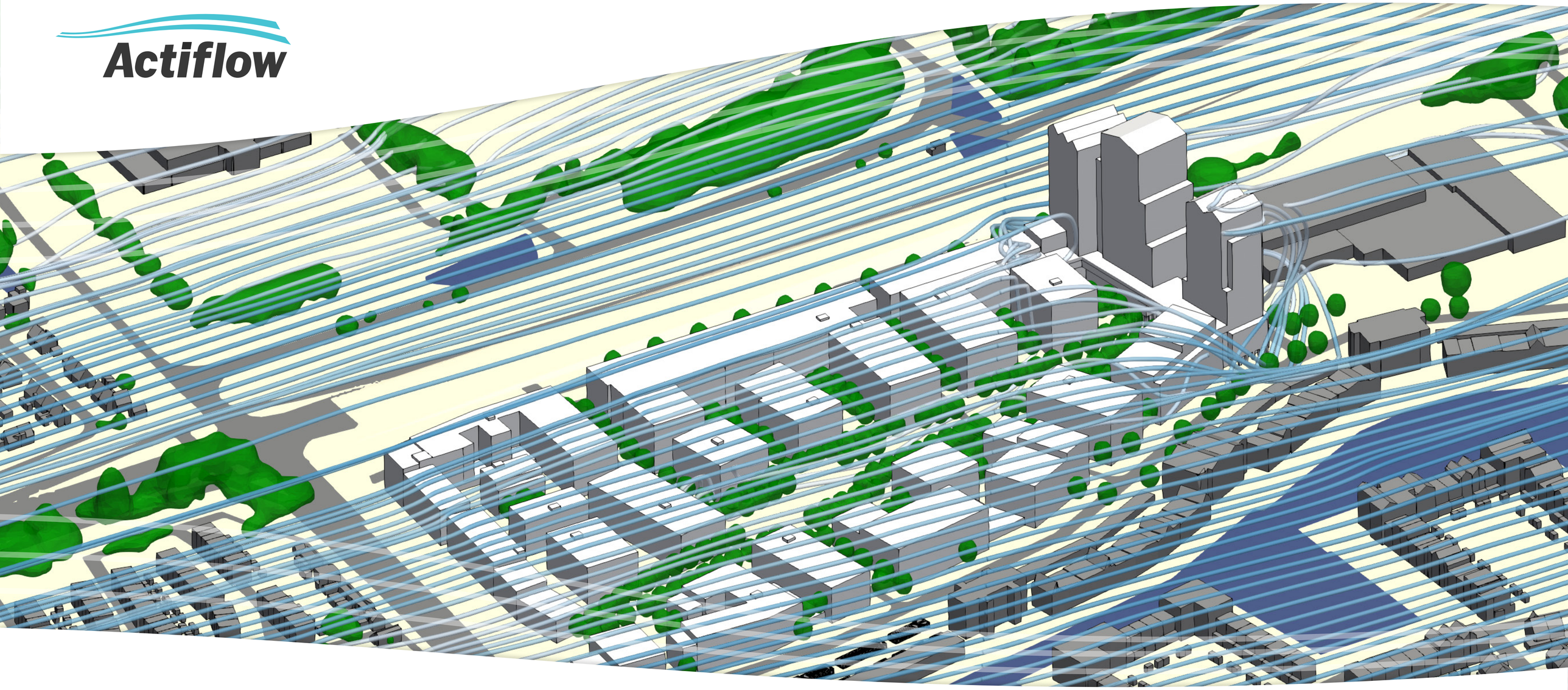
Actiflow



Molenzicht te Spijkenisse

CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Molenzicht te Spijkenisse

CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Opdrachtgever	Cauberg Huygen
Contactpersoon opdrachtgever	Kjell Scholts
Projectnummer	7611
Rapportversie	1.0
Status	Definitief
Datum	17 april 2025

©2025 Actiflow BV

Auteur	ir. Thomas Bolster



Controleur	ir. Reinier Maas



Actiflow BV
Tramsingel 5
4814 AB Breda
+31 (0)76 5422 220
contact@actiflow.com
www.actiflow.com

Inhoudsopgave

1. Introductie 4

2. Normstelling 5

2.1 Windhinder en windgevaar

2.2 Classificatie en beoordeling van windhinder en windgevaar

3. Opzet van de berekening 7

3.1 3D-Model en rekenrooster

3.2 Methodiek

3.3 Software

3.4 Aannames en randvoorwaarden

3.5 Vegetatie

4. Resultaten 10

5. Analyse en discussie 15

6. Conclusie 17

A Inlegvel NEN 8100:2006 18

B Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid 19

C Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld 20

D Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen 22

1 Introductie

Voorliggende rapportage omschrijft een windonderzoek uitgevoerd door Actiflow in opdracht van Cauberg Huygen. Dit windonderzoek is uitgevoerd voor de ontwikkeling van het project "Molenzicht" te Spijkenisse.

Het plangebied van de ontwikkeling bevindt zich ten noorden van de Haven van Spijkenisse, ten noorden van het oude centrum van Spijkenisse. Ten oosten van het plangebied stroomt de Oude Maas, ten noorden liggen sportvelden, en ten zuiden en westen liggen diverse woonwijken van Spijkenisse die voornamelijk bestaan uit laagbouw.

Het inpassen van de nieuwbouw zal leiden tot een wijziging van het lokale windklimaat. Dit kan zorgen voor een situatie die als onprettig of gevaarlijk wordt ervaren. Daarnaast vragen de functies van de gebouwen en het verwachte gebruik van de openbare buitenruimte om een acceptabel comfortniveau ten aanzien van wind. Het is dan ook noodzakelijk het windklimaat inzichtelijk te maken, zodat mogelijke knelpunten kunnen worden aangepakt.

Actiflow is gevraagd om het windklimaat inzichtelijk te maken met behulp van berekeningen op basis van Computational Fluid Dynamics (CFD). In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de normstelling omtrent windhinder en windgevaar, de Nederlandse norm NEN8100:2006 'windhinder en windgevaar in de gebouwomgeving'.

Een uitgebreide beschrijving van de richtlijnen wordt gegeven in hoofdstuk 2. De geometrie van het gebouw en de omgeving, de numerieke instellingen, het rekenrooster en randvoorwaarden zijn weergegeven in hoofdstuk 3. De resultaten worden vervolgens getoond en beschreven in hoofdstuk 4, waarna een aanvullende analyse van de stromingsfenomenen volgt in hoofdstuk 5. Ten slotte wordt een conclusie gevormd in hoofdstuk 6.



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



Figuur 1.2: Impressie van het model van de toekomstige situatie

Zicht vanuit het zuiden

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 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 buitenruimten 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

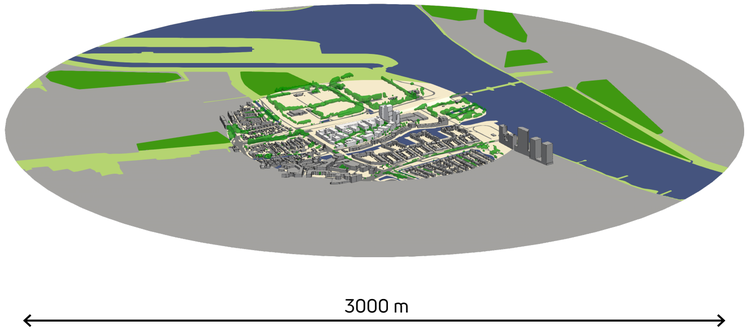
Het windonderzoek is uitgevoerd aan de hand van de richtlijnen in NEN 8100:2006. Hierbij hanteert Actiflow een 'Kwaliteitsrapport', zoals dit ook benoemd wordt in NEN 8100:2006. Hiermee wordt de kwaliteit van ons onderzoeken de betrouwbaarheid van de resultaten gewaarborgd. In dit hoofdstuk worden de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

3.1 3D-Model en rekenrooster

De geometrie van 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.

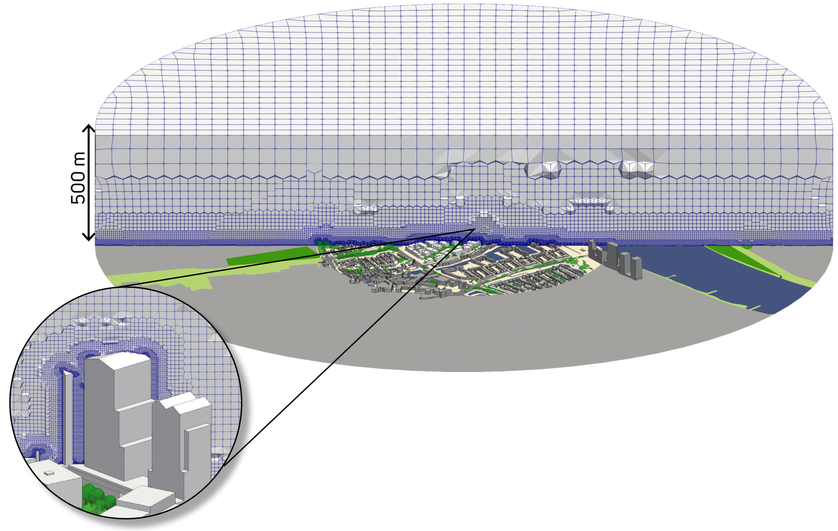
De omliggende bebouwing is als eenvoudige massa's weergegeven. Rond dit gebied is een cilindervormig domein geplaatst met een doorsnede van 3000 m en een hoogte van 500 m. Het plangebied is centraal in dit domein geplaatst, zodat hier verschillende windrichtingen op kunnen worden toegepast zonder dat het voor- of achtergebied te klein wordt. De ruwheid van het voorland is afgestemd op de werkelijke situatie conform NPR 6097:2006.

Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster voor deze situatie (figuur 3.2). Dit rooster bestaat uit 30.678.009 cellen in het model van de toekomstige situatie. 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

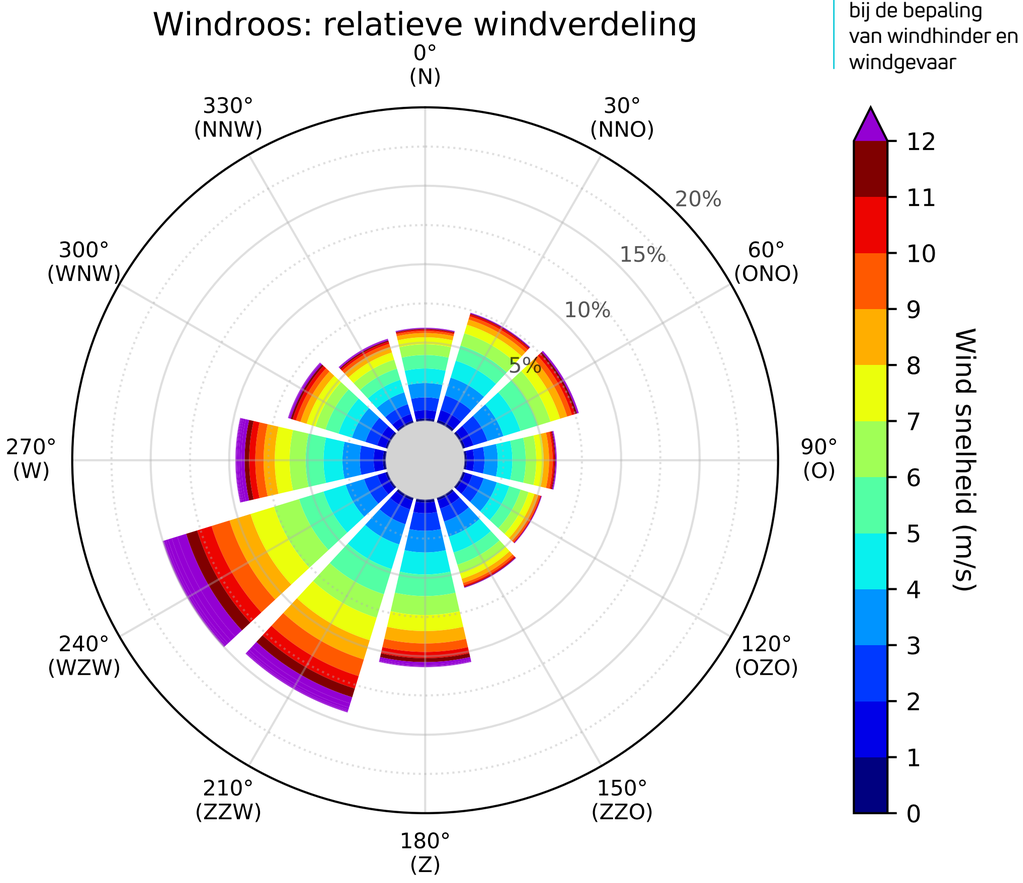
Zicht vanuit het zuiden

3.2 Methodiek

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

3.3 Software

De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van OpenFOAM v2412, 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.



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

3.4 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).

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

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

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

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

3.5 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. Conform NEN 8100:2006 dient de windstatistiek conform NPR 6097:2006 te worden gebruikt. De resulterende windstatistiek geeft een overzicht van de optredende windrichtingen en windsnelheden over een periode van meerdere jaren. Het is binnen deze norm niet mogelijk om een uitsplitsing te maken naar seizoenen. 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.

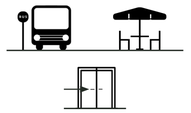
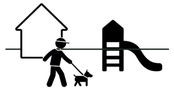
4 Resultaten

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

Figuren 4.1, 4.2 en 4.3 tonen de resultaten van de openbare buitenruimte. In figuur 4.2 worden de resultaten getoond voor de diverse activiteiten die benoemd worden in NEN 8100:2006. Figuur 4.2a en b tonen de jaargemiddelde resultaten voor de activiteiten doorlopen en slenteren. Figuur 4.2c toont het resultaat voor de activiteit langdurig zitten. Deze activiteit vindt, in tegenstelling tot de andere activiteiten, typisch plaats tijdens dagen die een aangenamer 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.

Landelijk en in dit geval ook op gemeentelijk niveau zijn er geen prestatie-eisen opgesteld waaraan het windklimaat dient te voldoen. In onderhavige situatie gebruiken we dan ook de richtwaarden die weergegeven worden in tabel 4.1. Deze richtwaarden zijn opgesteld aan de hand van de expertise en ervaring van Actiflow op het gebied van windonderzoek.

Tabel 4.1: Richtwaarden van de windhinderklassen per activiteit

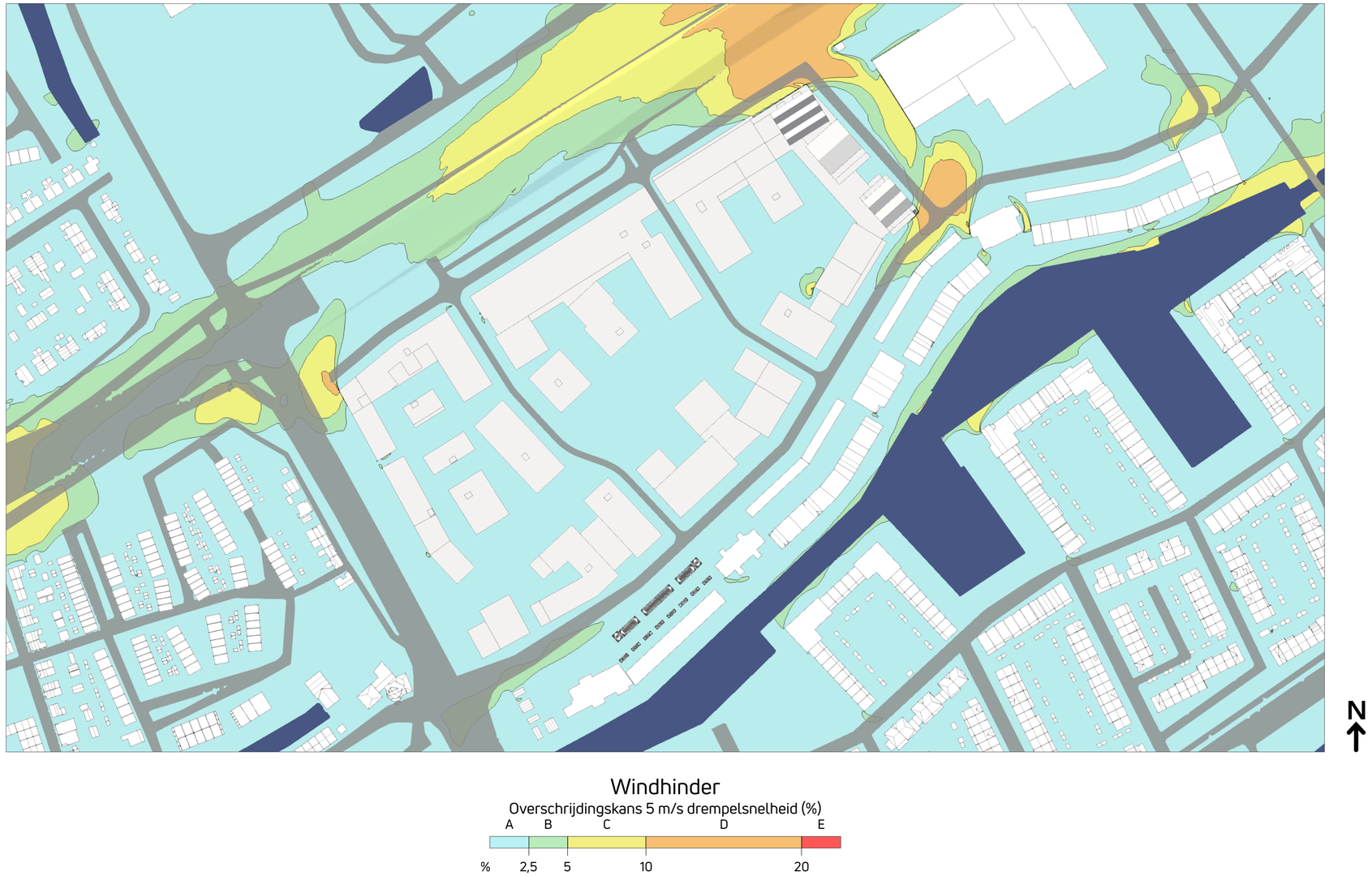
		Goed	Matig	Slecht
	*Langdurig zitten* en voetgangersactiviteiten ter plaatse van gebouw-entrees, etc.	A	B	C, D en E
	*Slenteren* en op locaties die gezien kunnen worden als verblijfsgebied voor voetgangers	A en B	C	D en E
	*Doorlopen* op locaties met voor voetgangers louter een verkeersfunctie en geen verblijfsfunctie	A, B en C	D	E
Windgevaar dient bij voorkeur voorkomen te worden. Een beperkt risico kan lokaal geaccepteerd worden wanneer deze valt binnen in een zone met activiteit "doorlopen"				

Uit de resultaten blijkt dat als gevolg van de realisatie van de nieuwbouw een sterk gevarieerd windklimaat zal ontstaan rondom de projectlocatie. De windcondities rondom de nieuwbouw variëren van windhinderklassen A en B (matig tot goed geschikt voor iedere activiteit) tot windhinderklasse D (alleen geschikt voor de activiteit doorlopen), zie figuur 4.1.

Binnen het plangebied heerst op een groot deel een luw windklimaat, met voornamelijk windhinderklasse A, die geschikt is voor alle activiteiten. Deze gebieden bevinden zich tussen de gebouwen binnen het projectgebied.

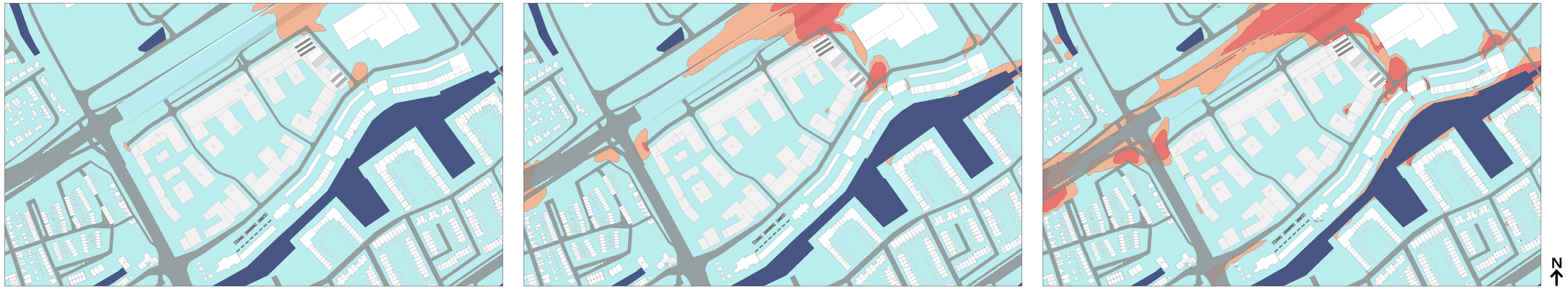
De windrijkere zones liggen aan de randen van het plangebied. Ten westen van het meest westelijke gebouw bevindt zich een gebied met windhinderklasse C, met op de hoek een kleinere zone met klasse D (enkel nog geschikt voor doorlopen). Daarnaast bevinden zich twee grotere windrijke zones ten noorden en oosten van de hogere torens aan de oostzijde van het plangebied, beide met windhinderklasse D.

Op en rondom het plangebied is geen risico op windgevaar gevonden, zie figuur 4.3.



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)

Windhinder

Goed | Matig | Slecht



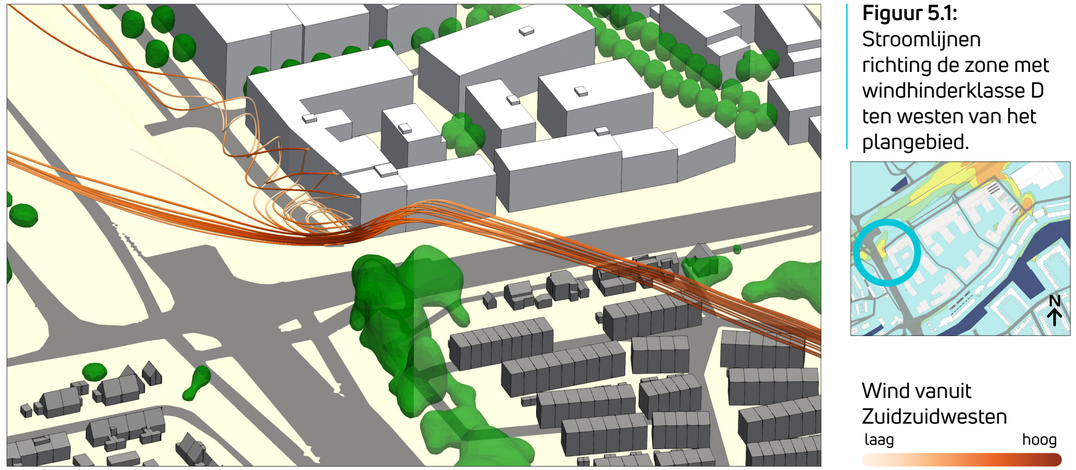
Figuur 4.3:
Windgevaar op voetgangersniveau

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 het windklimaat in de beoogde toekomstige situatie. Door de windstromingen 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 de stroomlijnen richting de zone met windhinderklasse D, gelegen ten westen van het plangebied. Hier kan de wind vrij over de omgeving aanstromen, waarna deze tegen de hogere bebouwing van het plangebied botst. Hierdoor wordt de wind richting het maaiveld afgebogen en krijgt hij ter hoogte van de hoek een zogenaamde hoekversnelling mee. Dit leidt tot een zone met windhinderklasse C en D op deze hoek.

Klasse C en D zijn op zich geschikt voor doorgaand verkeer, maar het is af te raden om gebouw-entrees in dit gebied te situeren. Een betere oplossing is om entrees in een nis te plaatsen of om langs deze gevel en net om de hoek, en luifel, of setback, te voorzien met een diepte van circa 4 meter.

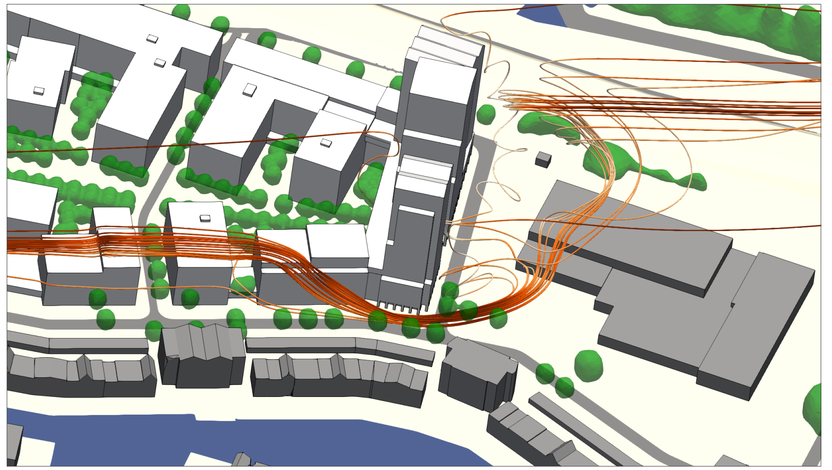


Figuur 5.1: Stroomlijnen richting de zone met windhinderklasse D ten westen van het plangebied.

Figuur 5.2 en 5.3 tonen de stroomlijnen van de wind richting de grotere zones met windhinderklasse D, gelegen ten noorden en oosten van de hogere torens. Vanuit zuidwestelijke windrichtingen kan de wind hier vrij aanstromen. Doordat de torens aanzienlijk hoger zijn dan de omliggende bebouwing, ontstaat er een situatie van overdruk aan de windzijde en onderdruk aan de lijzijde. Dit drukverschil zorgt ervoor dat de wind versnelt richting de onderdruk zone achter de torens. Aangezien de torens relatief hoog zijn ten opzichte van hun omgeving, is het drukverschil groot, wat leidt tot een sterkere windversnelling.

De zones met windhinderklasse D zijn geschikt voor de activiteit 'doorlopen'. Aangezien deze zones zich voornamelijk midden op of langs de weg bevinden, komt dit overeen met het verwachte gebruik van deze plekken. Direct rondom de hogere torens heerst windhinderklasse A. Dit is een direct gevolg van de toepassing van colonnades rondom de torens. Hierdoor liggen de gebouw-entrees in een windluwe zone.

De torens in het plangebied veroorzaken grotere windrijke zones dan elders in de omgeving. Dit zal merkbaar zijn voor gebruikers en bewoners. Door het gebruik van de openbare ruimte hierop af te stemmen, kan de mate van windhinder worden beperkt. Een voorbeeld hiervan zijn de al toegepaste colonnades, wat ervoor zorgt dat de gebouw-entrees in een windluwe zone komen te liggen.

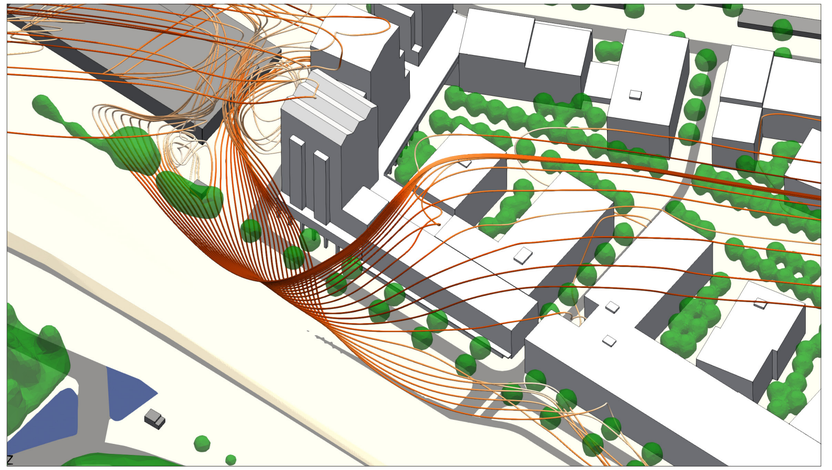


Figuur 5.2: Stroomlijnen richting de zone met windhinderklasse D ten zuidoosten van het plangebied.



Wind vanuit Zuidzuidwesten

laag hoog



Figuur 5.3: Stroomlijnen richting de zone met windhinderklasse D ten noordoosten van het plangebied.



Wind vanuit Zuidzuidwesten

laag hoog

6 Conclusie

Dit rapport beschrijft een windonderzoek uitgevoerd door Actiflow voor het project "Molenzicht" te Spijkenisse. 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 (enkel geschikt voor de activiteit doorlopen).
- Er is geen risico op windgevaar gevonden in het plangebied.
- Er zijn voorstellen gedaan om het windklimaat lokaal te kunnen verbeteren. Het is afhankelijk van de beoogde voetgangersactiviteit ter plaase van deze hogere windhinderklasse of dergelijke maatregelen nodig zijn.

Geconcludeerd kan worden dat na realisatie sprake is van een overwegend zeer windluw klimaat met uitzondering van enkele zones waarin de windhinderklassen aanzienlijk hoger zijn. Onder invloed van deze grote verschillen in windhinderklassen kan men lokaal hinder ervaren. Het is dan ook raadzaam om hier met de inrichting van de openbare buitenruimte rekening mee te houden. Meer specifiek wordt voorgesteld om de verkeersstroom van voetgangers zoveel mogelijk de hogere windhinderklassen te laten vermijden.

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

A Inlegvel NEN 8100:2006

Project	Project gegevens
Project naam	Molenzicht te Spijkenisse
Opdrachtgever	Cauberg Huygen
Projectleider Actiflow	Thomas Bolster
Datum	16-04-2025
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 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	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: of2412
Algemeen	■ drie-dimensionaal ■ tijd-onafhankelijk ■ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: tetraëders en hexaëders met prismalaag Basis: 30.678.009 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: 082323		Y: 429977	
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 ≥ 0,3	gevaarlijk
Gepresenteerde resultaten	Windhinder contouren en klassenindeling, windgevaar contour			
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang	Geen			

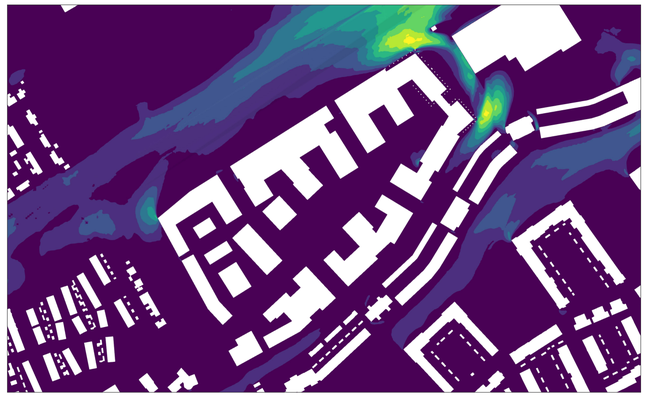
B Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid

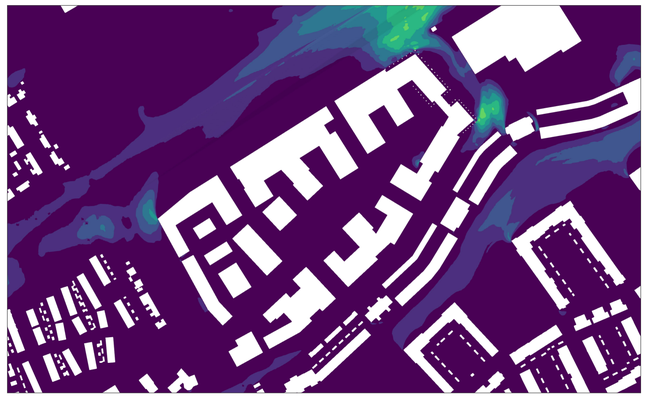
FREQUENTIETABEL VAN DE 60 METER WINDSNELHEID DISTRIBUTIEF RELATIEF IN PERCENTAGES
Amersfoortse Coördinaten: X: 082323 Y: 429977 Jaar 1963-2002

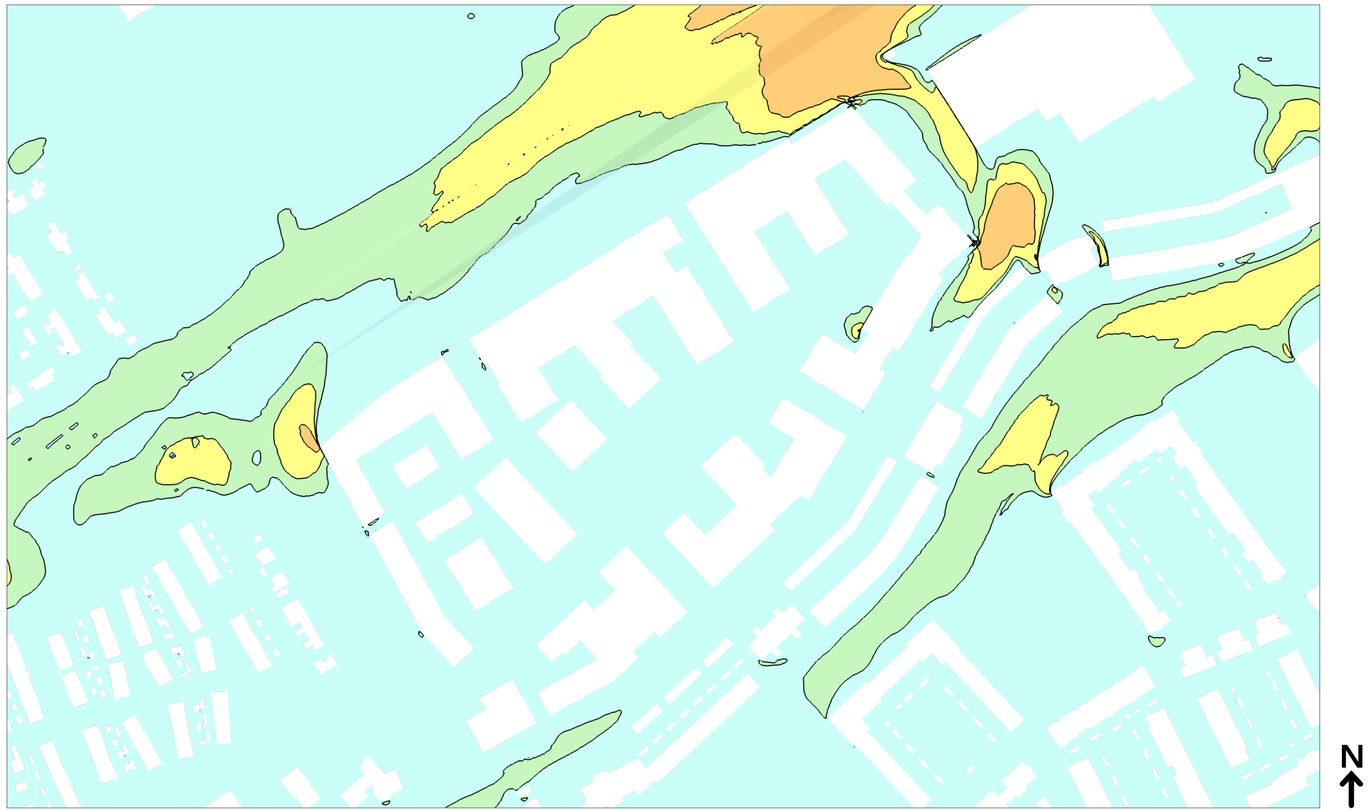
Windsnelheid [m/s]	N 345° - 15°	NNO 15° - 45°	ONO 45° -75°	O 75° - 105°	OZO 105° - 135°	ZZO 135° - 165°	Z 165° - 195°	ZZW 195° - 225°	WZW 225° - 255°	W 255° - 285°	WNW 285° - 315°	NNW 315° - 345°	Cumulatief
0,0 - 0,9	0.16	0.19	0.17	0.15	0.17	0.17	0.20	0.18	0.15	0.19	0.15	0.14	2.02
1,0 - 1,9	0.53	0.66	0.55	0.46	0.48	0.56	0.68	0.60	0.54	0.59	0.55	0.45	6.65
2,0 - 2,9	0.82	0.97	0.93	0.67	0.75	0.86	1.12	0.99	0.88	0.89	0.78	0.65	10.30
3,0 - 3,9	0.91	1.19	1.07	0.85	0.88	1.01	1.38	1.35	1.23	1.10	0.90	0.79	12.65
4,0 - 4,9	0.93	1.13	1.14	0.93	0.83	1.06	1.40	1.64	1.48	1.21	0.90	0.84	13.50
5,0 - 5,9	0.86	1.01	1.15	0.85	0.76	0.81	1.38	1.68	1.63	1.14	0.87	0.74	12.87
6,0 - 6,9	0.68	0.82	0.85	0.67	0.53	0.56	1.21	1.57	1.67	1.02	0.67	0.60	10.84
7,0 - 7,9	0.45	0.57	0.64	0.47	0.39	0.38	1.02	1.50	1.57	0.95	0.59	0.48	9.01
8,0 - 8,9	0.27	0.35	0.47	0.35	0.26	0.28	0.79	1.28	1.40	0.71	0.41	0.36	6.94
9,0 - 9,9	0.14	0.22	0.32	0.23	0.13	0.15	0.54	1.11	1.20	0.53	0.30	0.22	5.10
10,0 - 10,9	0.08	0.12	0.21	0.11	0.05	0.09	0.40	0.83	0.96	0.39	0.22	0.14	3.61
11,0 - 11,9	0.05	0.05	0.13	0.06	0.02	0.04	0.25	0.58	0.73	0.29	0.13	0.08	2.41
12,0 - 12,9	0.02	0.03	0.07	0.04	0.01	0.01	0.14	0.41	0.59	0.22	0.09	0.05	1.68
13,0 - 13,9	0.02	0.01	0.03	0.02	0.00	0.01	0.09	0.27	0.37	0.14	0.04	0.03	1.02
14,0 - 14,9	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.15	0.25	0.10	0.02	0.01	0.60
15,0 - 15,9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.09	0.16	0.06	0.01	0.01	0.36
16,0 - 16,9	-	-	0.00	-	-	-	0.01	0.04	0.10	0.03	0.01	0.00	0.19
17,0 - 17,9	-	-	-	-	-	-	0.01	0.03	0.05	0.02	0.00	0.00	0.11
18,0 - 18,9	-	-	-	-	-	-	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.06
19,0 - 19,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.02	0.01	0.00	-	0.03
20,0 - 20,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.01	0.00	-	-	0.01
21,0 - 21,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.01
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	0.00	-	0.00
25,0 en hoger	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-	-	0.00

C Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld

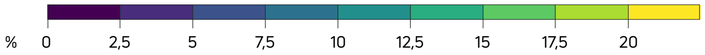
Windhinder in de toekomstige situatie



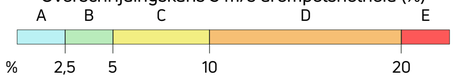




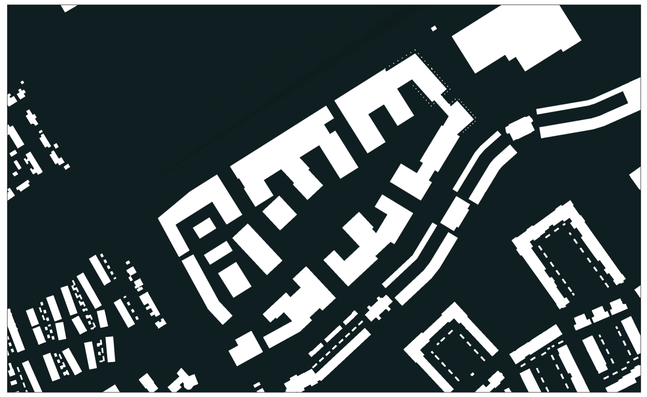
Windhinder
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)

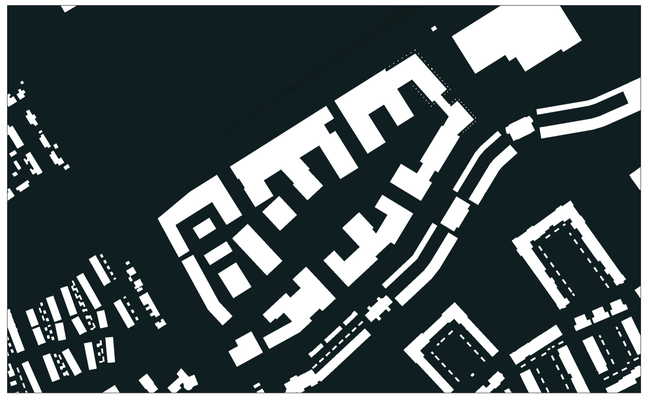


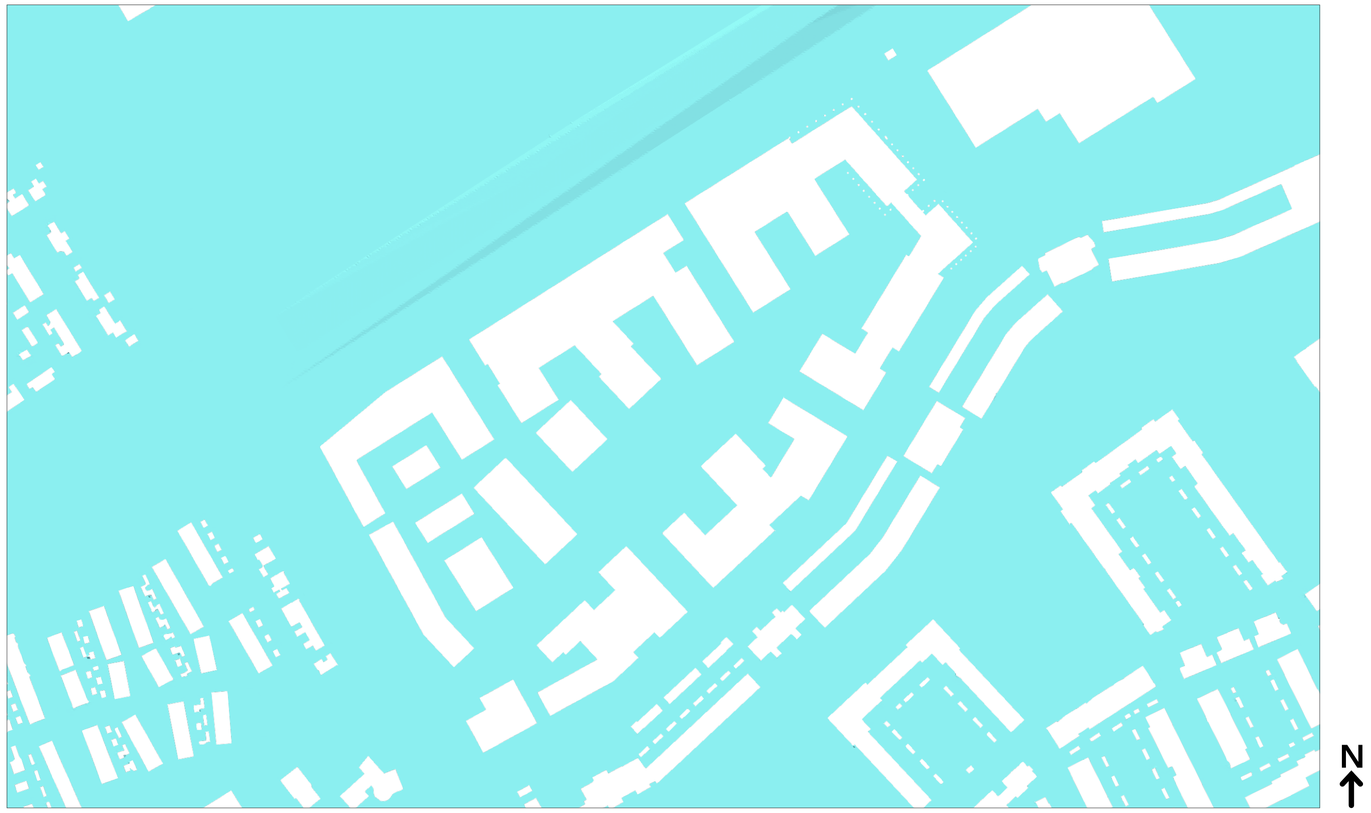
Windhinder
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



Windgevaar in de toekomstige situatie







Windgevaar
Overschrijdingskans 15 m/s drempelsnelheid (%)

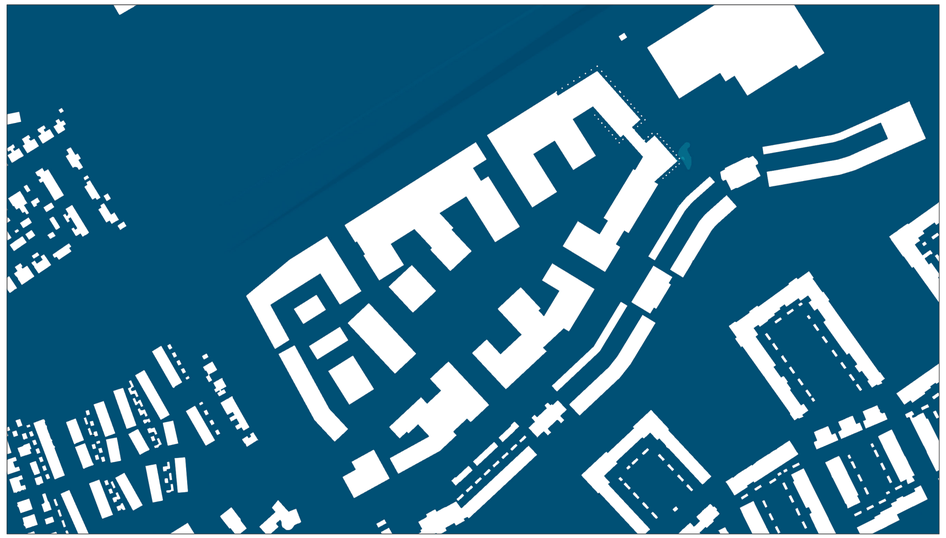


Windgevaar
Overschrijdingskans 15 m/s drempelsnelheid (%)

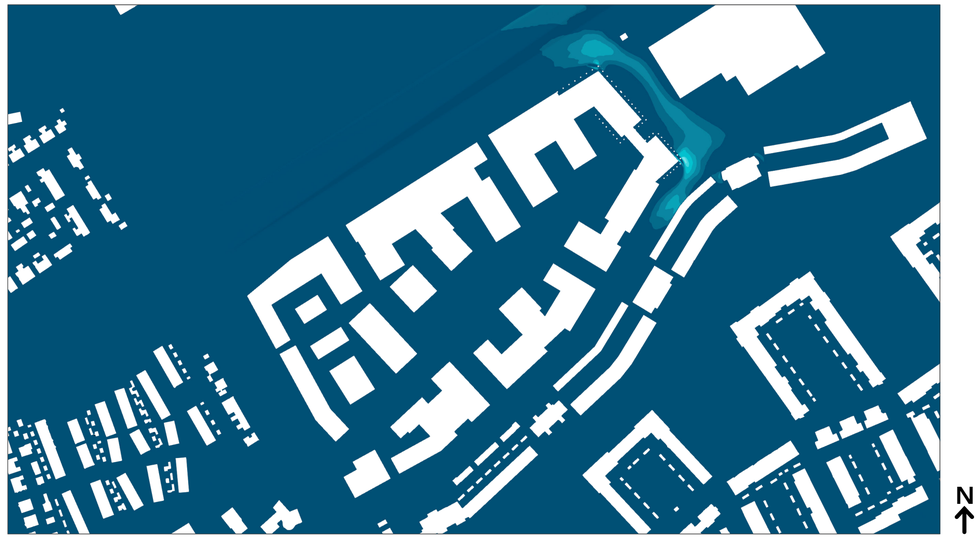


D Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Windrichting:
0° Noord

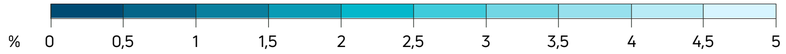


Windrichting:
30° Noordnoordoost

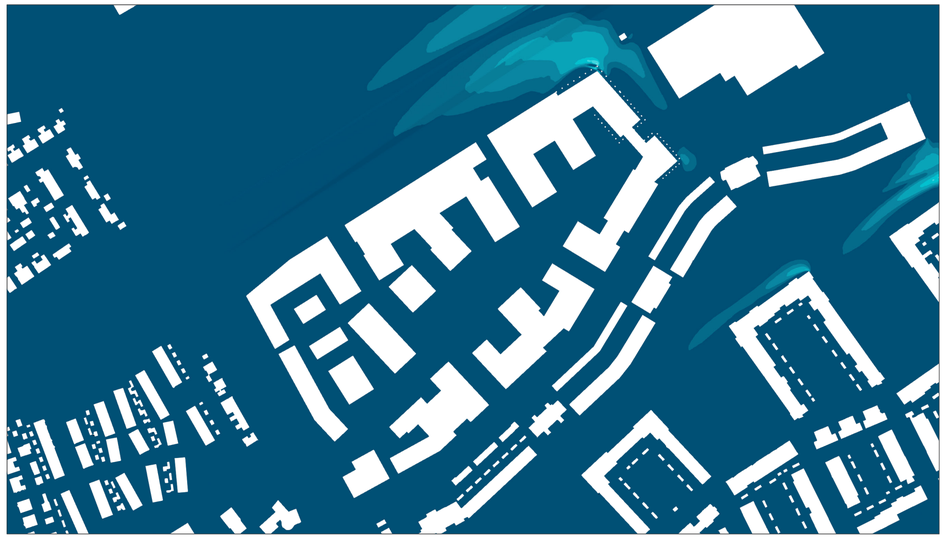


N

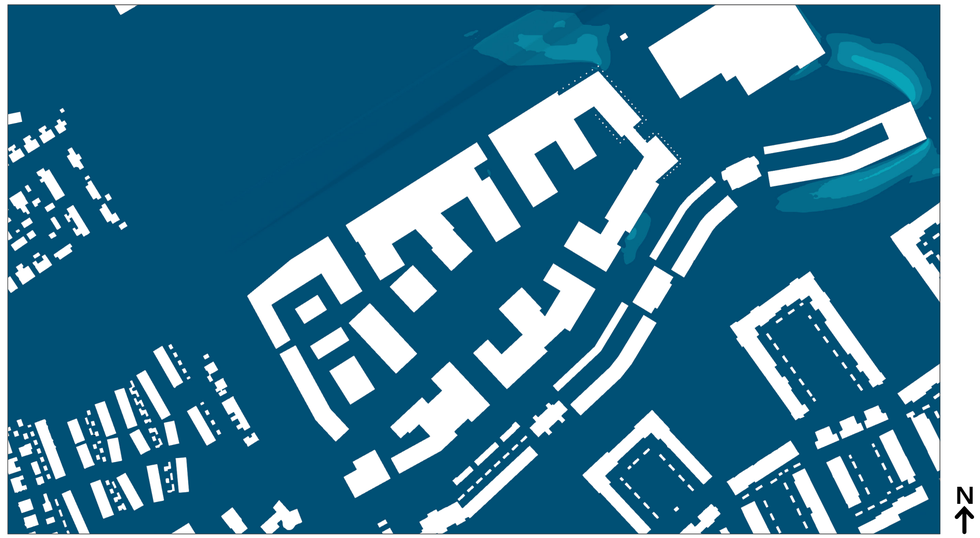
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



Windrichting:
60° Oostnoordoost



Windrichting:
90° Oost

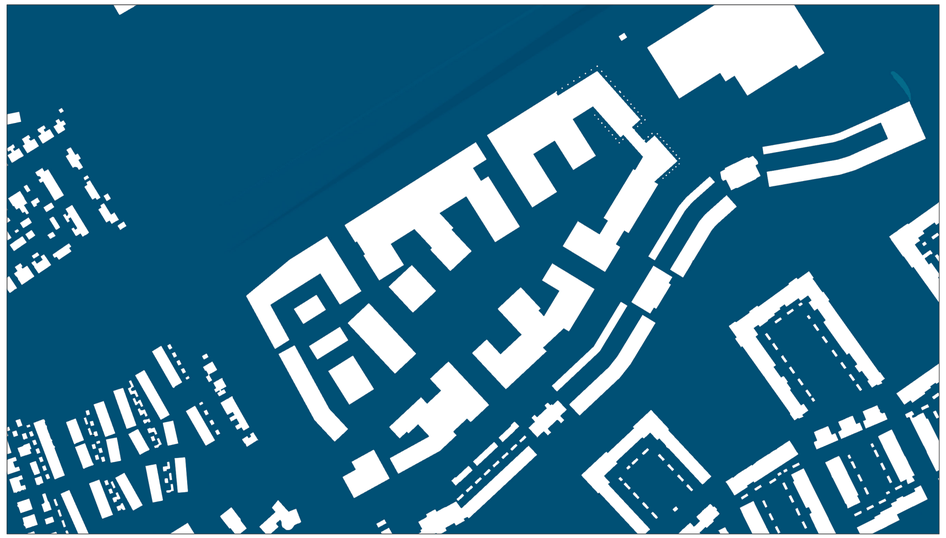


N

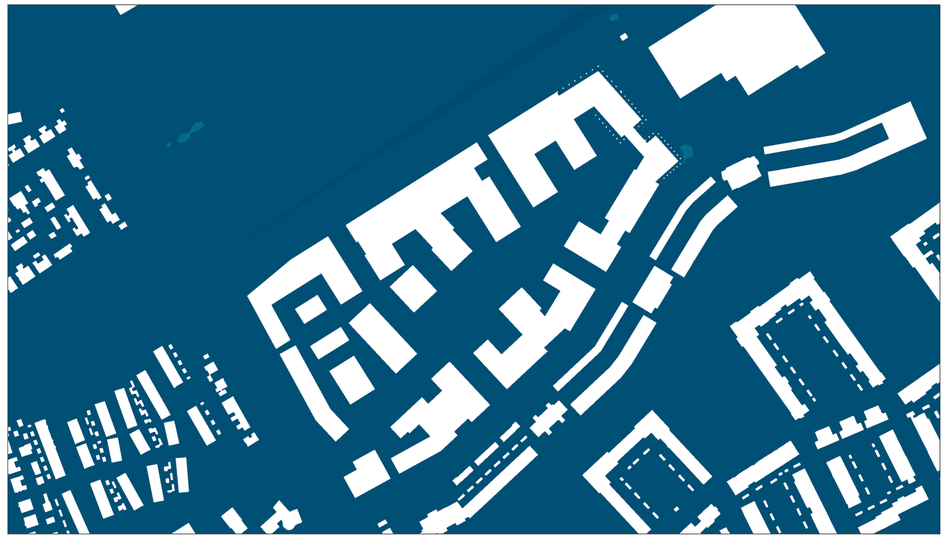
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



Windrichting:
120° Oostzuidoost



Windrichting:
150° Zuidzuidoost

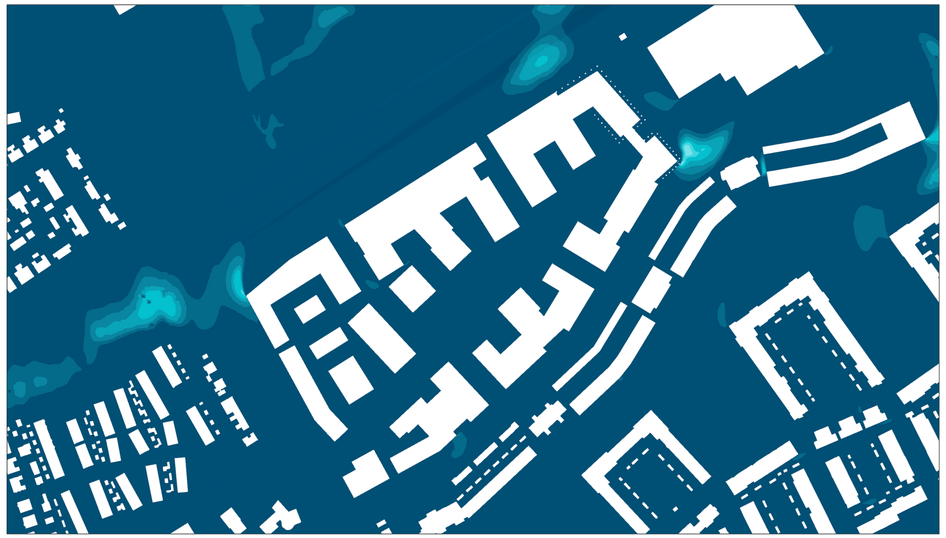


N

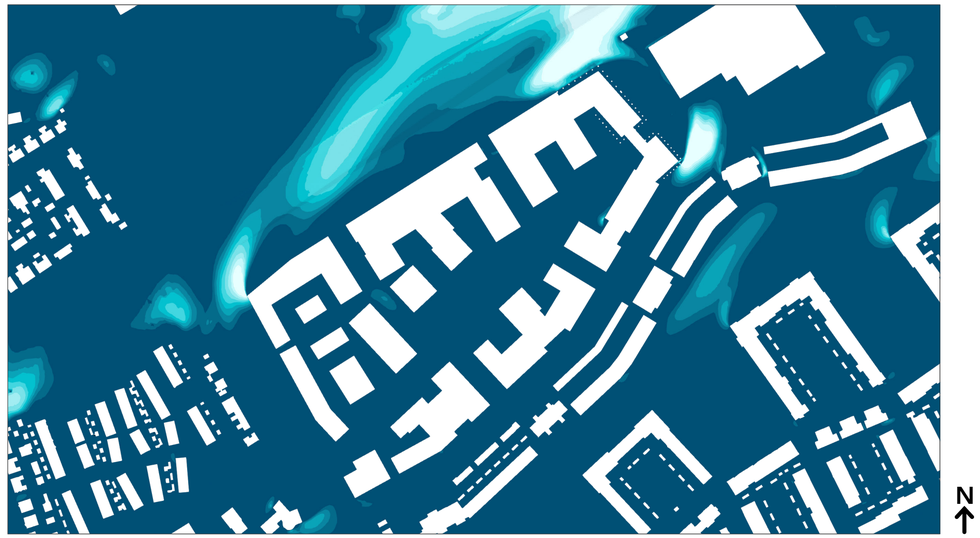
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



Windrichting:
180° Zuid

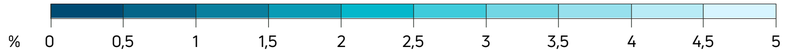


Windrichting:
210° Zuidzuidwest

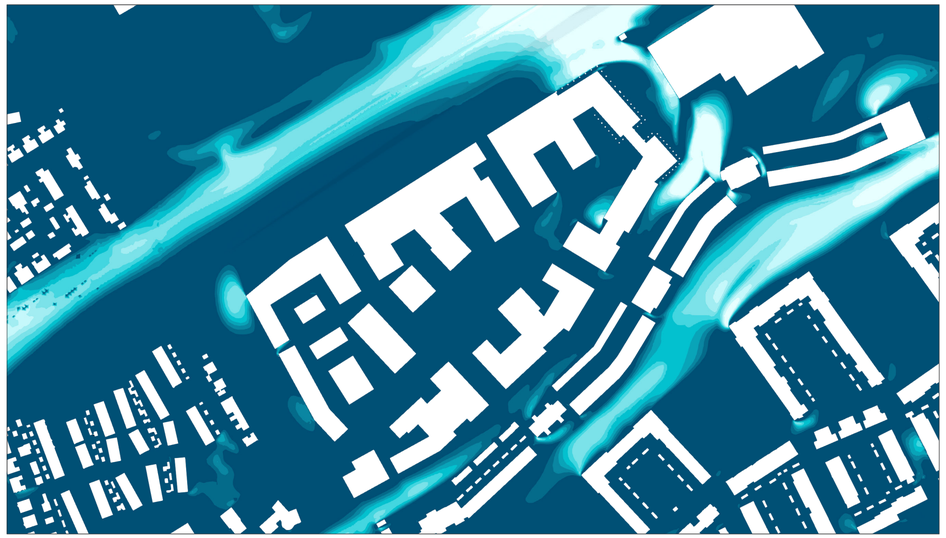


N

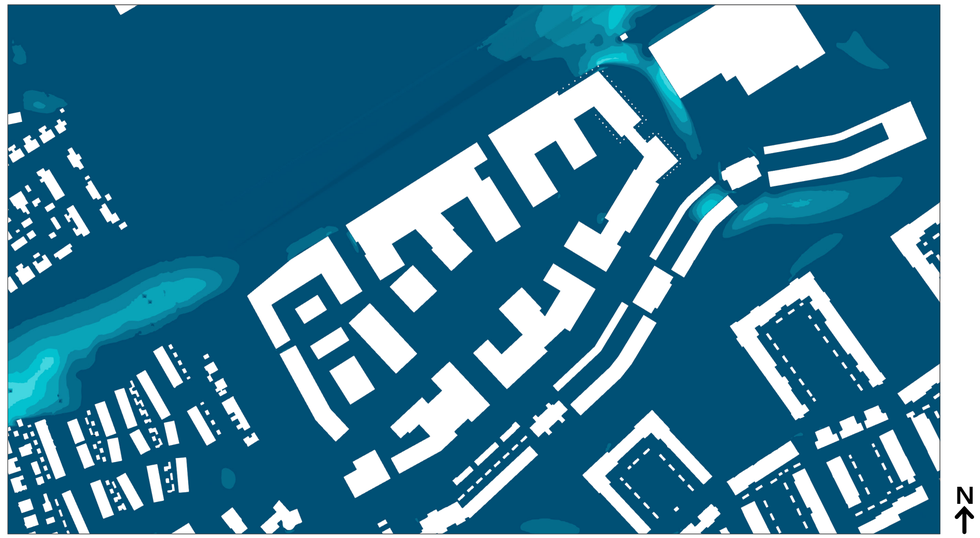
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



Windrichting:
240° Westzuidwest

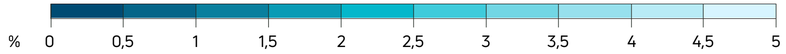


Windrichting:
270° West

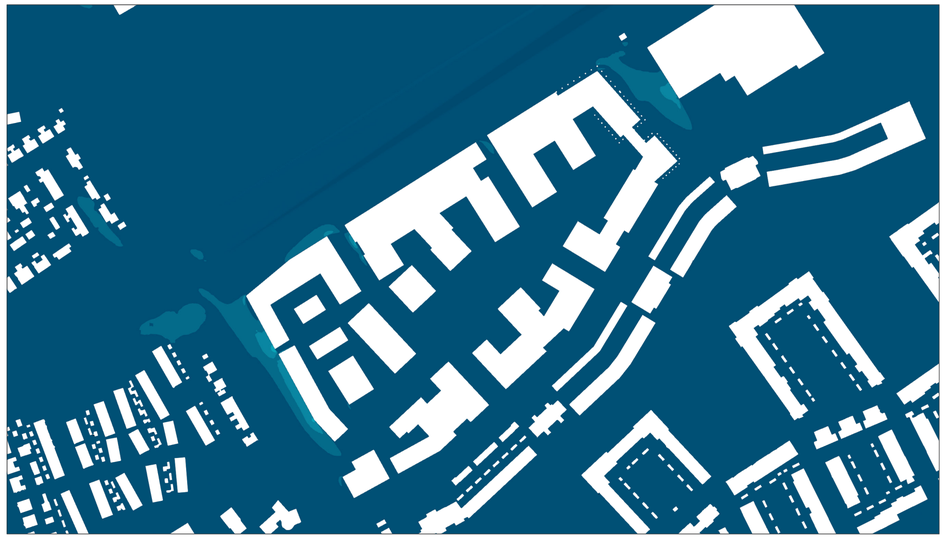


N

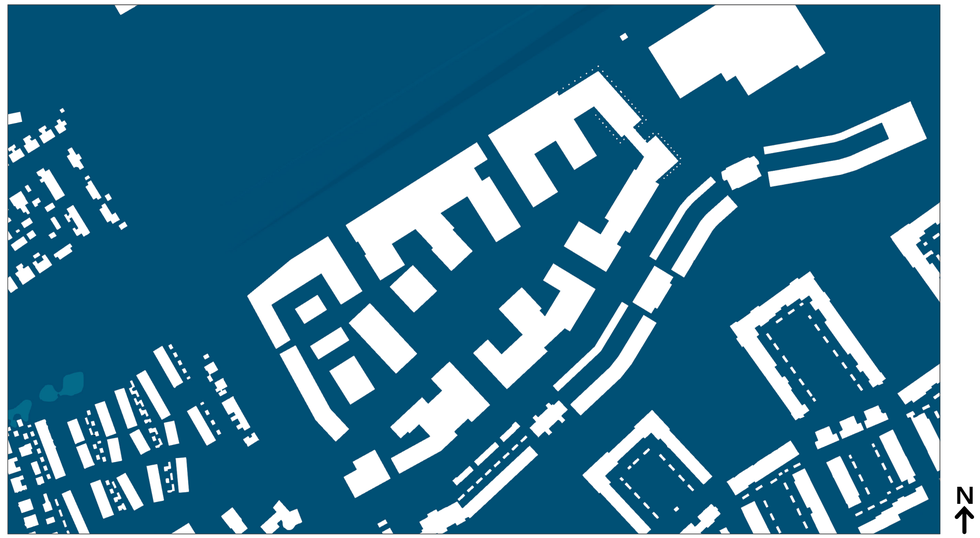
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



Windrichting:
300° Westnoordwest

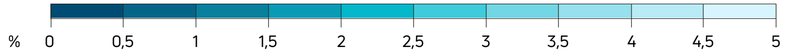


Windrichting:
330° Noordnoordwest



N

Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



Actiflow BV
Tramsingel 5
4814 AB Breda
+31 (0)76 5422 220
contact@actiflow.com
www.actiflow.com