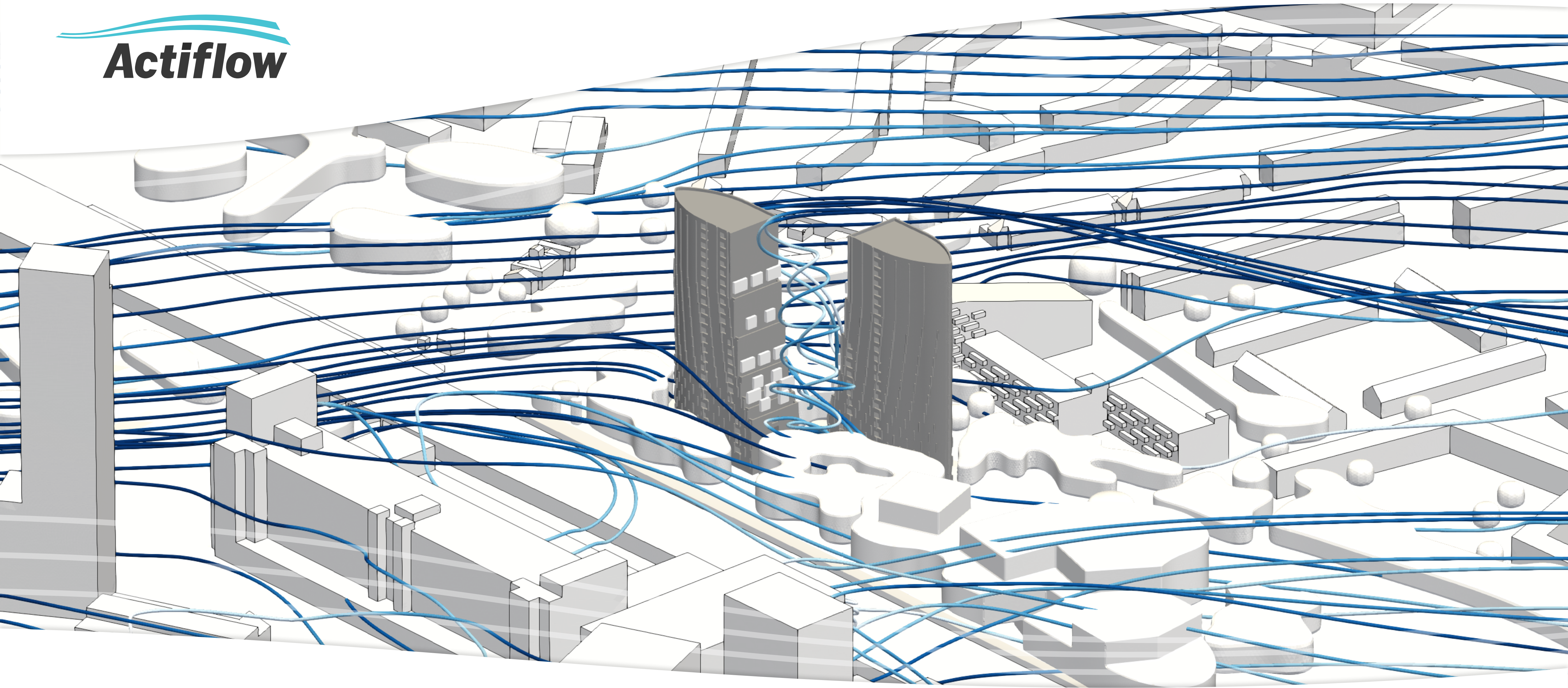




De Sierlijke Dames te Eindhoven

CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

De Sierlijke Dames te Eindhoven
CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Opdrachtgever	Trudo
Contactpersoon opdrachtgever	
Projectnummer	7321
Rapportversie	1.0
Status	Definitief
Datum	16 januari 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	20
2.	Normstelling	5	B	Inlegvel NEN 8100:2006	21
	2.1 Windhinder en windgevaar		C	Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld	22
	2.2 Classificatie en beoordeling van windhinder en windgevaar		D	Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen	24
3.	Opzet van de berekening	8			
	3.1 3D-Model en rekenrooster				
	3.2 Vegetatie				
	3.3 Windstudie methodiek				
	3.4 Software				
	3.5 Aannames en randvoorwaarden				
4.	Resultaten	11			
5.	Analyse en discussie	16			
	5.1 Stromingsfenomenen				
	5.2 Overschrijding van windhinderklasse C				
6.	Conclusie	19			

1 Introductie

Voorliggende rapportage omschrijft een windonderzoek uitgevoerd door **Actiflow** in opdracht van Trudo in relatie tot de ontwikkeling van het nieuwbouwproject *De Sierlijke Dames* te Eindhoven.

De nieuwbouw wordt voorzien op de Slegerslocatie aan de Anthony van Leeuwenhoeklaan en de Marconilaan op de grens van de wijken Limbeek en Strijp-S. Ten noorden en oosten van de ontwikkeling wordt de omgeving vooral gekenmerkt door middelhoge bebouwing en laagbouw in de vorm van woonwijken. Ten zuiden en westen van het plangebied ligt het spoortalud met daarachter hoogbouw in de vorm van industriële gebouwen, zie figuur 1.1.

Het nieuwbouwproject bestaat uit twee identieke woontorens (A & B) van circa 74 m hoog die gespiegeld aan elkaar op het plangebied worden voorzien. Het plangebied kent verder veel vegetatie in de vorm van bomen en struiken, zie figuur 1.2.

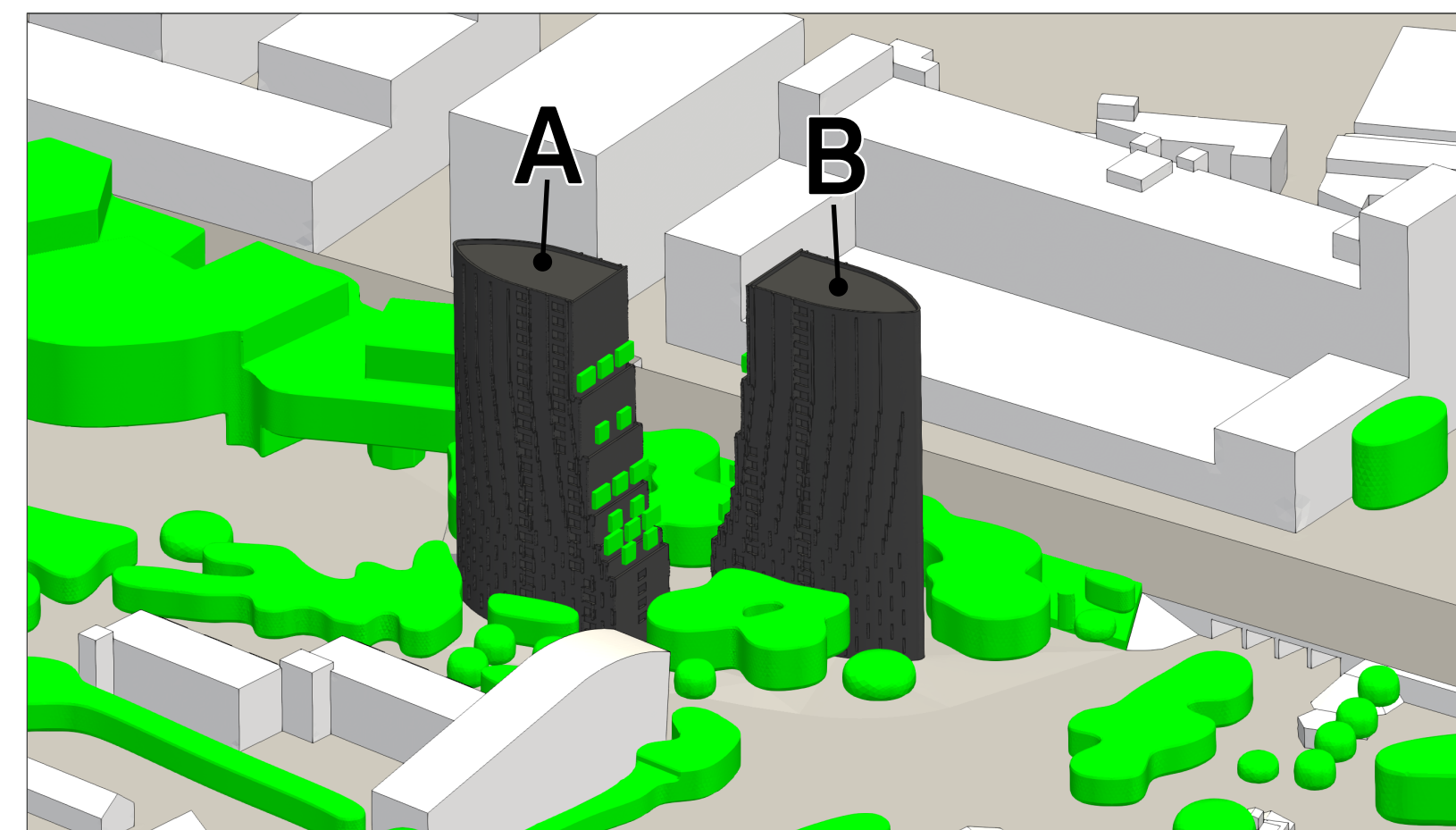
Het inpassen van de nieuwbouw zal leiden tot een wijziging van het lokale windklimaat. Dit kan zorgen voor een situatie die als onprettig of gevaarlijk wordt ervaren. Het is dan ook noodzakelijk het windklimaat inzichtelijk te maken, zodat mogelijke knelpunten kunnen worden aangepakt. **Actiflow** is gevraagd om het windklimaat inzichtelijk te maken met behulp van berekeningen op basis van Computational Fluid Dynamics (CFD). In deze studie is gebruik gemaakt van de normstelling omtrent windhinder en windgevaar, de Nederlandse norm NEN 8100:2006 '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 de randvoorwaarden zijn weergegeven in hoofdstuk 3. De resultaten worden vervolgens getoond en beschreven in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 volgt met aanbevelingen en het rapport sluit af met de conclusies van het onderzoek in hoofdstuk 6.



Figuur 1.1:
Impressie van de locatie van het nieuwbouwproject aangeduid in blauw

(Bron: Google Earth)



Figuur 1.2:
Impressie van het model van de toekomstige situatie

Zicht vanuit het noorden

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 NEN8100:2006 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

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 lokale beleid kunnen gemeenten hier zelf hun eigen invulling aan geven.

De gemeente Eindhoven geeft door middel van de normen in het *Gemeentebblad 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

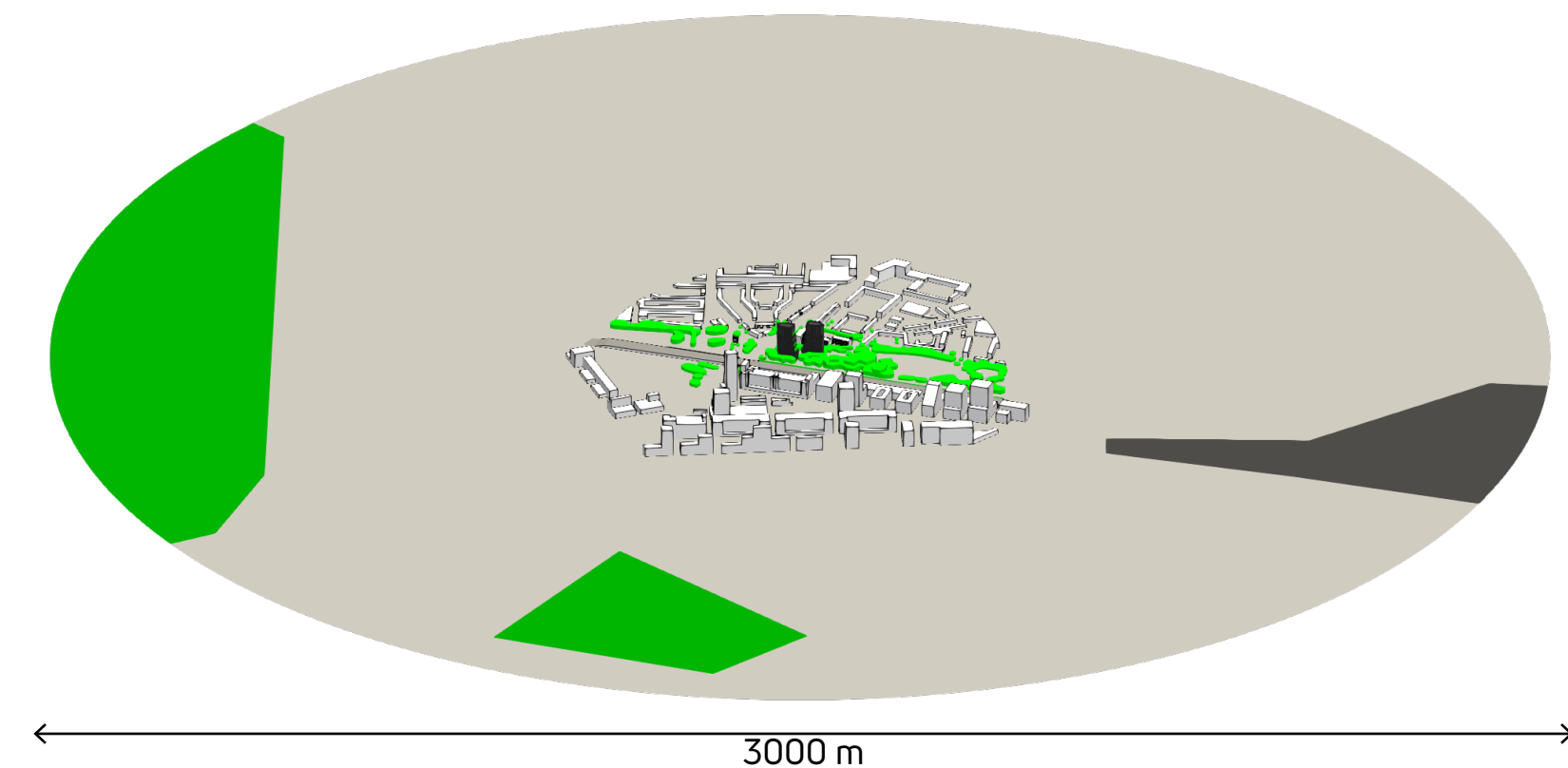
Het windonderzoek is uitgevoerd aan de hand van de richtlijnen in NEN8100:2006. Hierbij hanteert **Actiflow** een 'Kwaliteitsrapport', zoals dit ook benoemd wordt in NEN8100:2006. Hiermee wordt de kwaliteit van ons onderzoek en de betrouwbaarheid van de resultaten gewaarborgd. In dit hoofdstuk worden 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 meter. Dit betreft de toekomstige situatie na toevoeging van de nieuwbouw, zie figuur 3.1.

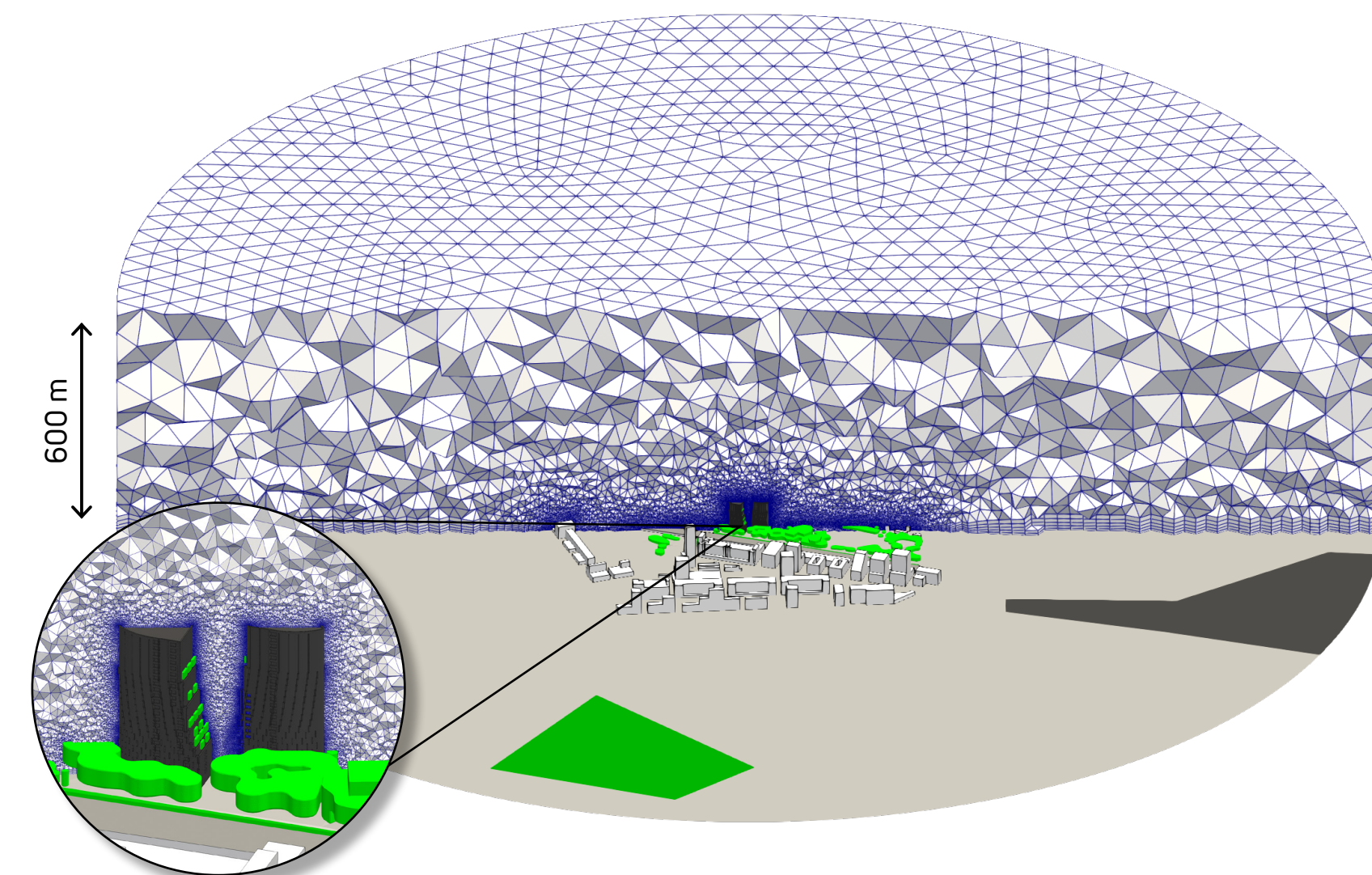
De omliggende bebouwing is als eenvoudige massa's weergegeven. Rond dit gebied is een cilindervormig domein geplaatst met een doorsnede van 3 000 m en een hoogte van 600 m. Het plangebied is centraal in dit domein geplaatst, zodat hier verschillende windrichtingen op kunnen worden toegepast zonder dat 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) en bestaat uit 53.374.500 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
zuidwesten



Figuur 3.2:
Doorsnede van het
rekenrooster

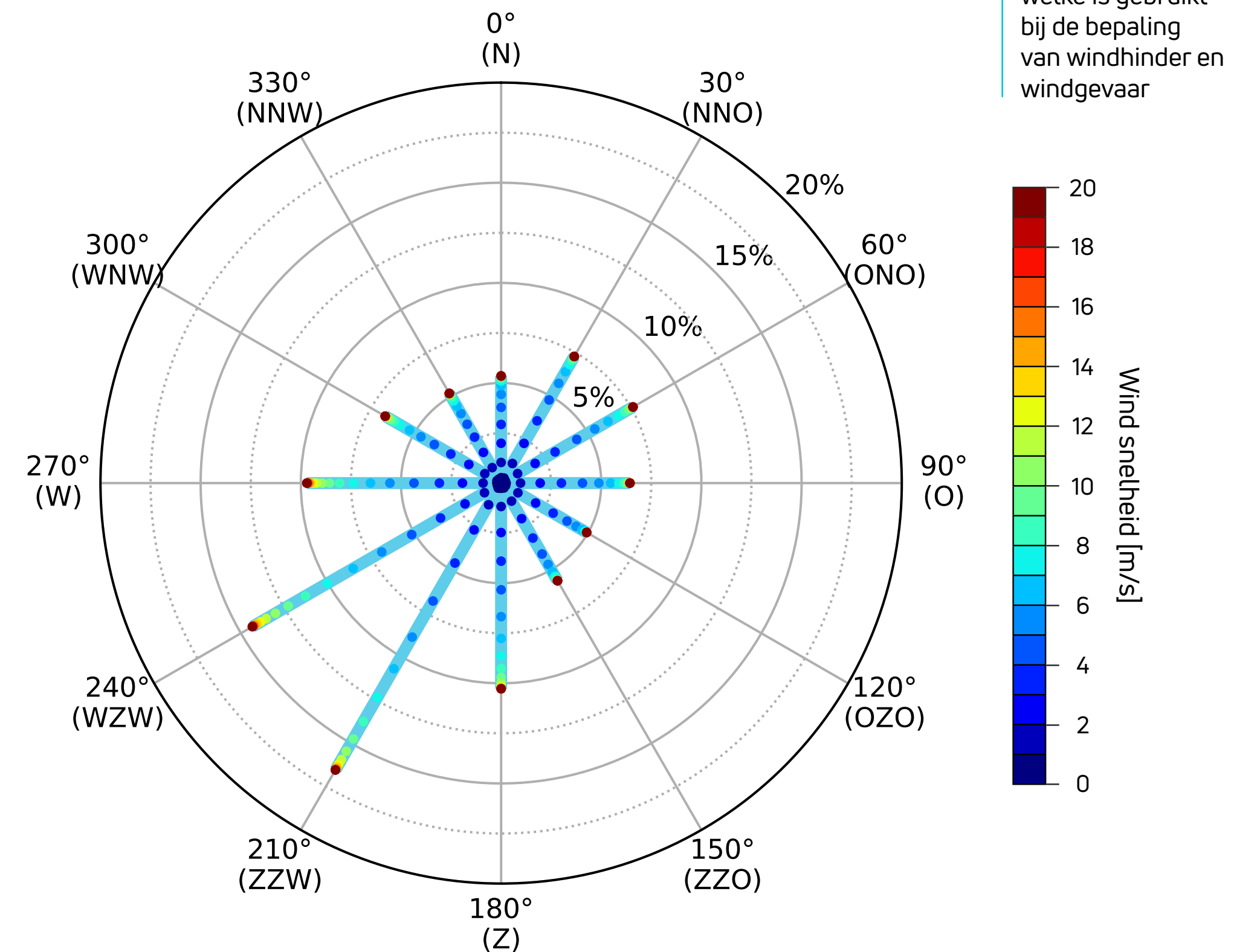
Zicht vanuit het
zuidwesten

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 NEN8100:2006, terwijl de afzonderlijke resultaten voor het geval met bladdragende vegetatie en bladloze vegetatie worden gerapporteerd in bijlage C.

3.3 Windstudie 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 en als frequentieverdeling van de windsnelheid op 60 m hoogte is weergegeven in figuur 3.3.



3.4 Software

De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van OpenFOAM v2112, 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 incompressibele Reynolds-averaged Navier-Stokes (RANS) vergelijkingen 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 k 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).

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

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

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

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

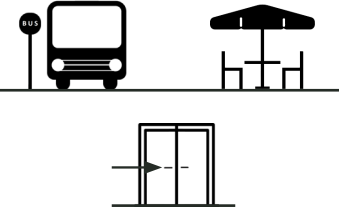
4 Resultaten

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 NEN8100:2006. 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 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 wordt tabel 4.1 aangehouden.

Tabel 4.1: Richtwaarden van de windhinderklassen per activiteit

		Goed	Matig	Slecht
	Ter plaatse van gebouwentrees, etc.	A	B	C, D en E
	Op locaties die gezien kunnen worden als verblijfsgebied voor voetgangers	A en B	C	D en E
	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				

Windklimaat openbare buitenruimte

Er heersen rondom de nieuwbouw afwisselende windcondities die zich kenmerken door een mix van windhinderklasse A t/m D, zie figuur 4.1.

Nabij de noordoostelijk, noordwestelijk en zuidwestelijk georiënteerde gevels van Toren A heersen voornamelijk kalme condities die zich kenmerken door windklasse A en B, de windcondities in deze klassen zijn geschikt voor alle voetgangersactiviteiten. Nabij de zuidoostelijk georiënteerde punt van de toren heersen windrijkere condities die zich kenmerken door klasse C. De condities in deze klasse bieden een goed klimaat om te lopen, een matig klimaat om te slenteren en een slecht klimaat om langdurig te zitten, zie figuur 4.2.

De windcondities nabij de noordoostelijke, zuidwestelijke en zuidoostelijke gevels van Toren B zijn kalm en kenmerken zich door klasse A en B. Nabij de noordwestelijk georiënteerde punt van de toren (1) heersen windrijke condities (klasse C en D). De windcondities die gekenmerkt worden door klasse D bieden een matig klimaat om te lopen en een slecht klimaat om te slenteren en langdurig te zitten. Omdat er niet wordt voorzien dat men hier zal gaan slenteren of langdurig zal zitten wordt het niet nodig bevonden om het windklimaat hier lokaal te verbeteren.

Het grootste windrijke gebied (klasse C en D) bevindt zich in het loopgebied tussen de torens in (2) en strekt zich uit richting het noordwesten. Klasse D is niet geschikt om te slenteren of om langdurig in te verblijven. Klasse C biedt een matig klimaat om te slenteren en een slecht klimaat om langdurig te zitten. Het gebied tussen de torens betreft een loopgebied, daarom zullen de stromingsfenomenen die deze condities veroorzaken onderzocht worden in hoofdstuk 5.

Entrees

De hoofdentrees van beide torens zijn in de figuren aangeduid door middel van een zwarte driehoek. Zowel de entree van toren A als die van toren B ligt in een zone waar optimale windcondities heersen voor de plaatsing van een entree (klasse A).

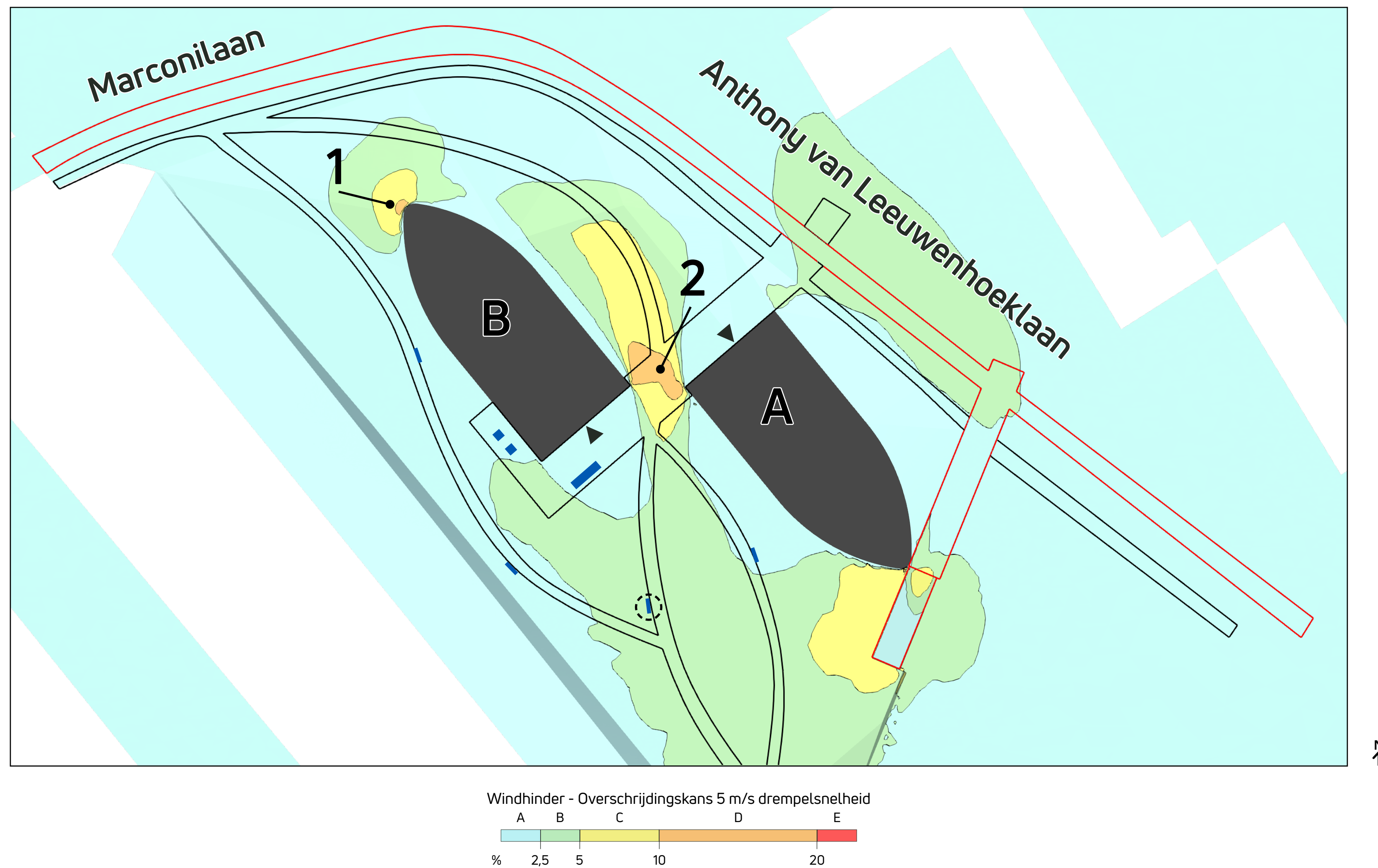
Straatmeubilair

In het plangebied worden ook straatmeubels zoals bankjes en terrassen voorzien. Deze worden in de figuren aangeduid met een donkerblauwe kleur. Er is te zien dat al het meubilair zich in gebieden bevindt waar kalme condities heersen die gekenmerkt worden door klasse A. Enkel het in figuur 4.1 omcirkelde bankje bevindt zich in een gebied waar klasse B geldt en daarmee een matige kwalificatie kent. Vanuit het gemeentelijk beleid wordt op plekken die bedoeld zijn om langdurig te zitten een goede kwalificatie verlangd. De matige kwalificatie geldt voor het jaargemiddelde resultaat. Figuur 4.2(c) toont echter aan dat wanneer de vegetatie bladdragend is er een goede kwalificatie geldt ter plaatse van het bankje. Omdat ervan uit kan worden gegaan dat men voornamelijk langdurig op een bankje plaatsneemt tijdens de lente- en zomermaanden (bladdragende situatie), wordt het niet nodig bevonden maatregelen te nemen ten einde het windklimaat lokaal te verbeteren. Indien men het gehele jaar een goede kwalificatie verlangt wordt aangeraden het bankje te verplaatsen naar een zone waar condities heersen die gekenmerkt worden door klasse A.

Fietspad

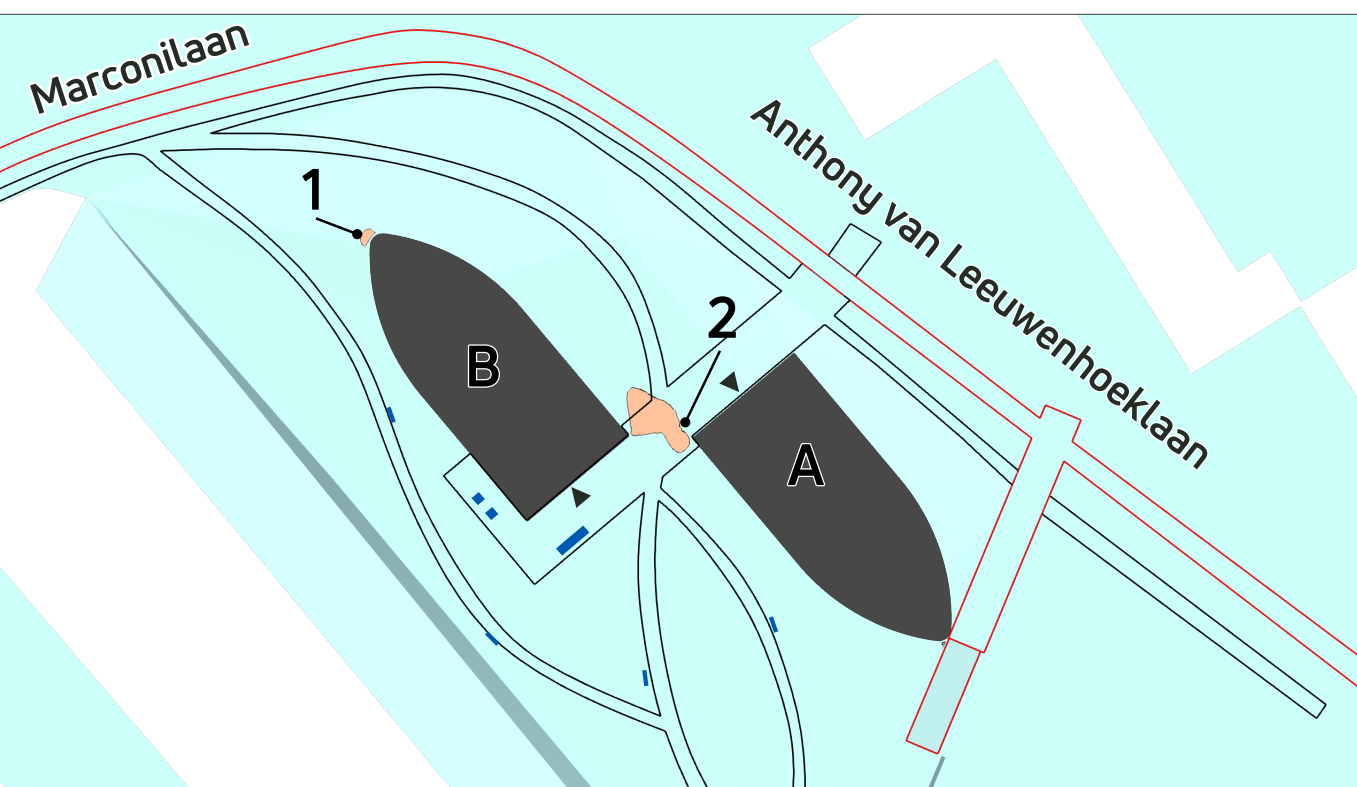
Het fietspad is in de figuren omlijnd door een rode kleur. Op het fietspad heersen enkel kalme condities (A en B) die niet leiden tot hinderlijke of gevaarlijke situaties tijdens het fietsen.

Verder is er in de ruime omgeving geen kans op windgevaar waargenomen, zie figuur 4.3.

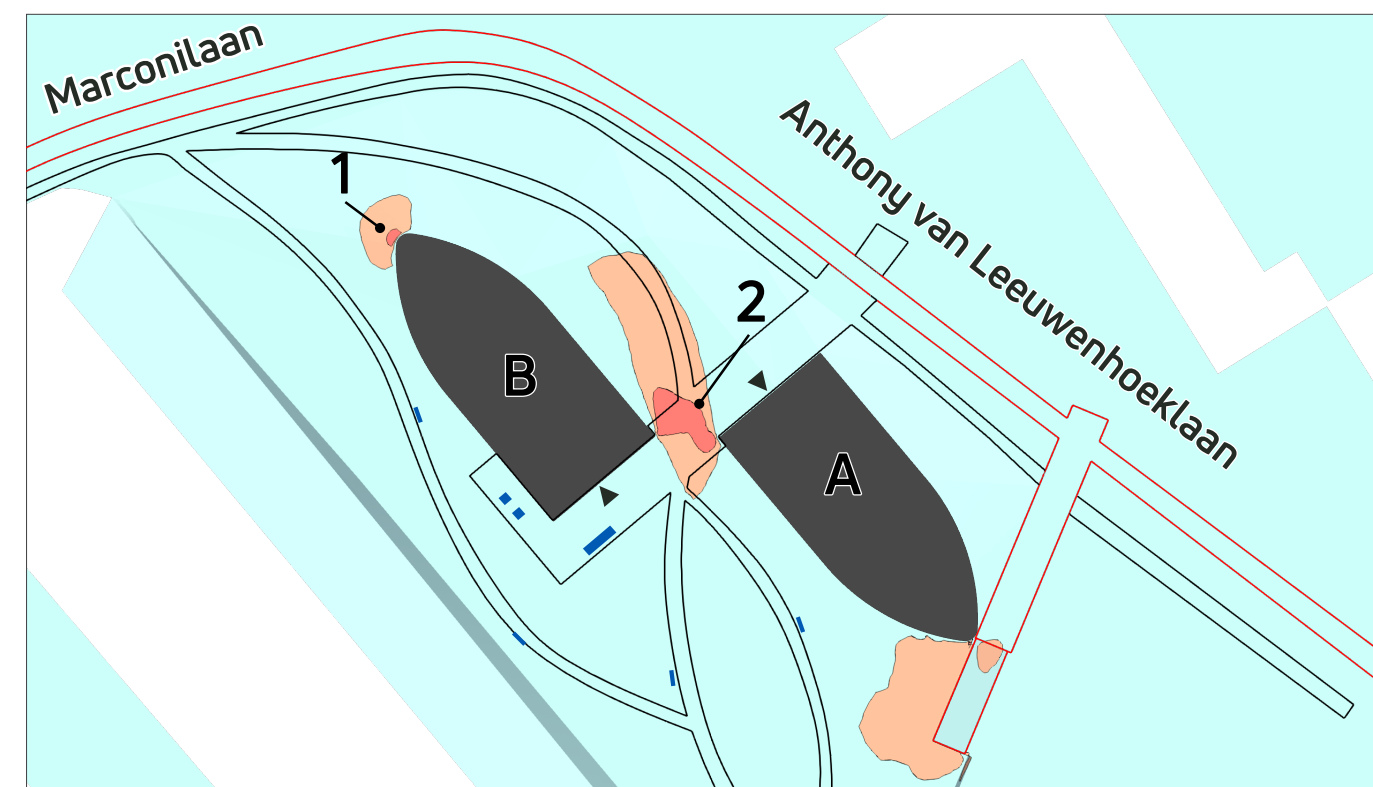


Figuur 4.1:
Windhinder op voetgangersniveau

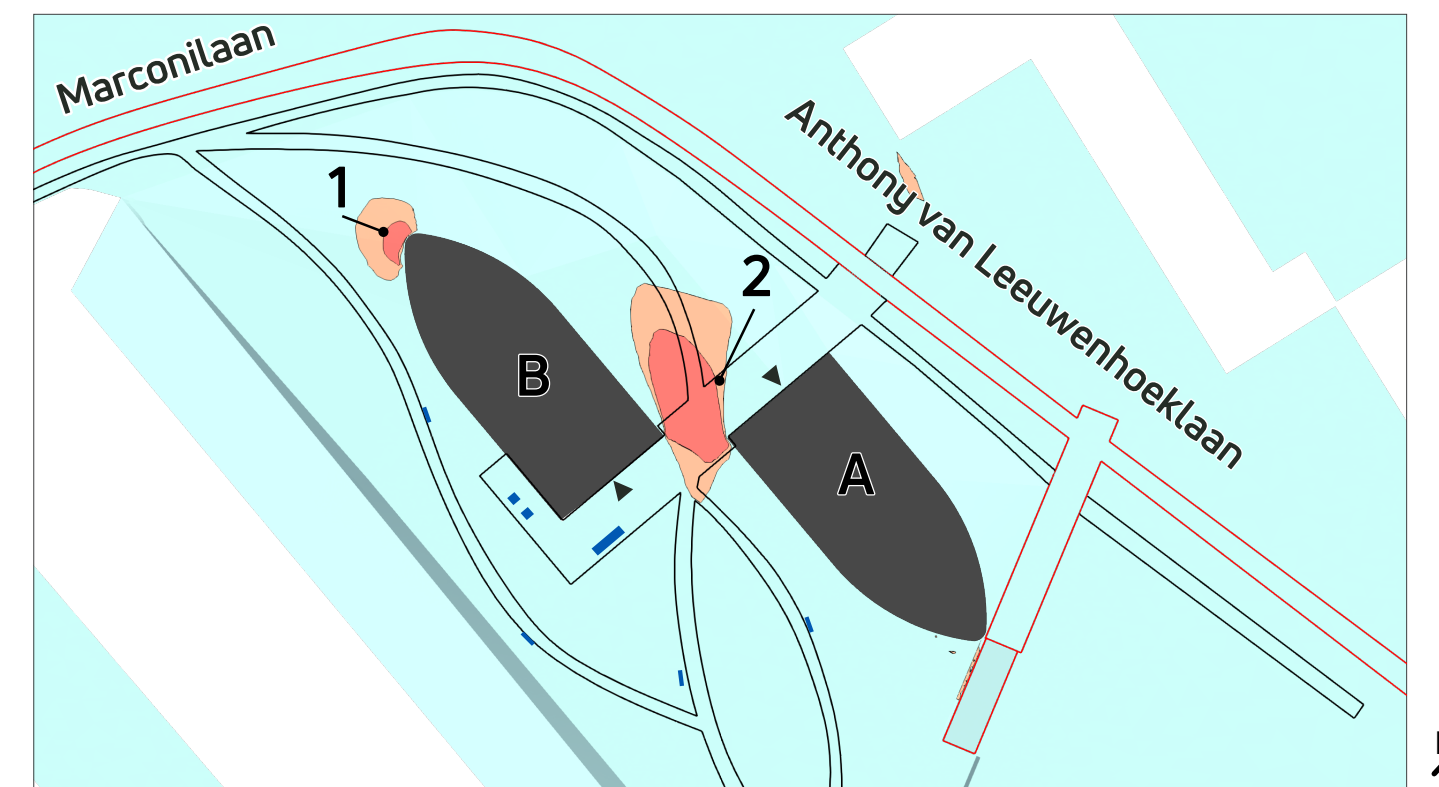
entree = zwarte driehoek
looppad = zwart omlijnd
fietspad = rood omlijnd
straatmeubilair = donkerblauw



(a)
Beoordeling activiteit doorlopen



(b)
Beoordeling activiteit slenteren

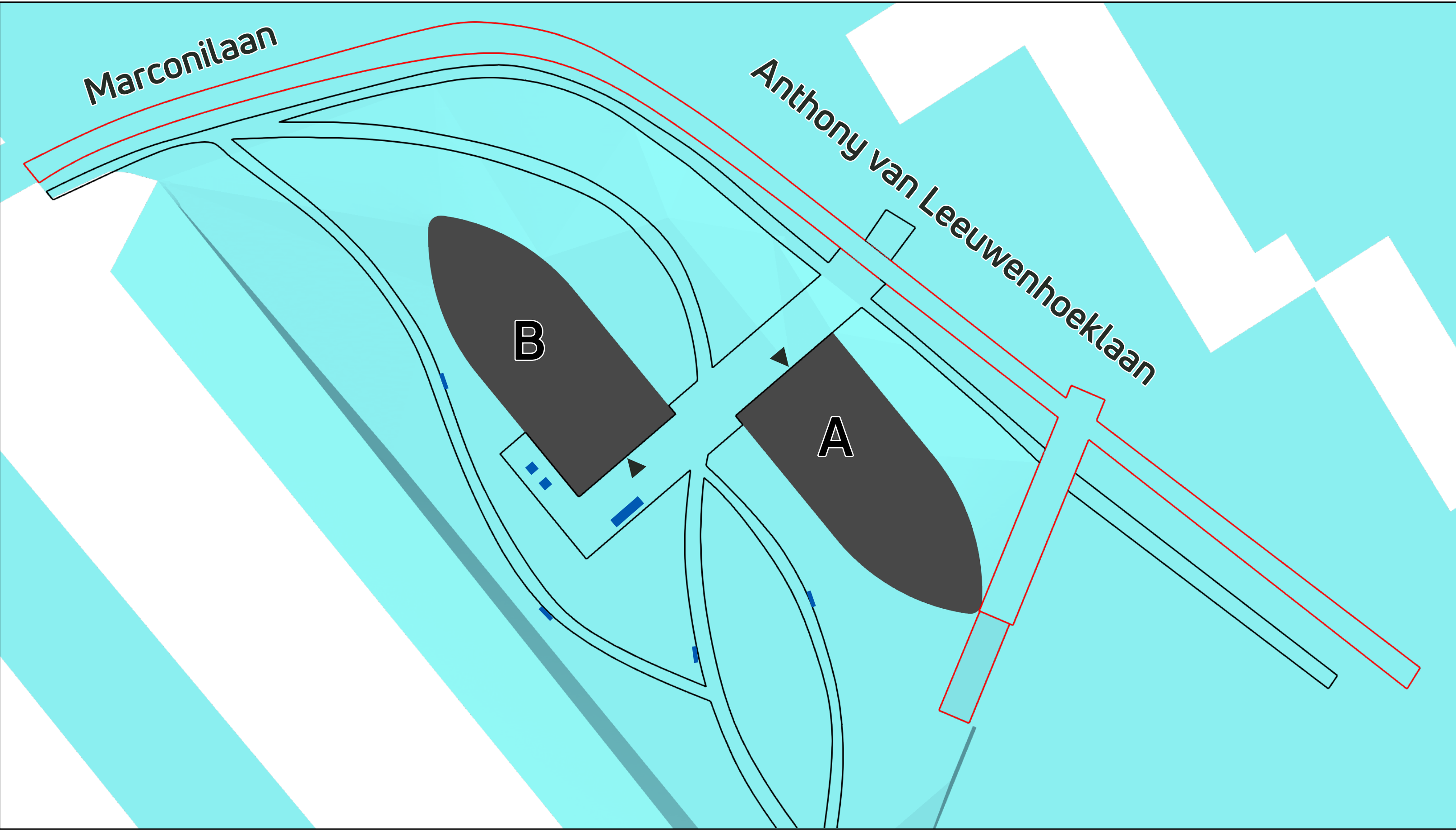


(c)
Beoordeling activiteit lang zitten (situatie bladdragend)

Windhinder
Goed Matig Slecht

Figuur 4.2:
Windhinder op
voetgangersniveau
voor drie verschillende
activiteiten

entree = zwarte driehoek
looppad = zwart omlijnd
fietspad = rood omlijnd
straatmeubilair =
donkerblauw



Figuur 4.3:
Windgevaar op voetgangersniveau

entree = zwarte driehoek
looppad = zwart omlijnd
fietspad = rood omlijnd
straatmeubilair = donkerblauw



5 Analyse en discussie

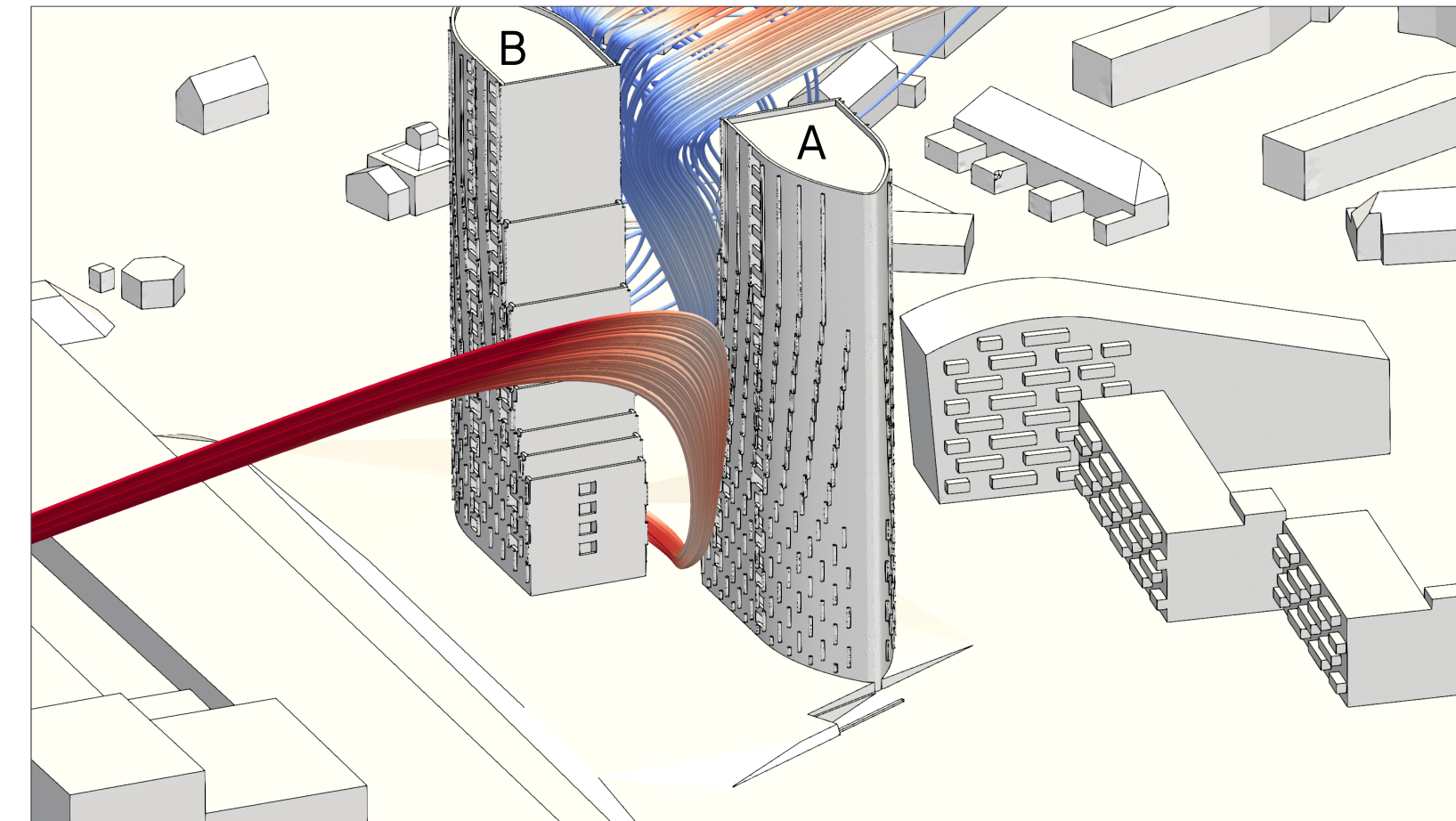
5.1 Stromingsfenomenen

In hoofdstuk 4 zijn er tussen de torens windcondities waargenomen die niet voldoen aan de geldende eisen. In deze sectie worden de stromingsfenomenen onderzocht die deze windcondities veroorzaken om zo passende maatregelen voor te kunnen stellen die de windcondities kunnen verzachten.

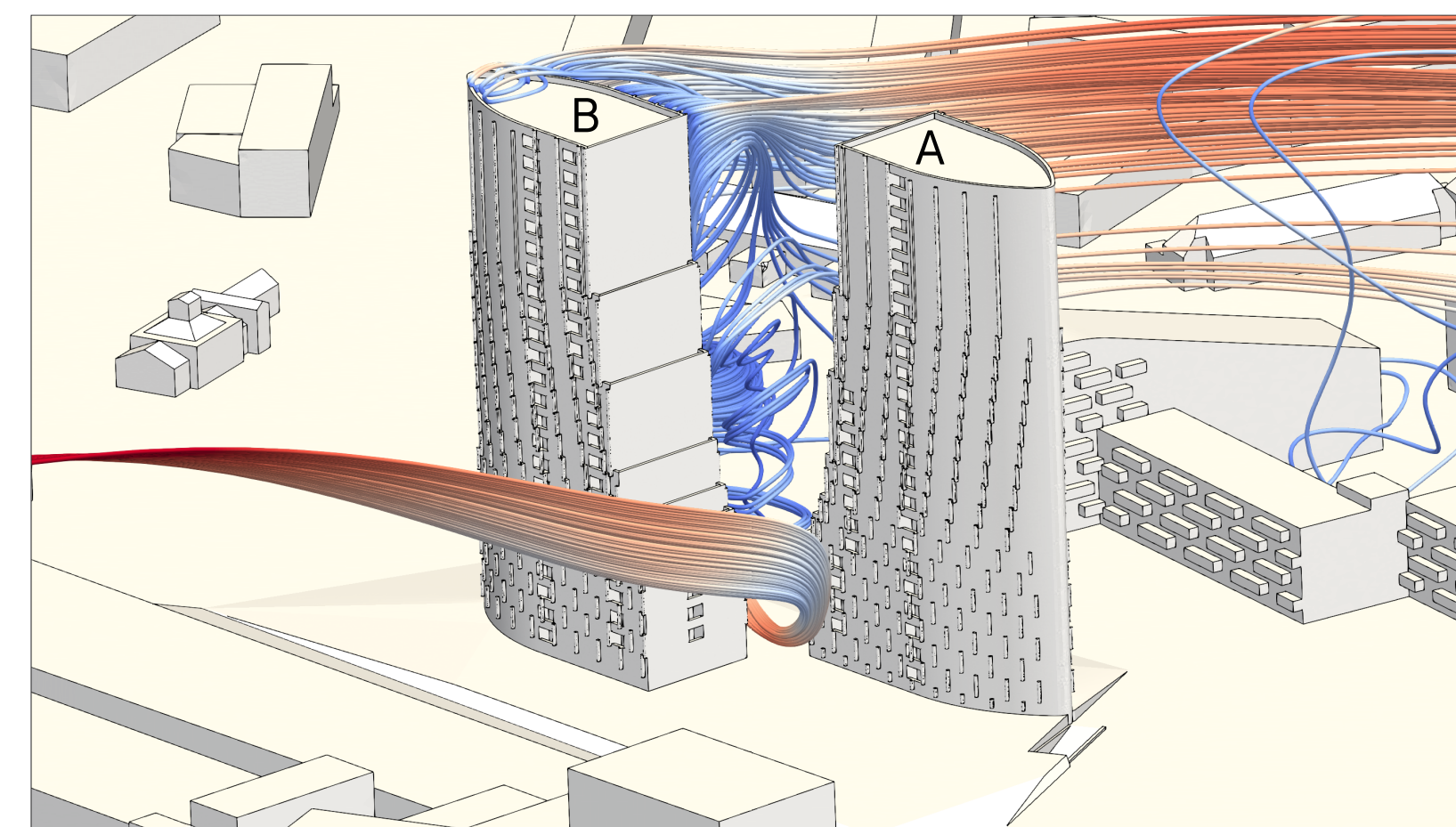
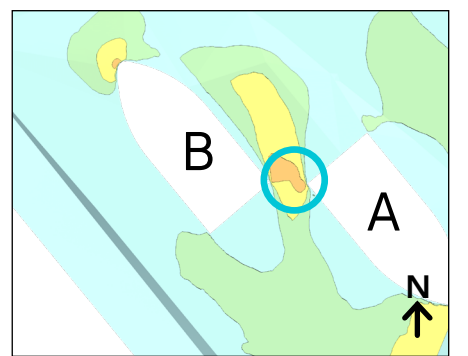
Bijlage D toont de resultaten van de overschrijdingskans voor de individuele windrichtingen. Uit de resultaten blijkt dat de wind afkomstig uit de richtingen zuidzuidwest en westzuidwest het grootste aandeel hebben aan de windrijke condities tussen de torens.

Figuur 5.1 toont de stroomlijnen van de wind uit zuidzuidwestelijke richting die door het gebeid tussen de torens stroomt. Er is te zien hoe de wind op grote hoogte in contact komt met de zuidwestelijk georiënteerde gevel van toren A en vervolgens afbuigt richting het maaiveld door toedoen van het zogenoemde downwash-effect. De stroming versnelt hierbij en buigt tevens af richting de zone tussen de torens. Eenmaal op maaiveldniveau versnelt de wind tussen de torens door als gevolg van de lokale vernauwing die hier optreedt. De lokale vernauwing en de versnelling die hierop volgt zorgen lokaal voor de windrijke condities.

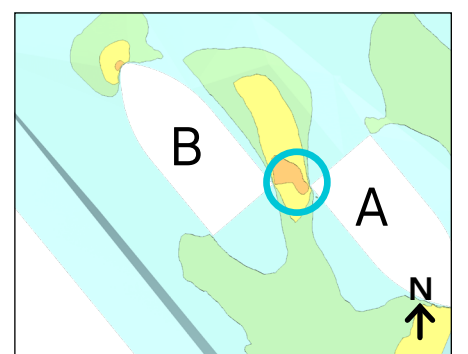
De vernauwing tussen de torens zorgt ook voor een versnelling wanneer de wind uit westzuidwestelijke richting komt, zie figuur 5.2. De wind komt vanuit deze richting op een lagere hoogte in contact met de zuidwestelijk georiënteerde gevel van toren A en buigt vervolgens af richting het maaiveldniveau. De snelheid van de stroming neemt tijdens het afdalen enigszins af, maar neemt eenmaal tussen de torens weer snel toe als gevolg van de lokale vernauwing.



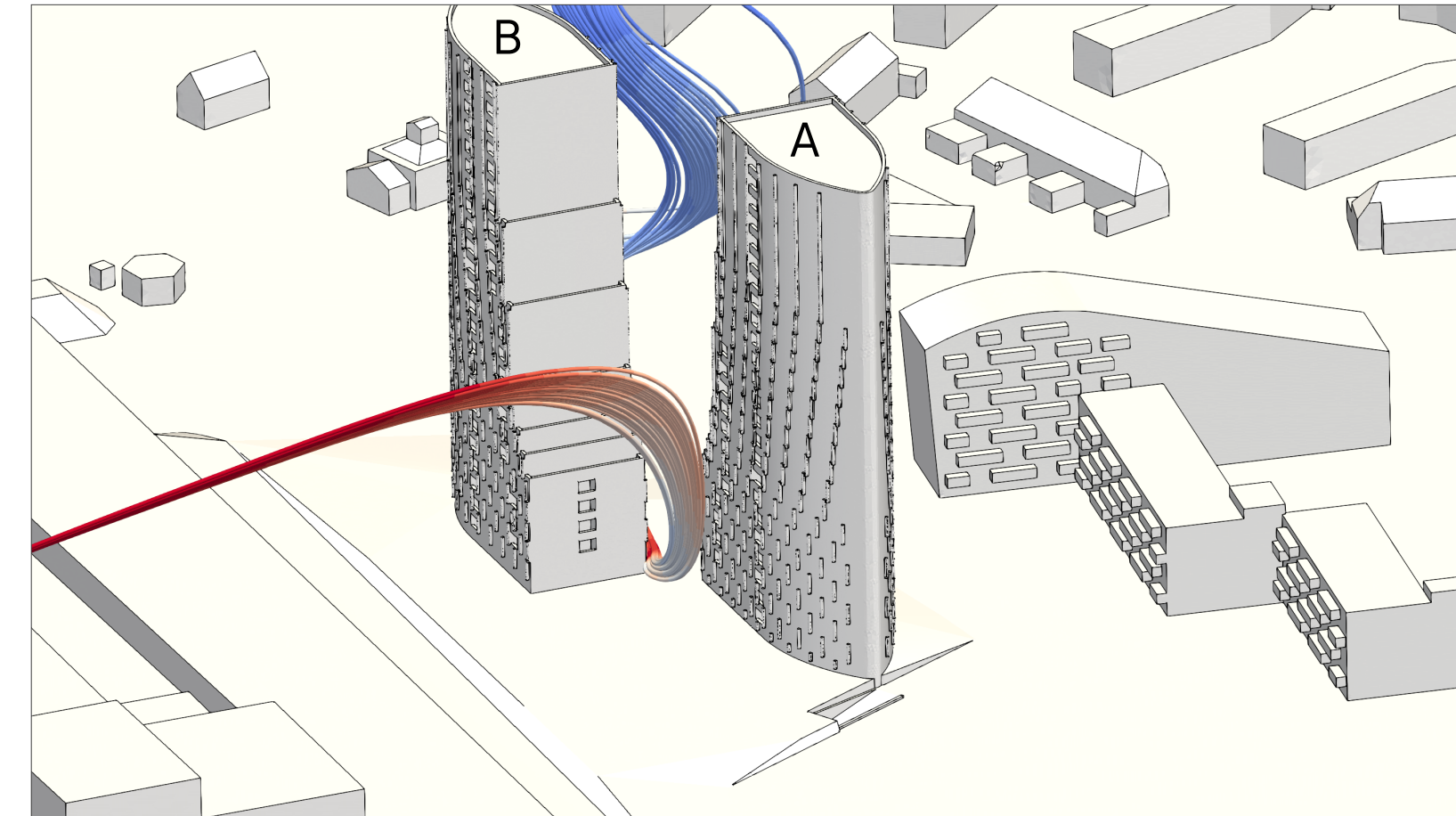
Figuur 5.1:
Stroomlijnen tussen de torens door



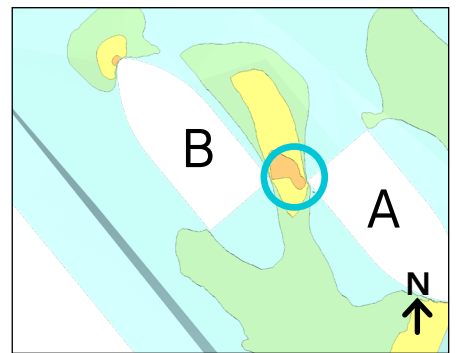
Figuur 5.2:
Stroomlijnen tussen de torens door



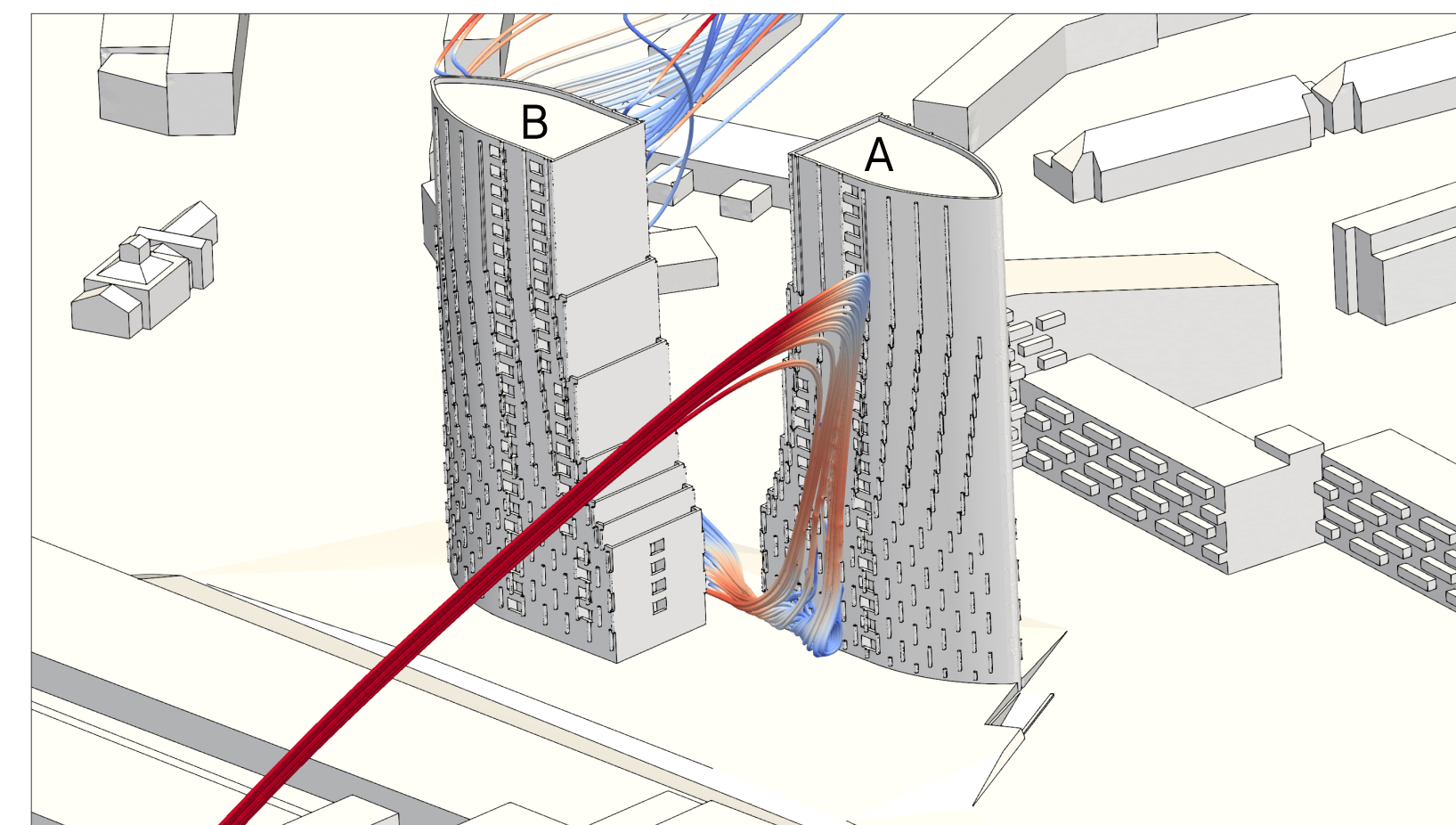
Figuren 5.3 en 5.4 tonen de stroomlijnen voor de wind uit de zuidzuidwestelijke richting die respectievelijk om de zuidelijke hoek van toren B en de noordelijke hoek van toren A stromen. Ook hier is te zien dat de zuidwestelijk georiënteerde gevel van toren A de wind opvangt waarna de wind richting het maaiveld stroomt. Tussen de torens versnelt de wind wederom door toedoen van de lokale vernauwing, maar raakt hierbij de hoeken van de torens. De wind versnelt hierbij nog eens extra als gevolg van de lokale hoekversnellingen die optreden. Deze lokale versnellingen dragen uiteindelijk bij aan het grote windrijke gebied tussen de torens.



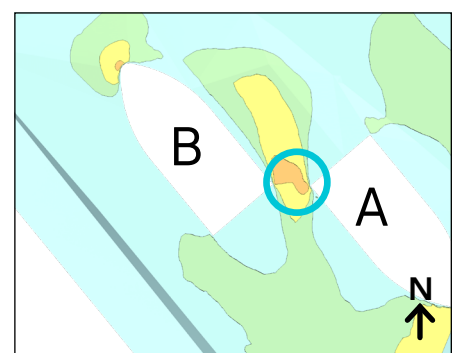
Figuur 5.3:
Stroomlijnen om de zuidelijke hoek van Toren B



Wind vanuit ZZW
laag hoog



Figuur 5.4:
Stroomlijnen om de noordelijke hoek van Toren A



Wind vanuit ZZW
laag hoog

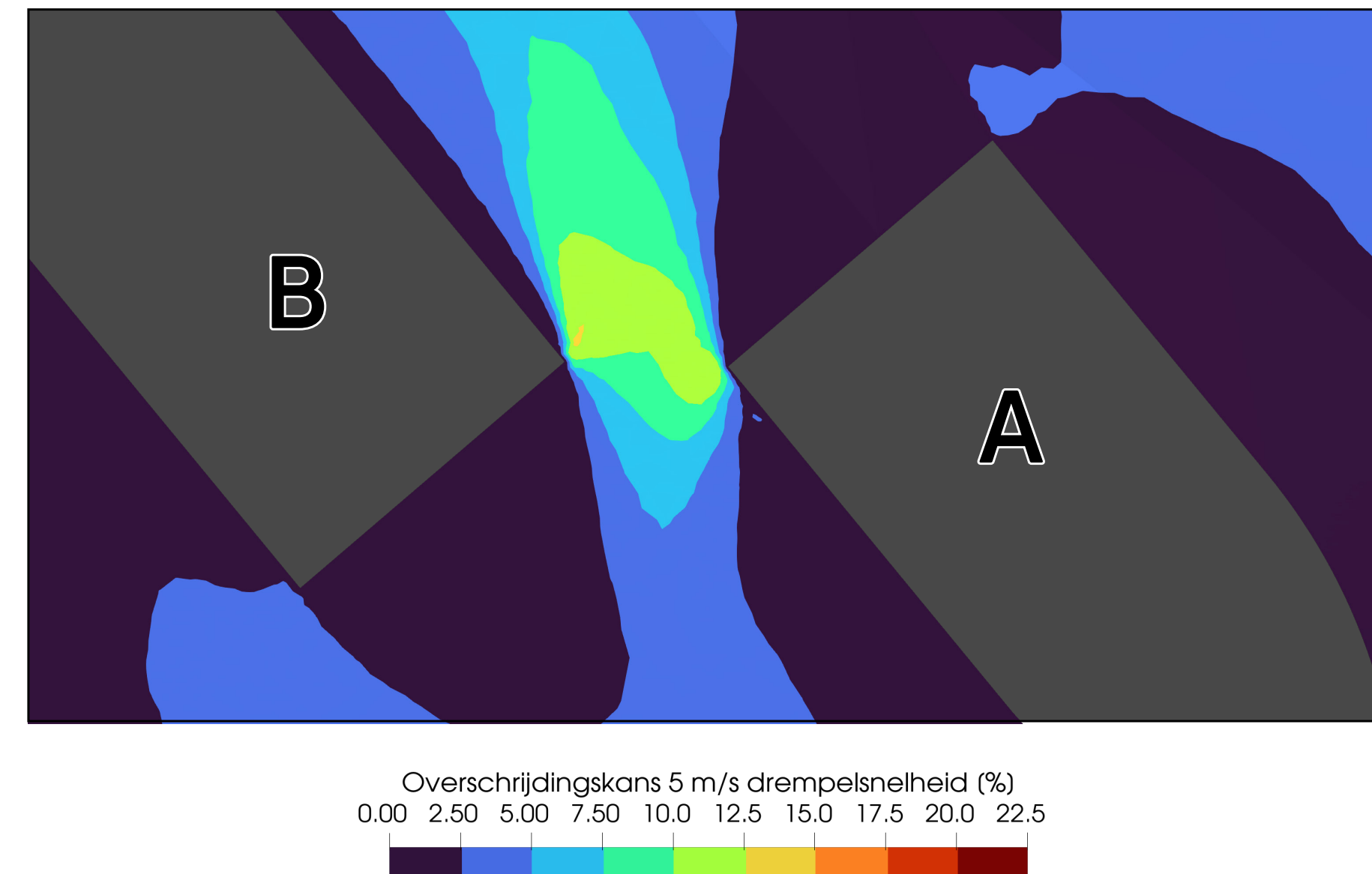
5.2 Overschrijding van windhinderklasse C

Figuur 5.5 toont de resultaten voor windhinder op de openbare buitenruimten, ingezoomd op het gebied tussen de twee torens. De schaalverdeling van de overschrijdingskans is hierbij gelijkmatig opgedeeld om zo te kunnen bepalen hoeveel overschrijding er precies plaatsvindt in het gebied met windhinderklasse D (overschrijdingskans 10-20%).

Het overgrote deel van het gebied bestaat uit windcondities die een overschrijdingskans kennen van 10 tot 12.5%. Verder is er nabij de zuidelijke hoek van Toren B een zeer kleine zone aanwezig waar de overschrijdingskans maximaal 15% bedraagt. Deze kleine zone kan vanwege zijn beperkte omvang verwaarloosd worden.

Het grootste gedeelte van het gebied kent dus een maximale overschrijding van slechts 2.5% van klasse C en biedt daarmee een slecht comfort tijdens het slenteren. Omdat de resultaten jaargemiddeld zijn, vertaalt dit zich in maximaal negen dagen per jaar waarop men een slecht comfort kan ervaren tijdens het slenteren. Deze negen dagen verspreiden zich over het gehele jaar en zouden ook 's nachts kunnen plaatsvinden, wanneer men hier niet verblijft. Men kan, afgezien van de negen dagen, een goed of matig klimaat ervaren tijdens het slenteren.

Gezien de geringe overschrijding en het gegeven dat het jaargemiddelde resultaten betreft, kan de conclusie getrokken worden dat er geen mitigerende maatregelen nodig zijn en dat het gebied met klasse D (lokaal) geaccepteerd kan worden.



Figuur 5.5:
Windhinder op
voetgangsniveau
met aangepaste
schaal

6 Conclusie

Voorliggende rapportage omschrijft een windhinderonderzoek uitgevoerd door [Actiflow](#) in het kader van de ontwikkeling *De Sierlijke Dames* te Eindhoven in opdracht van Trudo.

Voor de analyse is de Nederlandse norm "NEN 8100:2006: Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving" gebruikt, aangevuld met de door de gemeente Eindhoven vastgestelde normen. Er is hierbij 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.

De resultaten hebben het volgende laten zien:

- In het plangebied heersen afwisselende windcondities die zich kenmerken door een mix van windhinderklasse A t/m D. Klasse A en B zijn hierbij het meest aanwezig.
- De meest windrijke condities bevinden zich tussen de twee torens in en kenmerken zich door windhinderklasse C en D. Klasse D biedt een slecht klimaat om te slenteren en dient volgens de gestelde normen vermeden te worden. Echter, is er vanwege de geringe overschrijding besloten de condities lokaal te accepteren en wordt het toepassen van maatregelen niet nodig geacht.
- Beide entrees van de torens bevinden zich in gebieden met optimale windcondities voor de plaatsing van een entree (klasse A).
- Er is in het plangebied geen kans op windgevaar waargenomen.

A Beleidsregel gemeentelijke normen windhinder Eindhoven



GEMEENTEBLAD

Officiële uitgave van de gemeente Eindhoven

Nr. 141113

4 juni

2020

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

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 windluifel 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 activiteitenklasse. Ten aanzien van windhinder worden drie verschillende activiteitenklassen I, II en III onderscheiden, die kortweg worden gekenmerkt met 'doorlopen', 'slenteren' 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 '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.

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

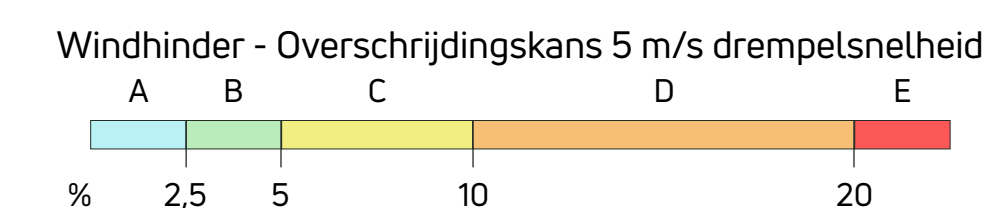
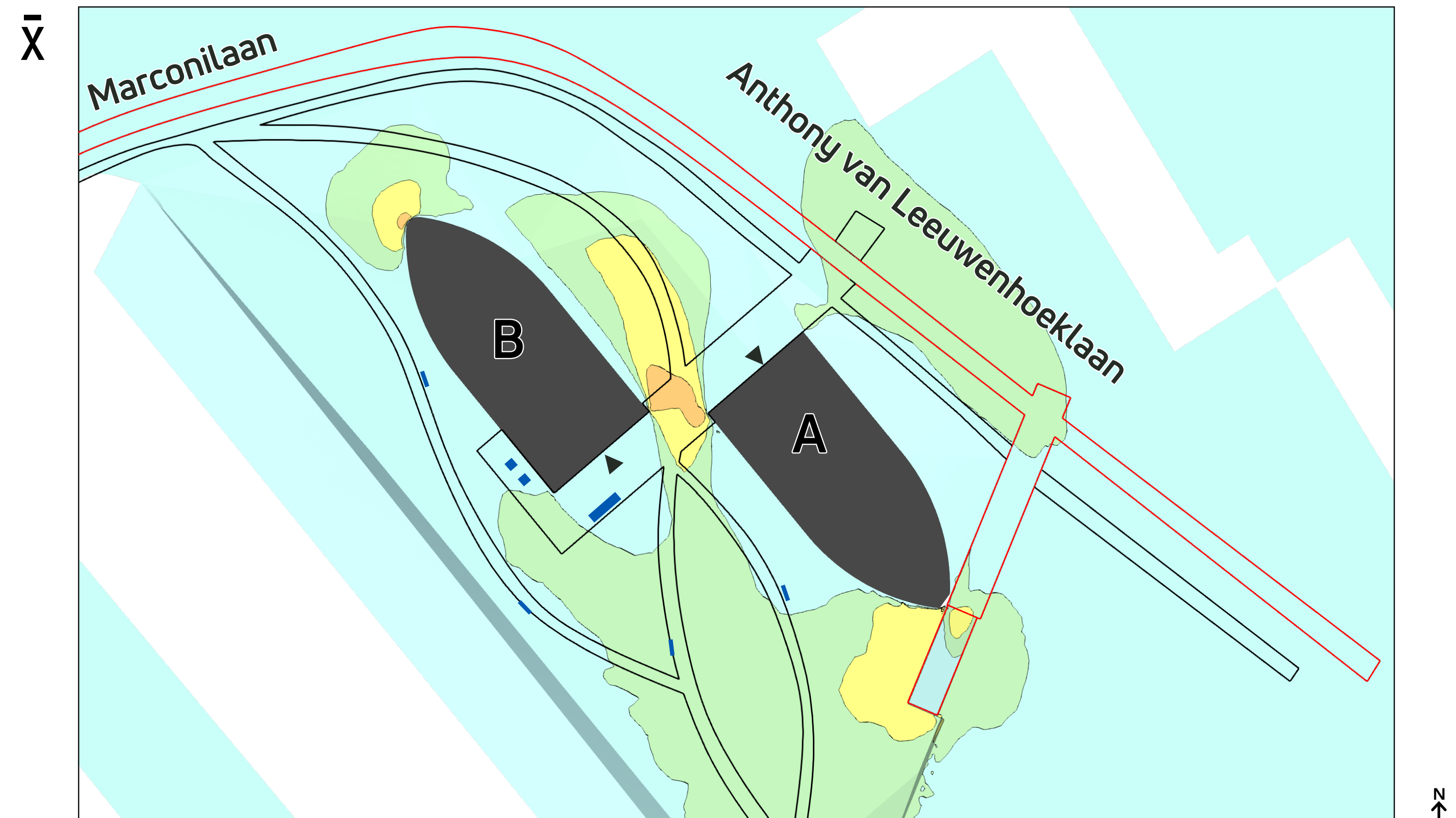
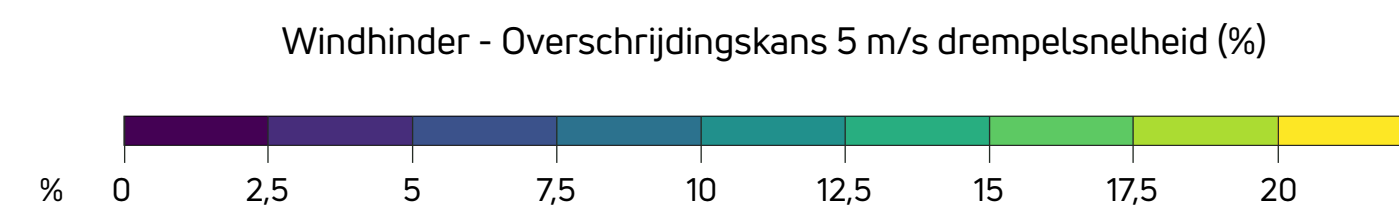
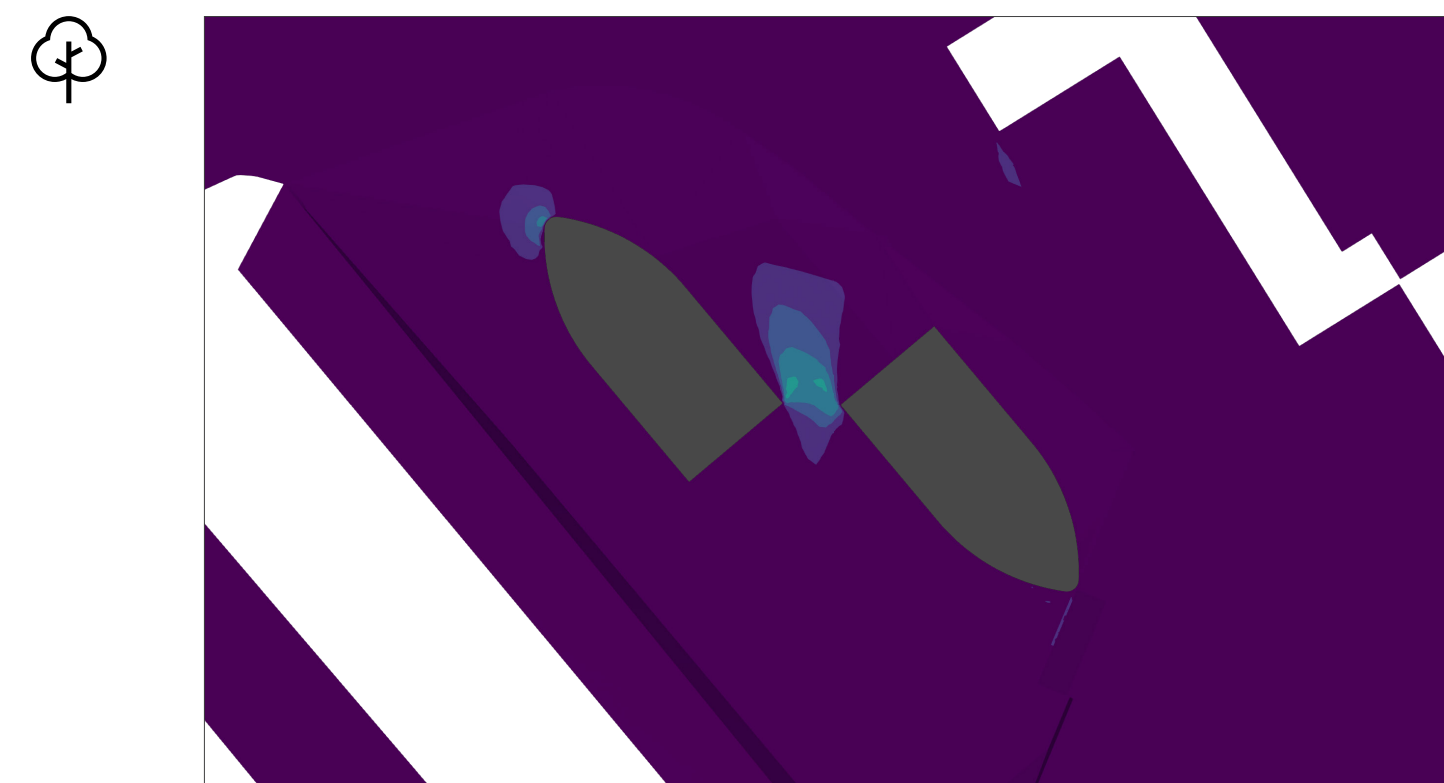
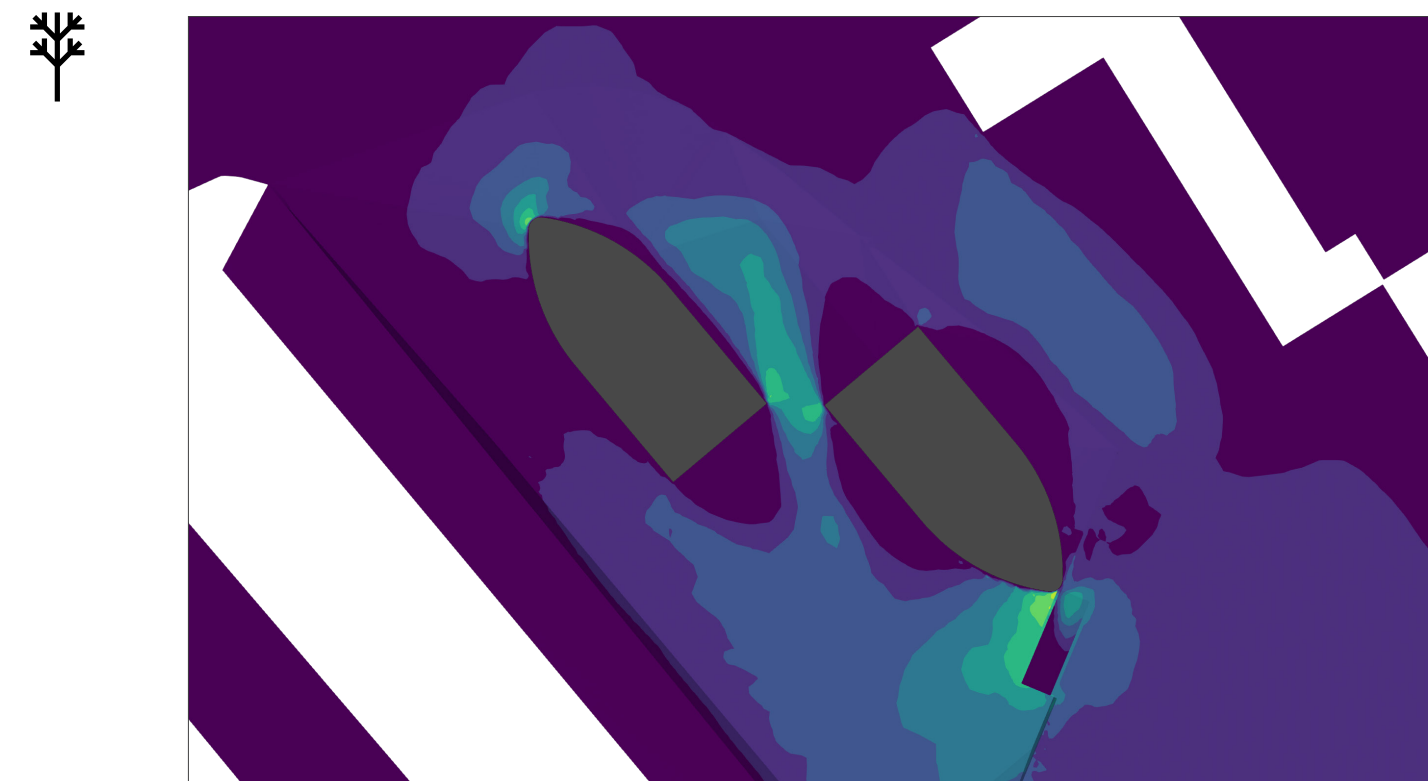
B Inlegvel NEN 8100:2006

Project	Projectgegevens
Projectnaam	De Sierlijke Dames te Eindhoven
Opdrachtgever	Trudo
Projectleider	ing. Marc Koops
Datum	13-01-2023
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen 300m rondom projectgebouw
Kerngebied	Nieuwbouw en de directe omgeving
Omgeving	Omgeving in massa's
Afmetingen model	Rond met straal 1.500 m en hoogte 600 m
Blokkeringsgraad	Maximaal 3 %
Gemodelleerd groen	Bomen en struiken: poreuze zone
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	12 (rondom in stappen van 30 graden)
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: of2112
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: tetraëders met prismalaag Basis: 53.374.500 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, $z_0 = 1,6\text{m}$
Uitlaat	Druk-uitlaat
Boven-/Zijwanden	Slipwanden
Vloer/bodem	No-slip, ruwe wand
Overige	No-slip, ruwe wand/gladde wand

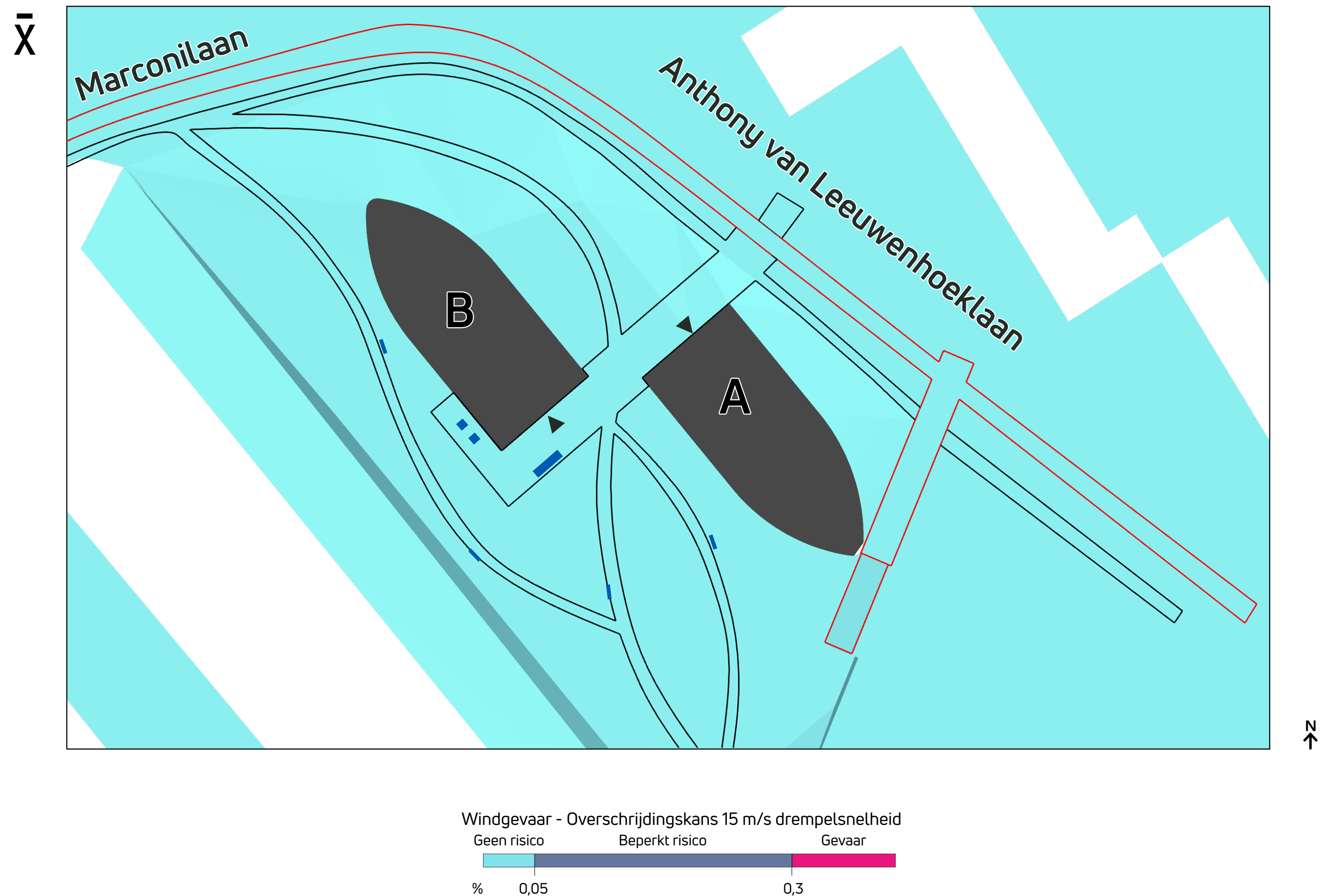
Gegevensverwerking en beoordeling	Informatie voor locatie en berekening windklimaat			
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X: 159965		Y: 384408	
Toegepaste eisen	V_{DR} m/s	Gewenste kwaliteits-klasse	Overschrijdings-kans % $p(V_{LOK} > V_{DR,H})$	Beoordeling
Voor comfort				
Doorlopen	5,0	A,B,C	$p < 10$	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 gevulde contour			
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang	Geen			

C Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld

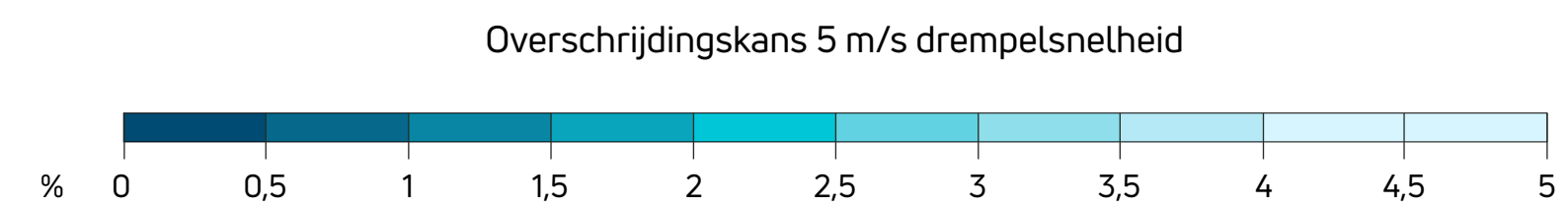
Windhinder in de toekomstige situatie



Windgevaar in de toekomstige situatie



D Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



Wind

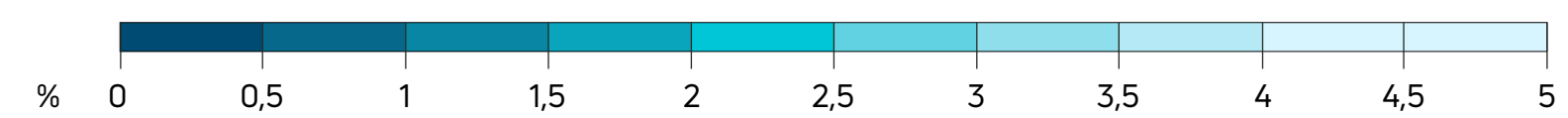


Wind



N
↑

Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



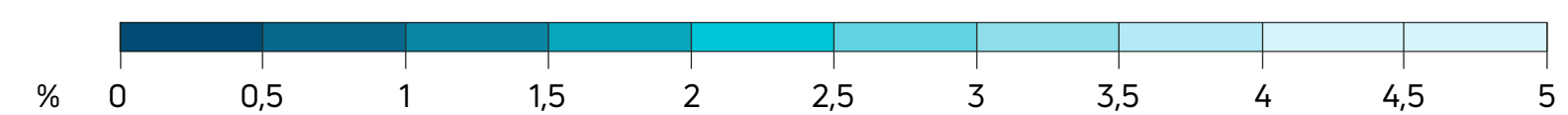
Wind
↖

Wind
↖



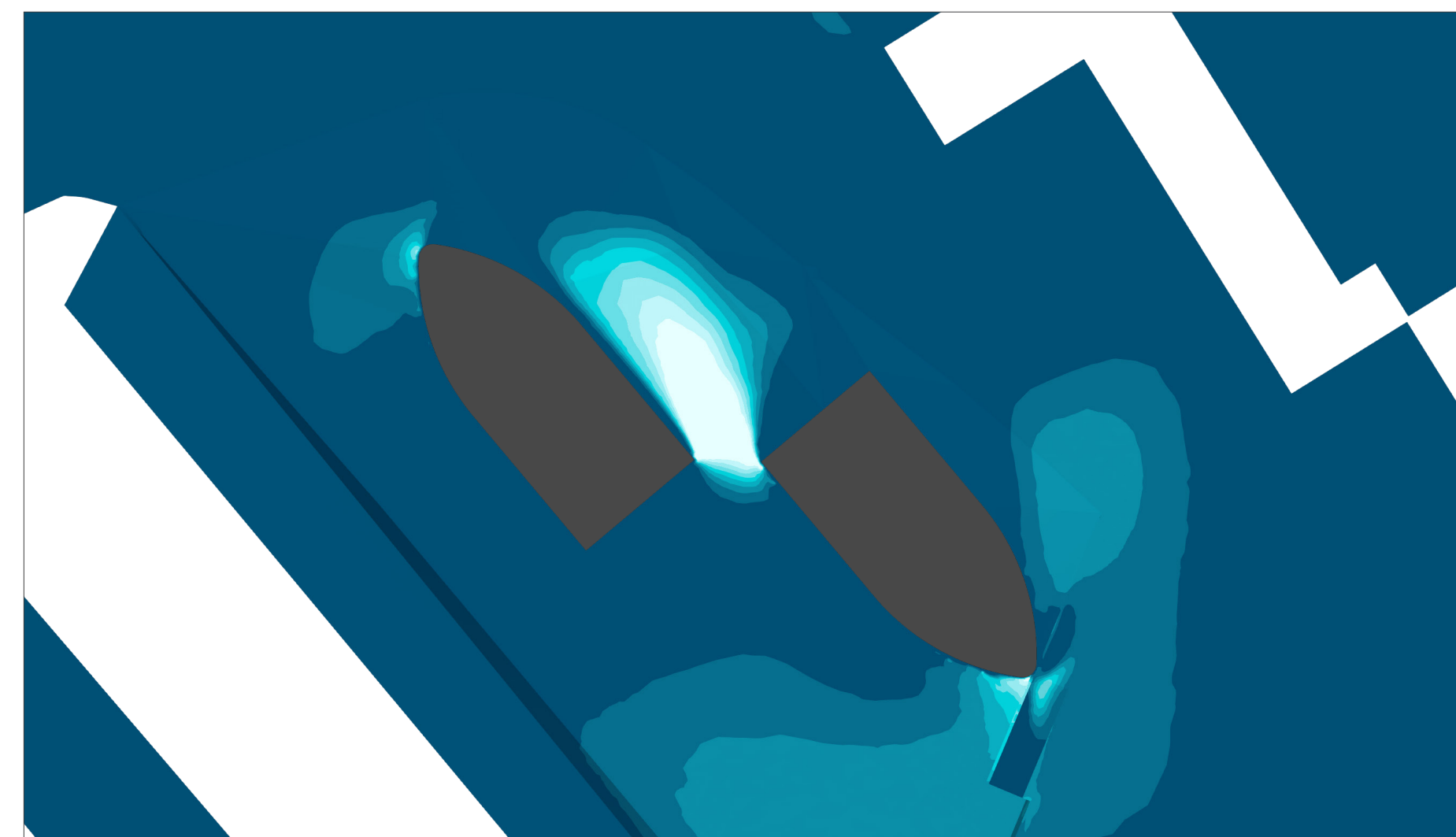
N
↑

Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



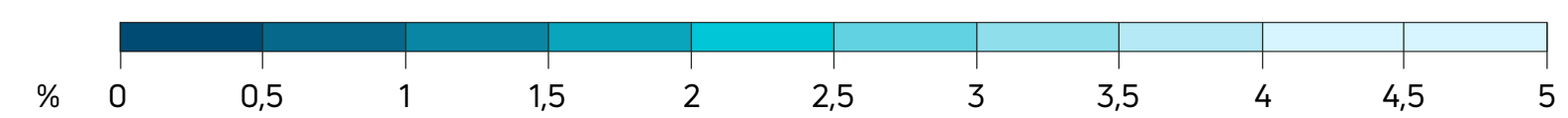
Wind
↑

Wind
↗

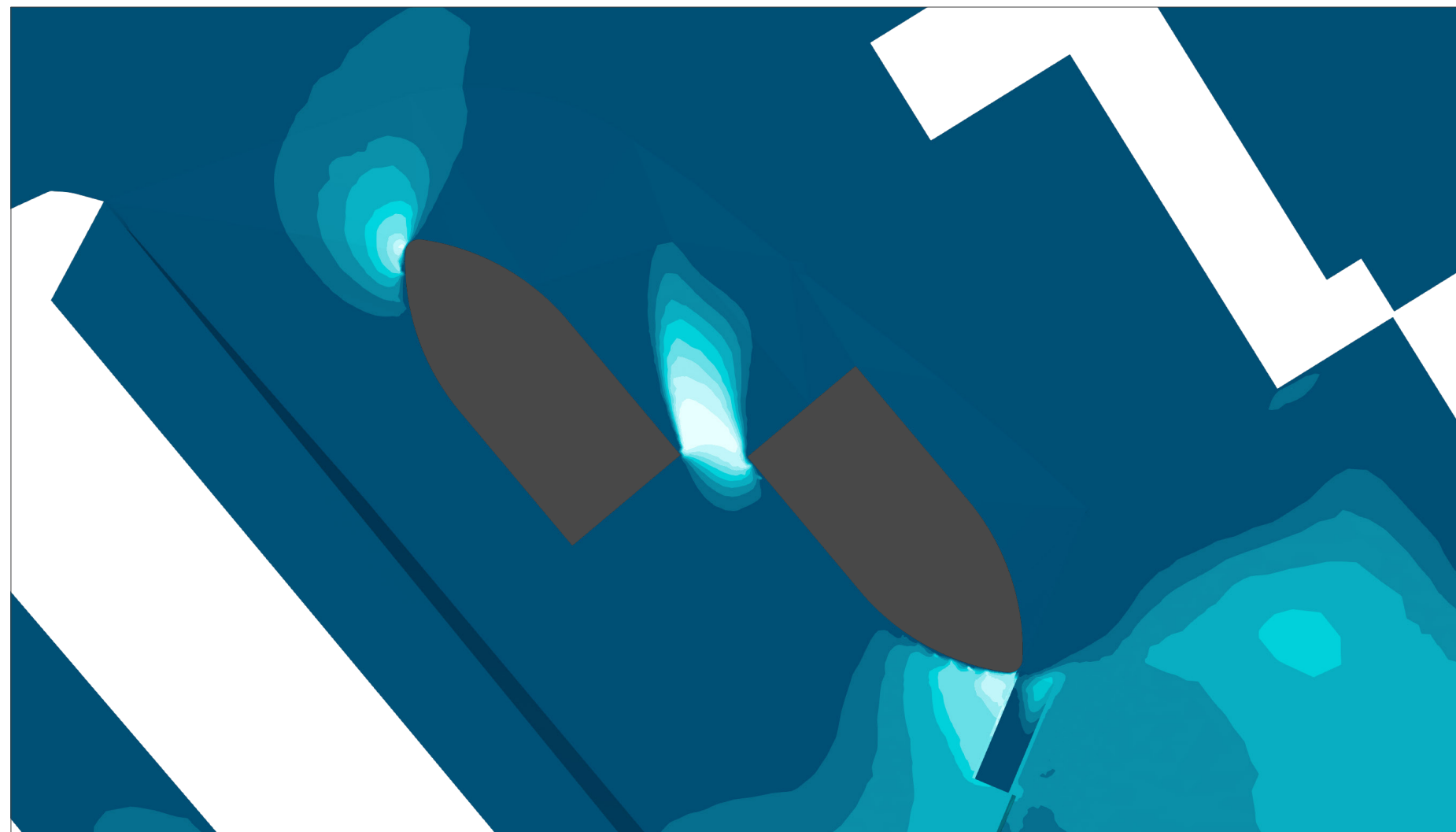


N
↑

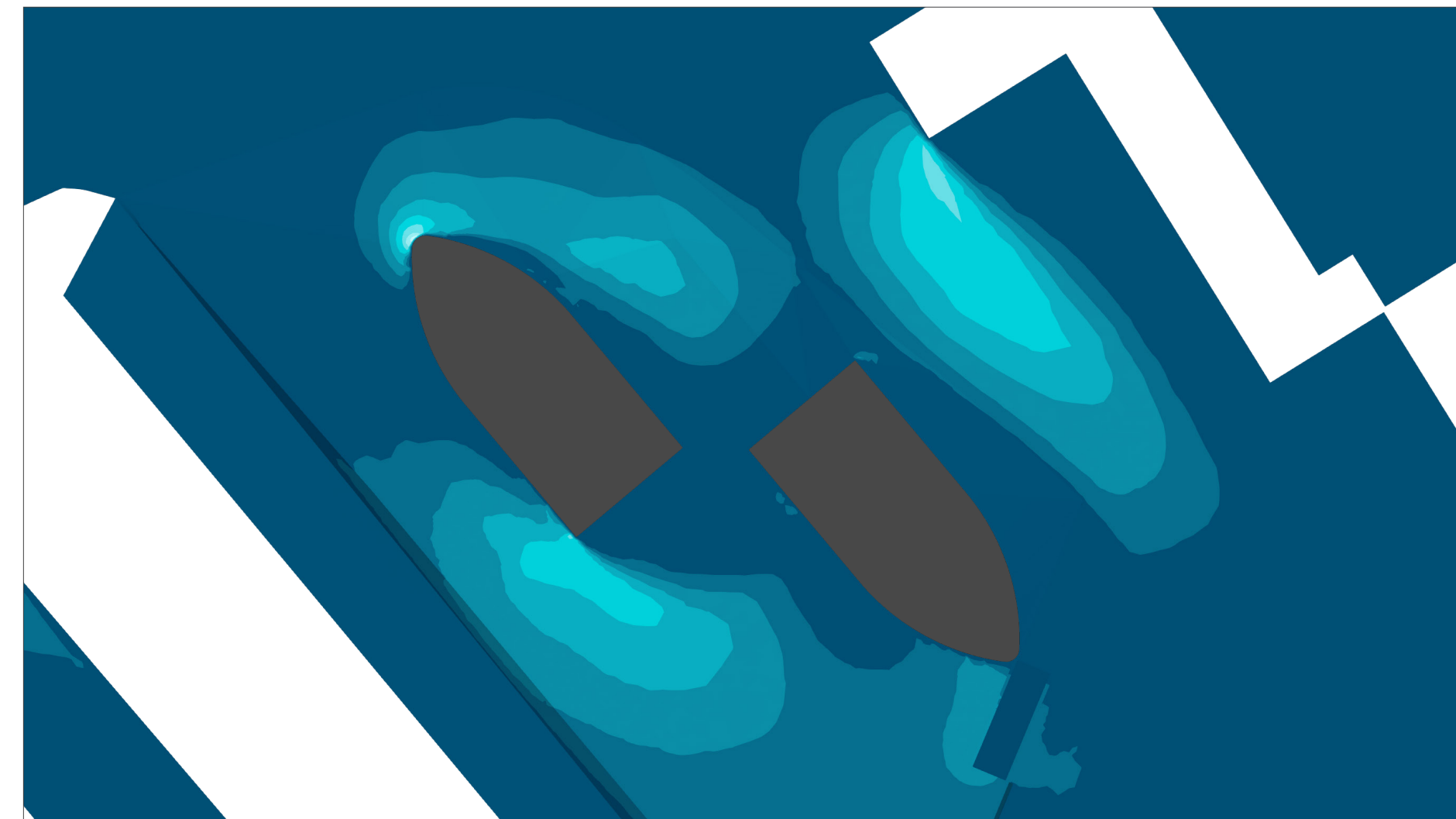
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Wind
↗

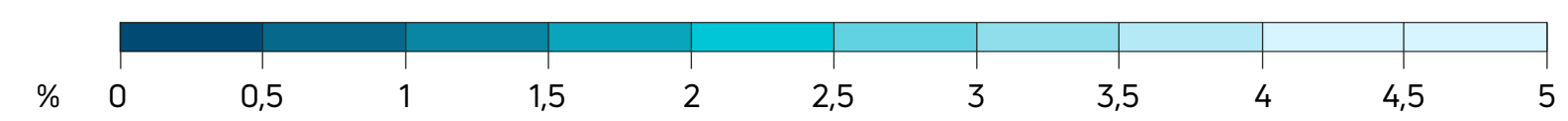


Wind
→



N
↑

Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



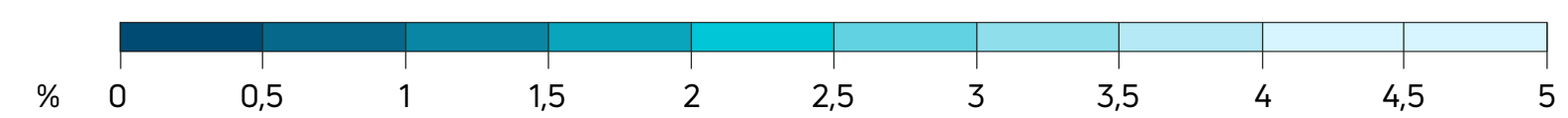
Wind
↘

Wind
↘



N
↑

Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid





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