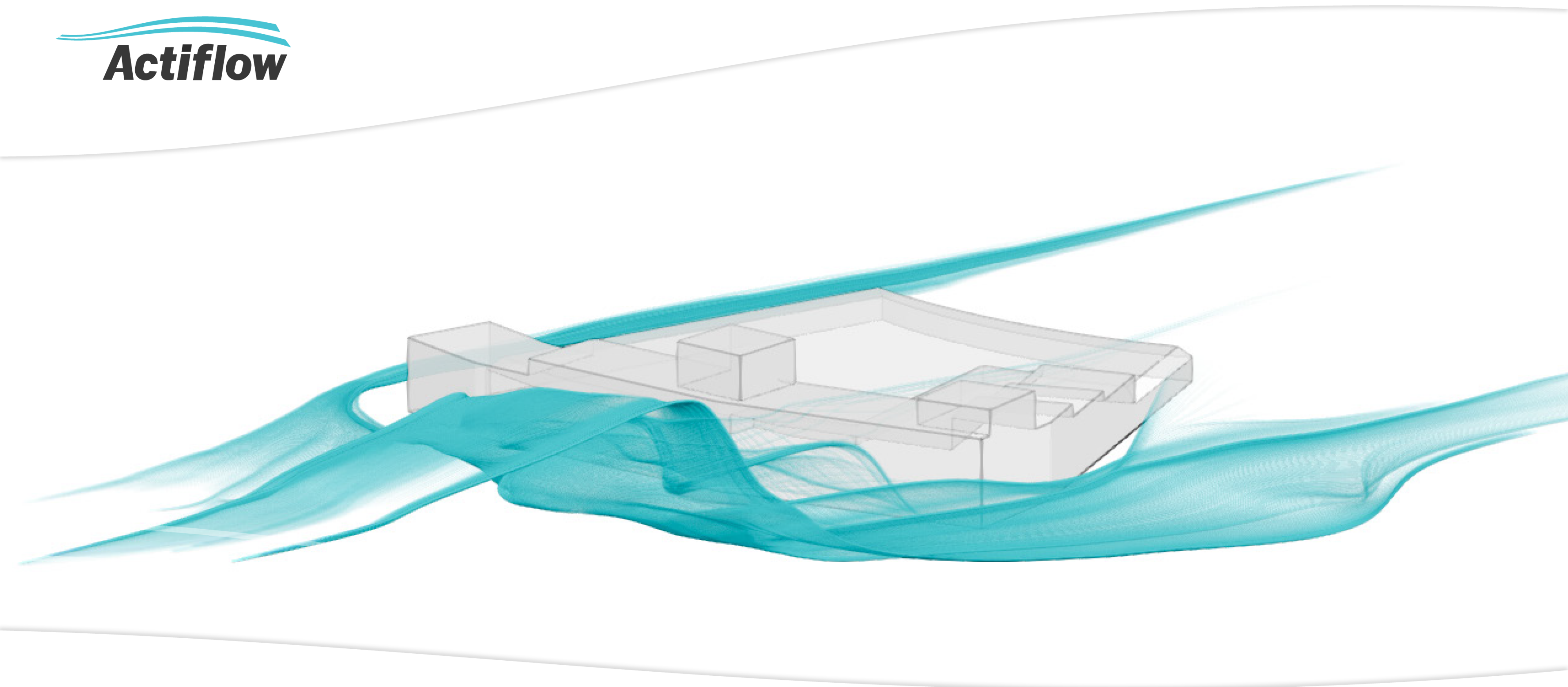




Nieuwe Sloot-Zuid te Alphen aan den Rijn

CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Nieuwe Sloot-Zuid te Alphen aan den Rijn
CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Opdrachtgever	Gemeente Alphen aan den Rijn
Contactpersoon opdrachtgever	
Projectnummer	7512
Rapportversie	1.1
Status	Definitief
Datum	7 mei 2024
	©2024 Actiflow BV

Auteur(s)

ir Roland Broers

Controleur

ir. Dean Pelkmans

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

Inhoudsopgave

1.	Introductie	4	B	Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid	20
2.	Normstelling	6	C	Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld	21
	2.1 Windhinder en windgevaar		D	Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen	23
	2.2 Classificatie en beoordeling van windhinder en windgevaar				
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			
	4.1 Windklimaat openbare buitenruimte				
5.	Analyse en discussie	16			
	5.1 Stromingsfenomenen				
	5.2 Aanbevelingen				
6.	Conclusie	18			
A	Inlegvel NEN 8100:2006	19			

1 Introductie

Voorliggende rapportage omschrijft een windonderzoek uitgevoerd door **Actiflow** in opdracht van Gemeente Alphen aan den Rijn. Dit windonderzoek is uitgevoerd voor de ontwikkeling van het project "Nieuwe Sloot-Zuid" te Alphen aan den Rijn.

Het plangebied is gelegen ten noordoosten van het centrum en wordt omsloten door de Rembrandtlaan, de President Kennedylaan, de Kees Mustersstraat en de Max Euwensingel. Figuur 1.1 geeft een impressie van de projectlocatie.

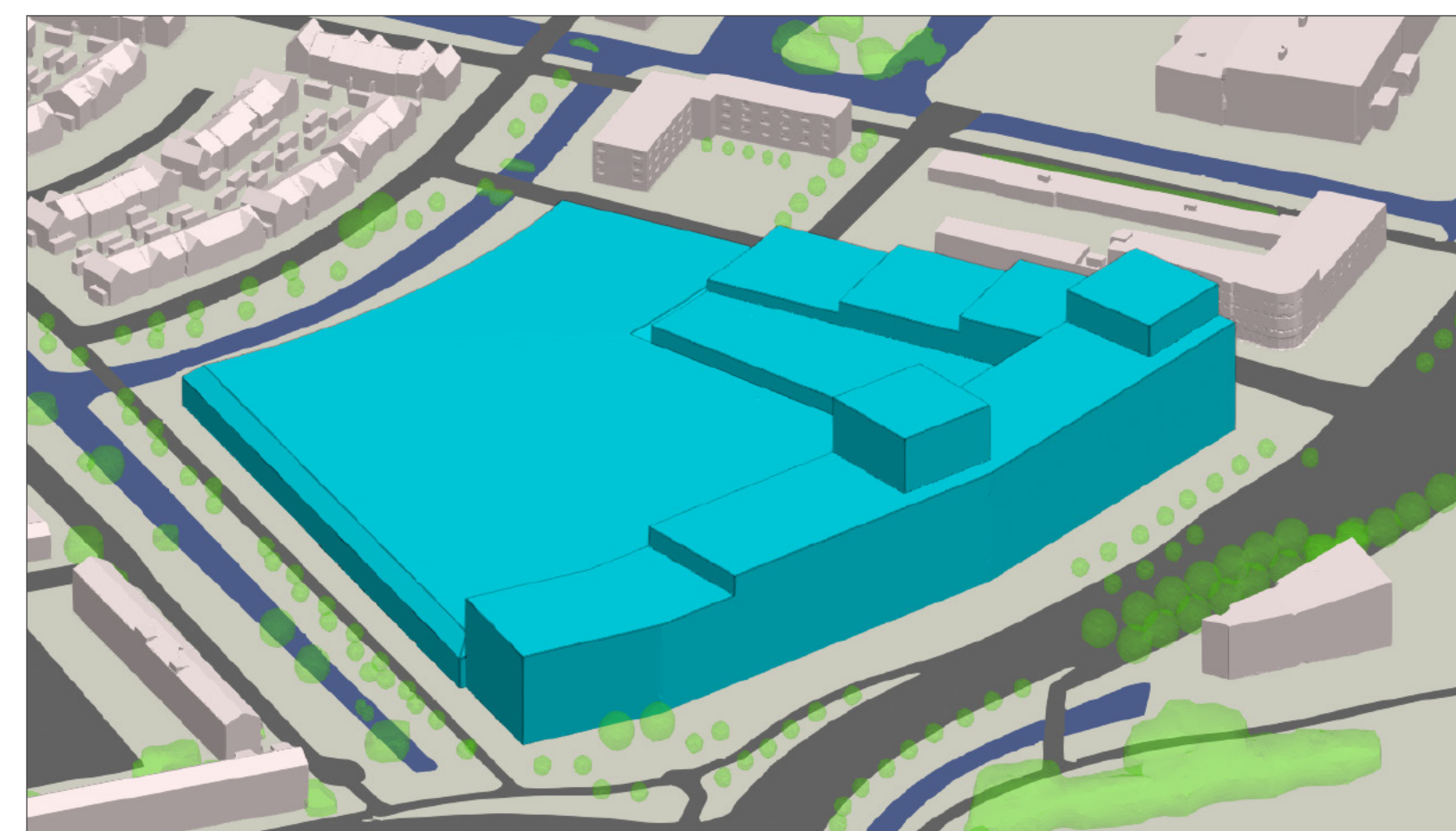
Een globaal ontwerpbestemmingsplan is opgesteld, welke uitgaat van een combinatie van grondgebonden woningen en deels in gestapelde bouw met twee hoogteaccenten van maximaal 35 m en 41 m. Figuur 1.2 geeft een impressie van het model van de nieuwbouw weer. Het gesimuleerde model gaat uit van het maximaal bebouwbare volume; het is mogelijk dat de uiteindelijke nieuwe bebouwing minder omvang zal hebben. Voor de plaatsing van de twee hoogteaccenten in het model is ervoor gekozen om het hoogste accent het meest in de wind te plaatsen om zo het meest nadelige effect op het windklimaat te simuleren.

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 Nederlandse norm NEN8100:2006 'windhinder en windgevaar in de gebouwomgeving'.



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



Figuur 1.2:
Impressie van
het model van de
toekomstige situatie

Zicht vanuit het zuiden

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.

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 1,75m 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	Goed	Goed	Goed
2,5 - 5 % (219-438 uren)	B	Goed	Goed	Matig
> 5 - 10 % (> 438-876 uren)	C	Goed	Matig	Slecht
> 10 - 20 % (> 876-1752 uren)	D	Matig	Slecht	Slecht
> 20 % (1752 uren)	E	Slecht	Slecht	Slecht

^a Dit geldt conform de norm voor een bankje in het park, voor horeca terrassen of private buitenruimtes is zwaardere normstelling nodig om het gewenste comfort te behalen.

Tabel 2.2 toont de indeling en beoordeling van de kans op windgevaar. Bij de beoordeling wordt niet direct onderscheid gemaakt in activiteiten, echter wordt in NEN 8100:2006 opgemerkt dat voor activiteitenklassen ‘Slenteren’ en ‘Langdurig zitten’ zelfs een beperkt risico al onacceptabel is. Dit betekent dat voor deze activiteitenklassen geldt dat enkel $p \leq 0,05$ acceptabel is. Een gevaarlijk windklimaat moet in elk voetgangersgebied worden vermeden.

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

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

3 Opzet van de berekening

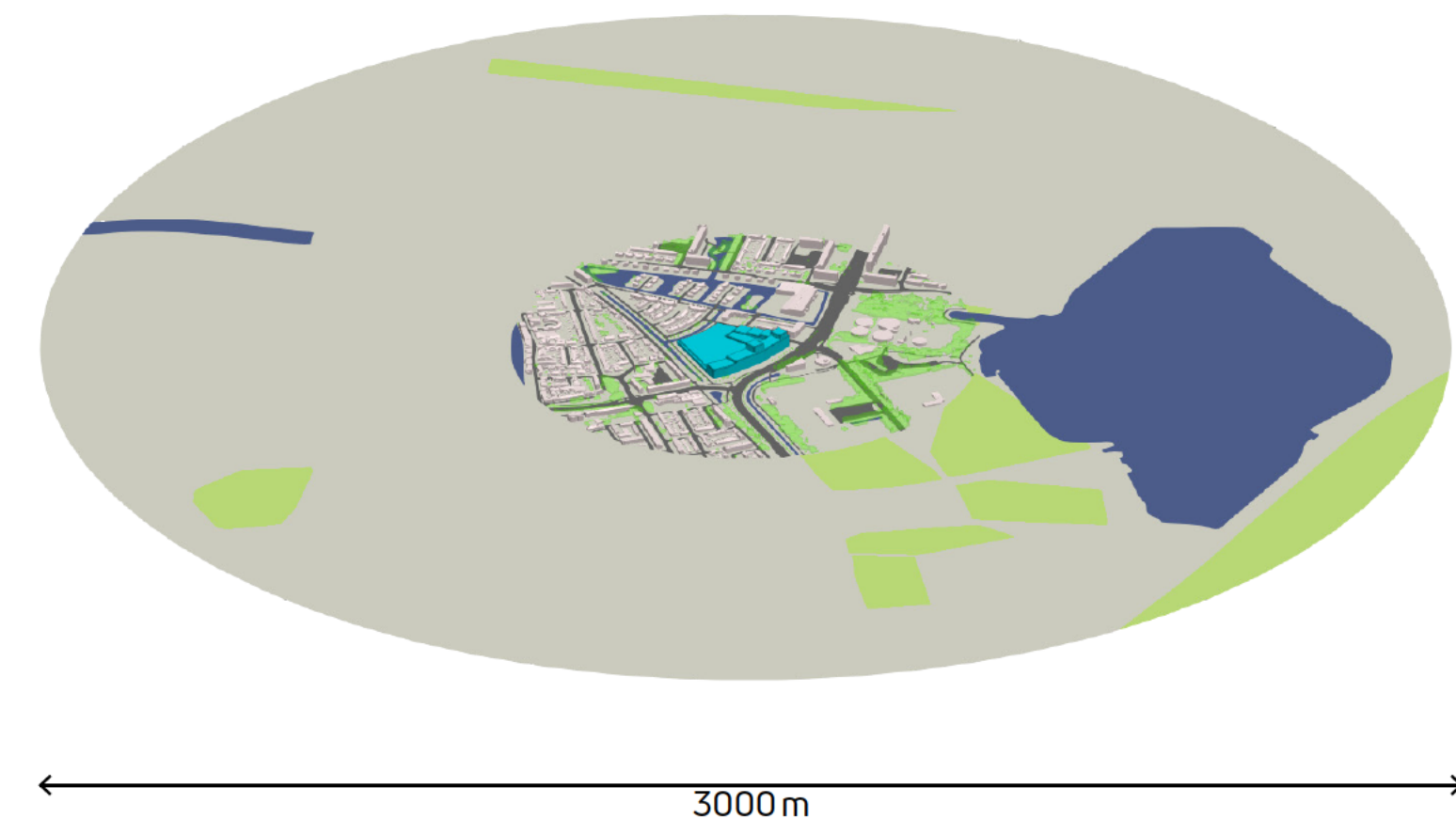
Het windonderzoek is uitgevoerd aan de hand van de richtlijnen in NEN 8100:2006. Hierbij hanteert Actiflow een 'Kwaliteitsrapport', zoals dit ook benoemd wordt in NEN 8100:2006. Hiermee wordt de kwaliteit van ons onderzoek en de betrouwbaarheid van de resultaten gewaarborgd. In dit hoofdstuk worden de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

3.1 3D-Model en rekenrooster

De geometrie van het model is gebaseerd op de verkregen tekeningen van de opdrachtgever. Het model omvat alle gebouwen binnen een straal van minimaal 300 m. Dit betreft de toekomstige situatie na toevoeging van de nieuwbouw in figuur 1.2 en 3.1.

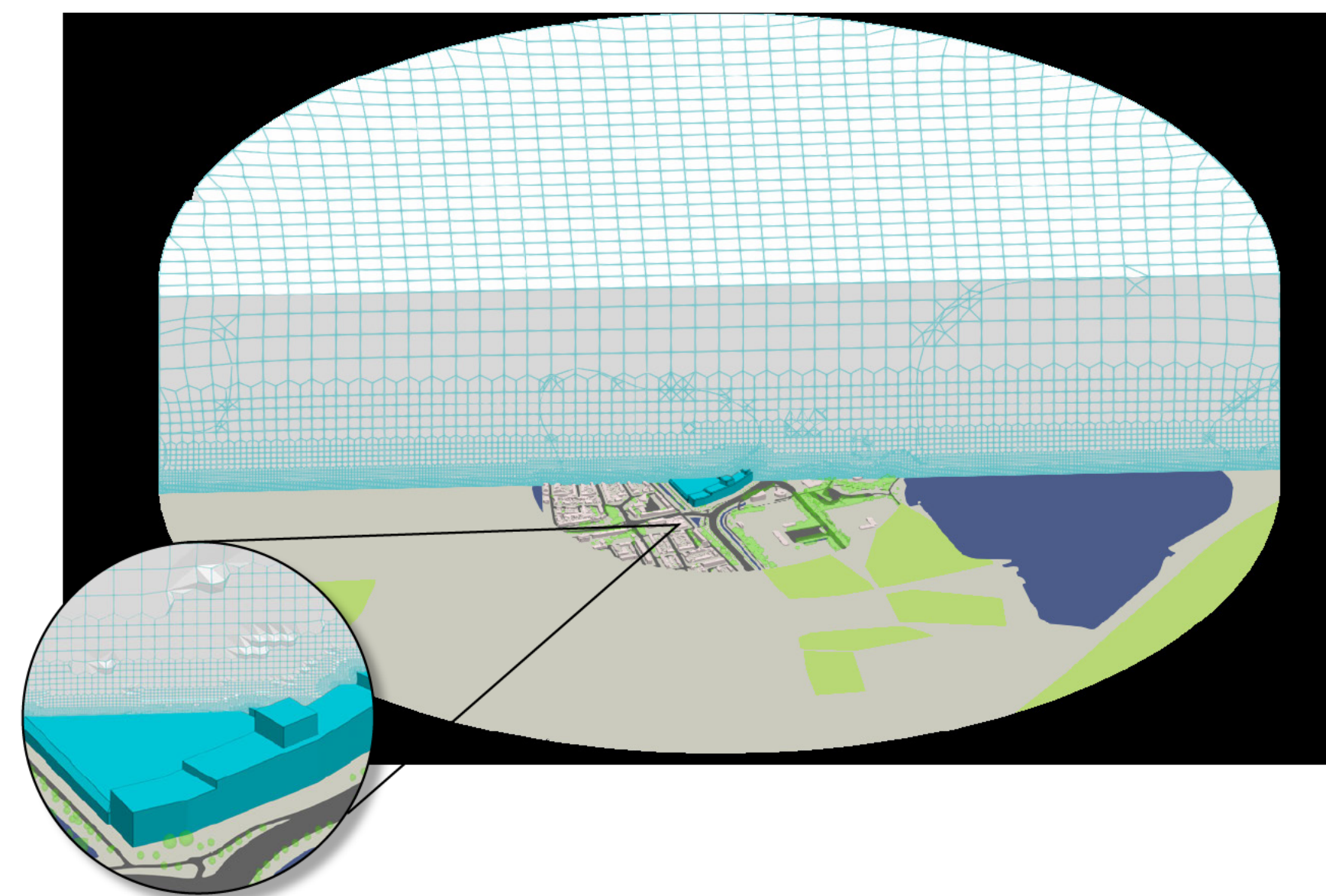
De omliggende bebouwing is als eenvoudige massa's weergegeven. Rond dit gebied is een cilindervormig domein geplaatst met een doorsnede van 3000 m en een hoogte van 600 m. Het plangebied is centraal in dit domein geplaatst, zodat hier verschillende windrichtingen op kunnen worden toegepast zonder dat het voor- of achtergebied te klein wordt. De ruwheid van het voorland is afgestemd op de werkelijke situatie conform NPR 6097:2006.

Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster voor deze situatie (figuur 3.2). Dit rooster bestaat uit ongeveer 21 miljoen cellen. Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vijf lagen prisma's geplaatst. Deze prismalaag zorgt voor een betere berekening van de snelheidsgradiënt in de (atmosferische) grenslaag.



Figuur 3.1:
Impressie van het
model

Zicht vanuit het
zuiden



Figuur 3.2:
Doorsnede van het
rekenrooster

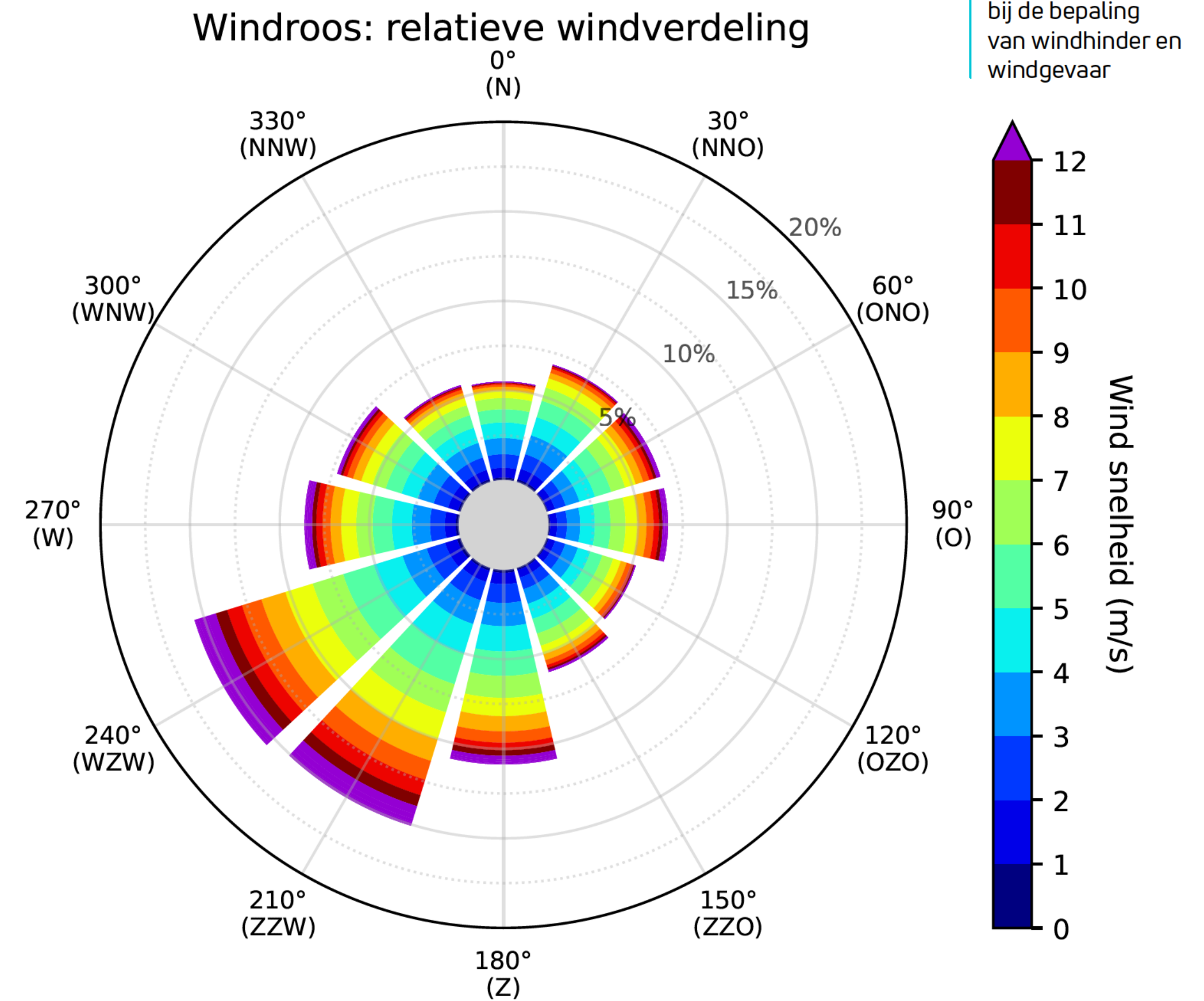
Zicht vanuit het
zuiden

3.2 Vegetatie

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

3.3 Methodiek

Om inzicht te krijgen in het windklimaat is de gehele windroos doorgerekend, te weten 12 windrichtingen. Voor elke windrichting die in beschouwing is genomen wordt een resulterend snelheidsveld bepaald. Hiermee is voor elke locatie per windrichting de versterkingsfactor ten opzichte van de opgelegde windsnelheid vastgelegd. Vervolgens wordt de windstatistiek conform NPR 6097:2006 gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, zodat voor elke windsnelheid op een locatie een overschrijdingskans kan worden bepaald van verschillende windsnelheden. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste kwaliteitsklasse om te bepalen of er een comfortabel windklimaat kan zijn. Een visualisatie van de lokale windstatistiek als windroos is weergegeven in figuur 3.3. Een frequentieverdeling van de windsnelheid op 60m hoogte wordt gerapporteerd in bijlage B.



3.4 Software

De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van OpenFOAM v2312, een softwarepakket dat bedoeld is voor het oplossen van problemen in de continuüm mechanica en thermodynamica. Voor dit project is "simpleFoam" gebruikt. Deze solver is gebaseerd op de Reynolds-averaged Navier-Stokes (RANS) vergelijkingen voor incompressibele vloeistoffen en houdt rekening met turbulentie. Voor de modellering van turbulentie is gebruik gemaakt van het SST k- ω model.

3.5 Aannames en randvoorwaarden

Voor de berekeningen is een referentie-windsnelheid van 5 m/s op een hoogte van 60m opgegeven. Hierbij is een atmosferisch grenslaagprofiel toegepast. Er is aangenomen dat de atmosferische grenslaag een snelheidsprofiel heeft volgens vergelijking 3.1 en 3.2. Hierin is U_n de horizontale windsnelheid, z de hoogte vanaf het maaiveld, en z_0 een ruwheidslengte. De ruwheidslengte is een maat voor de ruwheid van het terrein. Verder is κ de constante van von Kármán en die is gelijk aan 0,41. Deze empirische constante is gerelateerd aan het modelleren van grenslagen. Ook de turbulente grootheden k en ω verlopen volgens een voorgeschreven profiel, zoals aangegeven in vergelijking 3.3 en vergelijking 3.4. Hierin heeft C_μ de waarde 0,09. Deze empirische constante komt voort uit het gebruikte turbulentiemodel (SST k- ω).

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

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

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

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

4 Resultaten

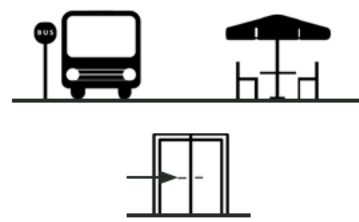
4.1 Windklimaat openbare buitenruimte

In deze sectie worden de resultaten voor windhinder en windgevaar ter plaatse van de openbare buitenruimte weergegeven conform NEN 8100:2006. De resultaten van de openbare buitenruimte worden weergegeven op horizontale doorsneden op 1,75 m boven maaiveld.

Figuren 4.1, 4.2 en 4.3 tonen de resultaten van de openbare buitenruimte. In figuur 4.2 worden de resultaten getoond voor de diverse activiteiten die benoemd worden in NEN 8100:2006. Figuur 4.2a en b tonen de jaargemiddelde resultaten voor de activiteiten doorlopen en slenteren. Figuur 4.2c toont het resultaat voor de activiteit langdurig zitten. Deze activiteit vindt, in tegenstelling tot de andere activiteiten, typisch plaats tijdens dagen die een aangener klimaat kennen. Deze dagen zijn veelal gelegen in de lente- en zomermaanden, wanneer de aanwezige vegetatie volledig in het blad staat. Het hier getoonde resultaat is dan ook die van de berekeningen met al de vegetatie bladdragend.

Als richtwaarden voor de gewenste windhinderklassen wordt tabel 4.1 aangehouden.

Tabel 4.1: Richtwaarden van de windhinderklassen per activiteit

		Goed	Matig	Slecht
	<i>Langdurig zitten</i> en voetgangersactiviteiten ter plaatse van gebouw-entrees, etc.	A	B	C, D en E
	<i>Slenteren</i> en op locaties die gezien kunnen worden als verblijfsgebied voor voetgangers	A en B	C	D en E
	<i>Doorlopen</i> op locaties met voor voetgangers louter een verkeersfunctie en geen verblijfsfunctie	A, B en C	D	E
Windgevaar dient bij voorkeur voorkomen te worden. Een beperkt risico kan lokaal geaccepteerd worden				

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

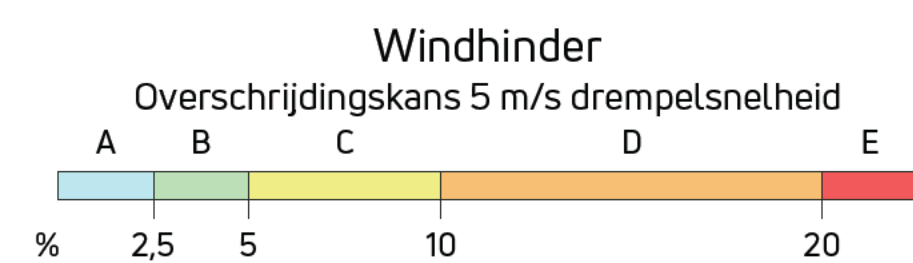
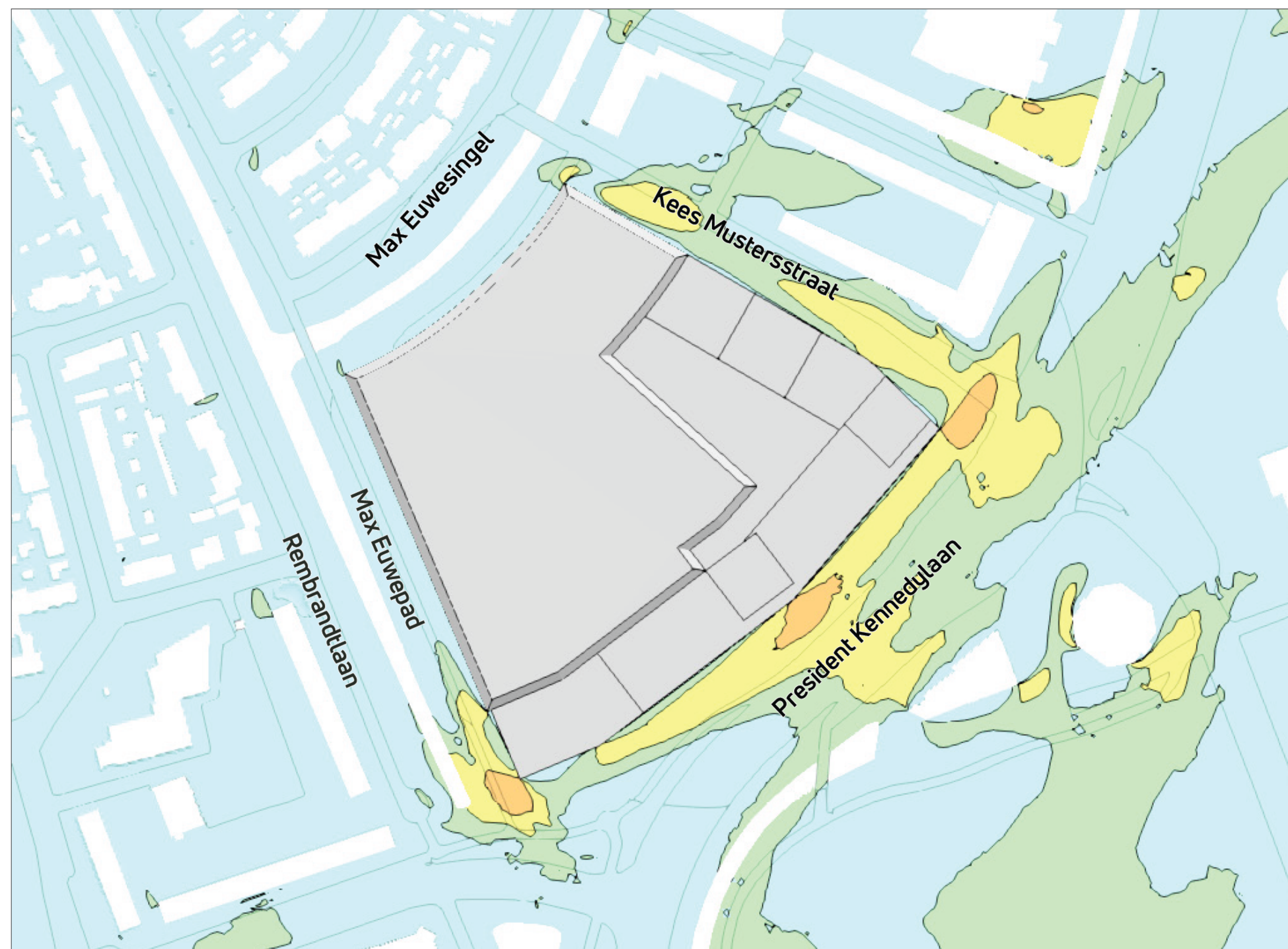
Voor gebouwentrees die in een zone met windhinderklasse C liggen (goed voor 'doorlopen', matig voor 'slenteren'), wordt aanbevolen om de entree in een nis te plaatsen om zo een windluwe zone te voorzien. Deze windhinderklasse wordt voornamelijk ondervonden langs de gevel aan de President Kennedylaan en in de Kees Mustersstraat.

De zuid- en oosthoek van het gebouw ondervinden windhinderklasse D, evenals een zone nabij het hoogteaccent van 41 m. Deze zones zijn matig geschikt voor de activiteit 'doorlopen' en slecht geschikt voor de activiteit 'slenteren' en 'langdurig zitten', zie figuur 4.2.

Aan de Rembrandtlaan wordt enkel de meest windluwe klasse ondervonden, hier is de beoordeling dan ook goed voor de activiteit 'langdurig zitten'. Direct aan het gebouw wordt enkel de zijde van de Max Euwelsingel en het noordelijke deel van het Max Euwepad als goed beoordeeld voor 'langdurig zitten'.

De resultaten tonen aan dat er geen risico is op windgevaar nabij de projectlocatie, zie figuur 4.3.

In hoofdstuk 5 worden de windrijkere zones besproken en indien nodig worden er voorstellen gedaan om het windklimaat in deze gebieden te verbeteren.

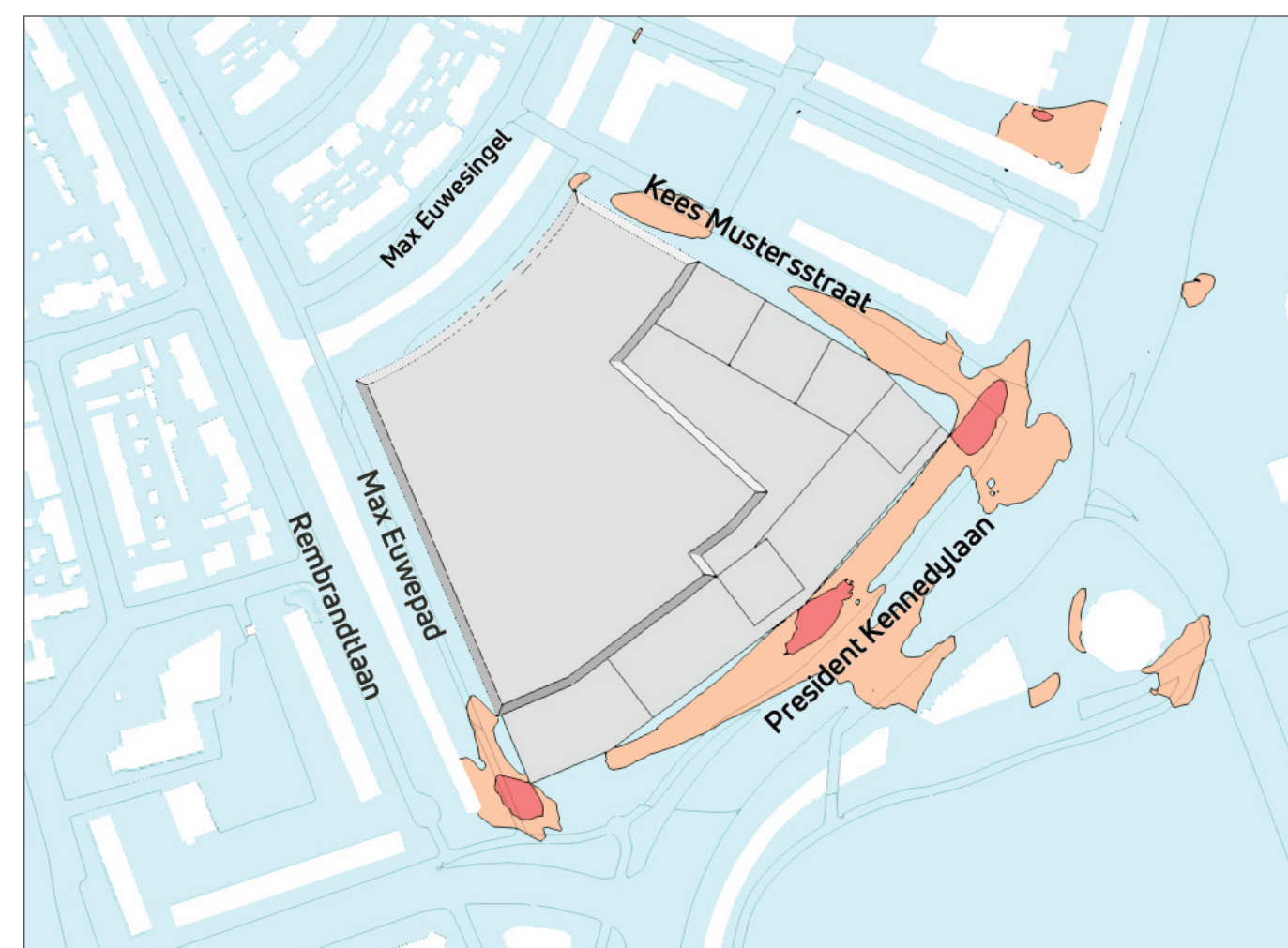


Figuur 4.1:
Windhinder op
voetgangersniveau

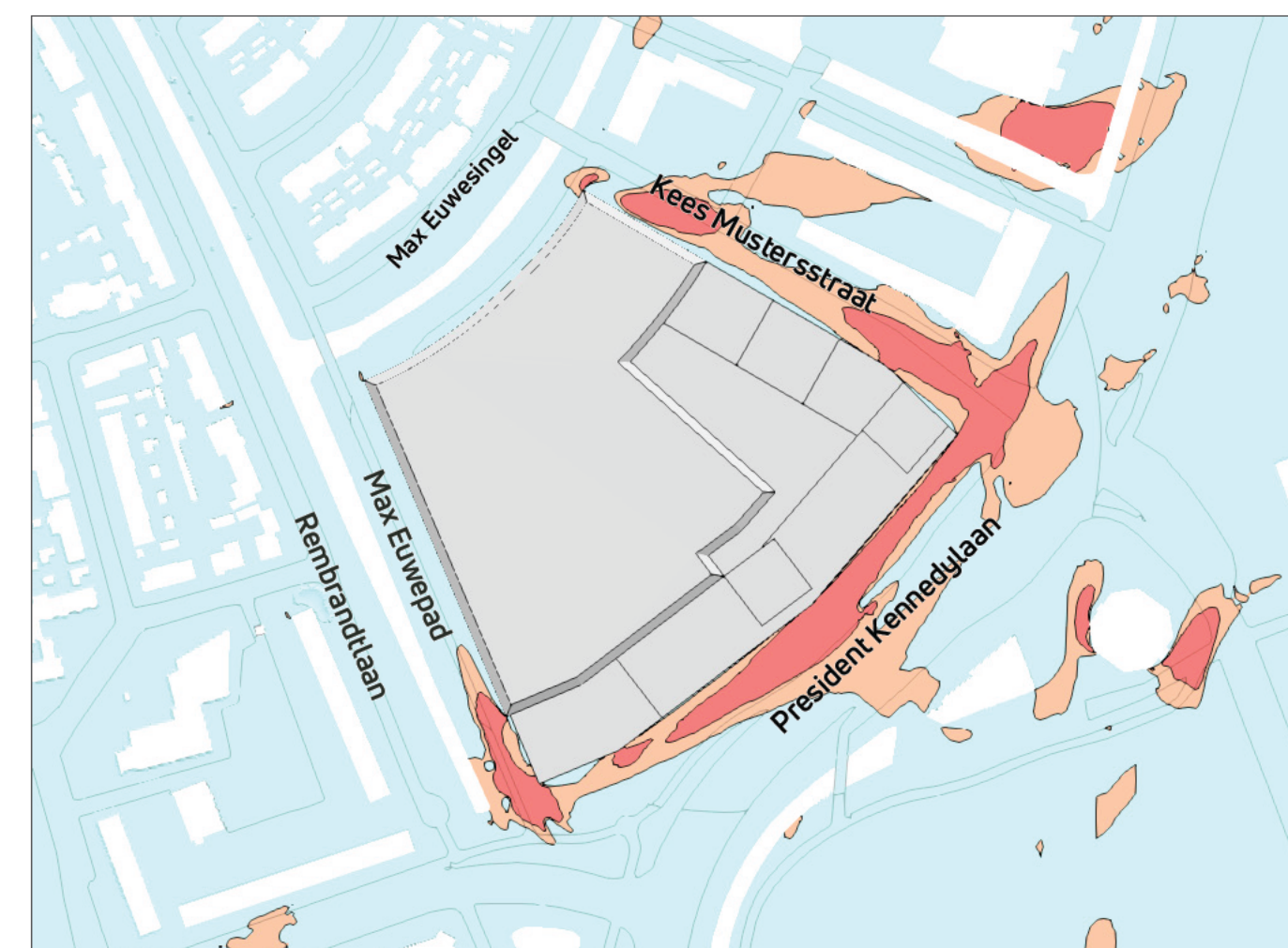
Figuur 4.2:
Windhinder op
voetgangersniveau
voor drie
verschillende
activiteiten



(a)
Beoordeling activiteit doorlopen



(b)
Beoordeling activiteit slenteren



(c)
Beoordeling activiteit lang zitten (situatie bladdragend)





Figuur 4.3:
Windgevaar op
voetgangsniveau



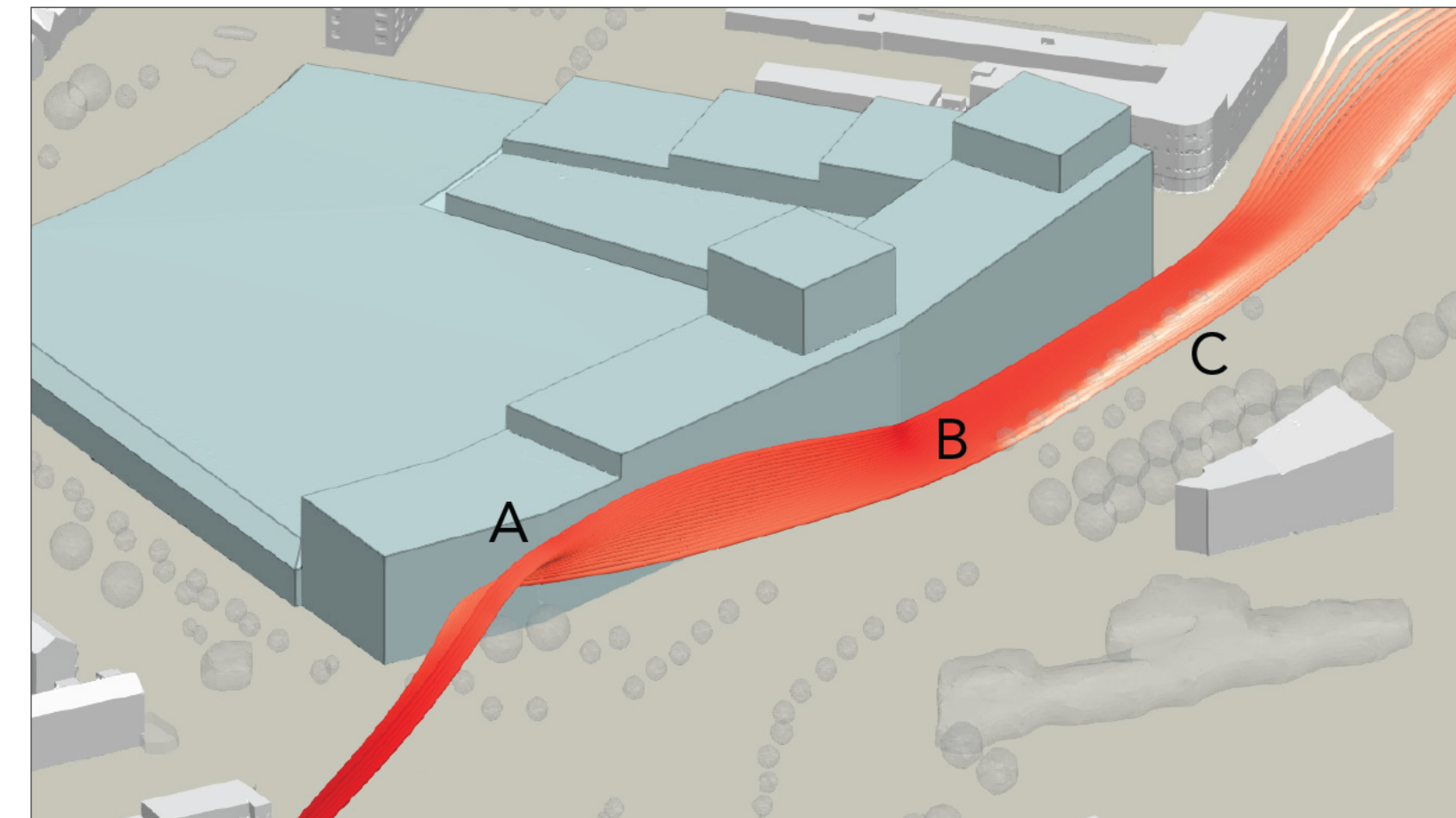
5 Analyse en discussie

5.1 Stromingsfenomenen

In dit hoofdstuk wordt besproken hoe het in hoofdstuk 4 getoonde windklimaat ontstaat en hoe dit eventueel gemitigeerd kan worden. In bijlage D zijn de overschrijdingskansen per windrichting te zien die ook gebruikt zijn in deze analyse. Hieruit komt naar voren dat wind uit de zuidelijke en westelijke richtingen de grootste invloed hebben op het windklimaat in de beoogde toekomstige situatie. Door de stromingen uit deze richtingen te analyseren middels stroomlijnen wordt duidelijk hoe de wind langs de bebouwing stroomt en hoe dit lokaal het windklimaat beïnvloedt.

Figuur 5.1 toont stroomlijnen van wind uit zuidzuidwestelijke richting, die op een hoger deel van de zuidoostelijke gevel stuiten (A). De wind daalt vervolgens af naar het maaiveld, waar hij windhinder veroorzaakt (B). Aan de lichte kleur van de stroomlijnen bij locatie C is te zien dat de daar aanwezige bomen lokaal effectief zijn in het verlagen van de windsnelheid.

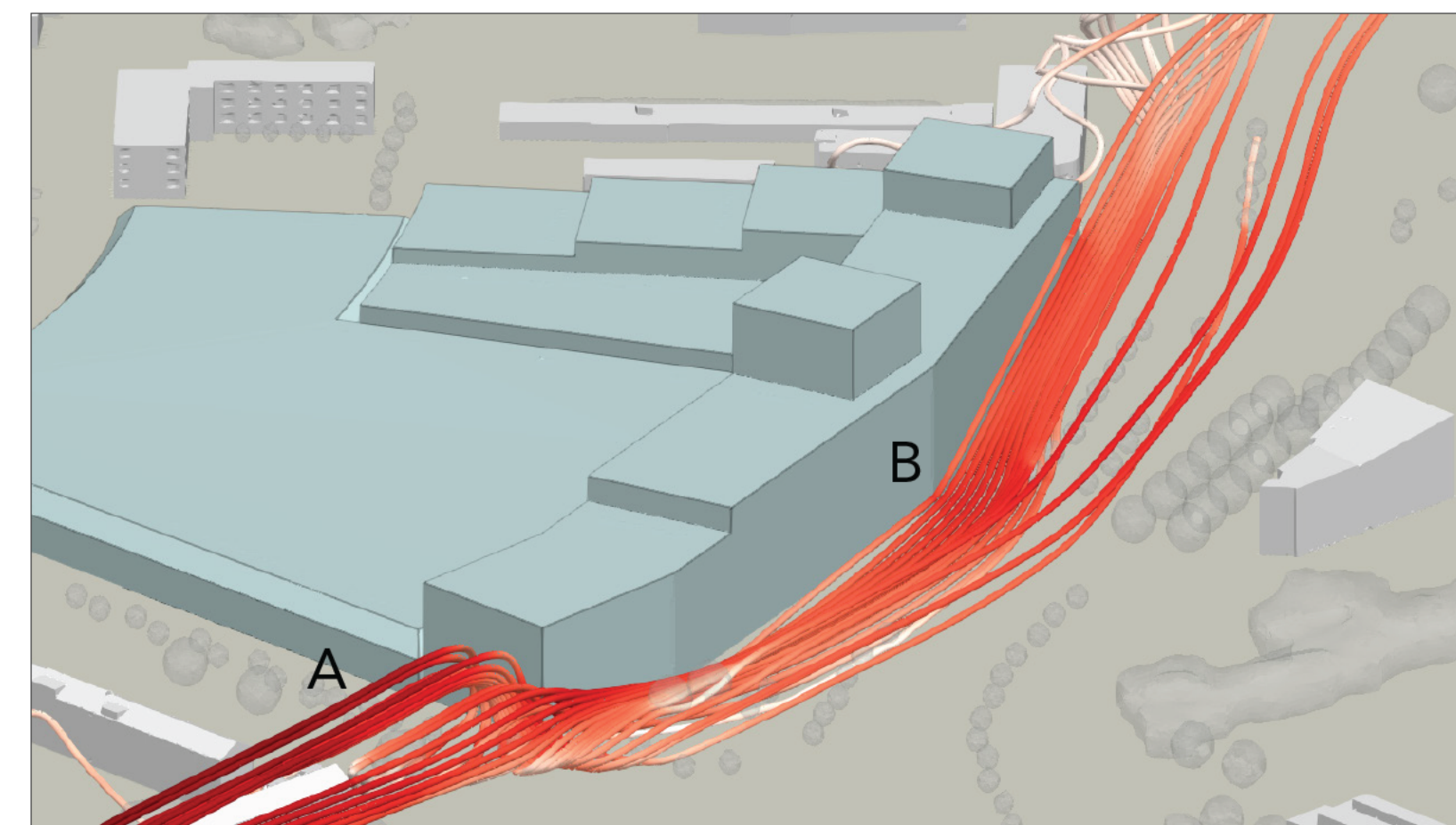
Een vergelijkbaar proces is zichtbaar in figuur 5.2. De wind is nu gedraaid naar het westzuidwesten waardoor de wind op de zuidelijke punt van de zuidwest-gevel stuit (A), afbuigt naar beneden, om de hoek van het gebouw krult om vervolgens daar en bij locatie B windhinder te veroorzaken.



Figuur 5.1:
Stroomlijnen richting de overschrijding aan de President Kennedylaan



Wind vanuit 210°
(ZZW)
laag hoog



Figuur 5.2:
Stroomlijnen richting de overschrijdingen op de zuidpunt van het gebouw en aan de President Kennedylaan



Wind vanuit 240°
(WZW)
laag hoog

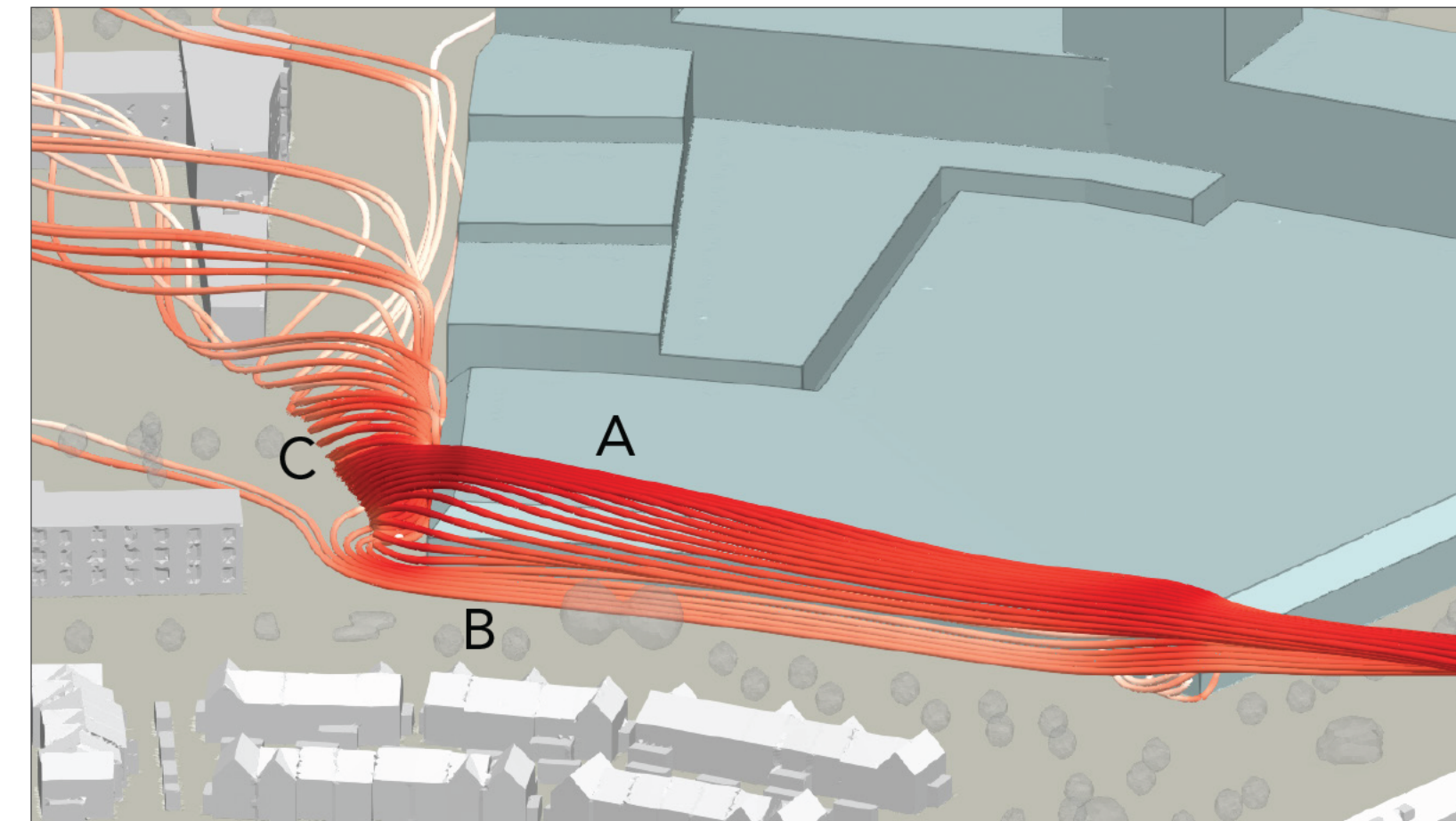
In figuur 5.3 worden ook stroomlijnen van wind uit westzuidwestelijk richting getoond, maar visualiseren ze de wind die nabij de noordhoek van het gebouw windhinder veroorzaakt. In dit geval komt de wind aangestroomd zowel over de daken van de grondgebonden woningen (A), als langs de noordwestgevel (B). Vervolgens krult de wind om het gebouw en ontstaat een wervel met relatief hoge snelheid die ter plaatse van locatie C windhinder veroorzaakt.

5.2 Aanbevelingen

Als de zones op de oostelijke en zuidelijke hoeken van de nieuwbouw en onder het centrale hoogteaccent niet als verblijfsgebieden worden ingericht, maar slechts als aanlooproutes kan het lokale windklimaat worden geaccepteerd. Windhinderklasse D is immers nog matig geschikt voor de activiteit doorlopen.

Indien gebouwentrees gepland zijn op locaties met windhinderklasse C of D dan wordt aanbevolen om deze in een nis te plaatsen.

De nieuwbouw wordt omgeven door verschillende gebieden waar windhinderklasse B of hoger wordt ervaren, met name langs de Kees Musterstraat en de President Kennedylaan. Om het windklimaat op deze locaties te verbeteren, indien gewenst, kan de aanplant van extra vegetatie worden overwogen. Opgemerkt moet worden dat als er niet gekozen wordt voor groenblijvende vegetatie, deze een seizoensgebonden effect zal hebben. Ook moet de vegetatie enkele jaren kunnen groeien om substantieel effectief te zijn.



Figuur 5.3:
Stroomlijnen richting de overschrijding op de noordhoek van het gebouw



Wind vanuit 240°
(WZW)
laag hoog

6 Conclusie

Dit rapport beschrijft een windonderzoek uitgevoerd door [Actiflow](#) voor het project Nieuwe Sloot-Zuid te Alphen aan den Rijn. Door de plaatsing van de nieuwbouw zal het lokale windklimaat beïnvloed worden.

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

Het windonderzoek laat het volgende zien:

- Het heersende windklimaat in het projectgebied varieert van windhinderklasse A (geschikt voor alle activiteiten) tot D (geschikt voor de activiteit doorlopen).
- Aan de Rembrandtlaan en de Max Euwensingel zal geen windhinder optreden en is er geen risico op windgevaar.
- De zones met windhinderklasse D bevinden zich op een locatie waarvoor wordt aanbevolen om de openbare ruimte zo in te delen dat er geen andere voetgangersactiviteiten dan "doorlopen" zullen plaatsvinden. Hierdoor zal deze windhinderklasse dan geaccepteerd kunnen worden. Indien deze zones als verblijfsgebieden moeten worden beschouwd, dient het windklimaat worden verbeterd, bijvoorbeeld door het aanplanten van extra vegetatie.

- Voor de gebouwentrees die in windhinderklasse C of D liggen, wordt aanbevolen om deze in een nis te plaatsen.
- Er is geen risico op windgevaar gevonden in en rondom het plangebied.

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

Project	Projectgegevens
Projectnaam	Nieuwe Sloot-Zuid te Alphen aan den Rijn
Opdrachtgever	Gemeente Alphen aan den Rijn
Projectleider Actiflow	
Datum	01-05-2024
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen 300 m rondom project gebouw
Kerngebied	Nieuwbouw en de directe omgeving
Omgeving	Omgeving in versimpelde bouwvolumes, gedetailleerd nabij het kerngebied
Afmetingen model	Rond met straal 1500 m en hoogte 600 m
Blokkeringsgraad	Maximaal 3 %
Gemodelleerd groen	Bomen en struiken: poreuze zone
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	2 x12 (rondom in stappen van 30 graden, met en zonder vegetatie)
Onderzochte configuraties	1 configuratie: nieuwbouw in bestaande omgeving
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM (eindige volume methode) ☐ FEM (eindige elementen methode) ☐ anders Programmatuur: OpenFOAM Versie: of2312
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: tetraëders met prismalaag Basis: 20 946 795 cellen
Turbulentiemodellering	SST k- ω
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: linearUpwindV cellLimited leastSquares 1 Turbulente grootheden: limitedLinear 1 Scalaire variabelen: n.v.t.
Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden
Instroomprofiel	Logaritmische atmosferische grenslaag: ruwheid afgestemd op omgeving (NPR6097:2006)
Uitlaat	Druk-uitlaat
Boven-/Zijwanden	Slipwanden
Vloer/bodem	No-slip, ruwe wand
Overige	No-slip, ruwe wand/gladde wand

Gegevensverwerking en beoordeling	Informatie voor locatie en berekening windklimaat			
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X: 105883		Y: 461162	
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			

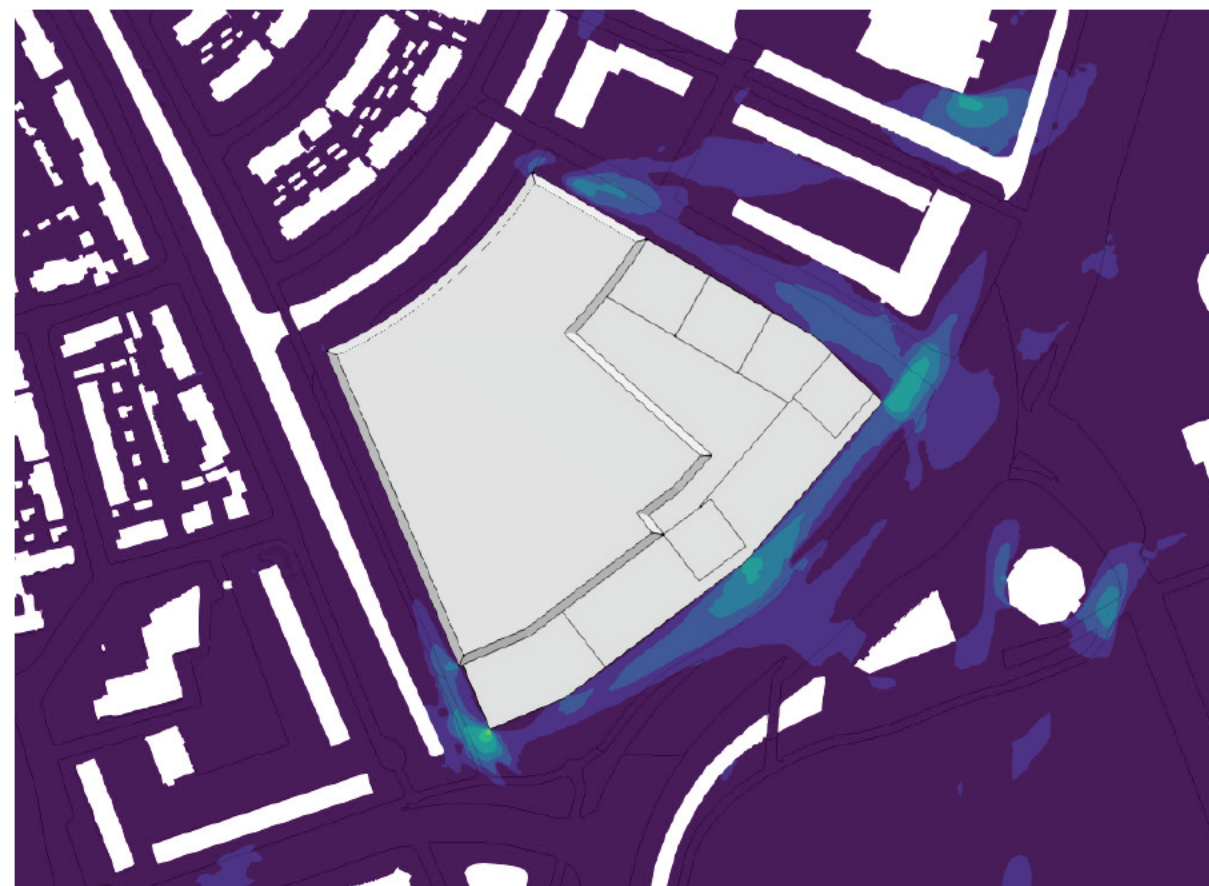
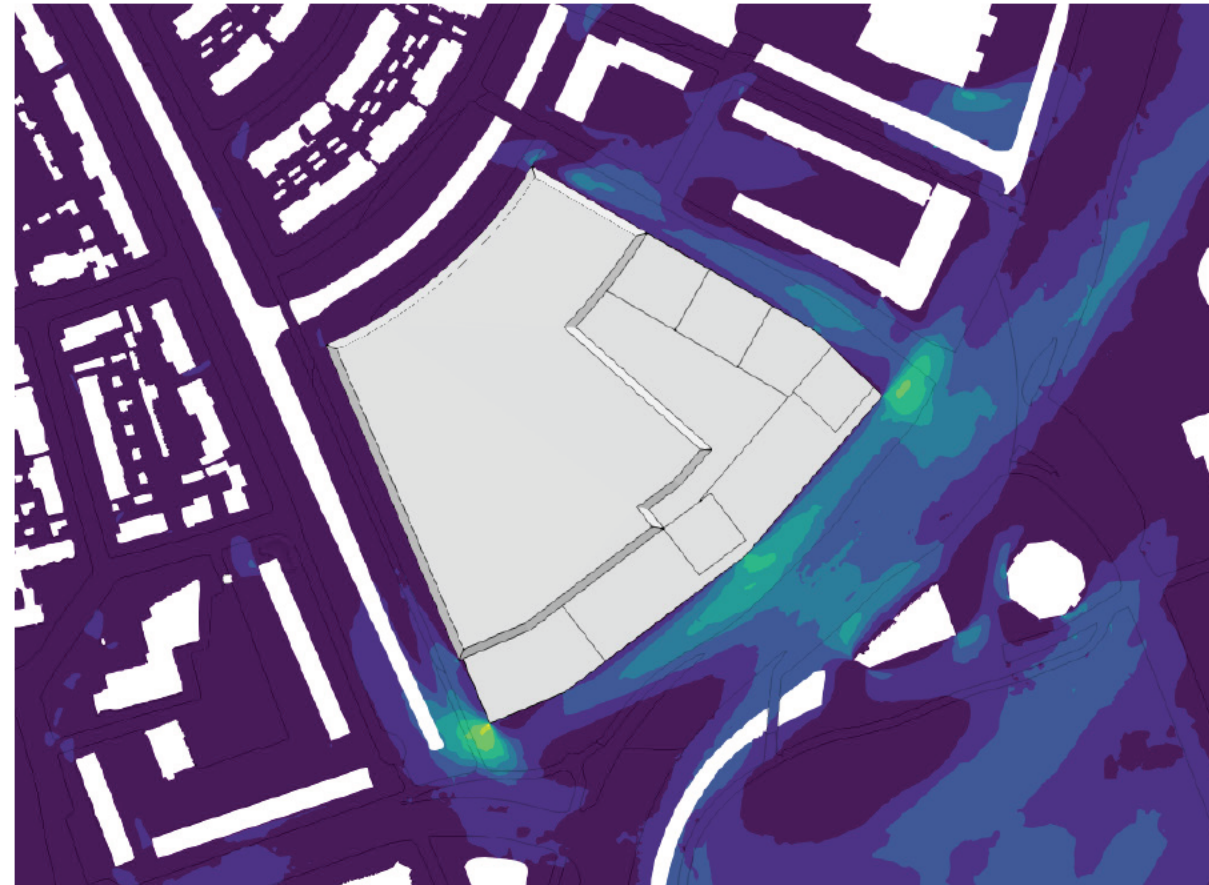
B Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid

FREQUENTIETABEL VAN DE 60 METER WINDSNELHEID DISTRIBUTIEF RELATIEF IN PERCENTAGES
Amersfoortse Coördinaten: X: 105883 Y: 461162 Jaar 1963-2002

Windsnelheid [m/s]	N 345° - 15°	NNO 15° - 45°	ONO 45° - 75°	O 75° - 105°	OZO 105° - 135°	ZZO 135° - 165°	Z 165° - 195°	ZZW 195° - 225°	WZW 225° - 255°	W 255° - 285°	WNW 285° - 315°	NNW 315° - 345°	Cumulatief
0,0 - 0,9	0.15	0.17	0.10	0.11	0.13	0.14	0.18	0.18	0.22	0.18	0.17	0.17	1.91
1,0 - 1,9	0.54	0.60	0.40	0.38	0.38	0.44	0.63	0.65	0.70	0.60	0.58	0.54	6.43
2,0 - 2,9	0.76	0.86	0.63	0.55	0.59	0.68	1.05	1.07	1.07	0.83	0.83	0.73	9.66
3,0 - 3,9	0.90	1.10	0.80	0.74	0.74	0.85	1.30	1.39	1.41	1.02	0.93	0.85	12.03
4,0 - 4,9	0.87	1.06	0.91	0.82	0.73	0.88	1.41	1.73	1.68	1.10	0.95	0.88	13.01
5,0 - 5,9	0.74	0.96	0.95	0.87	0.70	0.86	1.36	1.79	1.79	1.08	0.93	0.74	12.79
6,0 - 6,9	0.62	0.77	0.81	0.84	0.63	0.71	1.23	1.64	1.78	0.92	0.77	0.58	11.30
7,0 - 7,9	0.41	0.54	0.62	0.67	0.45	0.50	1.02	1.58	1.60	0.84	0.66	0.42	9.32
8,0 - 8,9	0.23	0.32	0.44	0.50	0.34	0.35	0.85	1.26	1.40	0.59	0.48	0.30	7.07
9,0 - 9,9	0.12	0.24	0.36	0.40	0.26	0.28	0.63	1.10	1.13	0.45	0.35	0.20	5.51
10,0 - 10,9	0.07	0.12	0.25	0.30	0.13	0.17	0.42	0.90	0.87	0.35	0.23	0.11	3.94
11,0 - 11,9	0.04	0.06	0.16	0.19	0.07	0.11	0.31	0.64	0.66	0.23	0.14	0.06	2.67
12,0 - 12,9	0.02	0.03	0.10	0.12	0.03	0.07	0.20	0.46	0.50	0.16	0.10	0.04	1.81
13,0 - 13,9	0.01	0.02	0.07	0.08	0.02	0.03	0.13	0.29	0.30	0.11	0.05	0.02	1.13
14,0 - 14,9	0.01	0.00	0.04	0.06	0.01	0.01	0.08	0.18	0.20	0.07	0.02	0.01	0.68
15,0 - 15,9	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.11	0.12	0.04	0.01	0.00	0.36
16,0 - 16,9	-	-	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.05	0.06	0.02	0.01	0.00	0.19
17,0 - 17,9	-	-	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.10
18,0 - 18,9	-	-	0.00	0.00	-	-	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	-	0.05
19,0 - 19,9	-	-	-	0.00	-	-	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	-	0.03
20,0 - 20,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.01
21,0 - 21,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00
22,0 - 22,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
23,0 - 23,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00
24,0 - 24,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	0.00	-	0.00
25,0 en hoger	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	-	-	0.00

C Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld

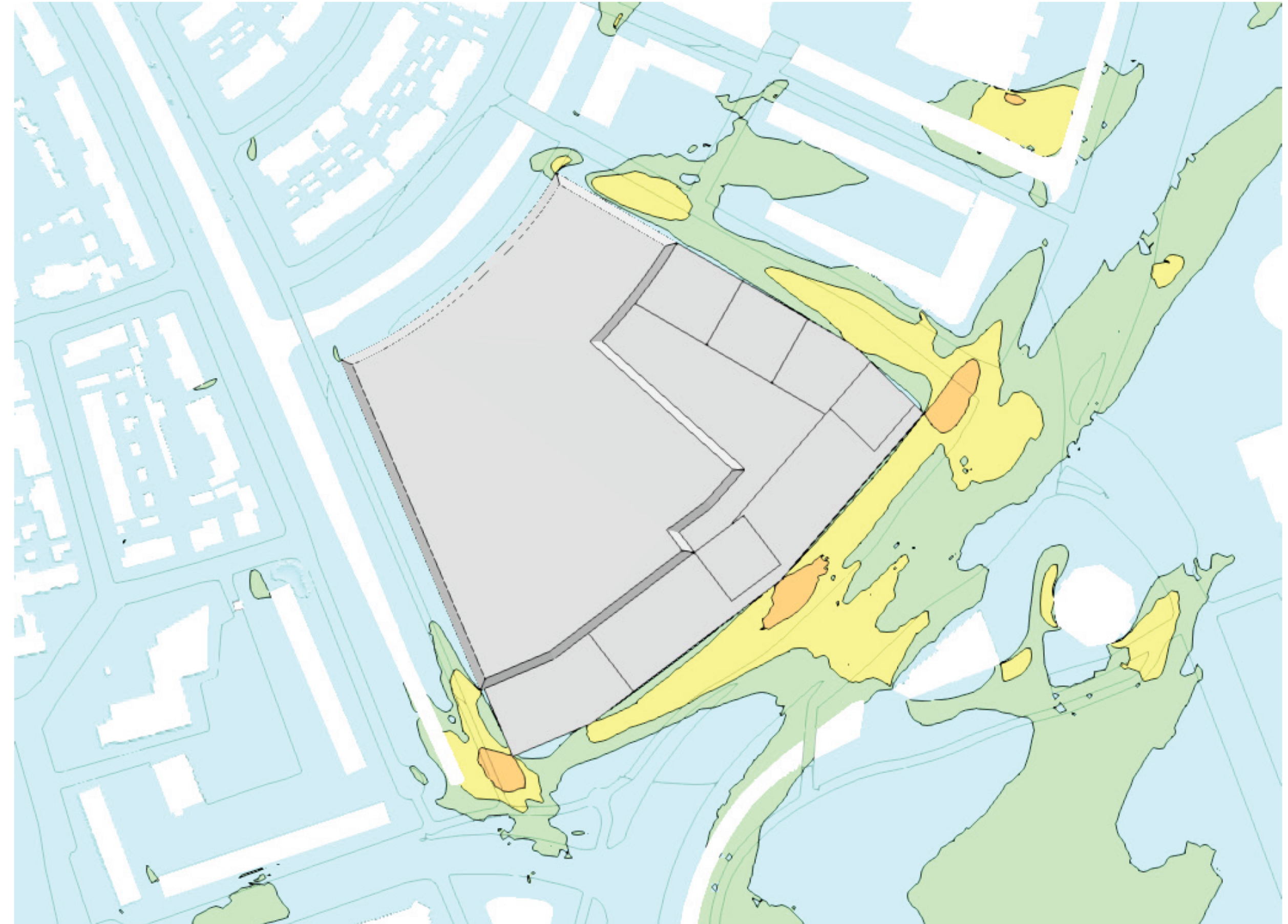
Windhinder in de toekomstige situatie



Windhinder
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid

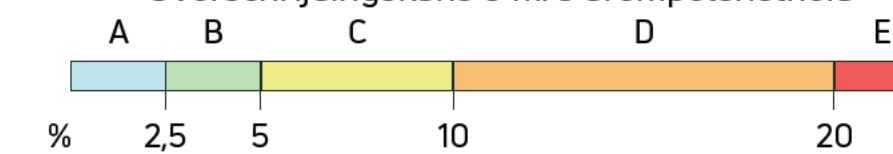


$\bar{x}$



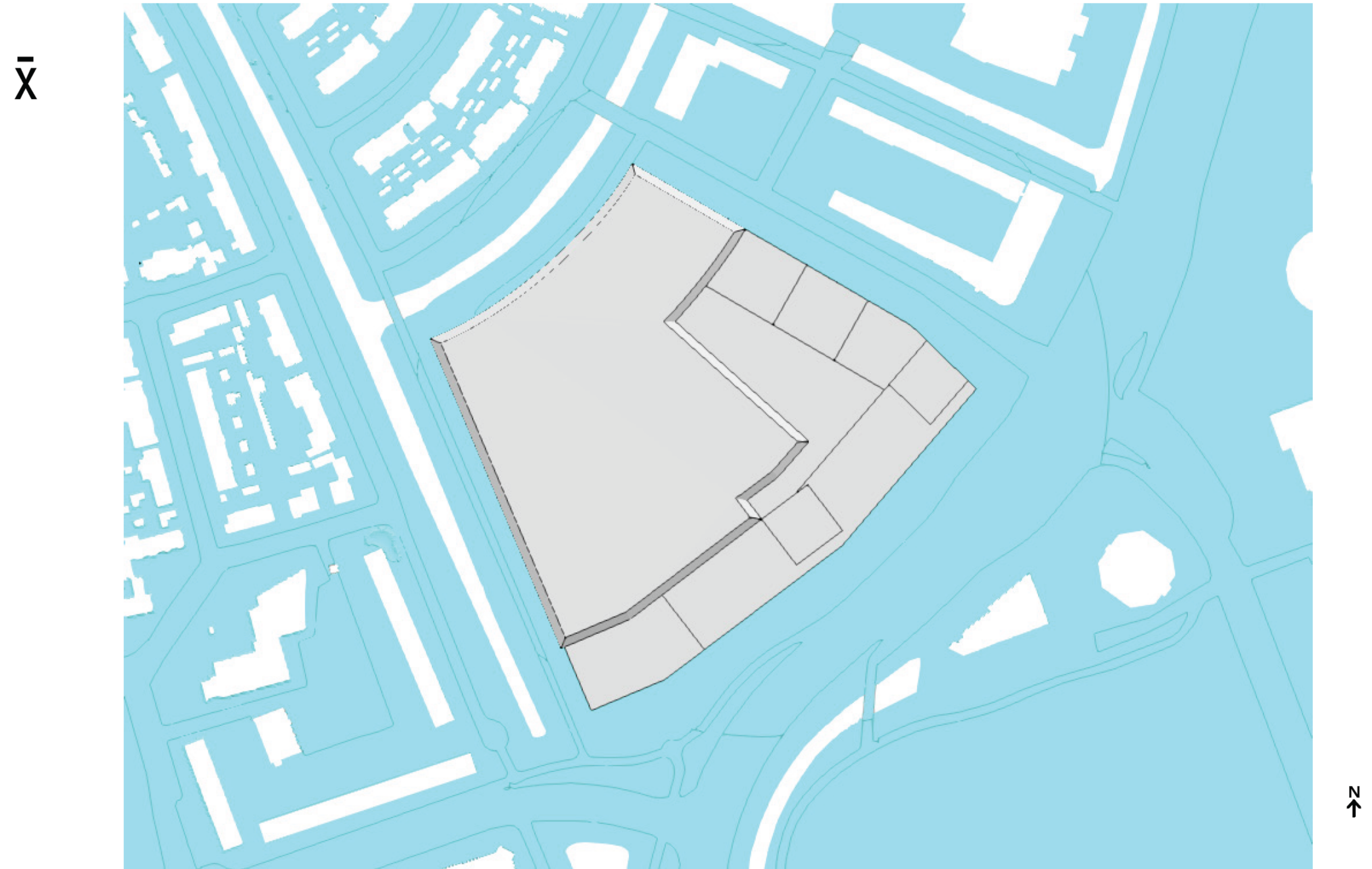
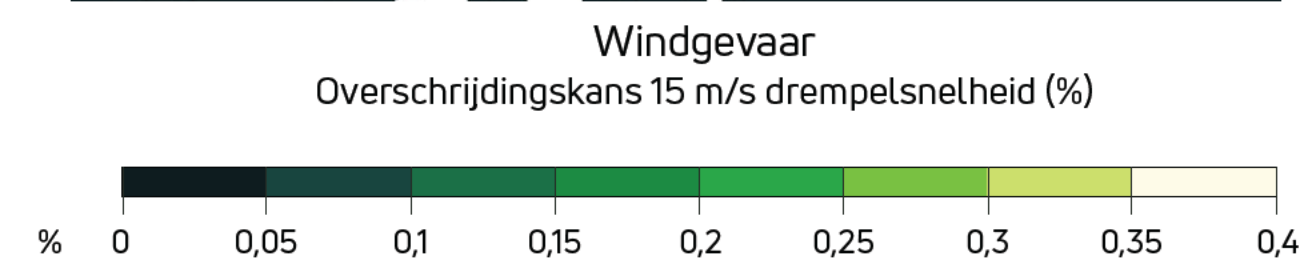
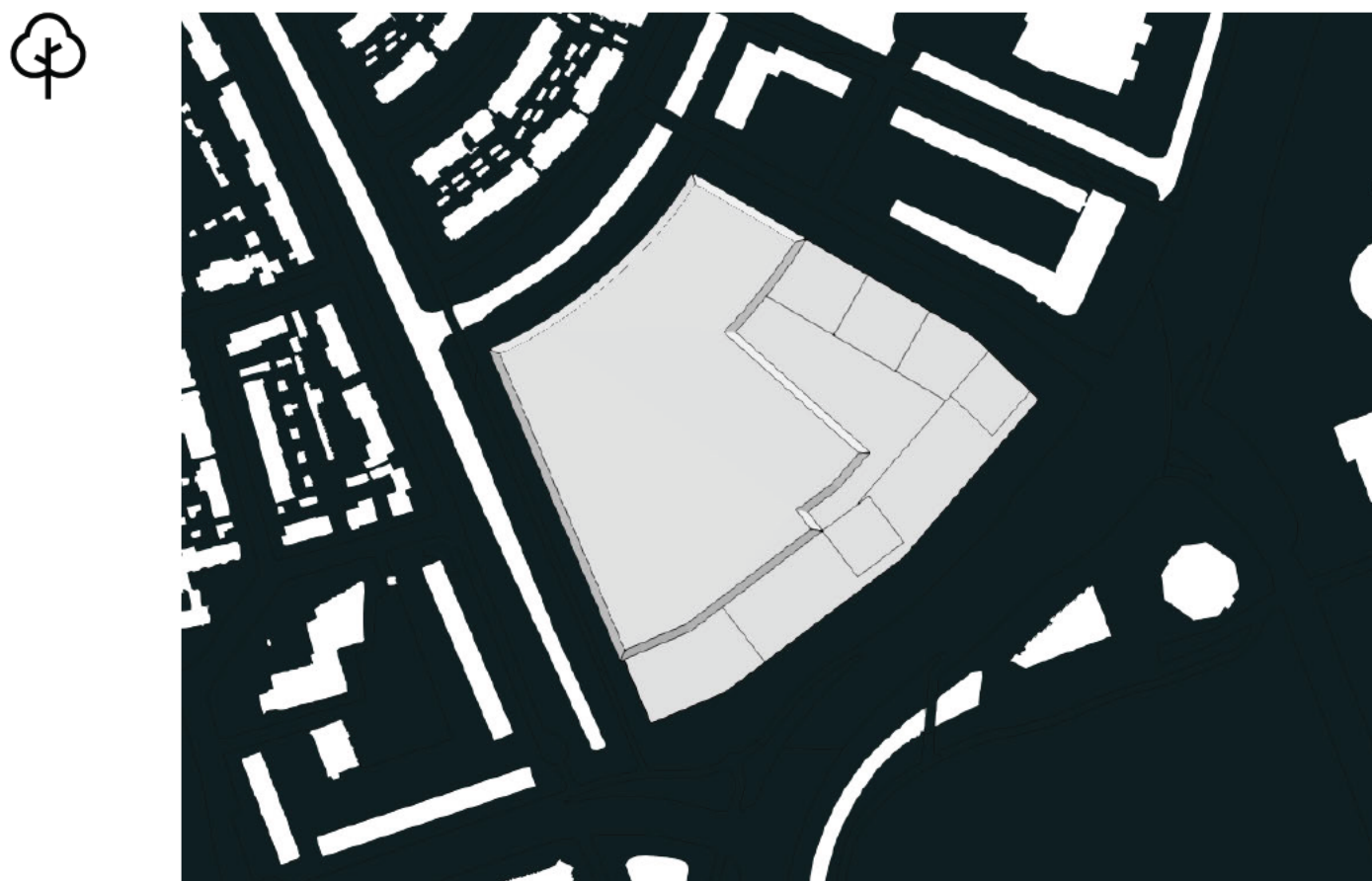
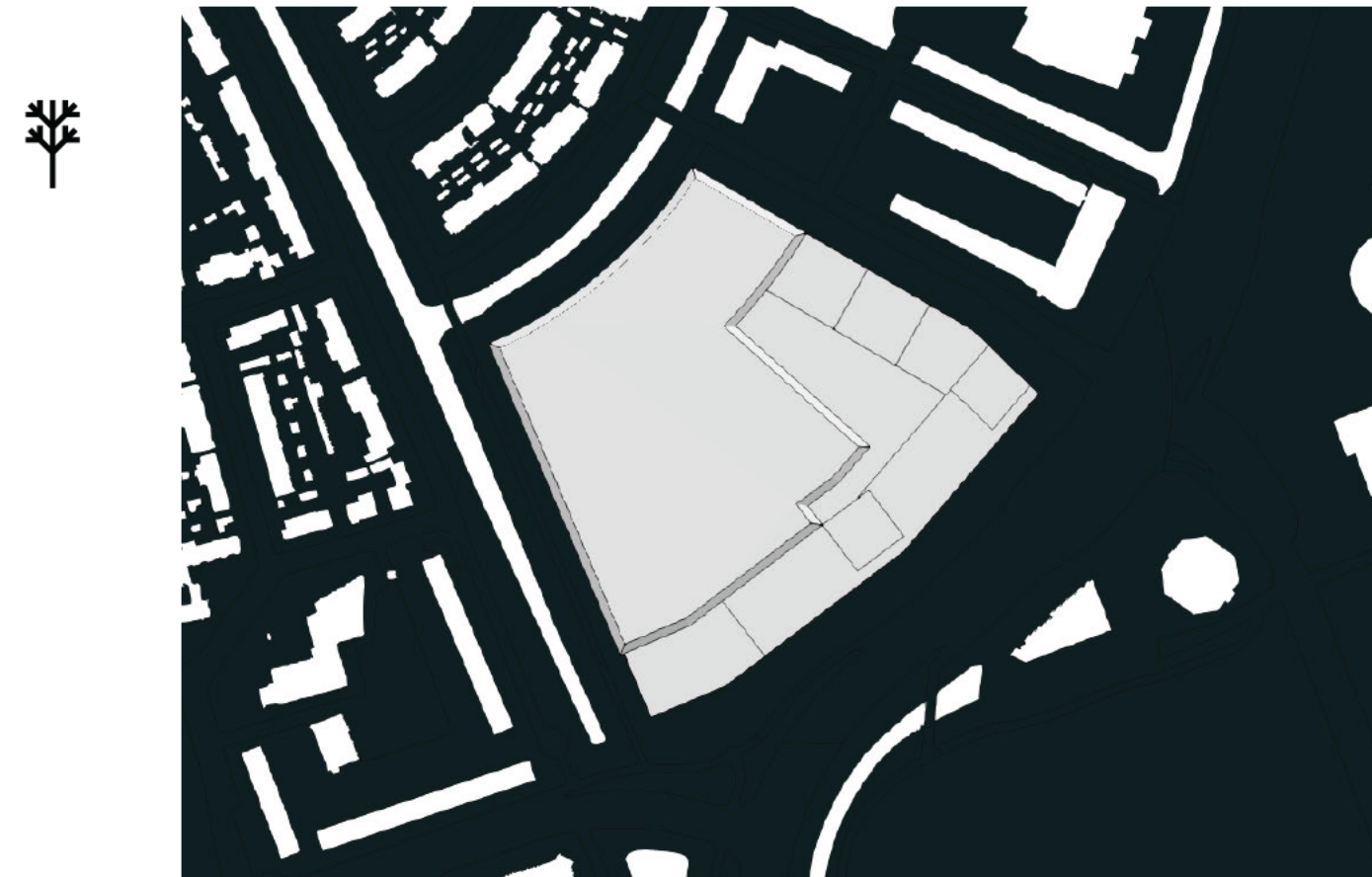
Windhinder

Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



N
↑

Windgevaar in de toekomstige situatie

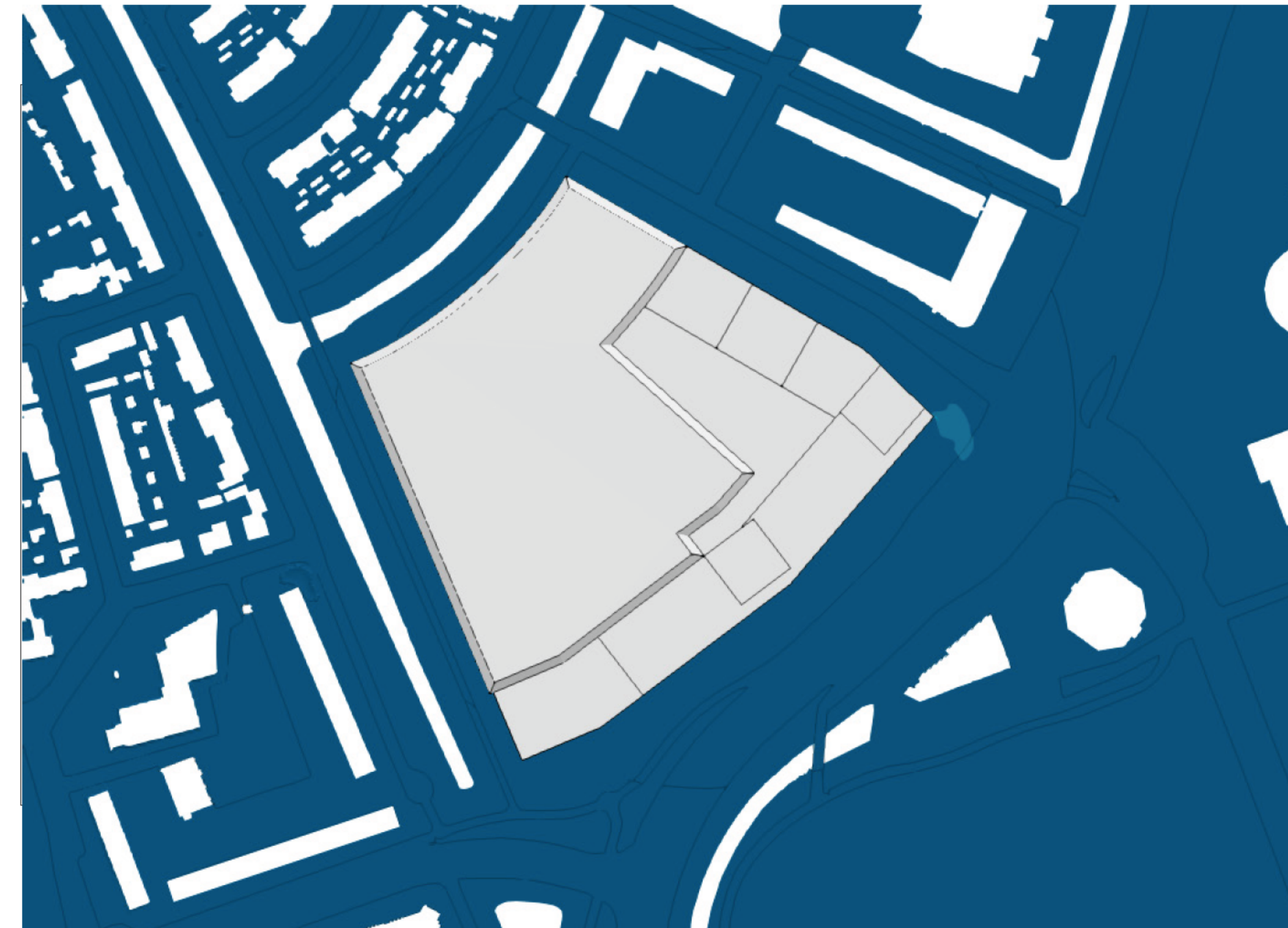


D Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Windrichting:
0° Noord

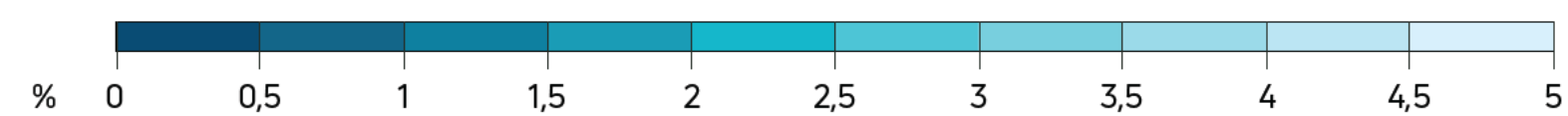


Windrichting:
30° Noordnoordoost



N
↑

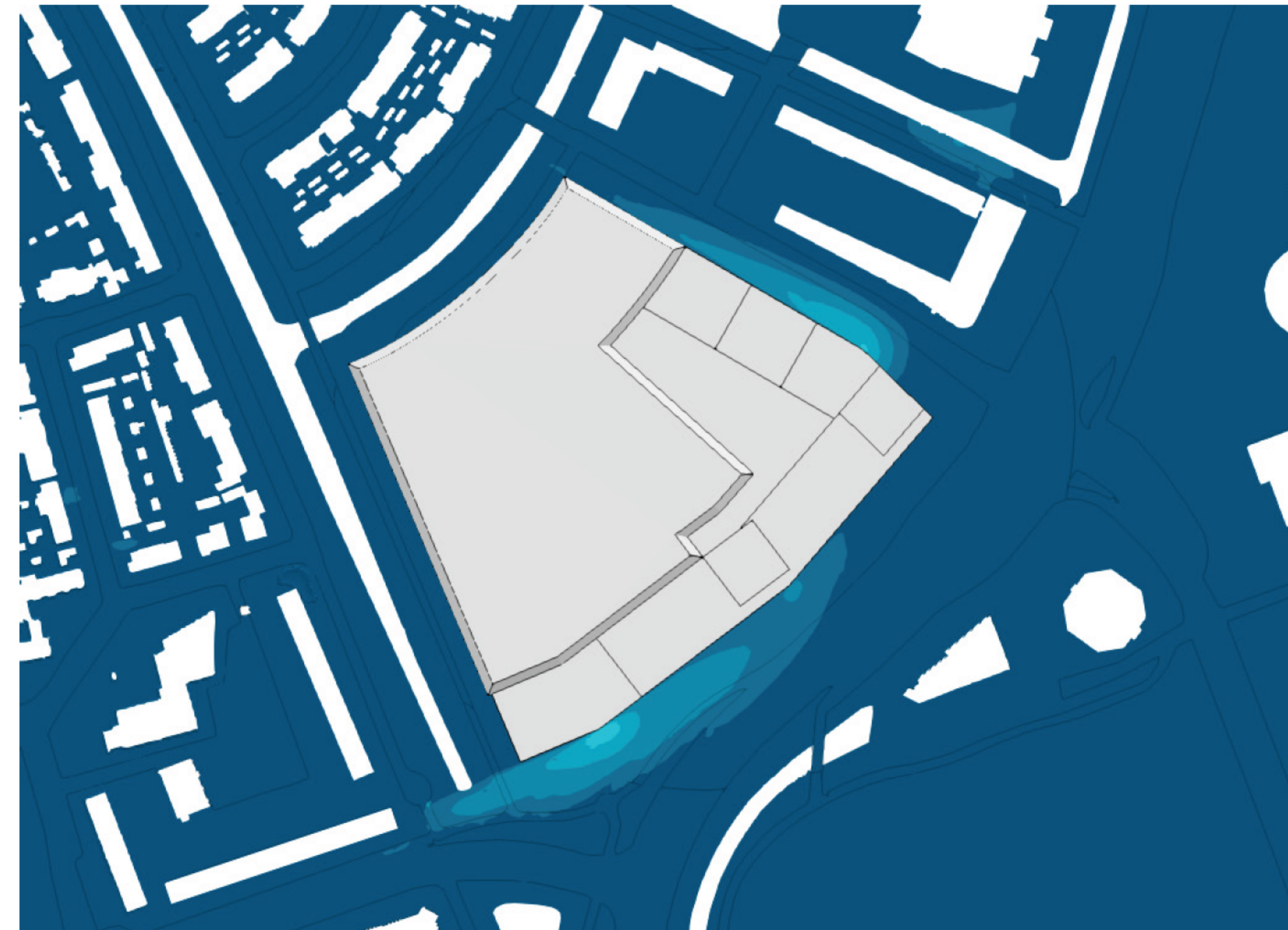
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



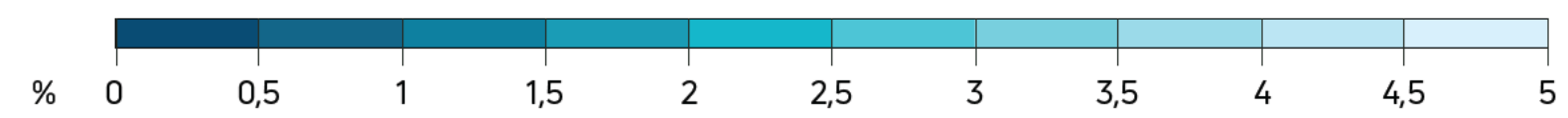
Windrichting:
60° Oostnoordoost



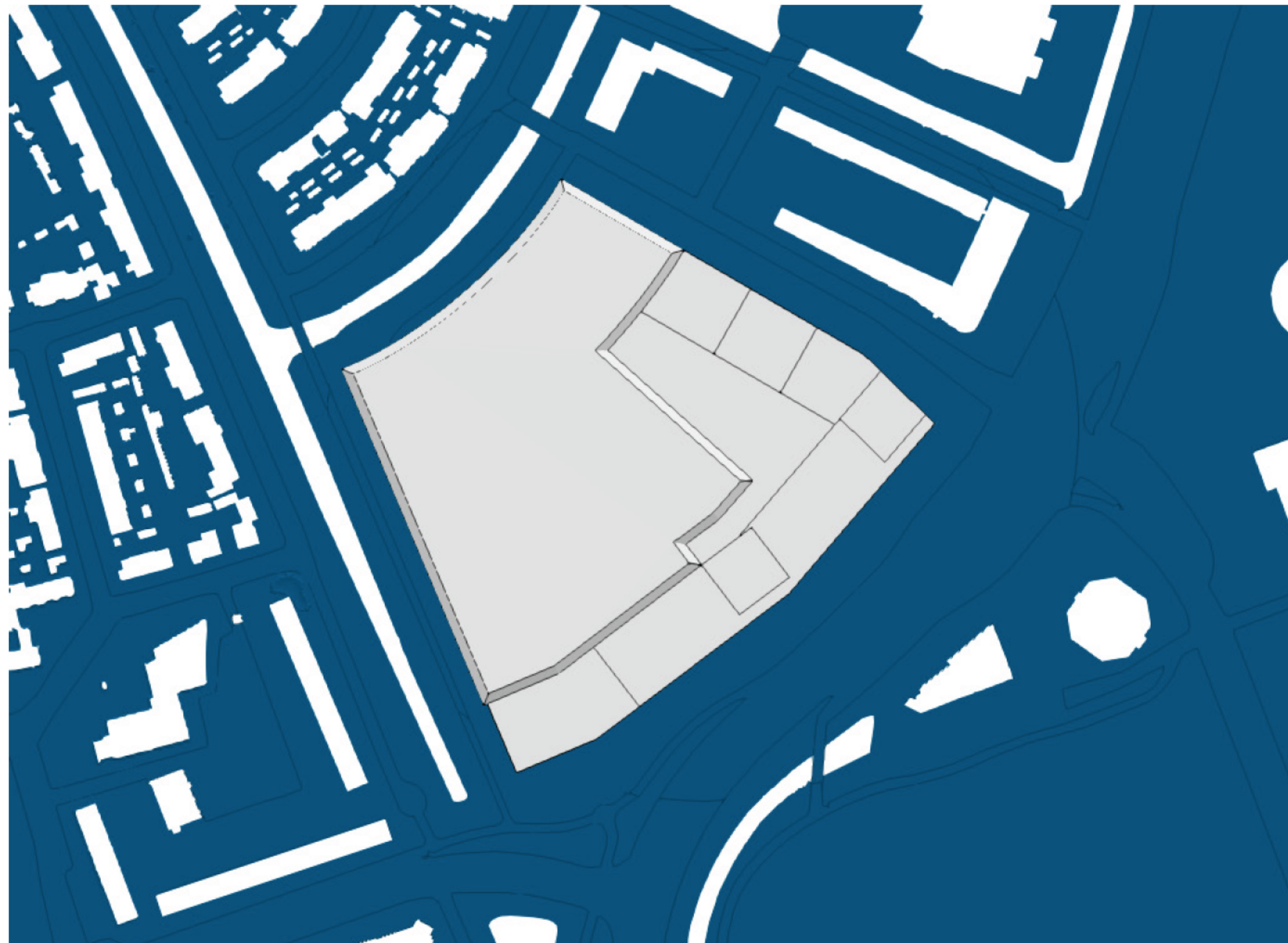
Windrichting:
90° Oost



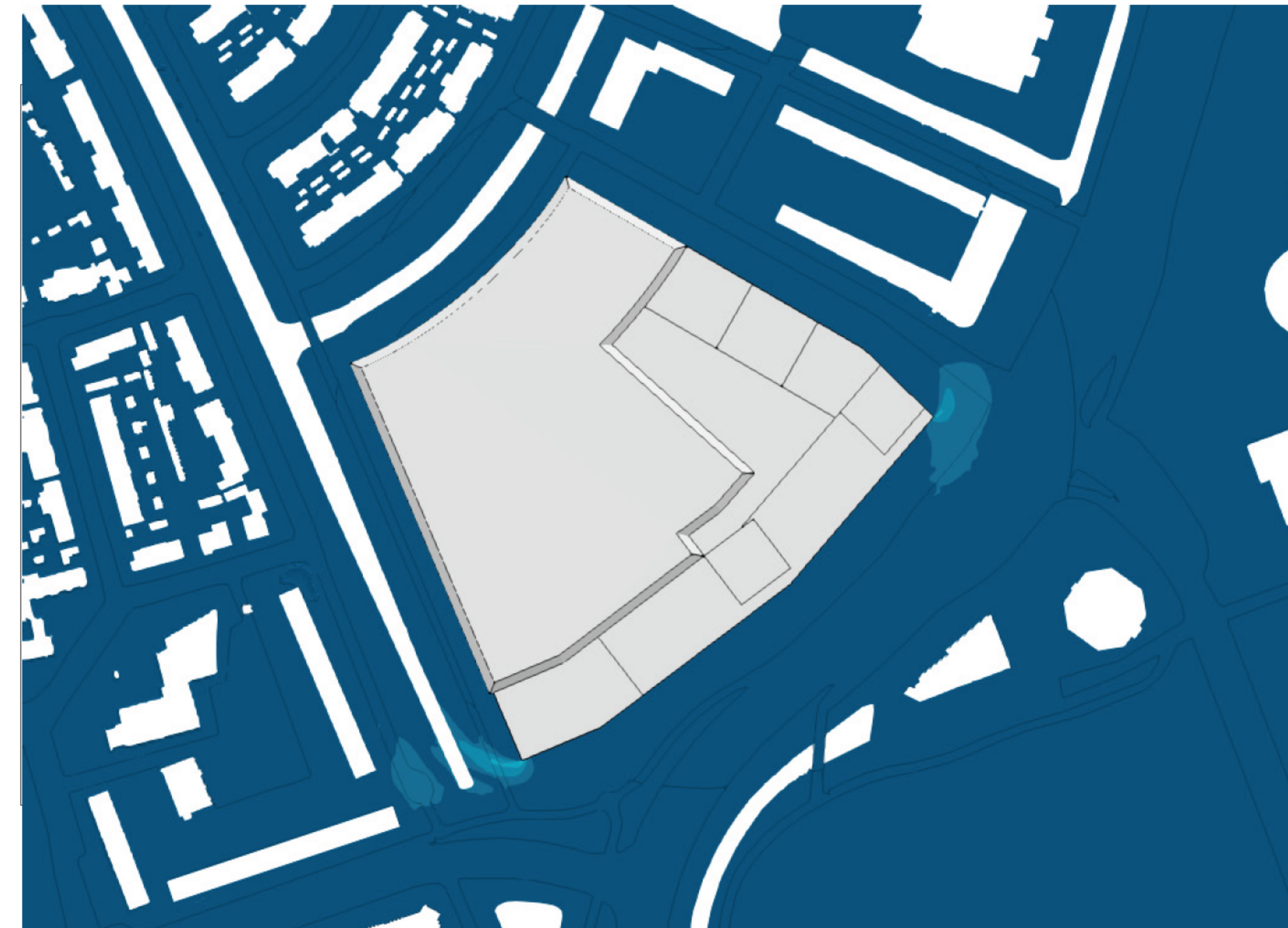
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



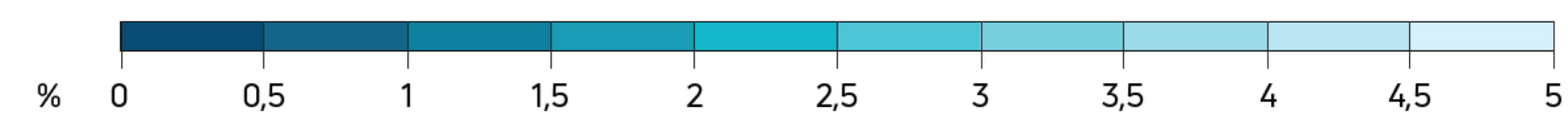
Windrichting:
120° Oostzuidoost



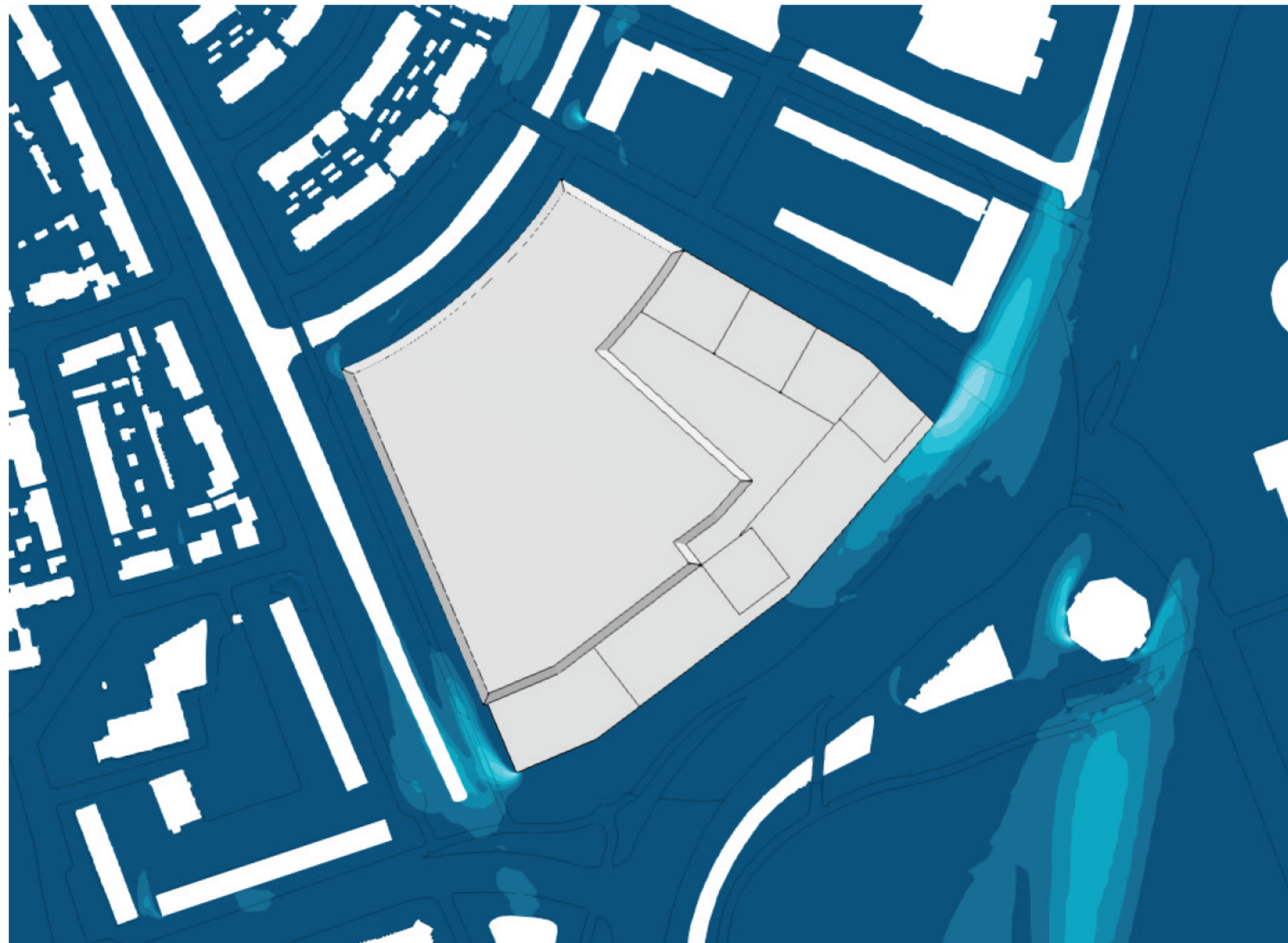
Windrichting:
150° Zuidzuidoost



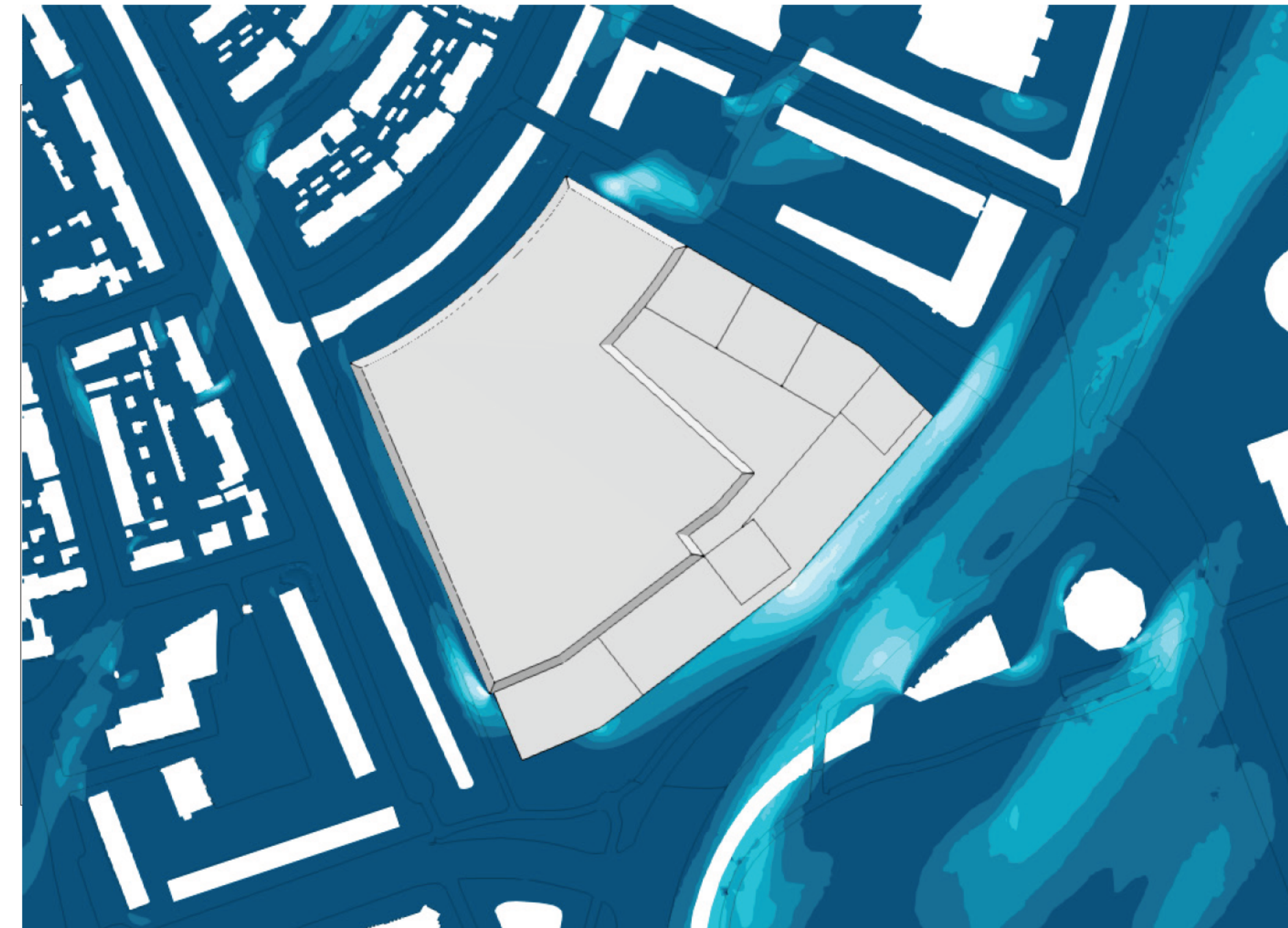
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Windrichting:
180° Zuid

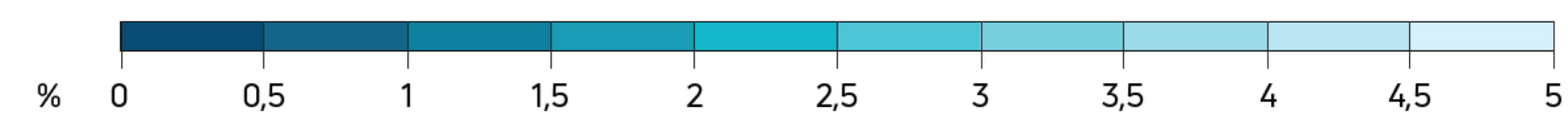


Windrichting:
210° Zuidzuidwest

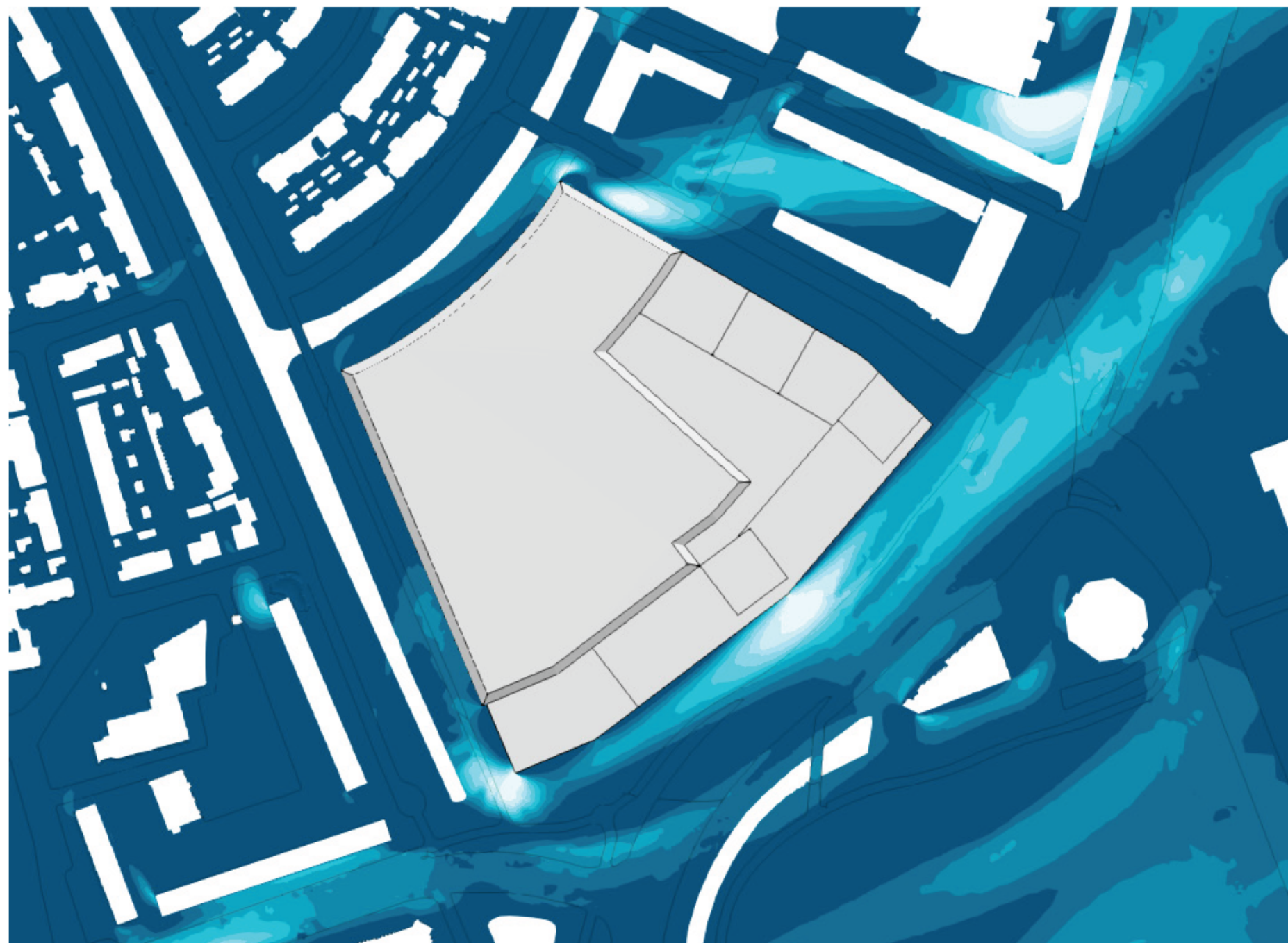


N
↑

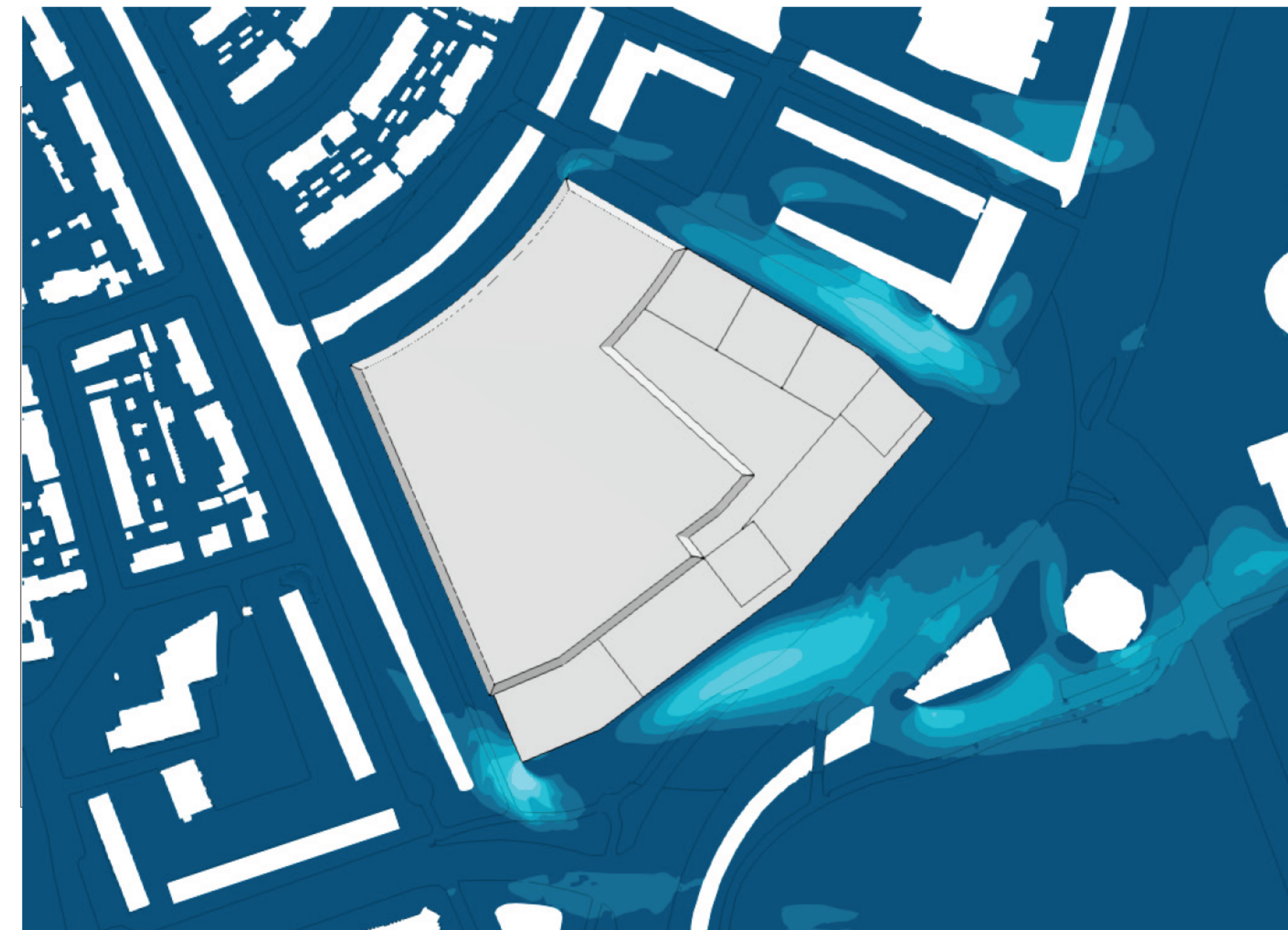
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Windrichting:
240° Westzuidwest

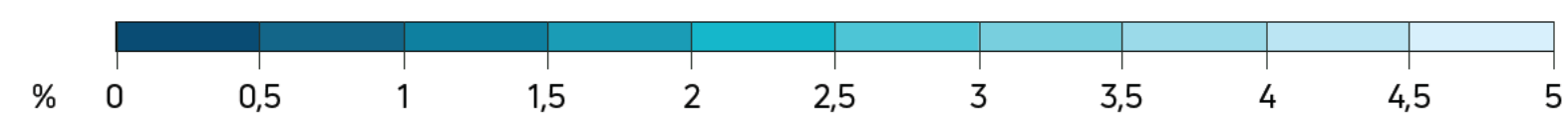


Windrichting:
270° West

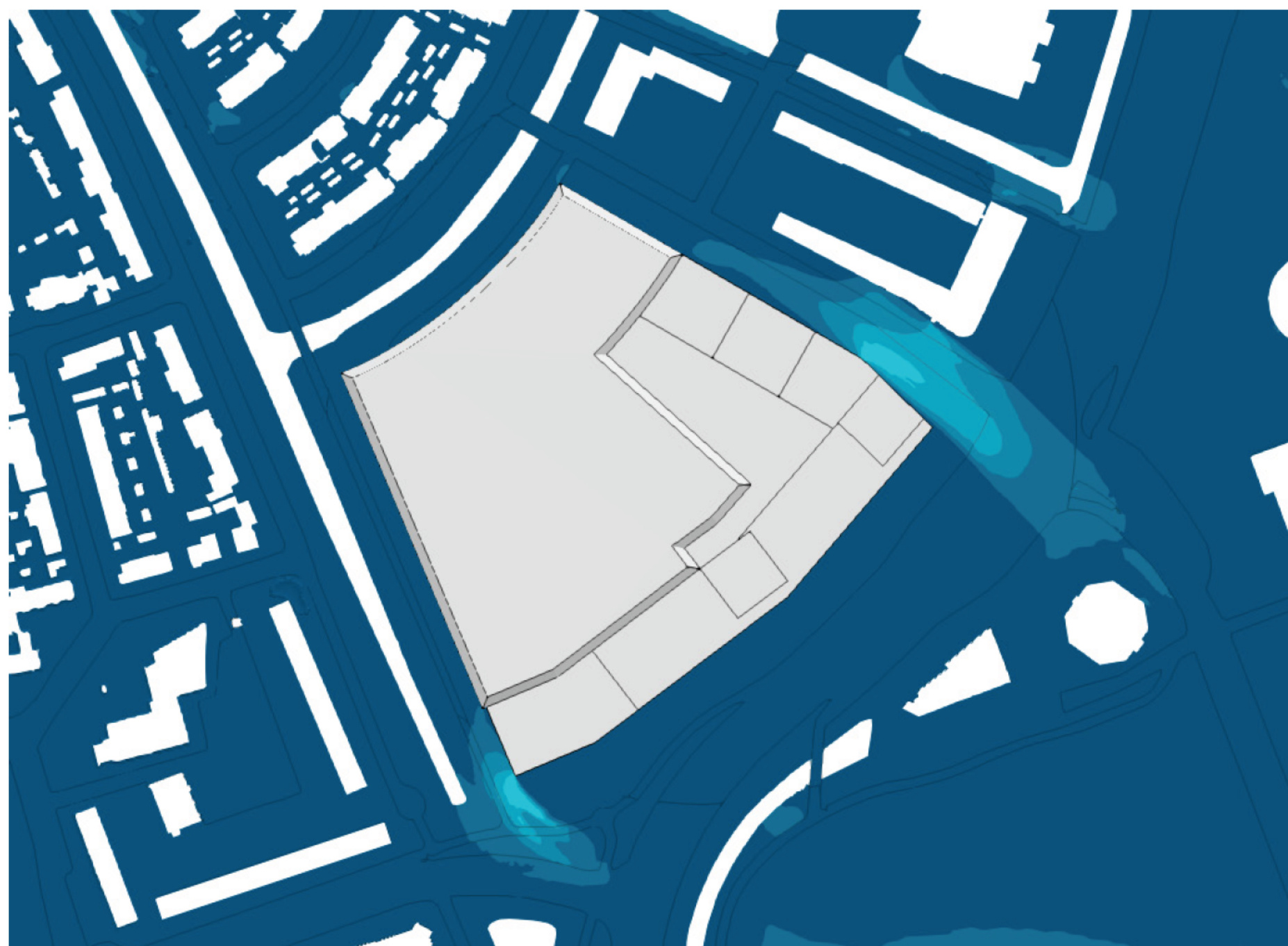


N
↑

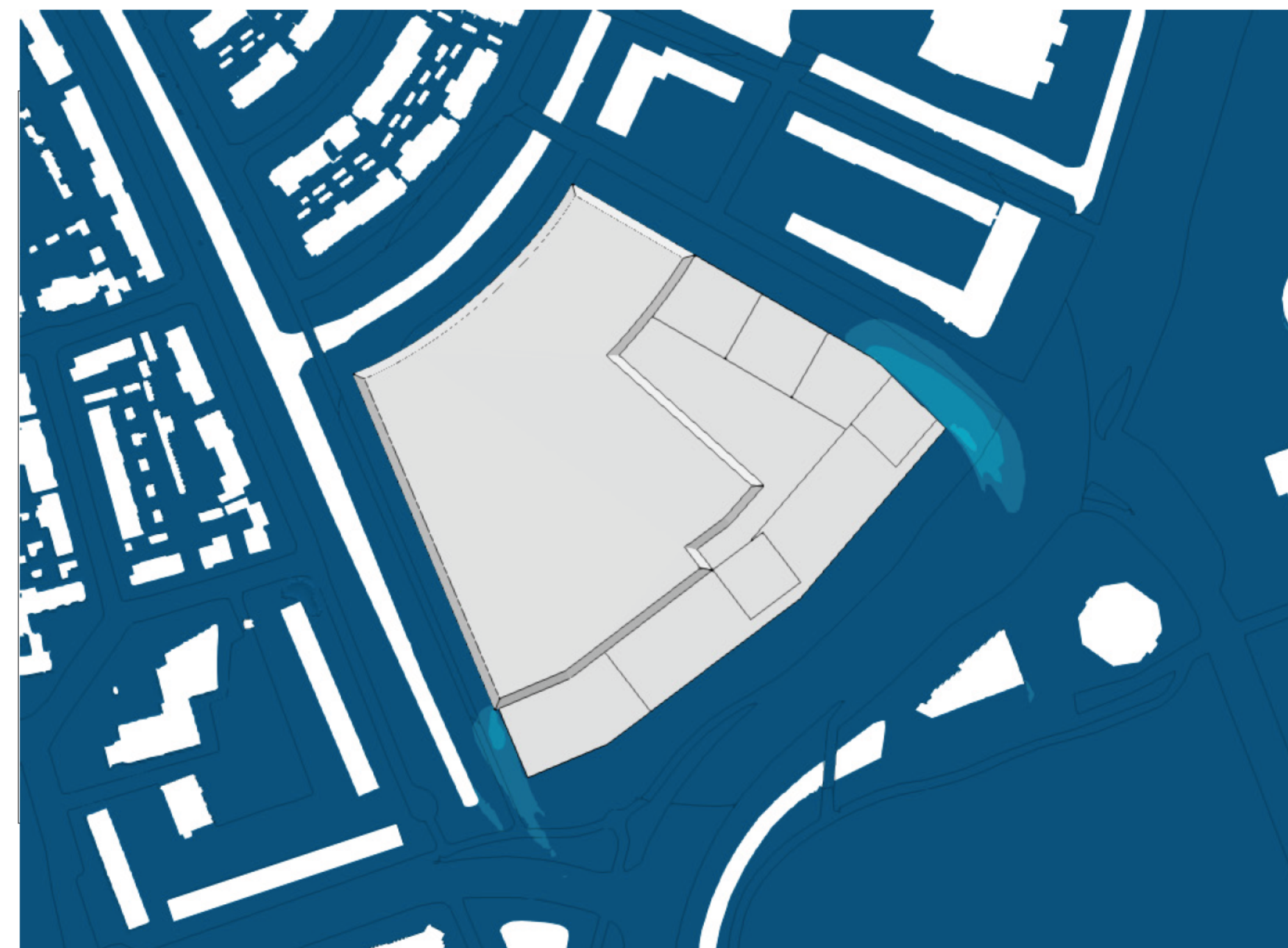
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Windrichting:
300° Westnoordwest

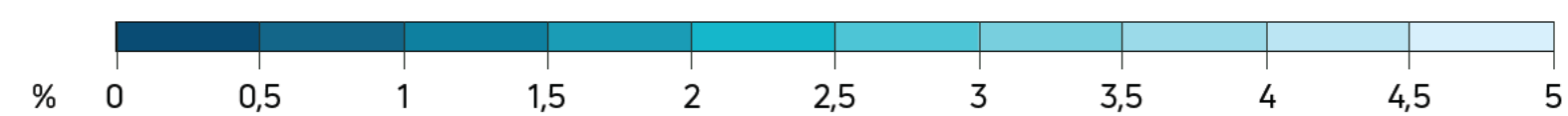


Windrichting:
330° Noordnoordwest



N
↑

Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid





Actiflow BV

Tramsingel 1

4814 AB Breda

+31 (0)76 5422 220

contact@actiflow.com

www.actiflow.com