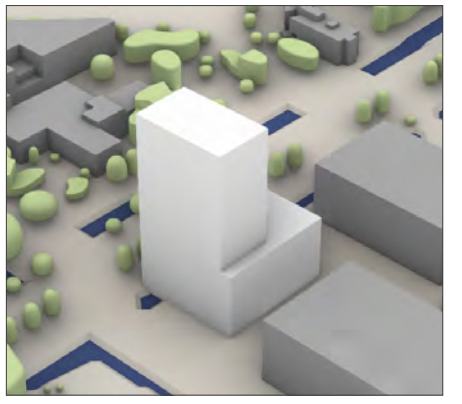
Op de hoeken van de nieuwbouw ontstaan enkele relatief kleine zones waar een beperkt risico op windgevaar wordt berekend, zie figuur 4.6. De positie en omvang van deze zones is wederom afhankelijk van de positionering van het hoogbouwvolume en verschilt dus per ontwerpvariant.

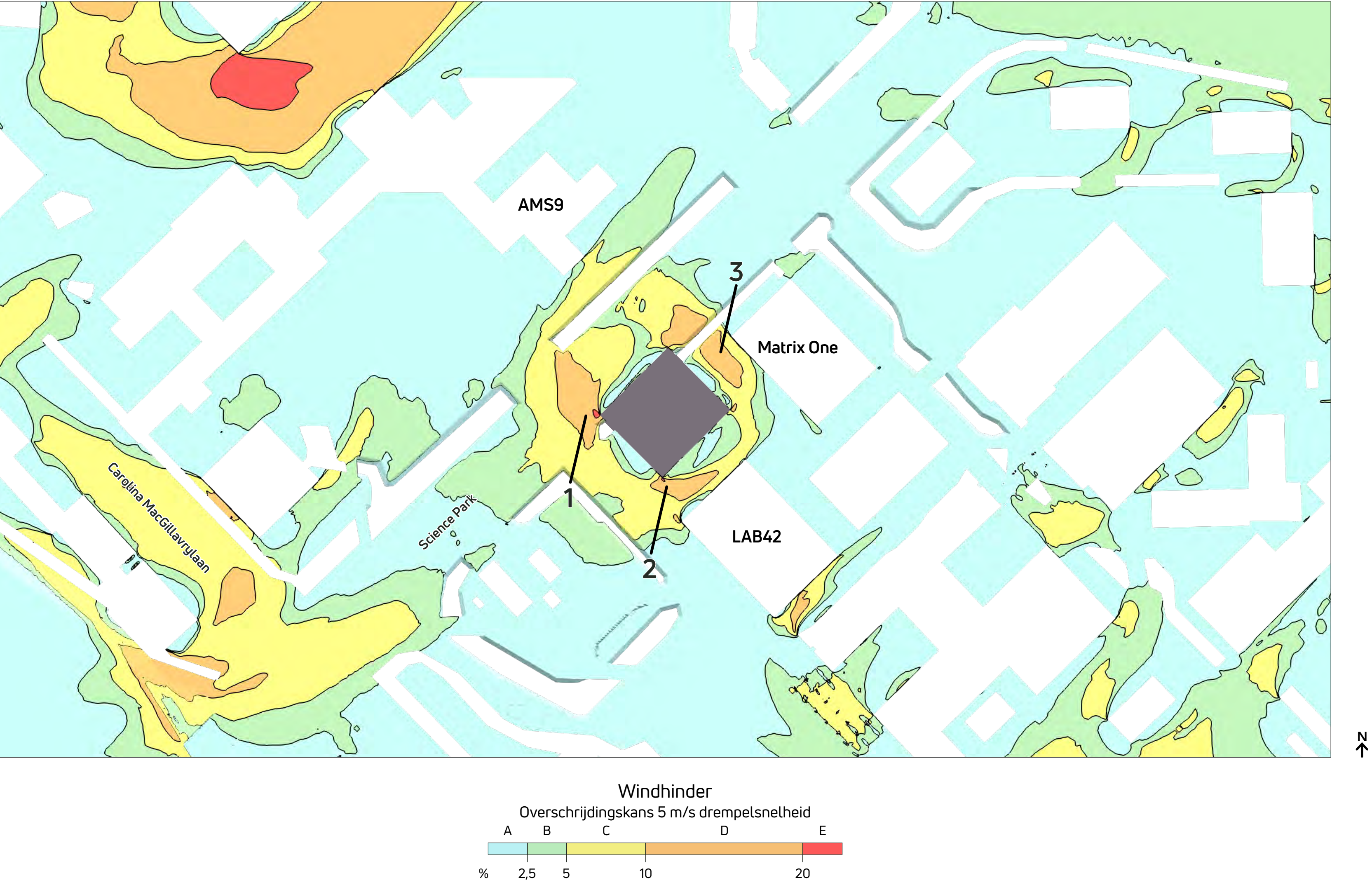
Variant 1 resulteert in twee zones met een beperkt risico op windgevaar bij de westelijke en zuidelijke hoeken van de nieuwbouw (figuur 4.6a, locatie 1 en 2). Variant 2 heeft een minimale zone bij de westelijke hoek van de nieuwbouw waar een beperkt risico op windgevaar is berekend (figuur 4.6b, locatie 1). De omvang van deze zone is dusdanig klein dat deze verwaarloosbaar wordt geacht. Bij variant 3 (figuur 4.6c) ontstaat alleen bij noordelijke hoek van de nieuwbouw een minimale zone met een beperkt risico op windgevaar.

Voor alle ontwerpvarianten geldt dat, uitgezonderd het bovenstaande, rondom de nieuwbouw geen risico op windgevaar bestaat in de toekomstige situaties.

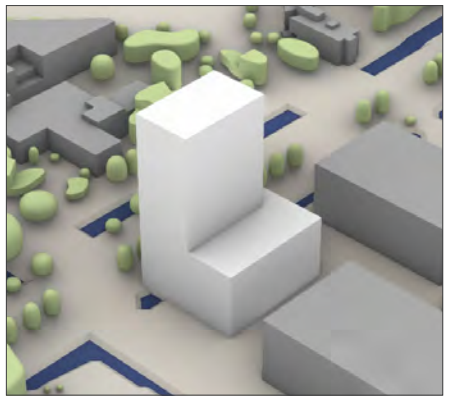


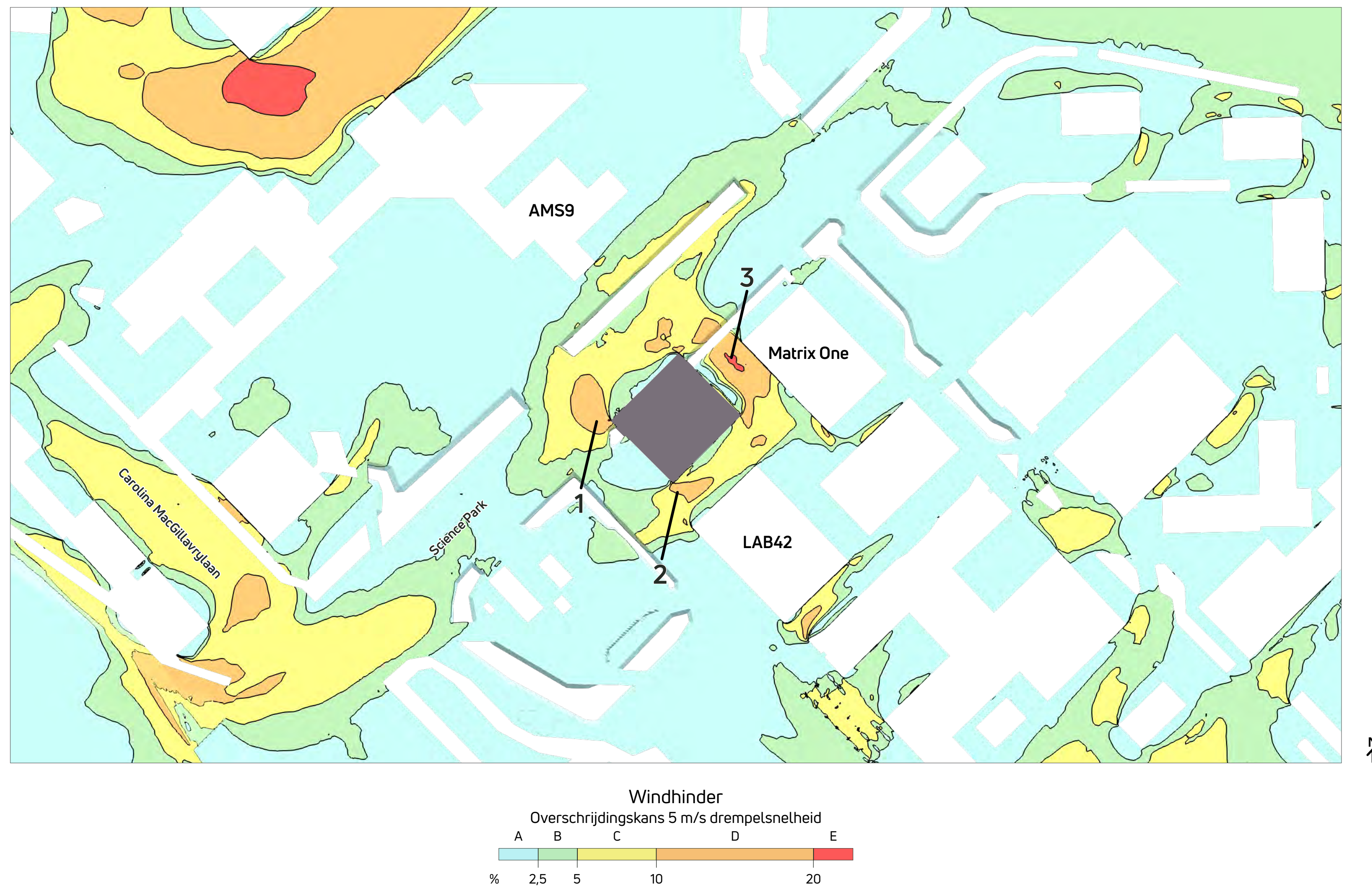
Figuur 4.2a:
Windhinder op
voetgangsniveau
variant 1





Figuur 4.2b:
Windhinder op
voetgangsniveau
variant 2

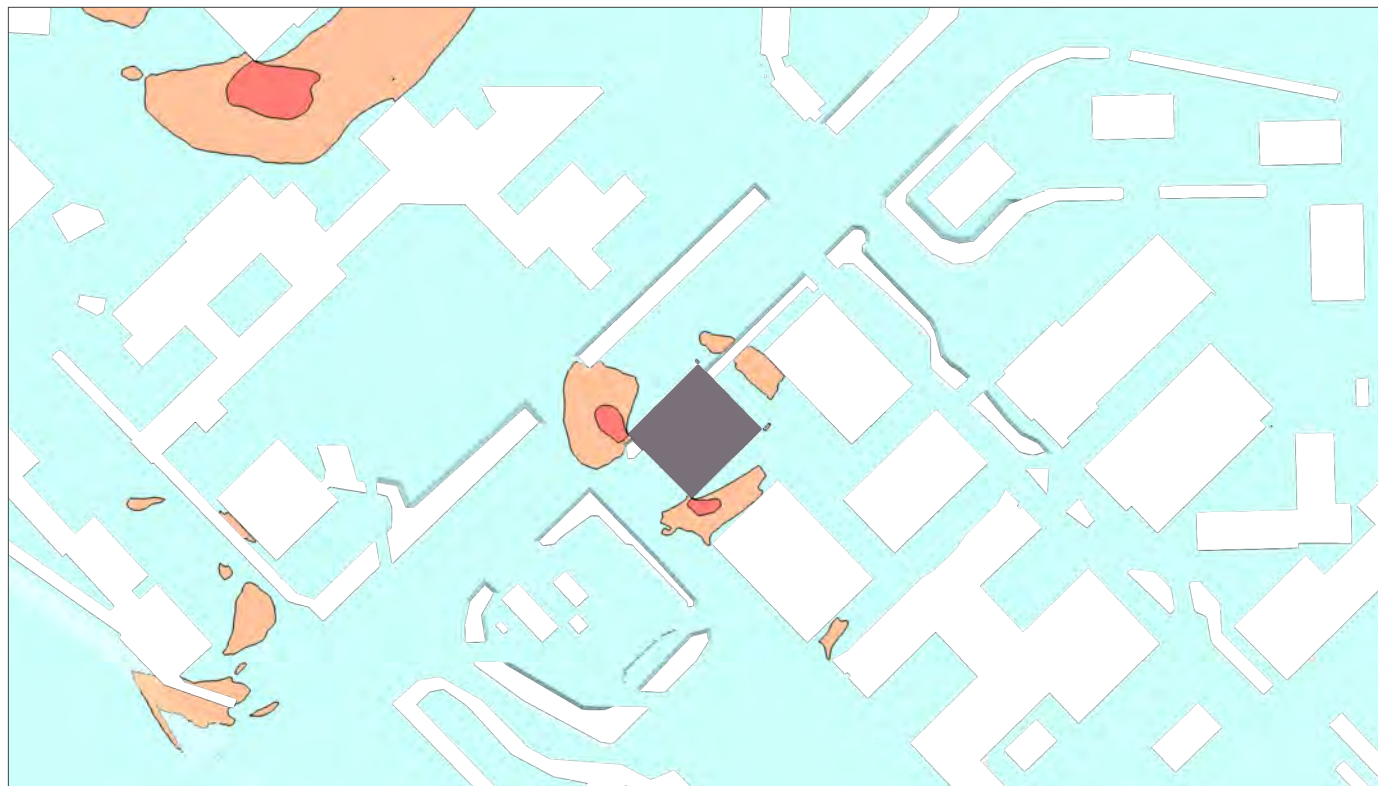




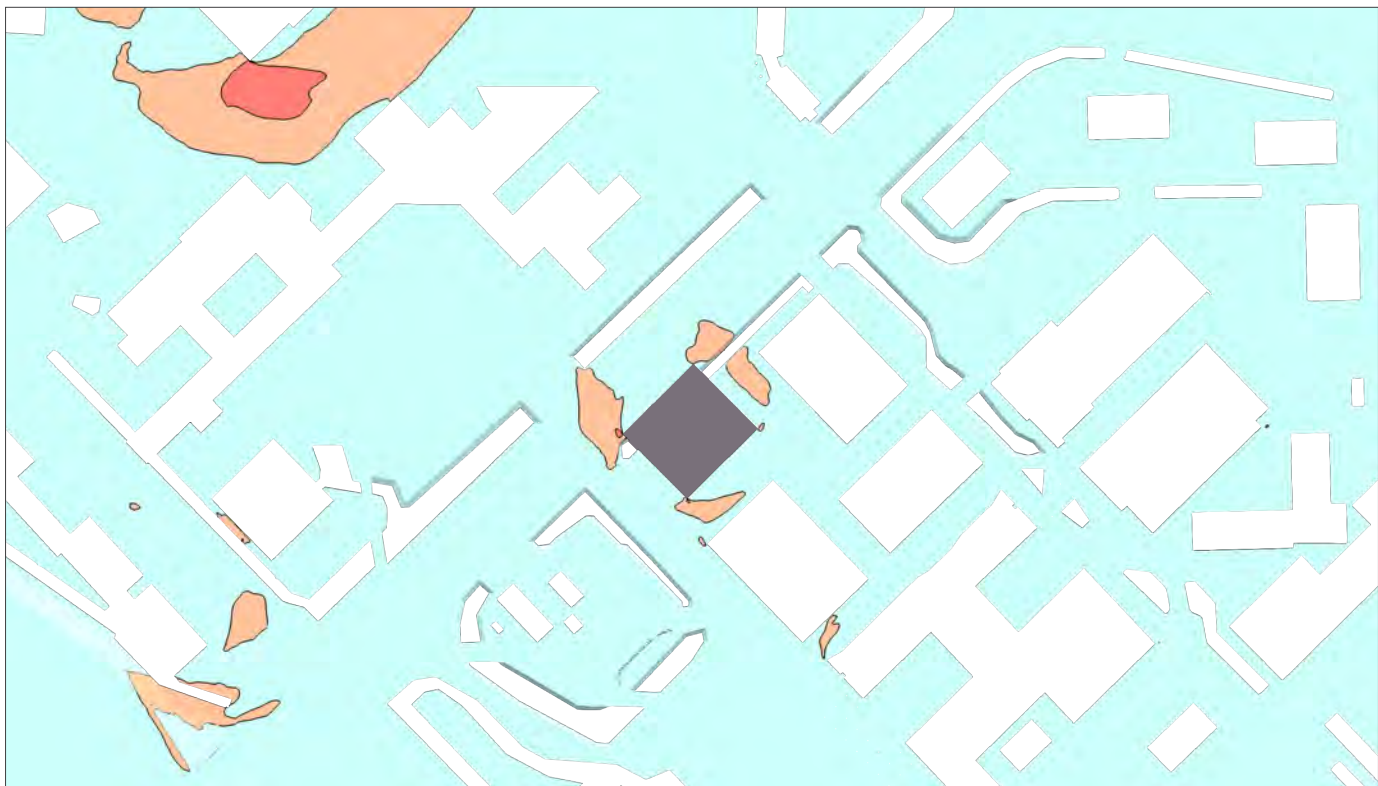
Figuur 4.2c:
Windhinder op
voetgangsniveau
variant 3



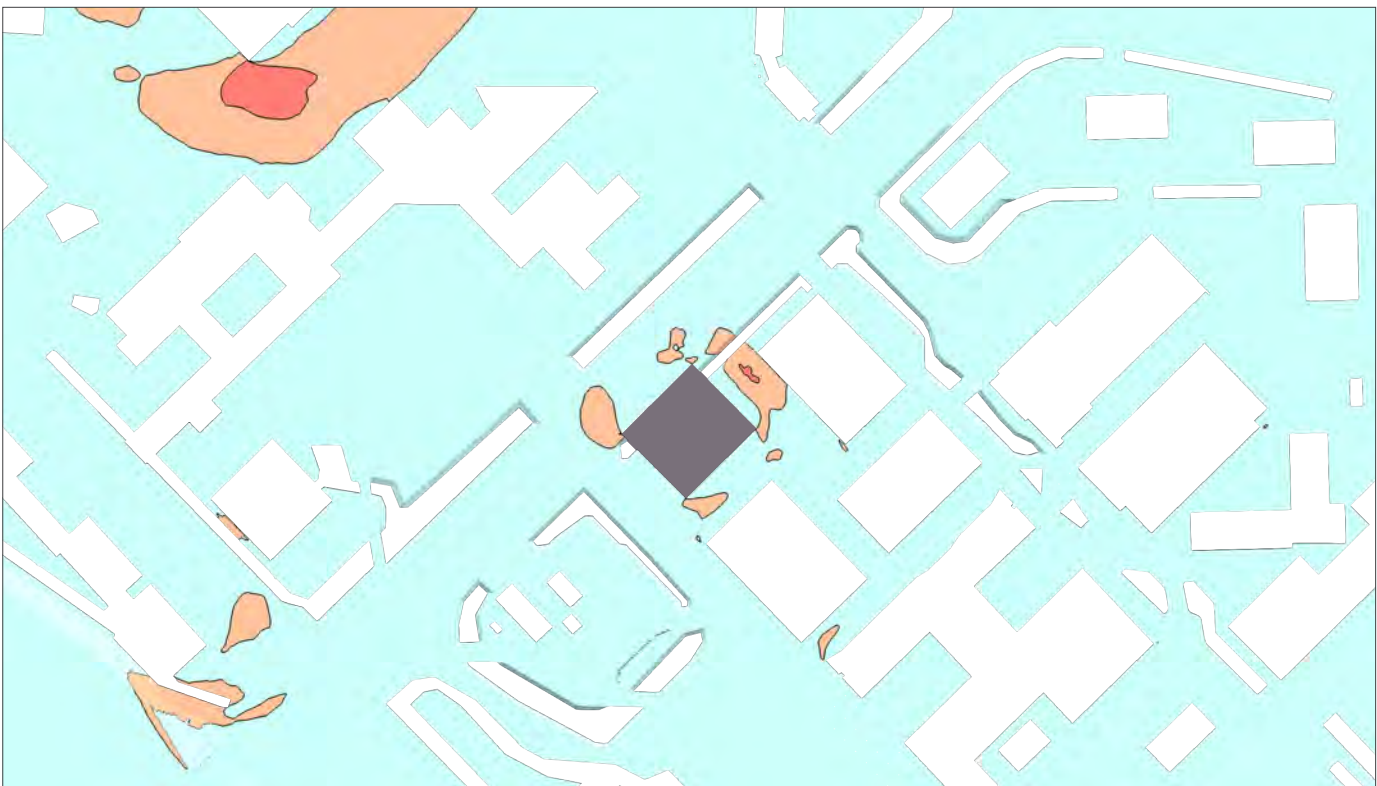
Figuur 4.3:
Windhinder op
voetgangsniveau
voor de activiteit
'doorlopen'



(a)
Toekomstige situatie variant 1



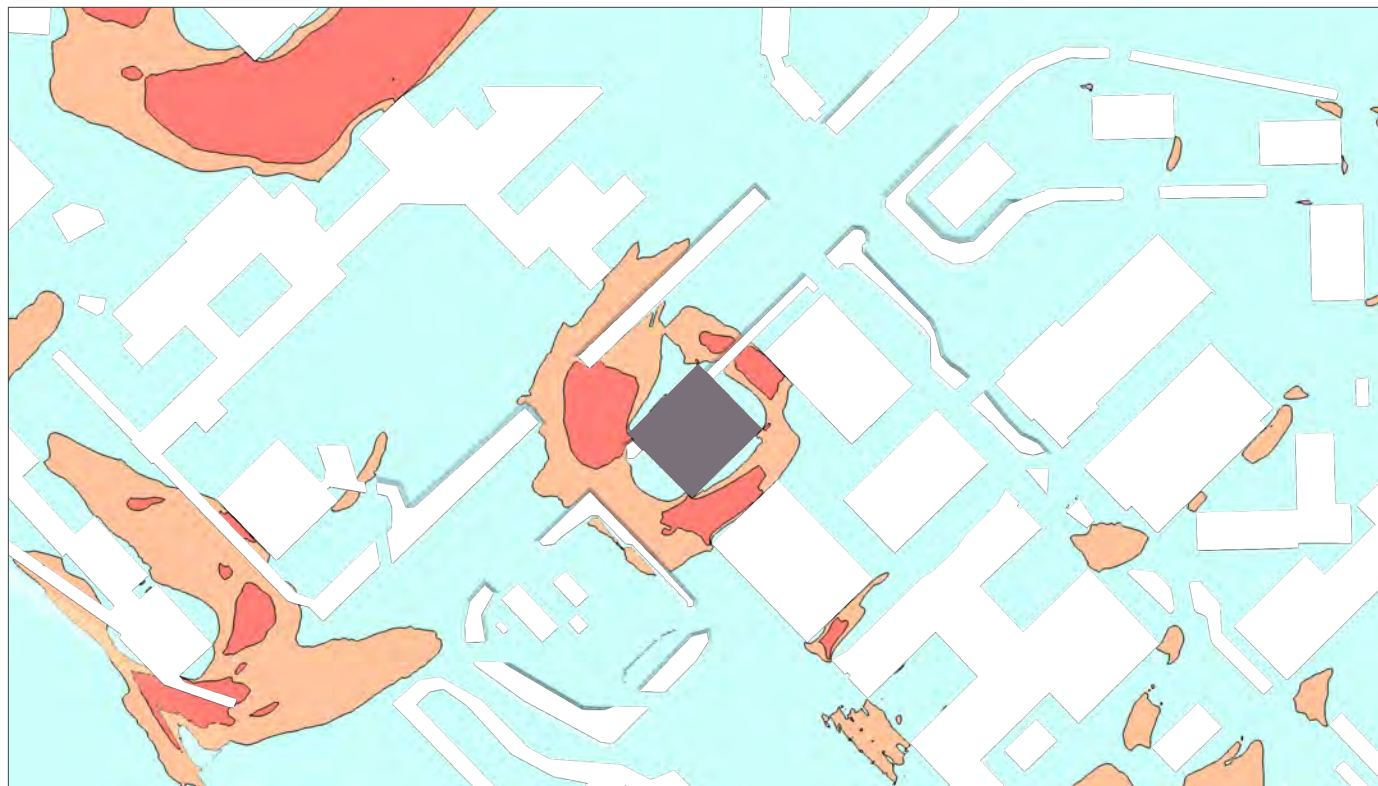
(b)
Toekomstige situatie variant 2



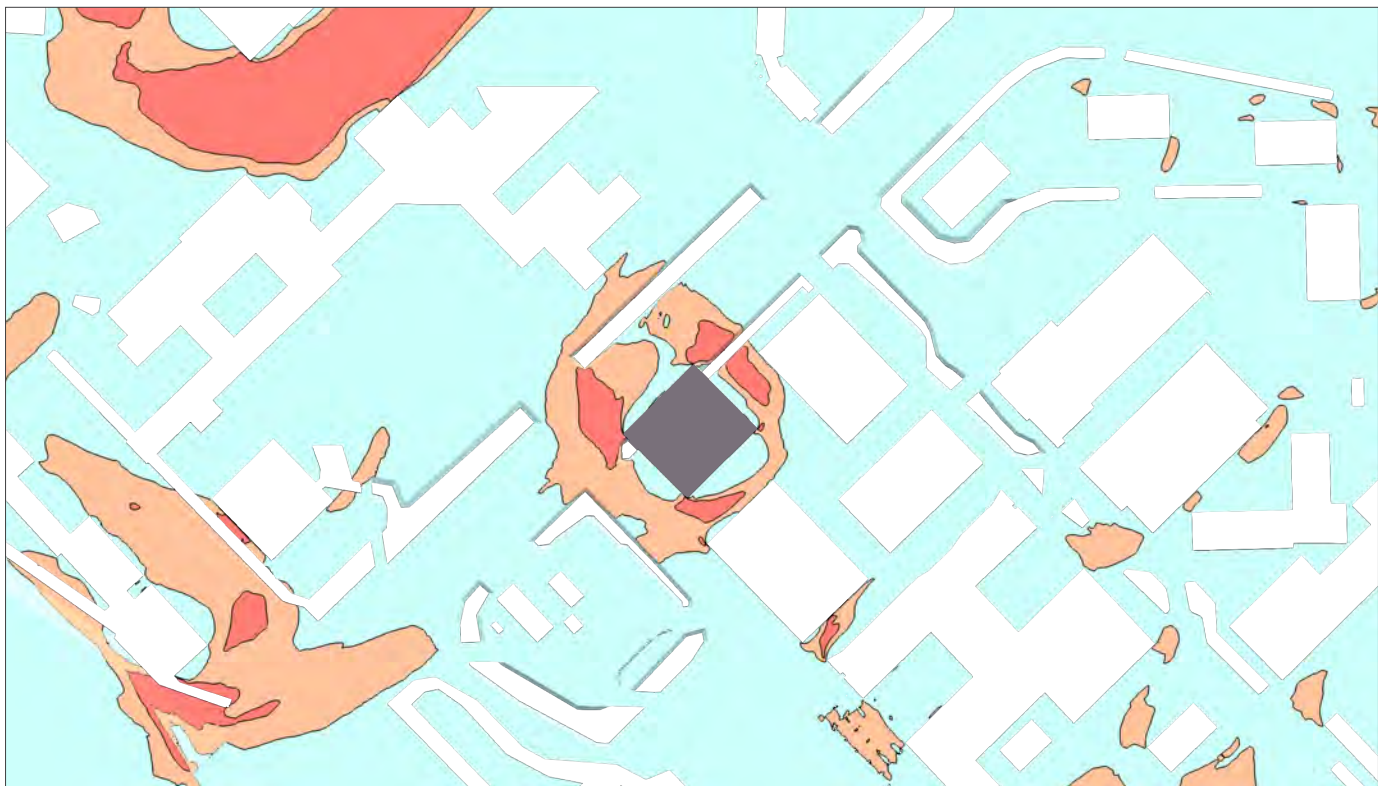
(c)
Toekomstige situatie variant 3



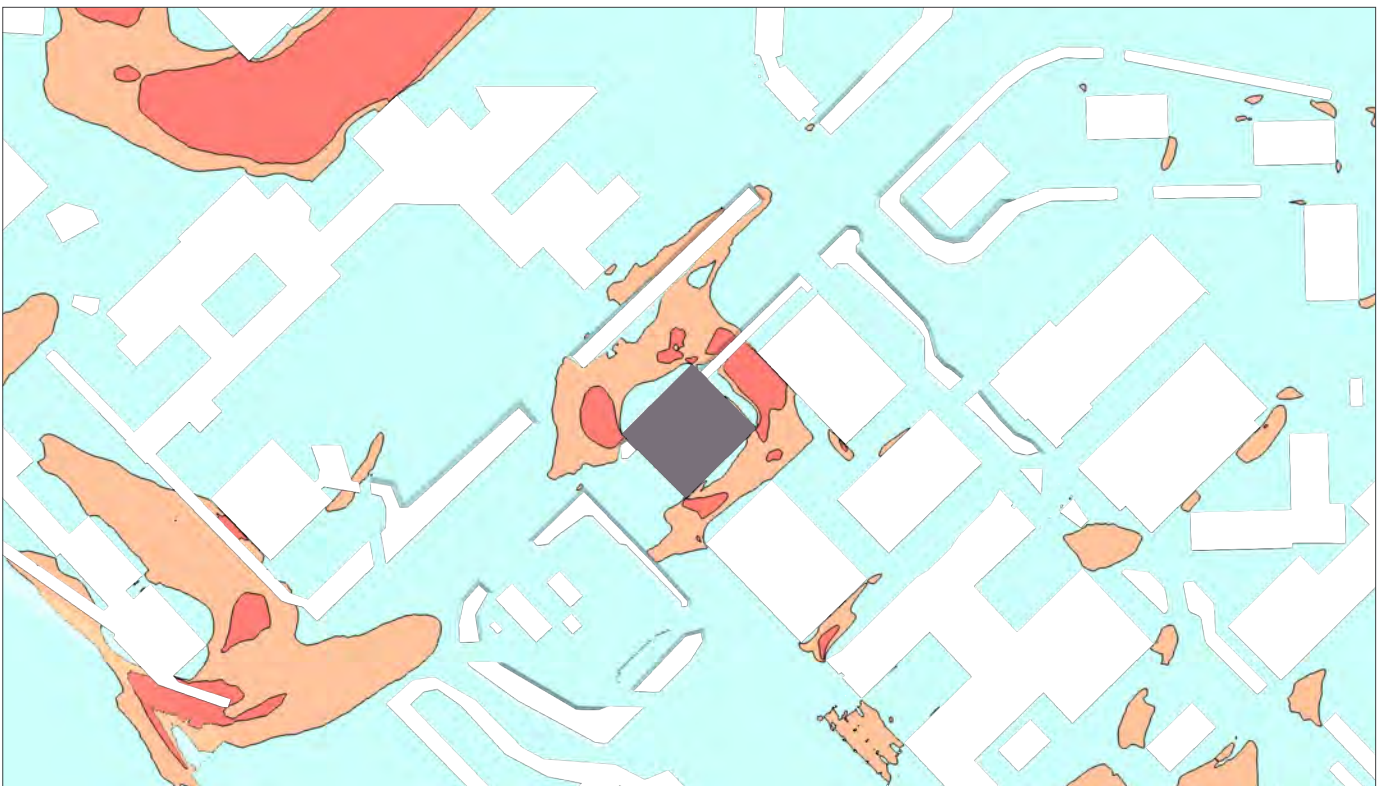
Figuur 4.4:
Windhinder op
voetgangersniveau
voor de activiteit
'slenteren'



(a)
Toekomstige situatie variant 1



(b)
Toekomstige situatie variant 2



(c)
Toekomstige situatie variant 3

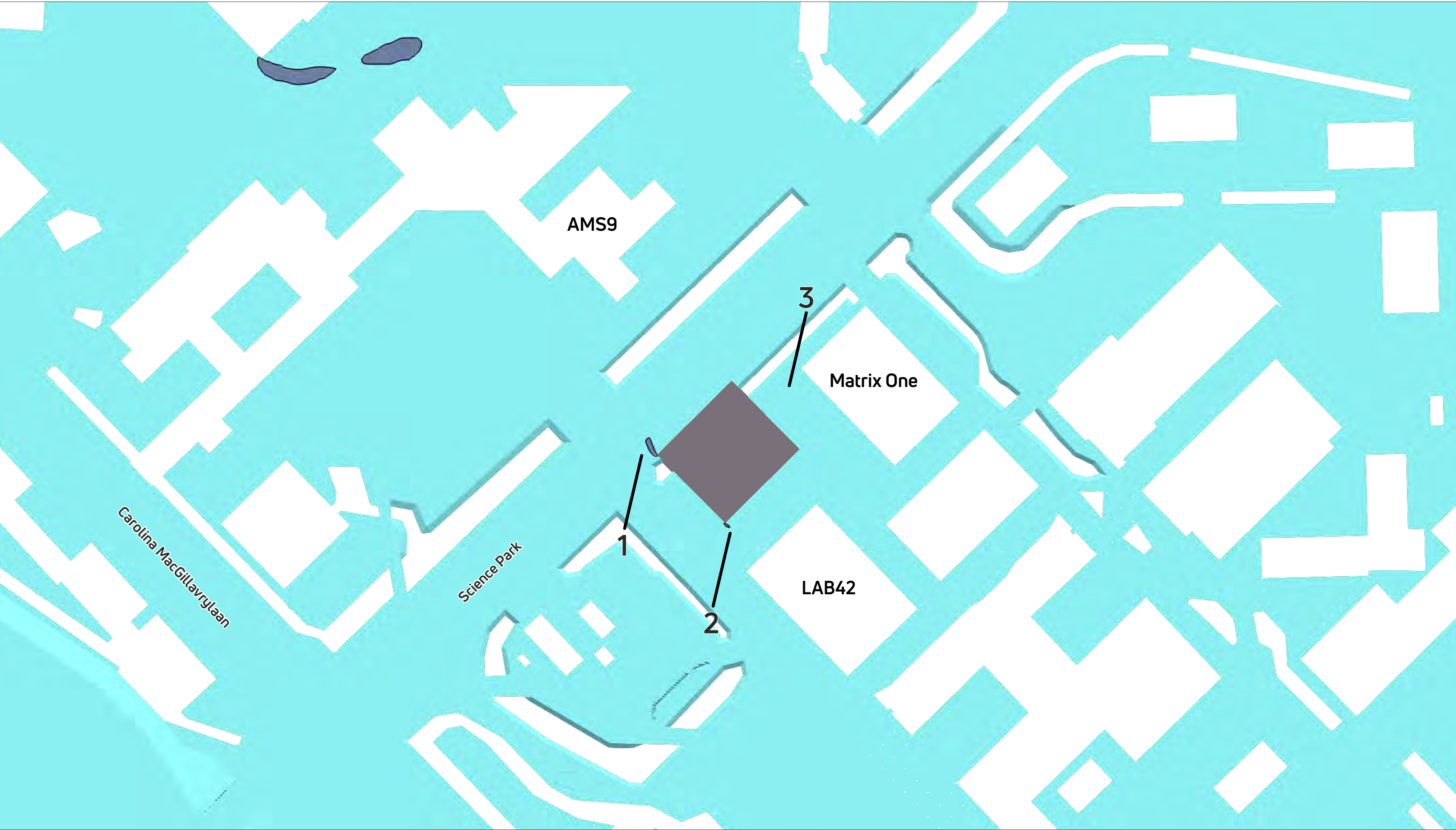


Figuur 4.5:
Windhinder op
voetgangersniveau
voor de activiteit
'langdurig zitten'
(situatie bladdragend)

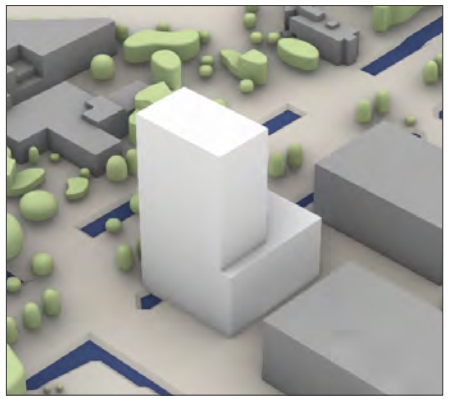


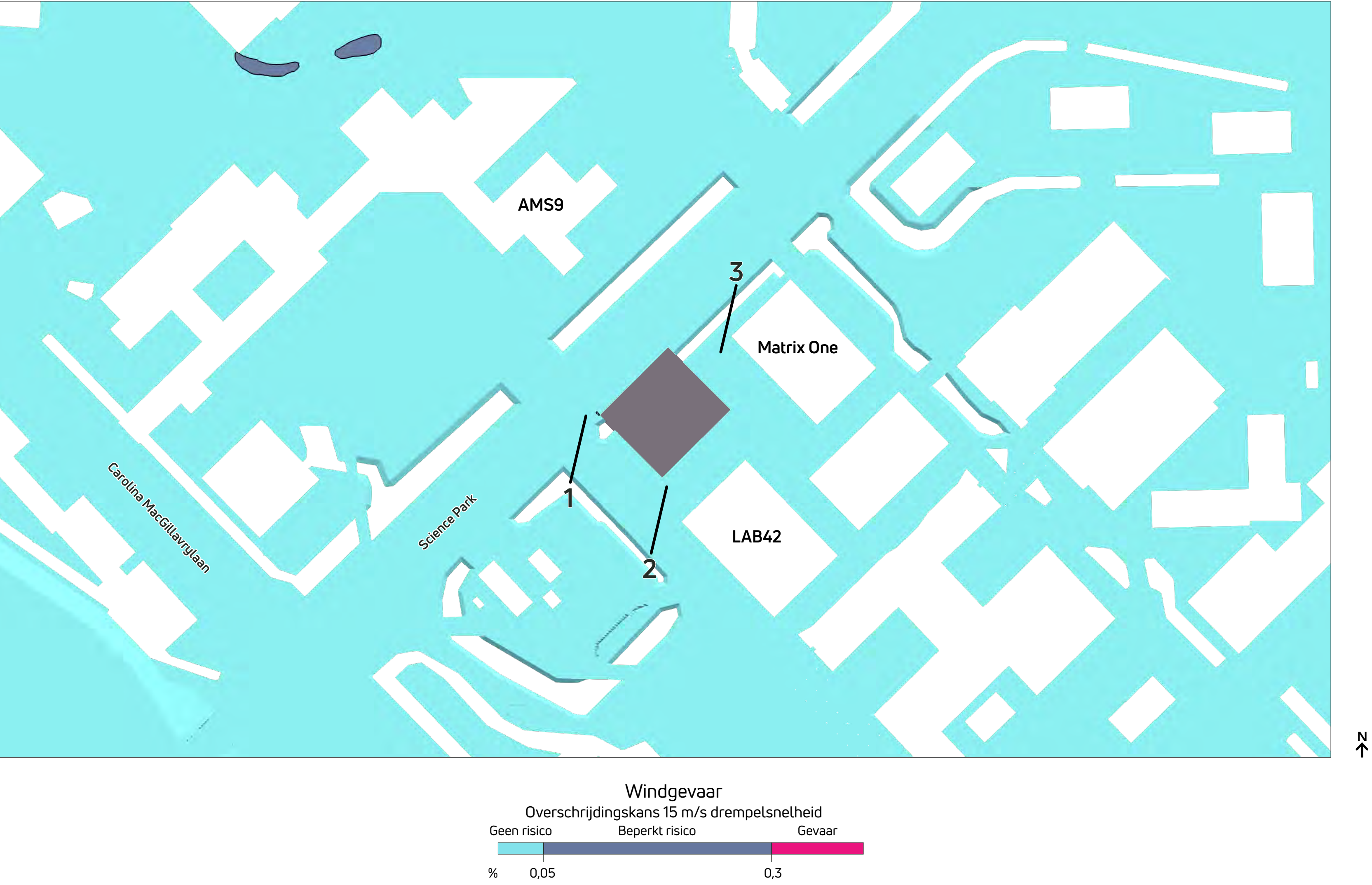
Windhinder

Goed	Matig	Slecht
Goed	Matig	Slecht

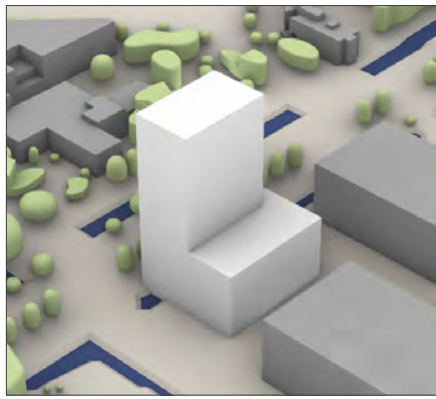


Figuur 4.6a:
Windgevaar op
voetgangsniveau
variant 1





Figuur 4.6b:
Windgevaar op
voetgangsniveau
variant 2





Figuur 4.6c:
Windgevaar op
voetgangsniveau
variant 3



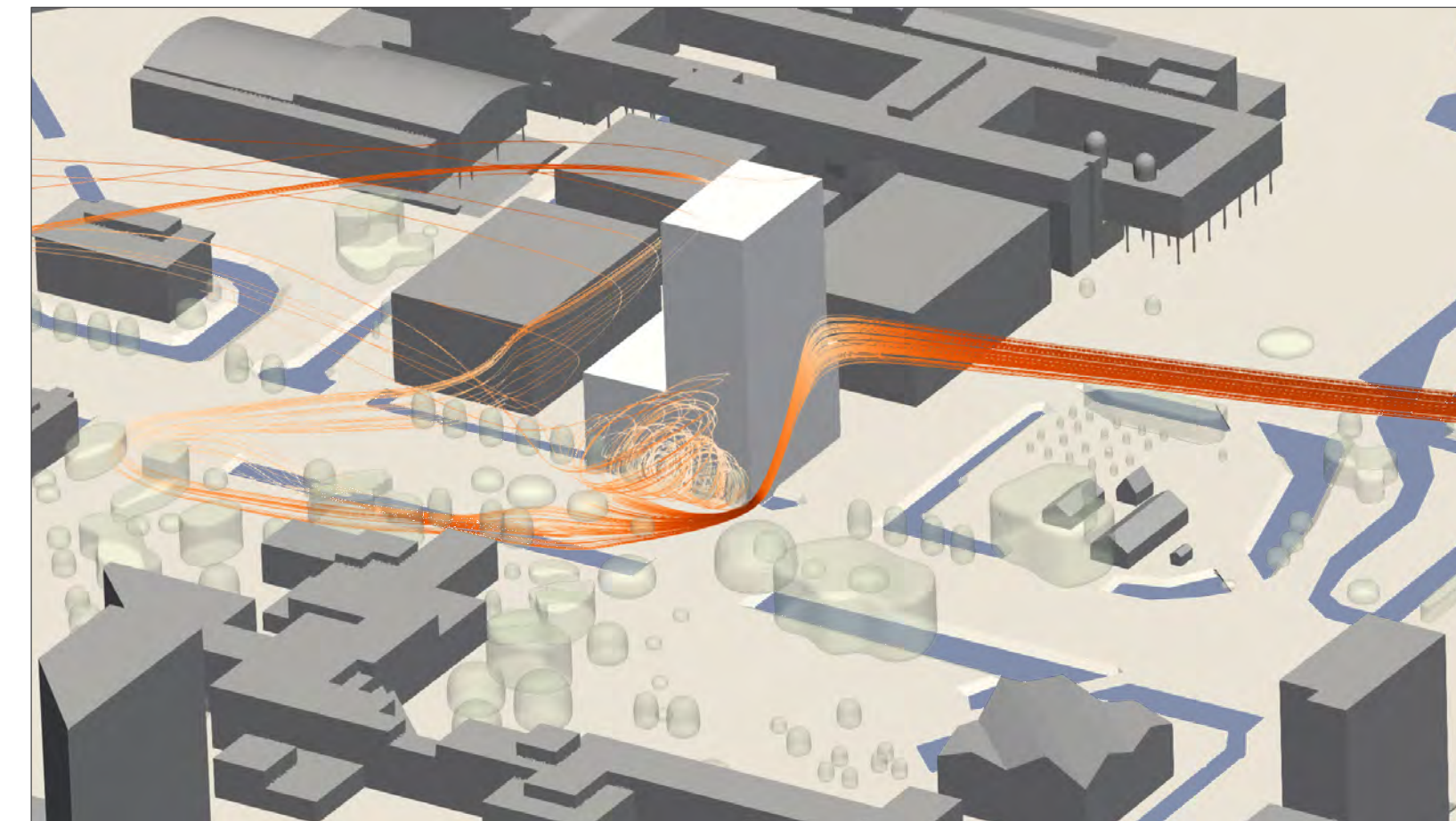
5 Analyse en discussie

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

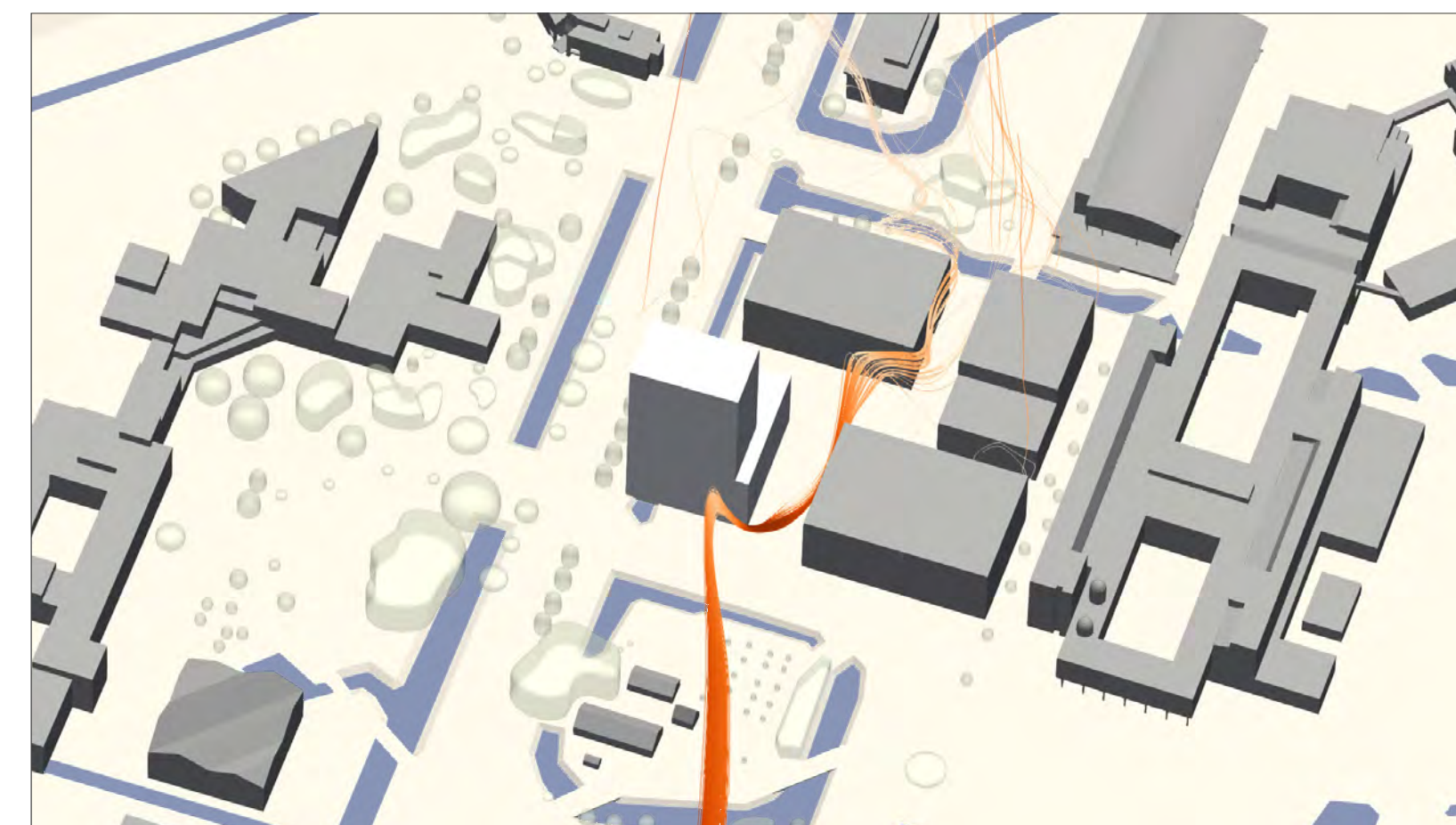
5.1 Stromingsfenomenen

In figuur 5.1 is te zien dat de wind vanuit zuidwestelijke richtingen vrij aanstroomt en resulteert in een valwind aan de zuidwestgevel van de nieuwbouw. De wind wordt naar beneden afgebogen richting maaiveldniveau en stroomt vervolgens om de westelijke hoek van de nieuwbouw (locatie 1). Door loslating van de luchtstroming op de hoek van het gebouw zal hier een sterke lokale versnelling van de wind optreden. Dit resulteert in windhinderklasse E. In variant 1 is, door het hoge en ononderbroken frontale oppervlak van de zuidwestgevel, dit effect het sterkst aanwezig: de hoogbouw is direct aan de zuidwestgevel gepositioneerd en dwars op de dominante zuidwestenwind geïoriënteerd. Het vangt hierdoor veel wind van grote hoogte en stuwt deze wind (meer dan bij andere varianten) rechtstreeks richting het maaiveld.

In figuur 5.2 is te zien dat het bovengenoemde effect ook optreedt aan de zuidelijke hoek van de nieuwbouw (locatie 2), waarbij de wind vanaf hoogte richting maaiveldniveau afbuigt om daar vervolgens om de hoek te versnellen. Ook nu is dit effect in variant 1 sterker aanwezig dan in variant 2 en 3, door de positionering van het hoogbouwvolume direct aan de zuidwestgevel.



Figuur 5.1:
Stroomlijnen locatie 1
westelijke hoek
nieuwbouw variant 1



Figuur 5.2:
Stroomlijnen locatie 2
westelijke hoek
nieuwbouw variant 1

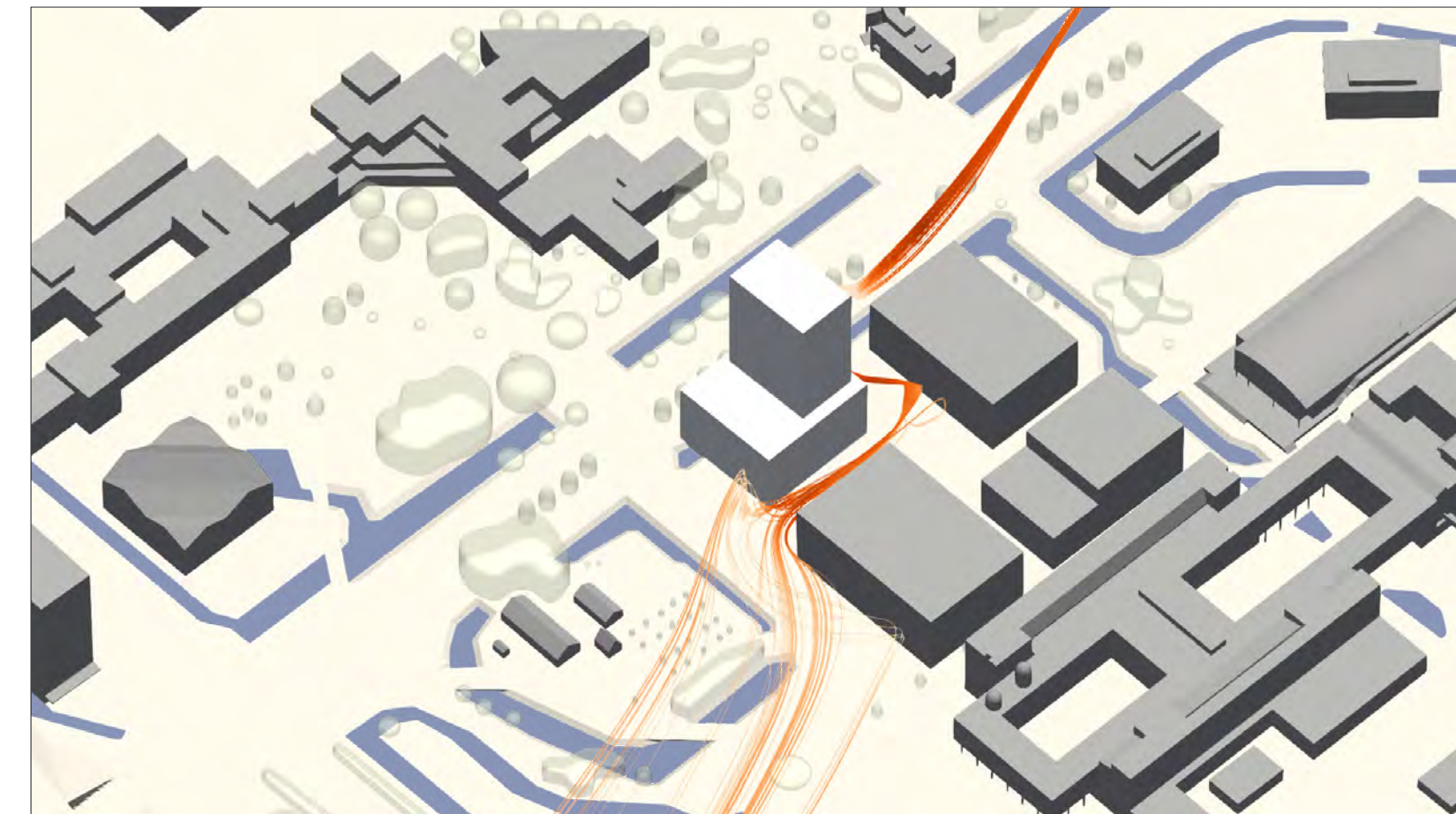
In figuur 5.3 en 5.4 is het pad van de luchtstroming gevisualiseerd over het parkeerterrein naast Matrix One (locatie 3). De wind stroomt vrij aan vanuit zuidwestelijke richting en perst zich deels door de doorgang tussen de nieuwbouw en LAB42. Dit zorgt voor een lokale versnelling van de wind op maaiveldniveau. Dezelfde luchtstroom buigt vervolgens om de nieuwbouw over de parkeerplaats en stroomt vervolgens langs het bouwvolume van Matrix One. Bij variant 3 zorgt de positionering van de hoogbouw tevens voor hogere windsnelheden ter plaatse van het parkeerterrein (windhinderklasse E).

5.2 Aanbevelingen

Het berekende windklimaat wordt voor alle varianten als windrijk omschreven. De activiteiten die in het gebied voorzien zijn en het gewenste comfortniveau vragen echter om een windluw tot maximaal gematigd windklimaat. Hierdoor is het benodigd windhinderklasse E en het beperkt risico op windgevaar geheel te mitigeren. Ook is het wenselijk om de omvang van de gebieden met windhinderklasse D zo veel als mogelijk te reduceren. Om dit te doen zijn aanzienlijke ingrepen in het bouwvolume noodzakelijk.

Ten eerste wordt geadviseerd het frontale oppervlakte van de zuidwestgevel, in het bijzonder van de hoogbouw, te beperken. Van de onderzochte configuraties geniet variant 2 derhalve een sterke voorkeur. De hoogbouw is in deze variant gunstig geöriënteerd ten opzichte van de dominante windrichting (met de smalle kopzijde op het zuidwesten) en presteert derhalve het beste in termen van windhinder en windgevaar.

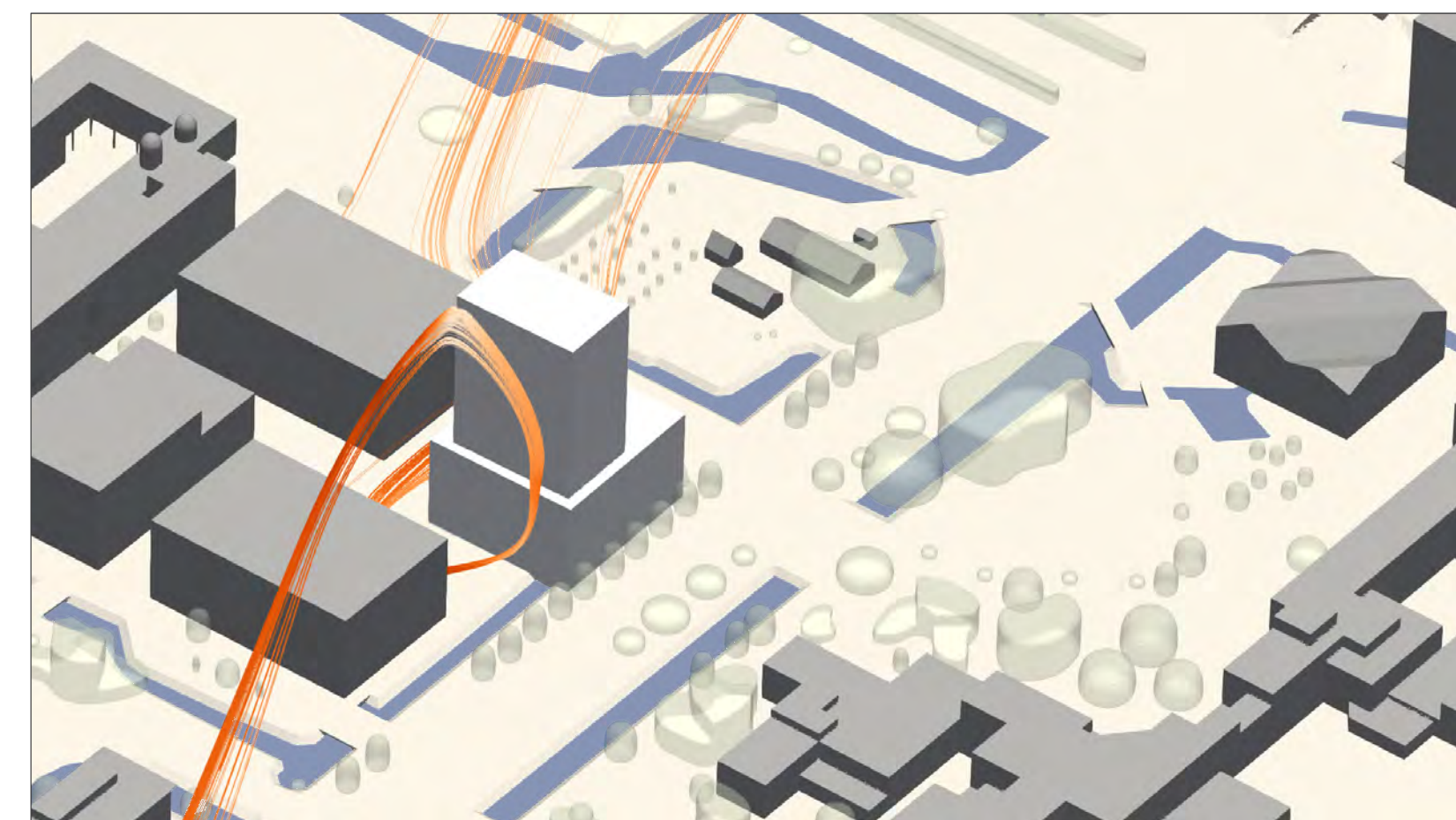
Om de optredende valwinden bij variant 2 te onderbreken wordt aanbevolen om setbacks te creëren tussen de plint en de hoogbouw met een diepte van minimaal 4 m (bijvoorbeeld zoals weergegeven in figuur 5.5). Daarnaast kan het afronden of afschuinen van de hoeken aan de zuidwestgevel helpen om de lokale windsnelheden verder te verlagen. Loslating en versnelling van luchtstromingen langs de hoeken van het gebouw wordt zodanig beperkt.



Figuur 5.3:
Stroomlijnen locatie 3
westelijke hoek
nieuwbouw variant 3



Wind vanuit
zuidzuidwesten
laag hoog



Figuur 5.4:
Stroomlijnen locatie 3
westelijke hoek
nieuwbouw variant 3



Wind vanuit
zuidzuidwesten
laag hoog

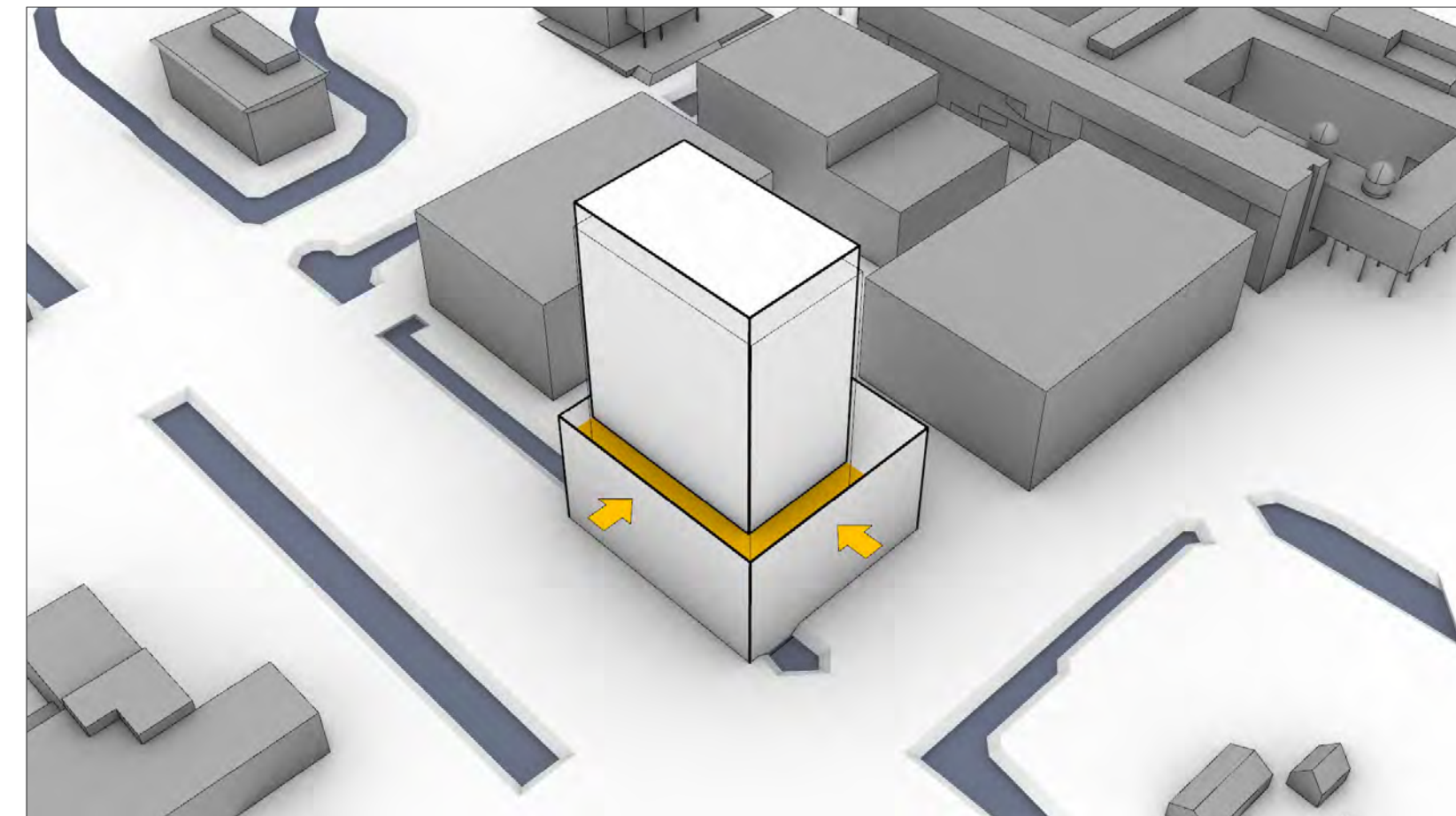
Ook wordt aanbevolen om de huidige hoogte van de plint te onderbreken met een setback op zowel de zuidwest- als zuidoostgevels. Hierdoor zal wind opgevangen en afgevoerd kunnen worden en aanvullend wordt er meer ruimte gemaakt tussen de nieuwbouw op kavel 12A en het naastgelegen LAB42 (bijvoorbeeld zoals weergegeven in figuur 5.6).

Slechts na optimalisatie van het bouwvolume kan de inrichting van het omliggende terrein aangegrepen worden om een laatste stap te maken in de optimalisatie van het comfortniveau. Bij de terreininrichting dient verder goed gelet te worden op de locaties waar hoge windsnelheden te verwachten zijn. Dergelijke locaties zijn logischerwijs niet geschikt voor het realiseren van verblijfsfuncties. Derhalve wordt geadviseerd geen zitplaatsen te realiseren op locaties gelegen binnen windhinderklasse C of hoger. Hiermee wordt vermeden dat activiteiten kunnen plaatsvinden waarvoor het comfortniveau niet adequaat is. De noodzaak tot het treffen van aanvullende maatregelen zal afhangen van de indeling, de beoogde (gebruiks)functies van de openbare buitenruimte en het bereikte niveau van windhinder na optimalisatie van het bouwvolume.

Om het windklimaat rondom de plankavel te optimaliseren in de zomermaanden is het aanbevolen ter plaatse vegetatie toe te voegen met een afwisselende hoogte, opbouw (hoge en/of lage boomkruin) en porositeit (wintergroen).

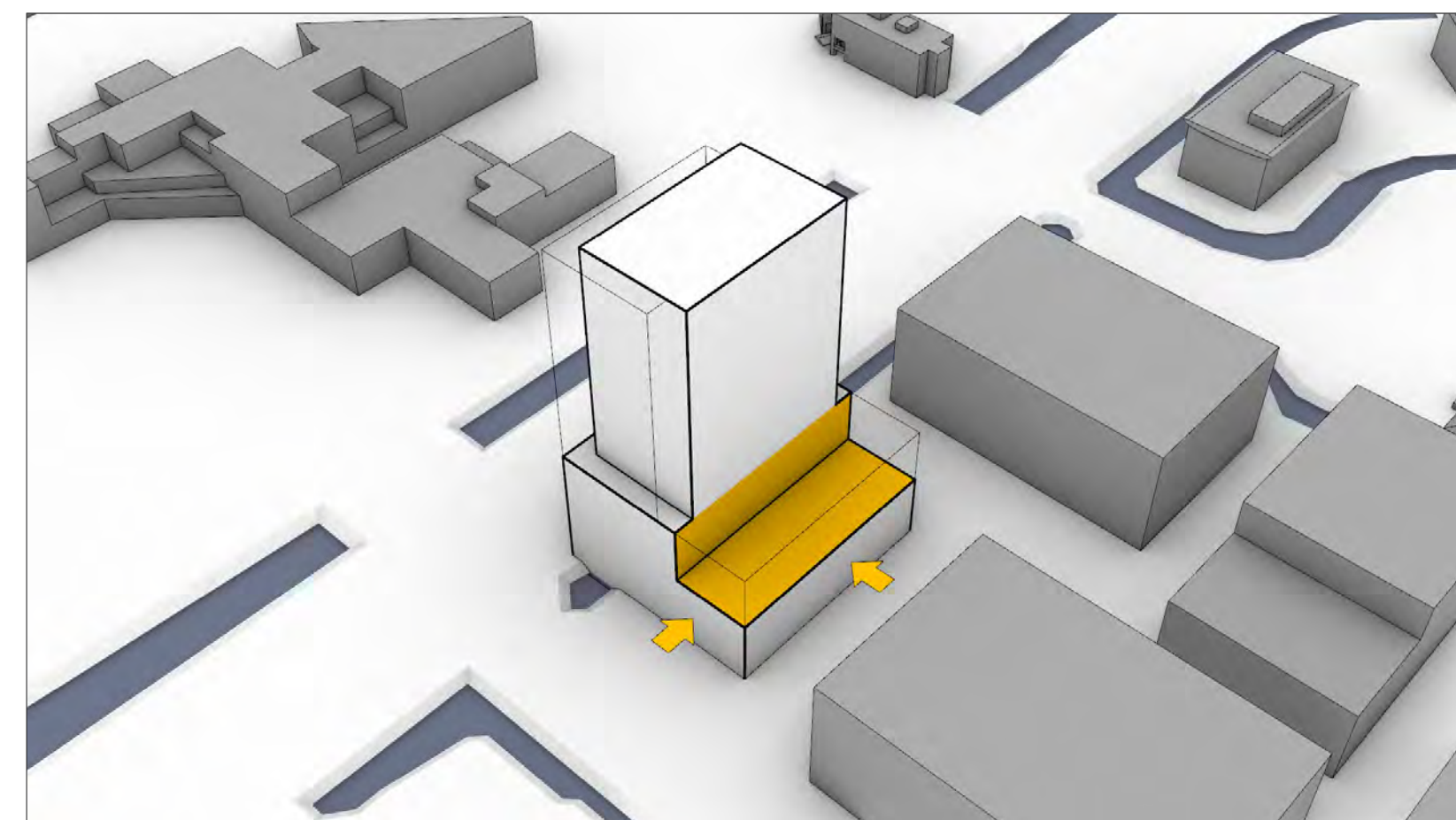
De plaatsing van gebouw-entrees vormt een aandachtspunt. Ter plaatse van gebouw-entrees dient bij voorkeur klasse A (of klasse B) behaald te worden. Indien entreezones in hogere windhinderklassen zijn gelegen dienen maatregelen getroffen te worden, zoals het plaatsen van een zijscherm bij de entree of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

Aangeraden wordt het effect van de voorgenoemde aanbevelingen in een volgend ontwerpstadium nader te onderzoeken en te valideren. Voor de maatvoering van de beschreven maatregelen kan [Actiflow](#) geraadpleegd worden.



Figuur 5.5:
Aanpassingsvoorstel

Setback aanbrengen
tussen hoogbouw en
plint met een diepte
van minimaal 4 m



Figuur 5.6:
Aanpassingsvoorstel

Setback aanbrengen
en/of verbreden
doorgang LAB42

6 Conclusie

Dit rapport beschrijft een windonderzoek uitgevoerd door [Actiflow](#) voor het voor de ontwikkeling van Science Park kavel 12A te Amsterdam. Door de plaatsing van de nieuwbouw zal het lokale windklimaat beïnvloed worden.

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

Het windonderzoek laat het volgende zien:

- Na realisatie van de nieuwbouw zal een windrijk klimaat optreden op de projectlocatie. De optredende condities rondom de nieuwbouw worden gekenmerkt door windhinderklassen A t/m D;
- Bij alle onderzochte ontwerpvarianten treden op maximaal twee posities naast de nieuwbouw condities op die worden geclassificeerd in de meest ongunstige windhinderklasse E. De exacte positie en omvang van deze zones is afhankelijk van de ontwerpconfiguratie;
- Voor het beperken van windhinder en het risico op windgevaar is variant 2 de voorkeursvariant, wegens de gunstige oriëntatie van het hoogbouwvolume ten opzichte van de dominante zuidwestelijke windrichtingen;
- Windhinderklasse E geeft aan dat windhinder zal optreden ongeacht de activiteit, en dient dus te worden vermeden, in dit geval door aanpassingen in het ontwerp (ook als variant 2 als uitgangspunt wordt genomen);

- Afhankelijk van de gekozen variant kunnen op de hoeken van de nieuwbouw enkele relatief kleine zones ontstaan waar een beperkt risico op windgevaar wordt berekend. De positie, omvang en aanwezigheid van deze zones is afhankelijk van de positionering van het hoogbouwvolume;
- In variant 2 en 3 is de omvang van de zone met beperkt risico op windgevaar dusdanig klein dat deze verwaarloosbaar wordt geacht.

Geconcludeerd wordt dat ontwerp-aanpassingen aan het projectgebouw noodzakelijk zijn om het windklimaat lokaal te verbeteren en de optredende windsnelheden ter hoogte van het voetgangersgebied terug te brengen tot een acceptabel niveau (zodanig dat windhinderklasse E algeheel wordt vermeden en windhinderklasse D zo veel mogelijk wordt gereduceerd in omvang). Aanbevelingen voor mogelijke aanpassingen zijn gegeven in paragraaf 5.2.

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

Project	Projectgegevens
Projectnaam	Science Park kavel 12A te Amsterdam
Opdrachtgever	Gemeente Amsterdam
Projectleider Actiflow	Nick Vlaun
Datum	17 januari 2024
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen 500 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	3 configuraties: ontwerpvarianten nieuwbouw in bestaande omgeving
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM (eindige volume methode) ☐ FEM (eindige elementen methode) ☐ anders Programmatuur: OpenFOAM Versie: of2306
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: hexaëders en polyeders met anisotrope verfijning nabij wanden var. 1: 26.328.060 cellen, var. 2: 26.292.804 cellen, var. 3: 26.380.573 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 conform NPR6097
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: 125480		Y: 485364	
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			

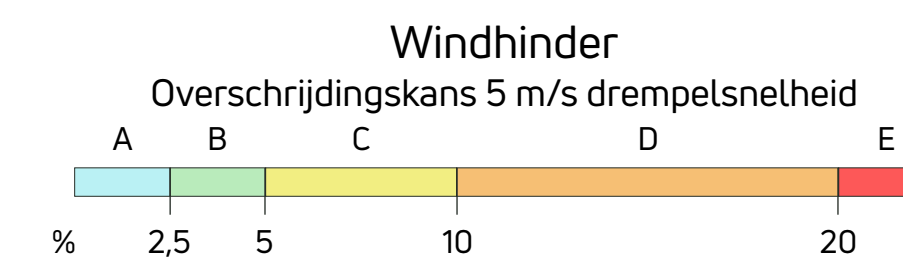
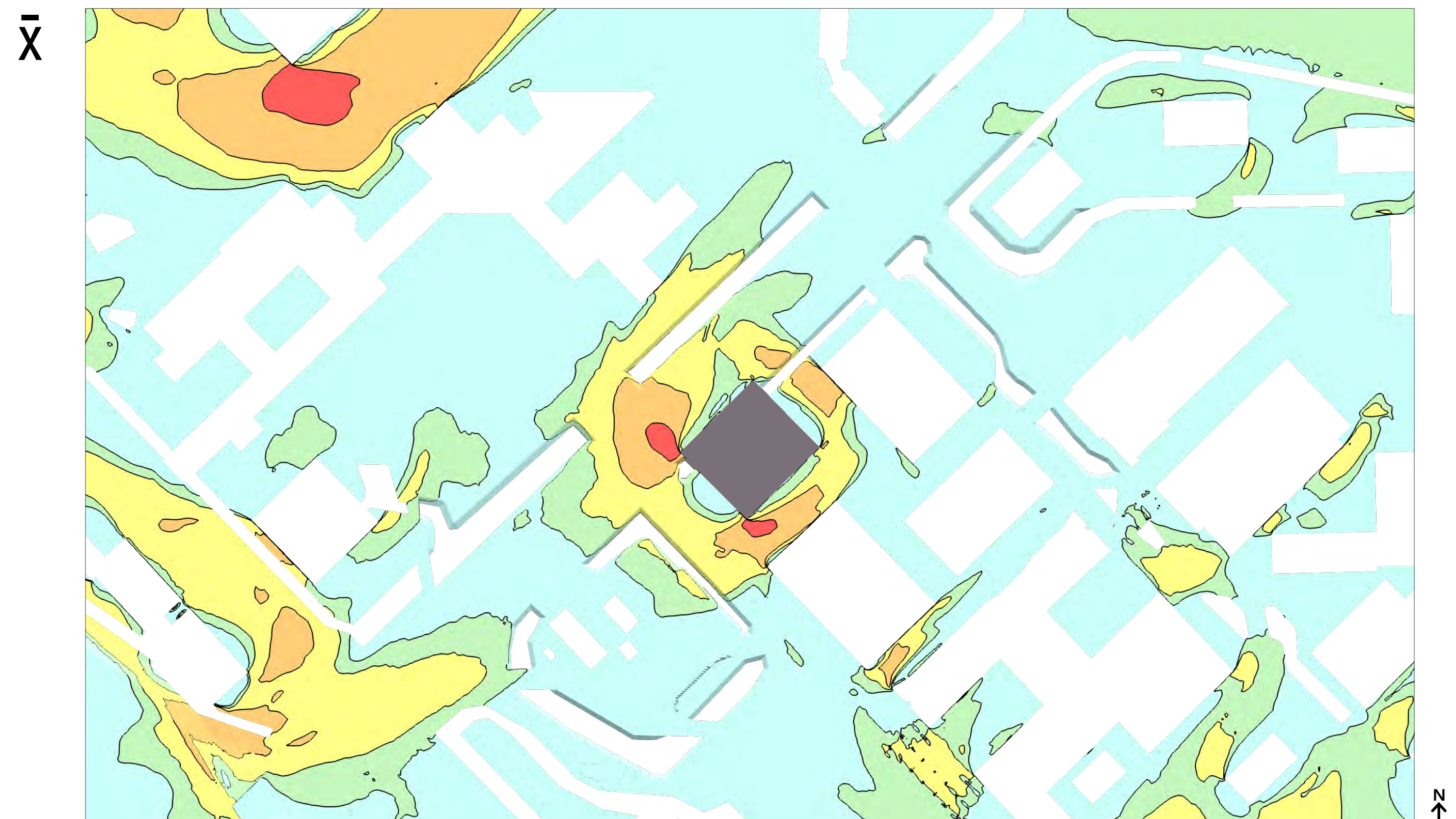
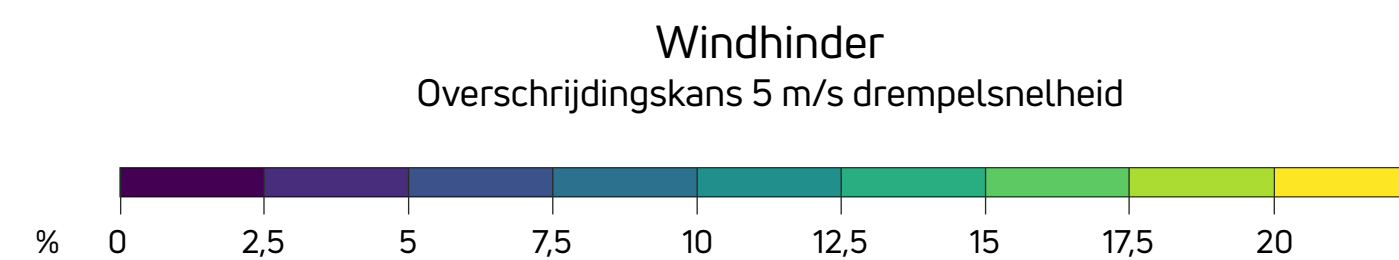
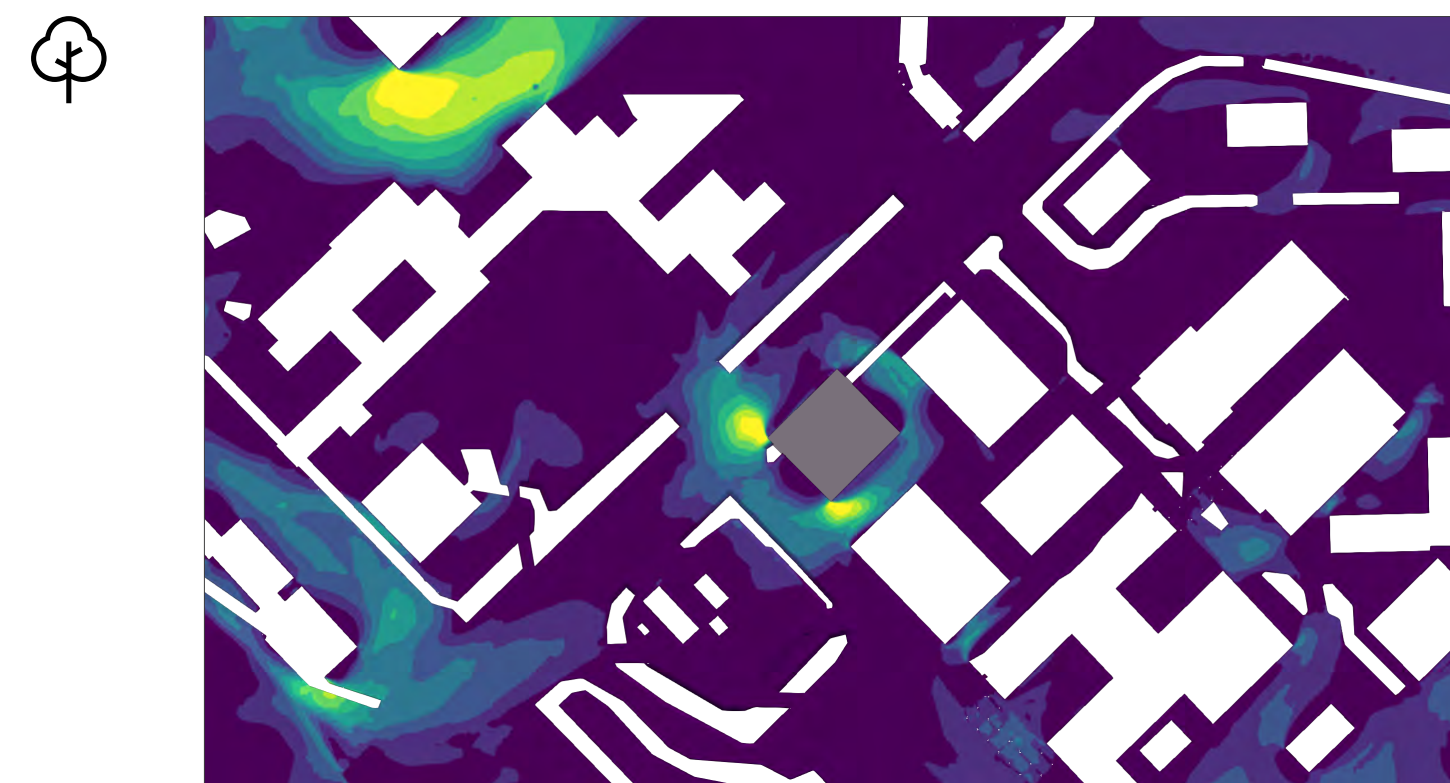
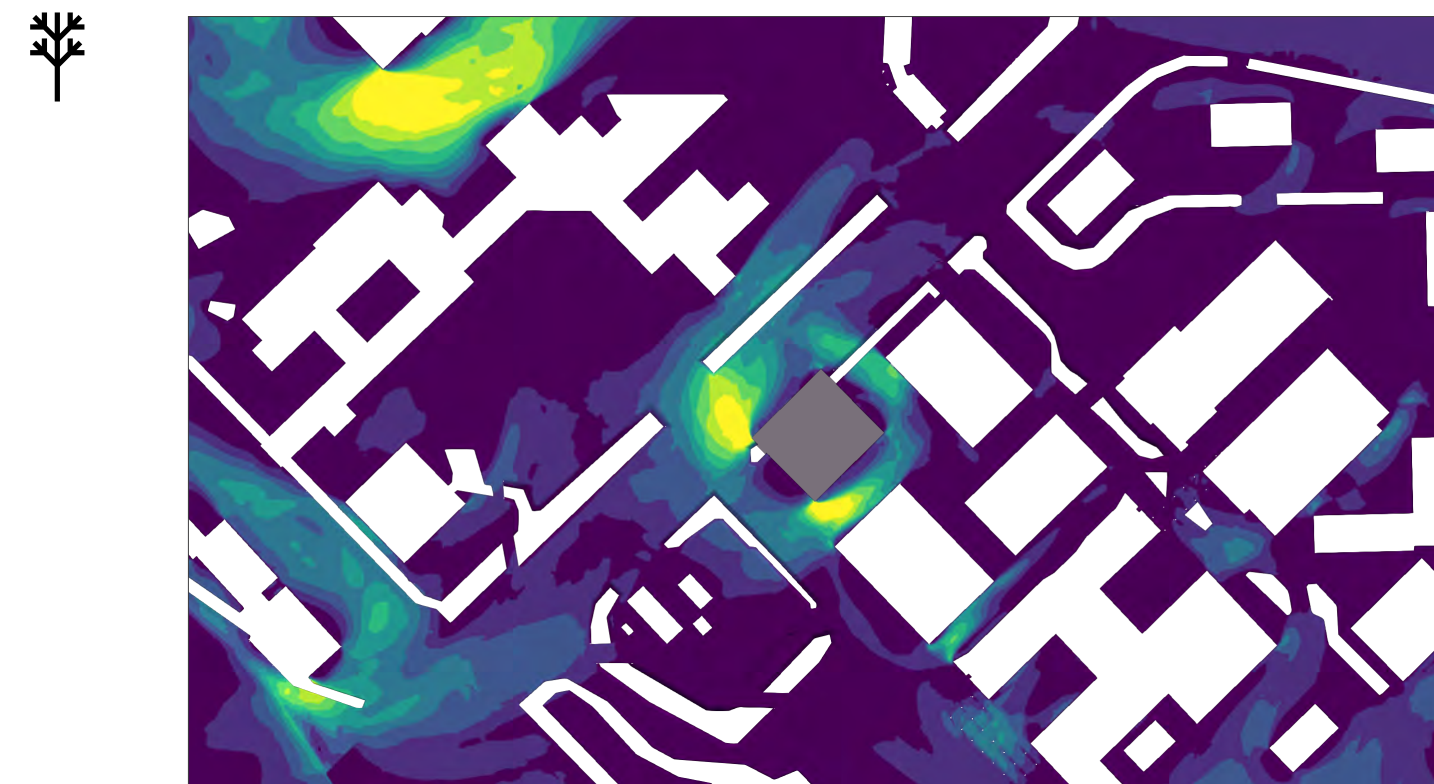
B Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid

FREQUENTIETABEL VAN DE 60 METER WINDSNELHEID DISTRIBUTIEF RELATIEF IN PERCENTAGES
Amersfoortse Coördinaten: X: 125480 Y: 485364 Jaar 1963-2002

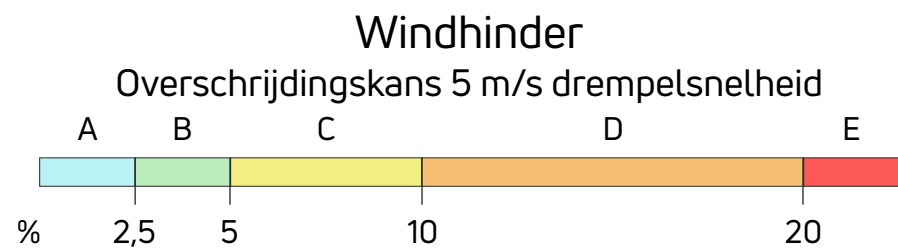
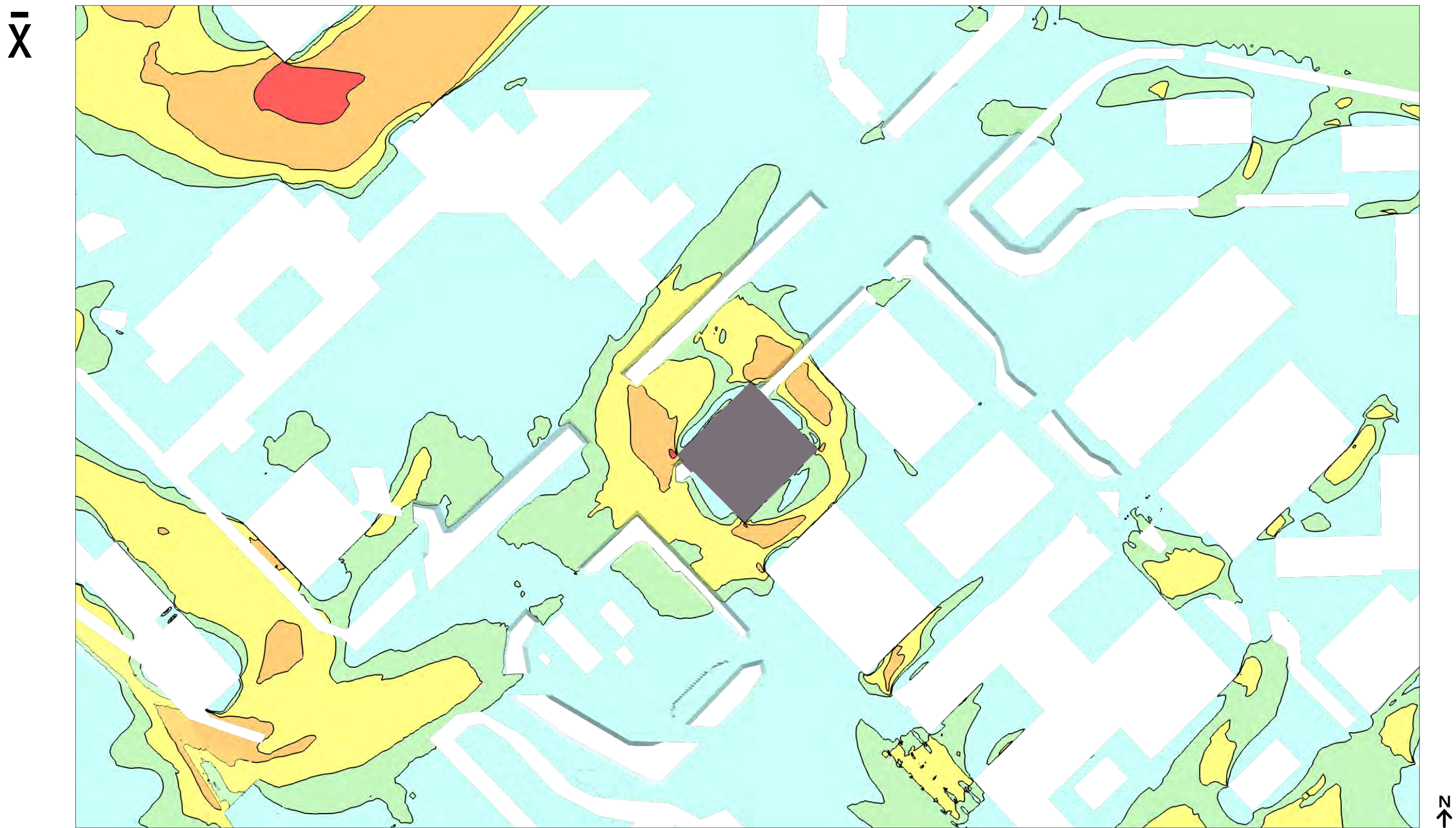
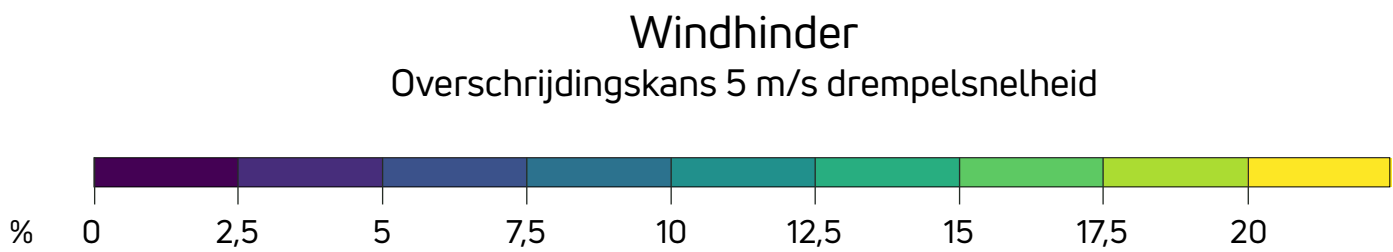
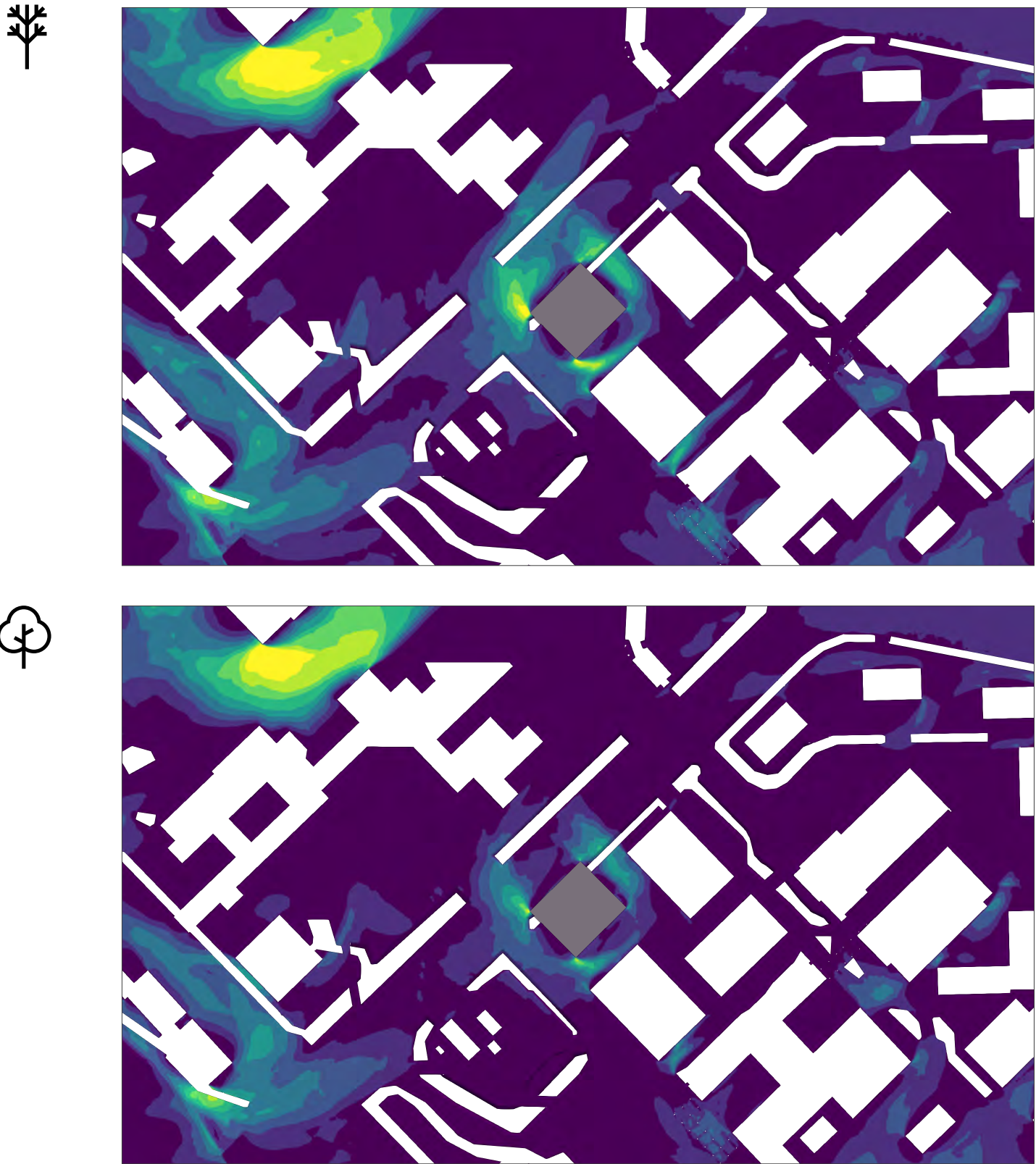
Windsnelheid [m/s]	N 345° - 15°	NNO 15° - 45°	ONO 45° - 75°	O 75° - 105°	OZO 105° - 135°	ZZO 135° - 165°	Z 165° - 195°	ZZW 195° - 225°	WZW 225° - 255°	W 255° - 285°	WNW 285° - 315°	NNW 315° - 345°	Cumulatief
0,0 - 0,9	0.13	0.08	0.08	0.15	0.16	0.23	0.21	0.21	0.25	0.24	0.20	0.18	2.11
1,0 - 1,9	0.47	0.34	0.27	0.50	0.45	0.73	0.75	0.72	0.85	0.80	0.66	0.55	7.09
2,0 - 2,9	0.68	0.52	0.46	0.72	0.73	1.13	1.19	1.19	1.22	1.07	0.89	0.75	10.54
3,0 - 3,9	0.80	0.66	0.53	0.95	0.82	1.21	1.41	1.64	1.45	1.28	0.99	0.81	12.56
4,0 - 4,9	0.79	0.79	0.66	1.08	0.83	1.15	1.50	1.83	1.74	1.35	1.02	0.81	13.56
5,0 - 5,9	0.68	0.67	0.75	1.07	0.76	0.99	1.32	1.90	1.85	1.18	0.82	0.68	12.68
6,0 - 6,9	0.55	0.61	0.77	1.12	0.59	0.61	1.12	1.74	1.75	1.03	0.68	0.58	11.15
7,0 - 7,9	0.38	0.50	0.76	0.92	0.44	0.44	0.91	1.59	1.57	0.76	0.50	0.40	9.15
8,0 - 8,9	0.23	0.37	0.62	0.69	0.32	0.30	0.68	1.28	1.30	0.52	0.36	0.25	6.91
9,0 - 9,9	0.12	0.26	0.49	0.53	0.18	0.15	0.47	1.00	0.94	0.38	0.21	0.19	4.93
10,0 - 10,9	0.07	0.17	0.37	0.42	0.07	0.08	0.33	0.76	0.71	0.26	0.11	0.08	3.43
11,0 - 11,9	0.04	0.11	0.31	0.32	0.04	0.04	0.19	0.52	0.51	0.17	0.07	0.05	2.36
12,0 - 12,9	0.02	0.06	0.24	0.21	0.01	0.01	0.11	0.35	0.30	0.11	0.03	0.03	1.48
13,0 - 13,9	0.01	0.03	0.17	0.13	0.01	0.01	0.06	0.21	0.19	0.06	0.01	0.01	0.90
14,0 - 14,9	0.01	0.03	0.10	0.09	0.00	0.00	0.02	0.12	0.09	0.03	0.01	0.01	0.52
15,0 - 15,9	0.00	0.01	0.07	0.07	0.00	0.00	0.01	0.05	0.05	0.02	0.00	0.00	0.30
16,0 - 16,9	-	0.00	0.05	0.03	0.00	-	0.01	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.17
17,0 - 17,9	-	0.00	0.04	0.02	-	-	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	-	0.10
18,0 - 18,9	-	-	0.01	0.01	-	-	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	-	0.04
19,0 - 19,9	-	-	0.01	0.00	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.02
20,0 - 20,9	-	-	0.00	0.00	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.01
21,0 - 21,9	-	-	0.00	0.00	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-	0.00
22,0 - 22,9	-	-	0.00	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-	-	0.00
23,0 - 23,9	-	-	0.00	-	-	-	-	0.00	-	-	-	-	0.00
24,0 - 24,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	-	0.00
25,0 en hoger	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

C Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld

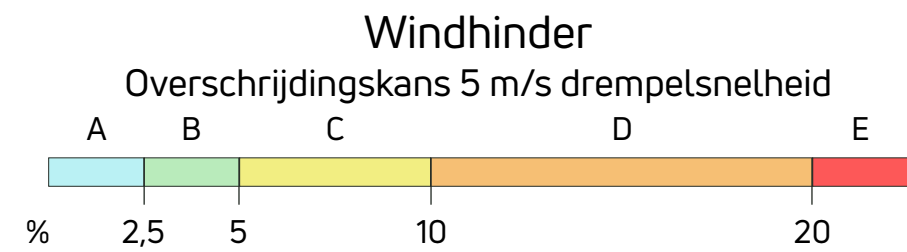
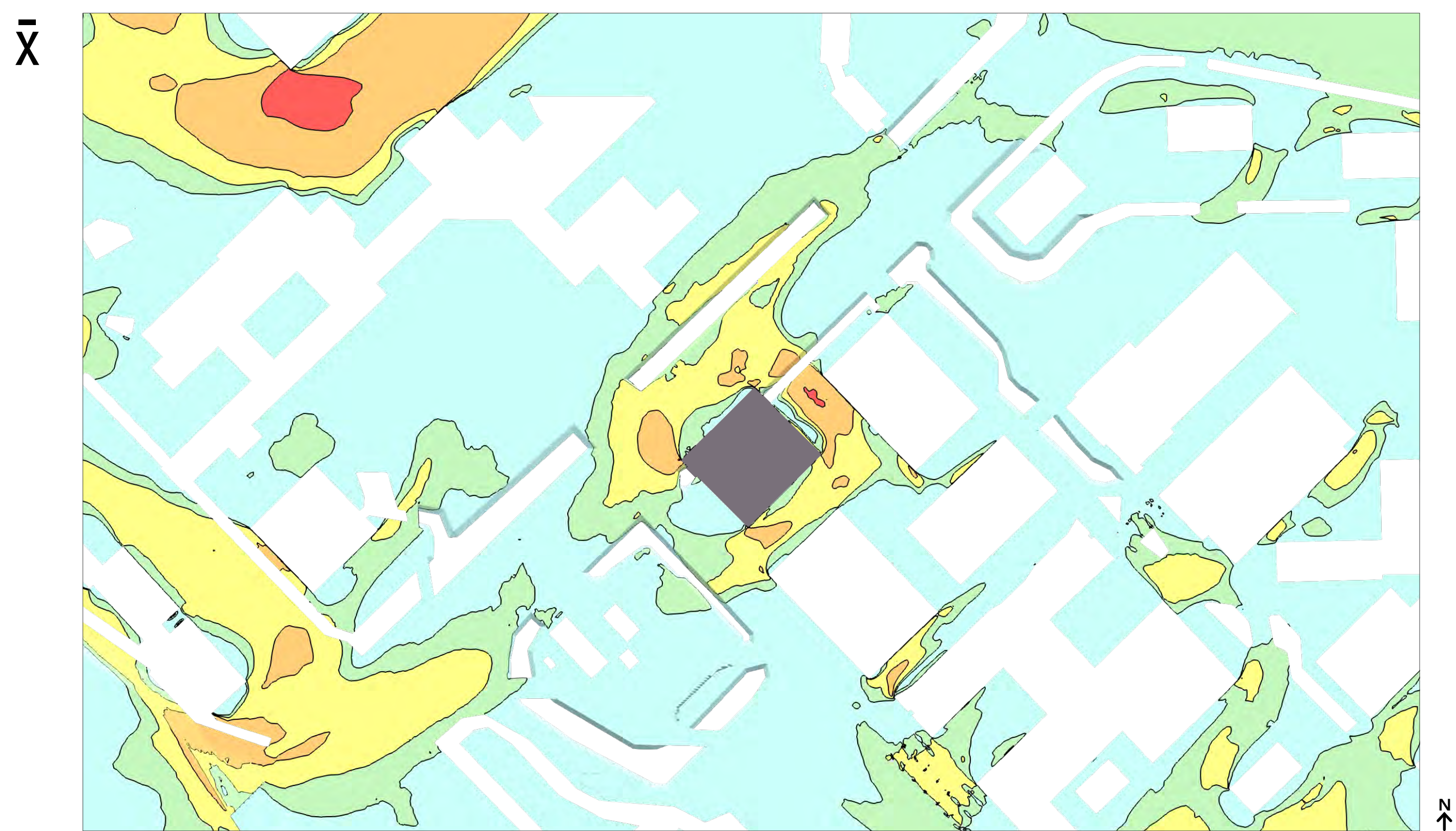
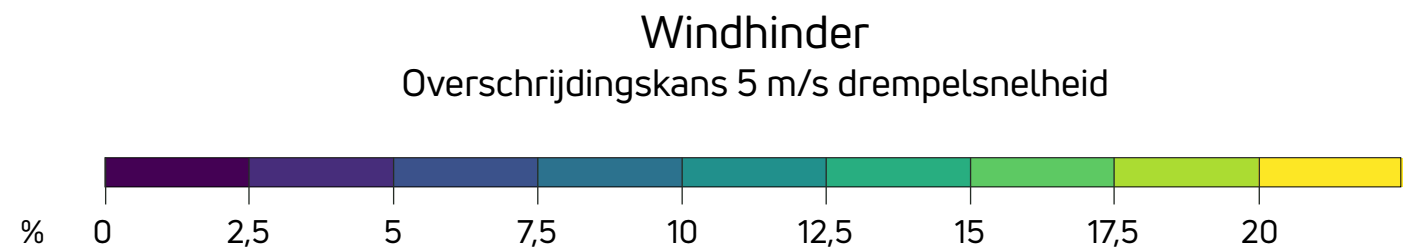
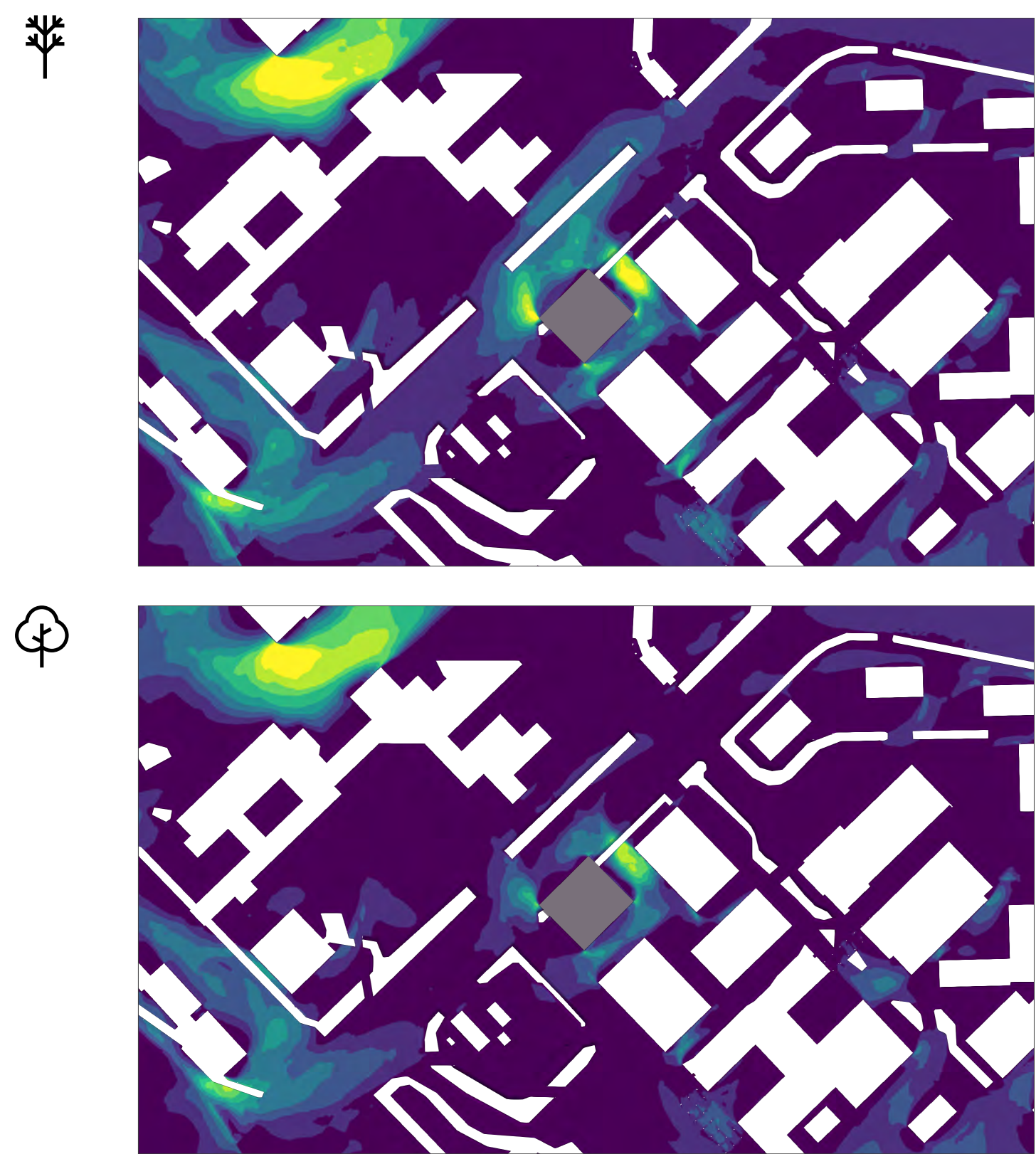
Windhinder in de toekomstige situatie variant 1



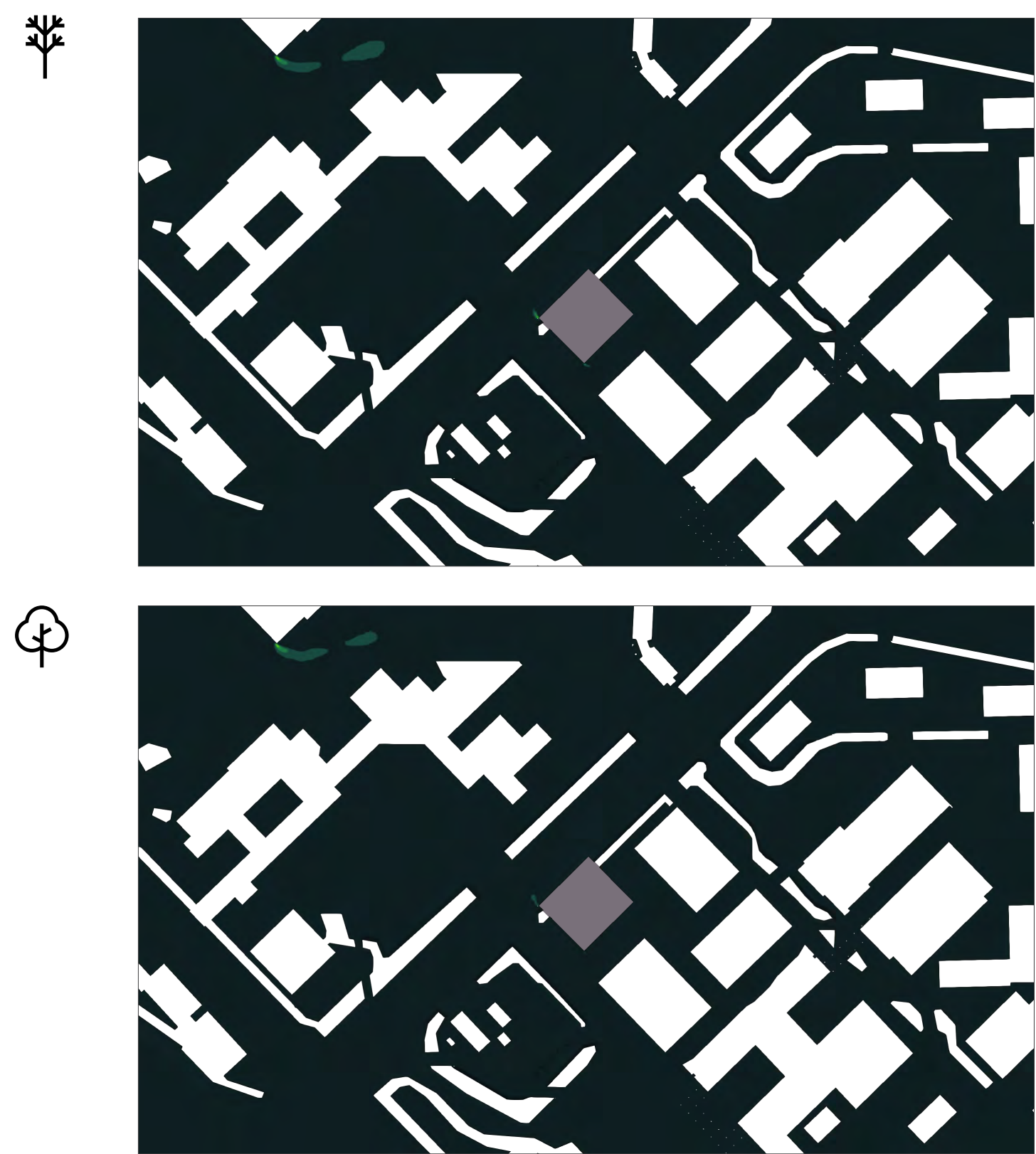
Windhinder in de toekomstige situatie variant 2



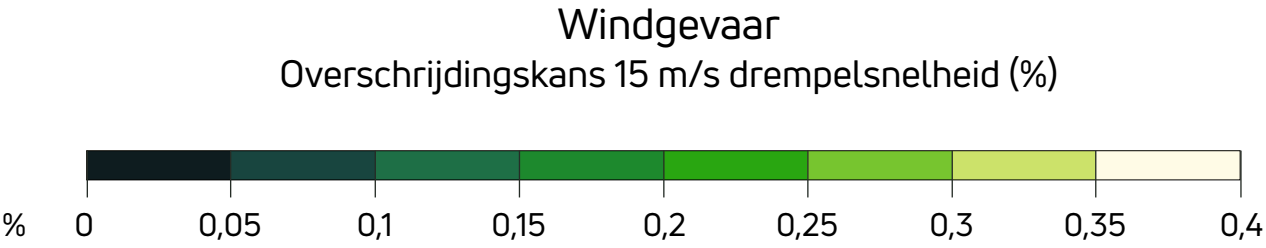
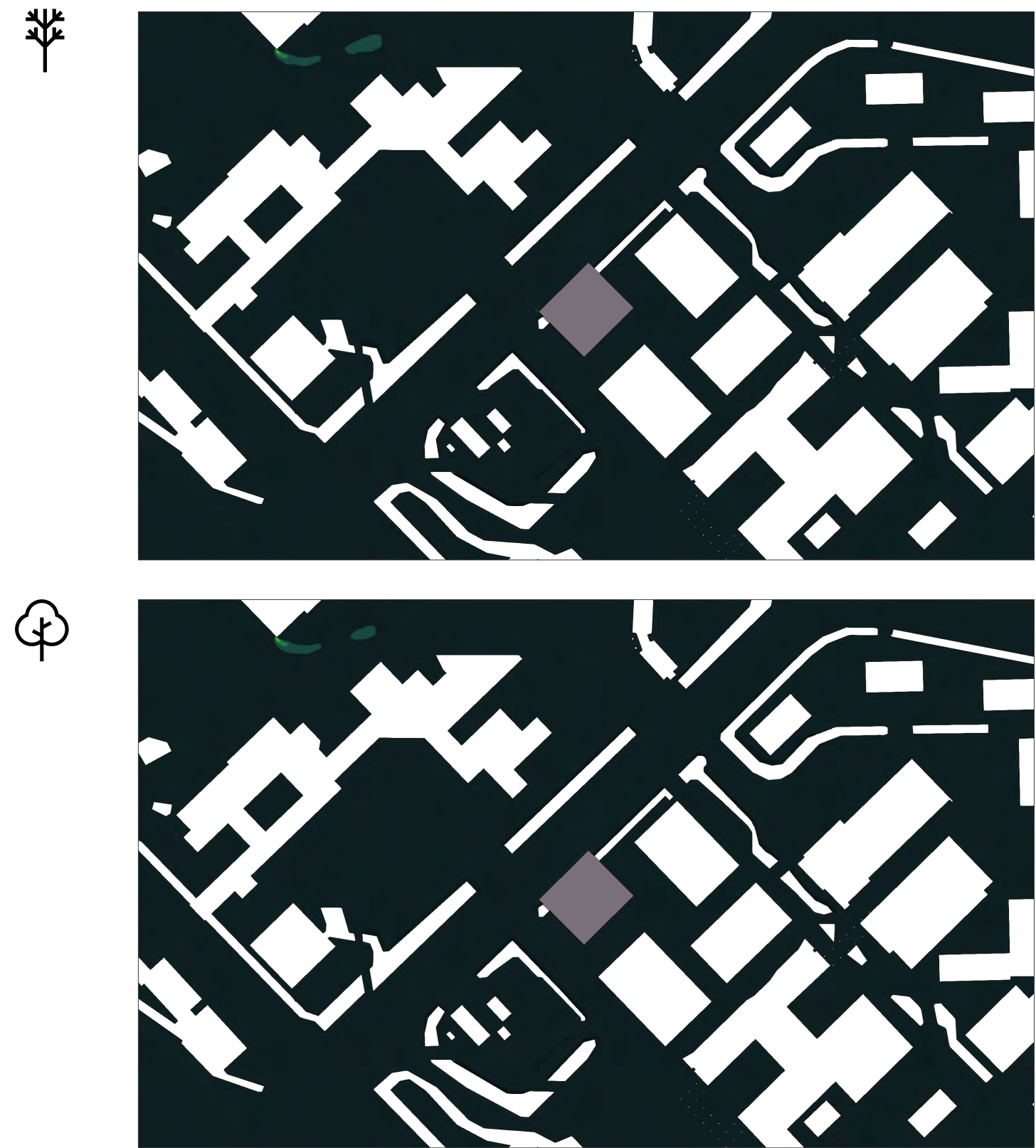
Windhinder in de toekomstige situatie variant 3



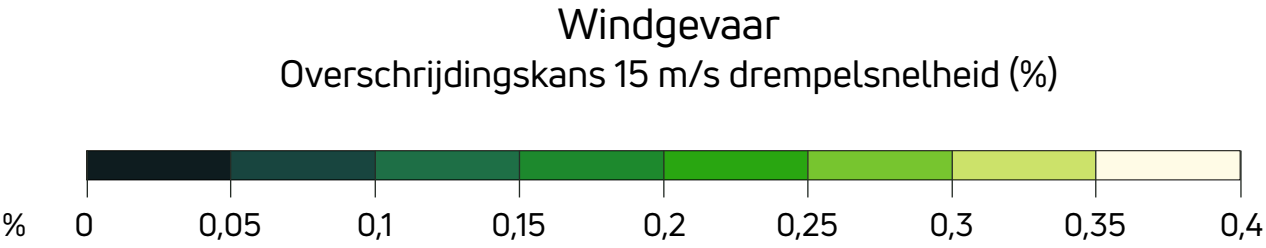
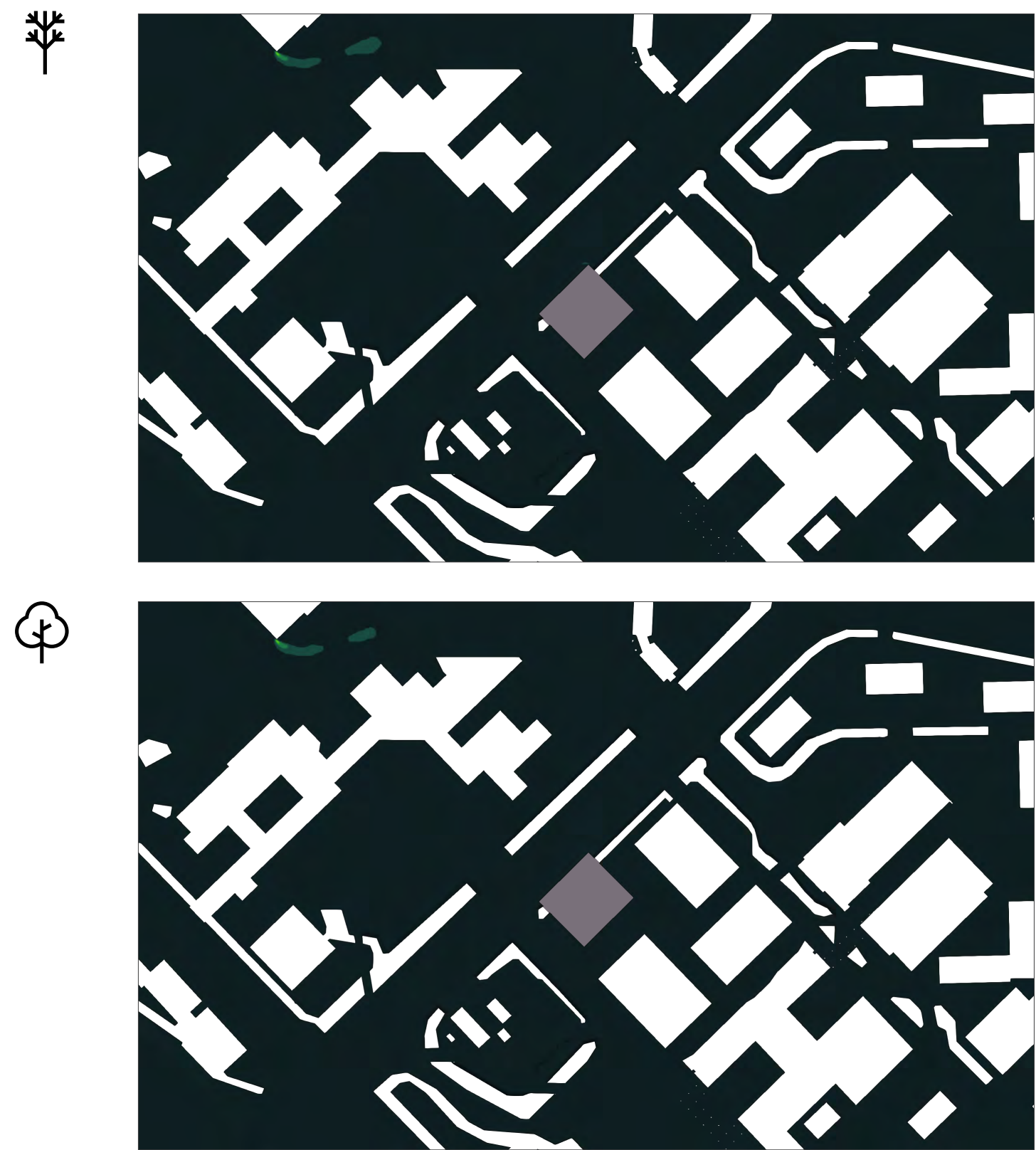
Windgevaar in de toekomstige situatie variant 1



Windgevaar in de toekomstige situatie variant 2

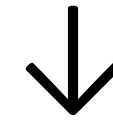


Windgevaar in de toekomstige situatie variant 3



D Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

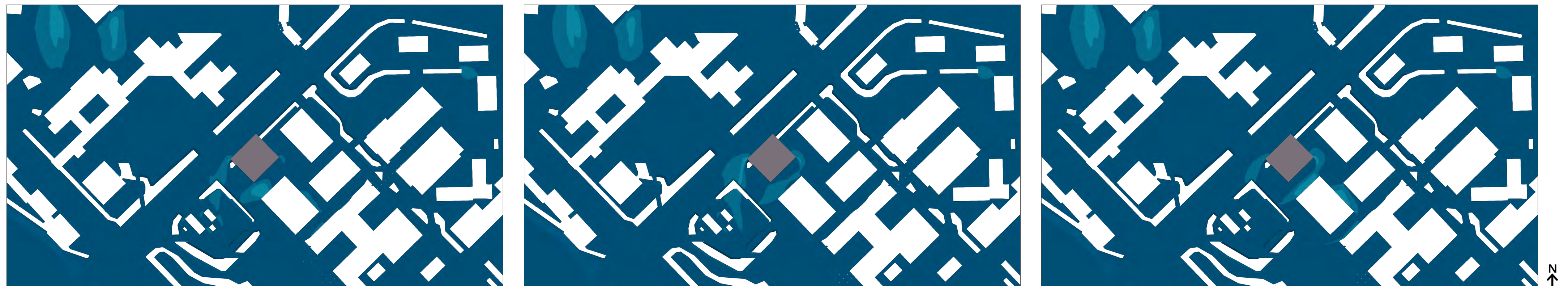
Windrichting:
0° Noord



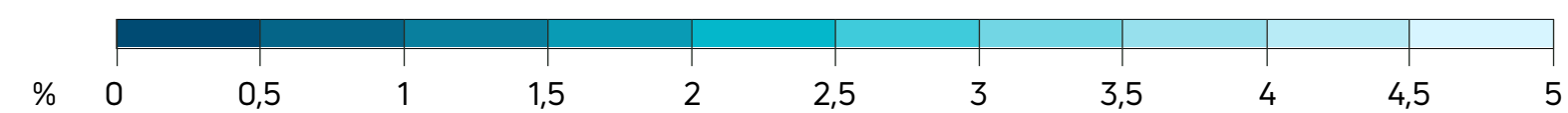
Toekomstige situatie variant 1

Toekomstige situatie variant 2

Toekomstige situatie variant 3



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



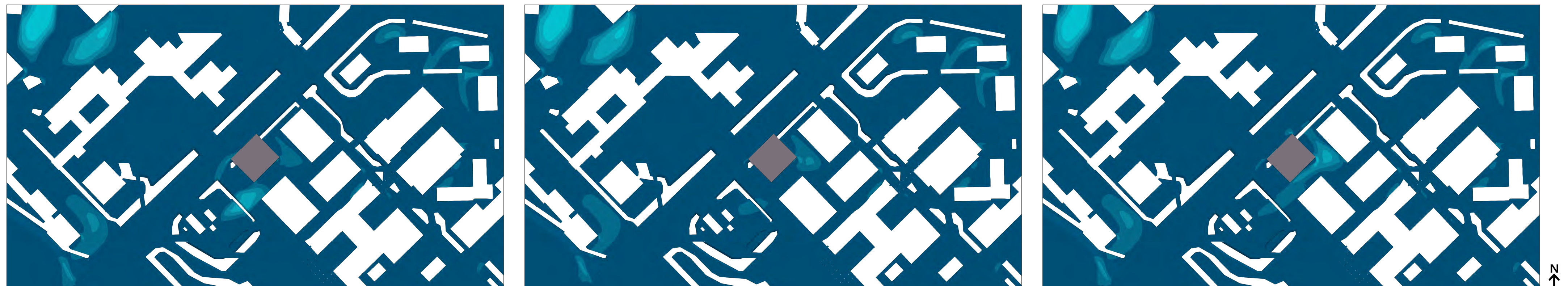
Windrichting:
30° Noordnoordoost



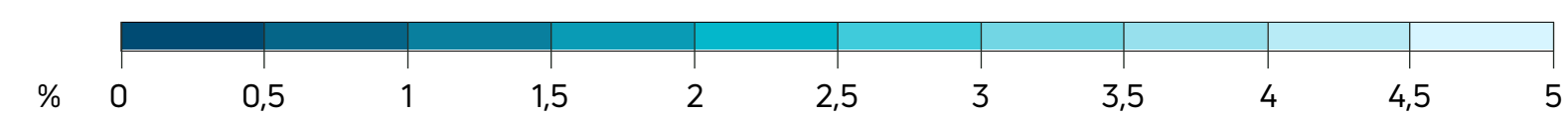
Toekomstige situatie variant 1

Toekomstige situatie variant 2

Toekomstige situatie variant 3



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



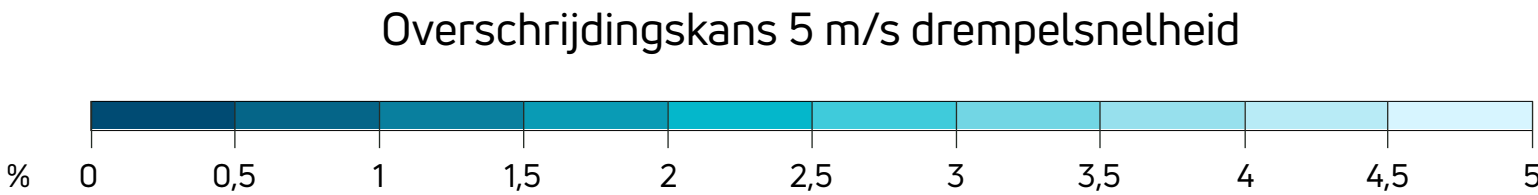
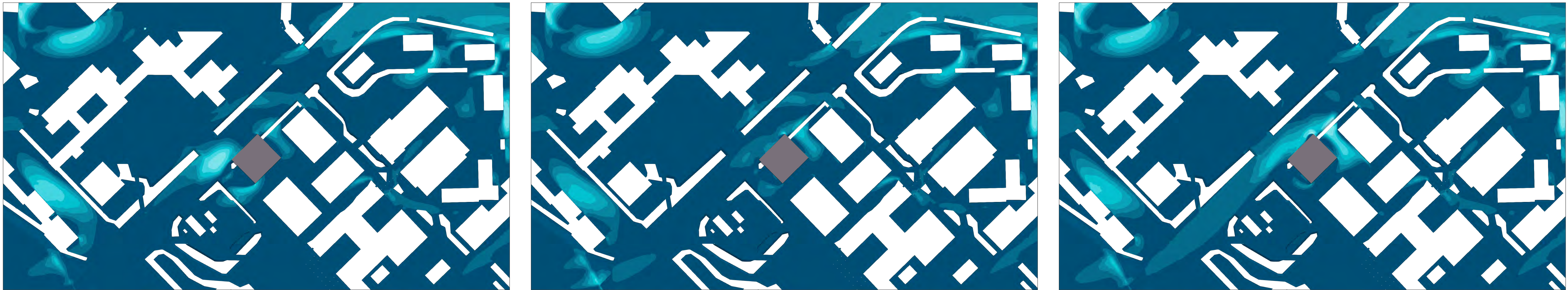
Windrichting:
60° Oostnoordoost



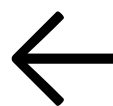
Toekomstige situatie variant 1

Toekomstige situatie variant 2

Toekomstige situatie variant 3



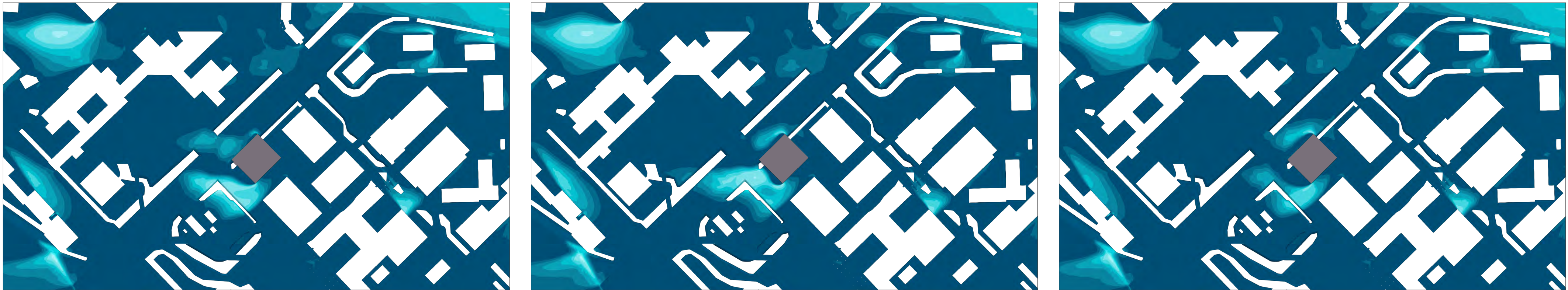
Windrichting:
90° Oost



Toekomstige situatie variant 1

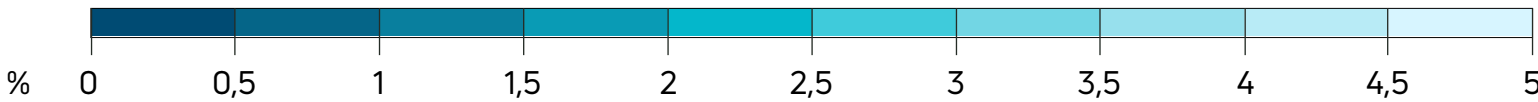
Toekomstige situatie variant 2

Toekomstige situatie variant 3



N
↑

Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



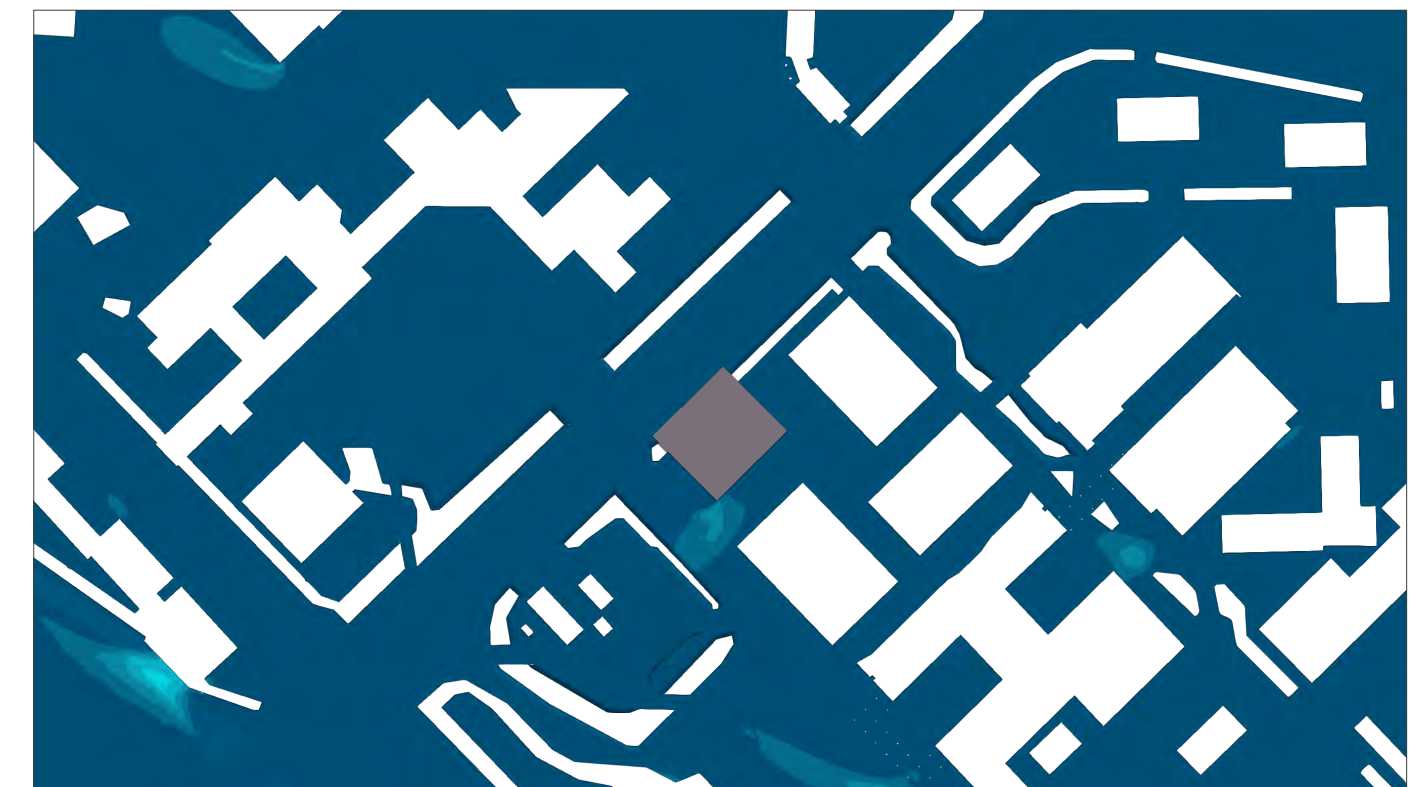
Windrichting:
120° Oostzuidoost



Toekomstige situatie variant 1

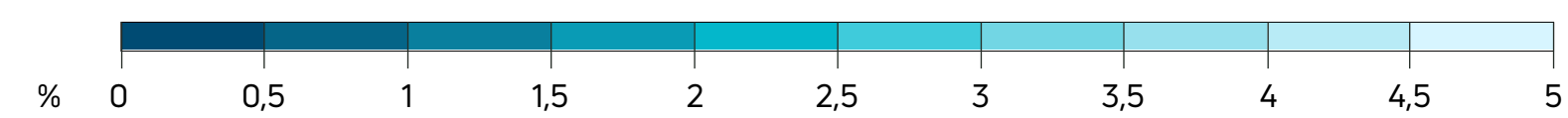
Toekomstige situatie variant 2

Toekomstige situatie variant 3



N
↑

Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Windrichting:
150° Zuidzuidoost



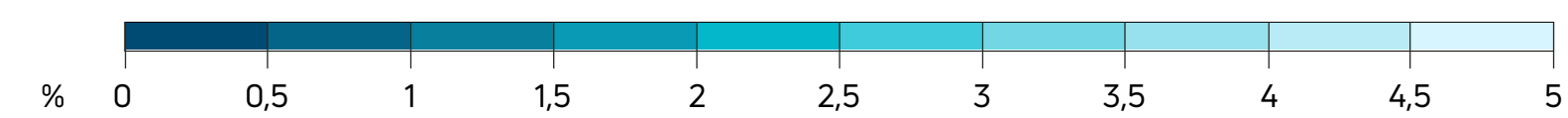
Toekomstige situatie variant 1

Toekomstige situatie variant 2

Toekomstige situatie variant 3



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



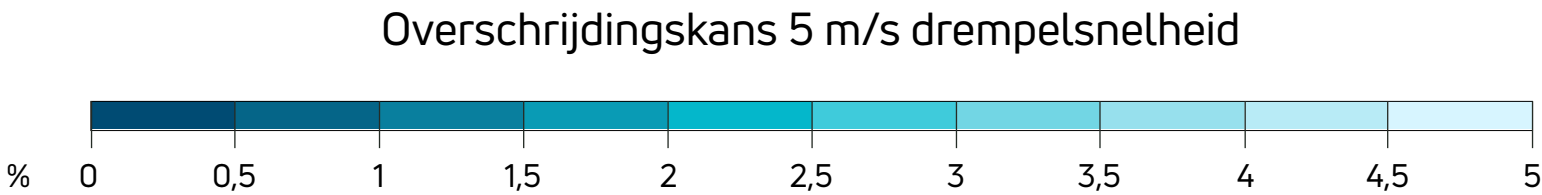
Windrichting:
180° Zuid



Toekomstige situatie variant 1

Toekomstige situatie variant 2

Toekomstige situatie variant 3



Windrichting:
210° Zuidzuidwest



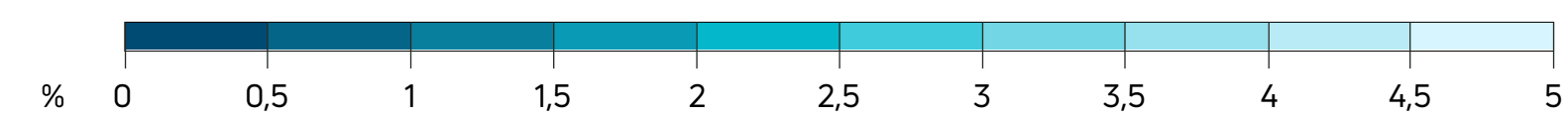
Toekomstige situatie variant 1

Toekomstige situatie variant 2

Toekomstige situatie variant 3



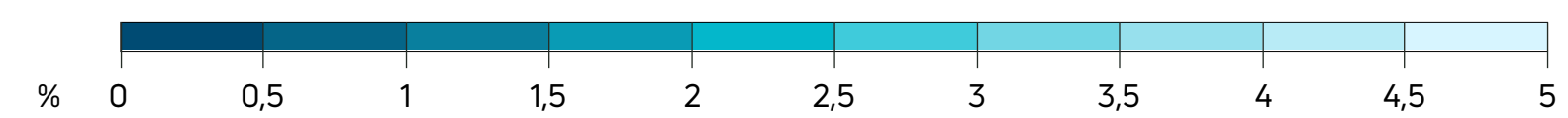
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



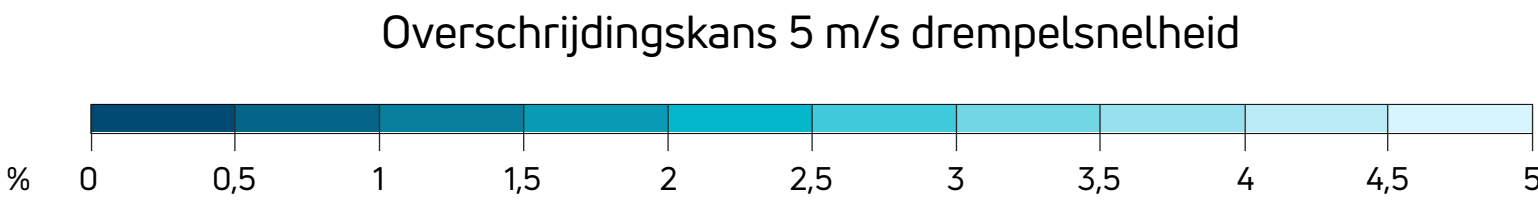
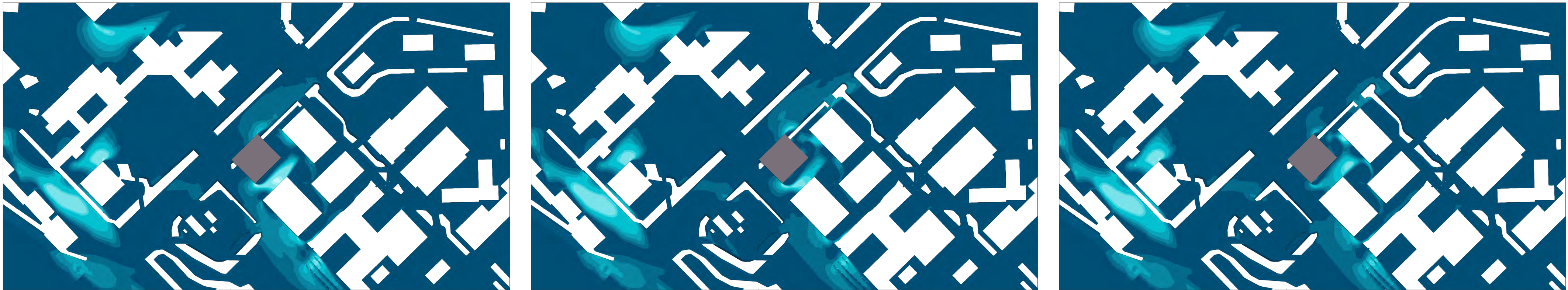
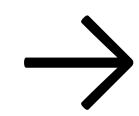
Windrichting:
240° Westzuidwest



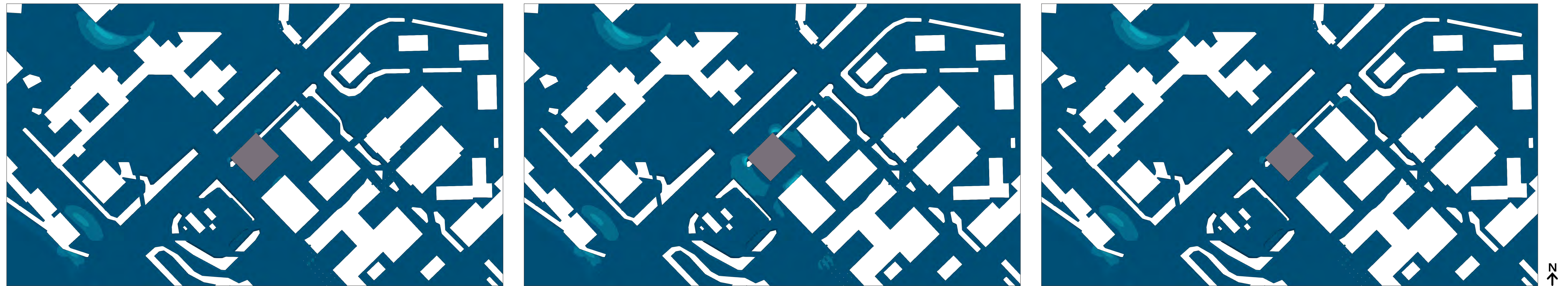
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



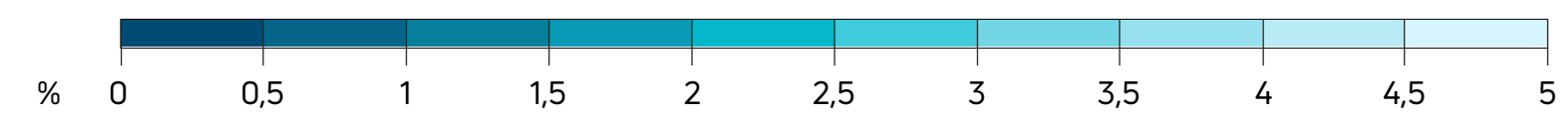
Windrichting:
270° West



Windrichting:
300° Westnoordwest



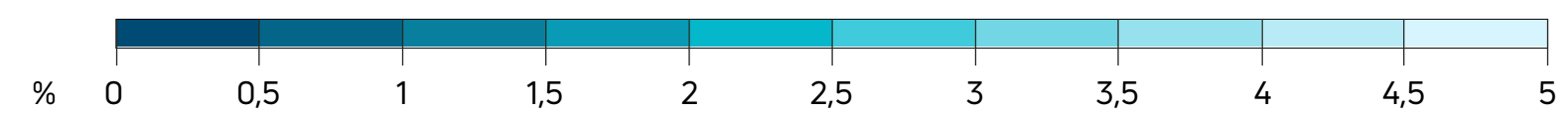
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Windrichting:
330° Noordnoordwest



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid





Actiflow BV

Tramsingel 1

4814 AB Breda

+31 (0)76 5422 220

contact@actiflow.com

www.actiflow.com