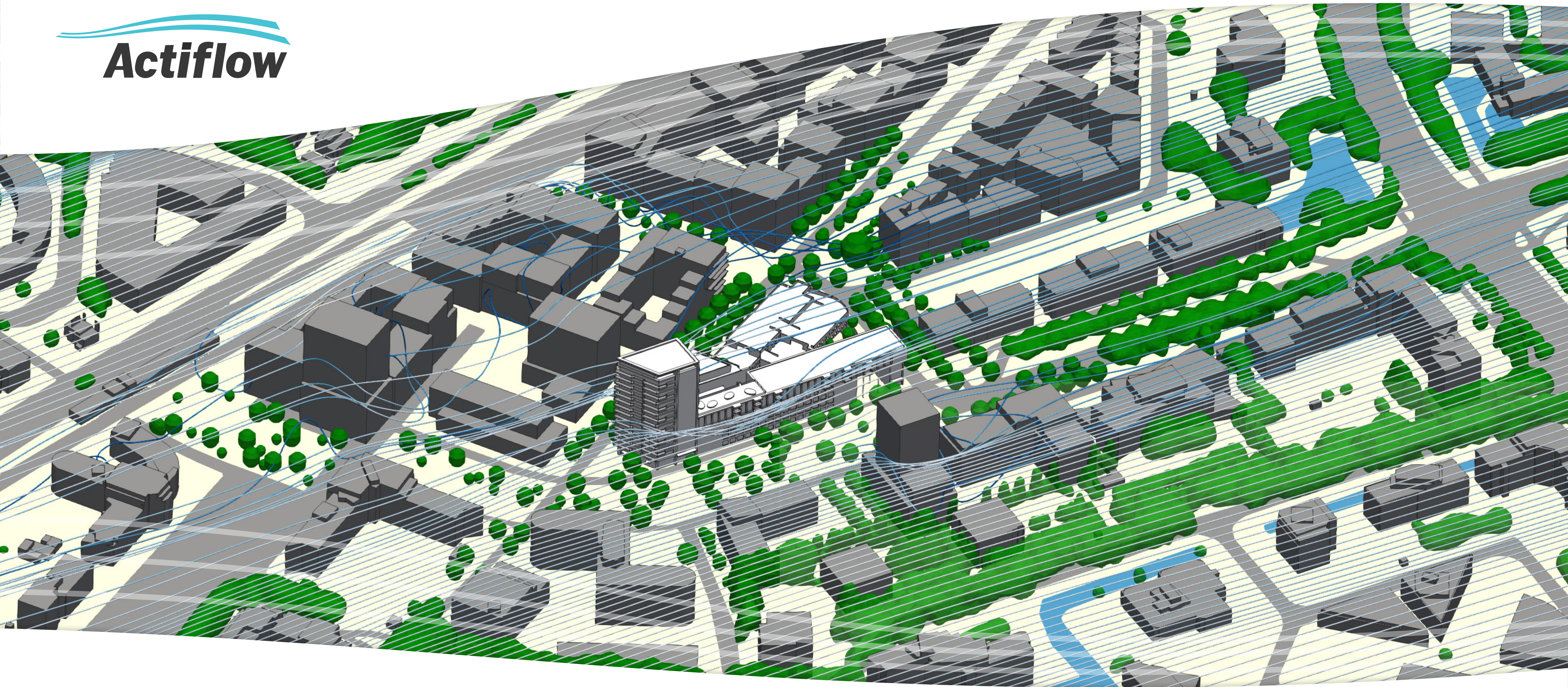




Netwerklaan 52 te Amersfoort

CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Netwerklaan 52 te Amersfoort
CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Opdrachtgever	Aveco de Bondt
Contactpersoon opdrachtgever	Juul Osinga
Projectnummer	7572-2
Rapportversie	2.0
Status	Definitief
Datum	30 oktober 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	A	Inlegvel NEN 8100:2006	21
2.	Normstelling	6	B	Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid	22
	2.1 Windhinder en windgevaar		C	Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld	23
	2.2 Classificatie en beoordeling van windhinder en windgevaar		D	Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen	25
	2.3 Hoogbouwvisie Amersfoort		E	Windklimaat private buitenruimten	31
3.	Opzet van de berekening	9			
	3.1 3D-Model en rekenrooster				
	3.2 Vegetatie				
	3.3 Methodiek				
	3.4 Software				
	3.5 Aannames en randvoorwaarden				
4.	Resultaten	13			
5.	Conclusie	20			

1 Introductie

Voorliggende rapportage omschrijft een windonderzoek uitgevoerd door **Actiflow** in opdracht van Aveco de Bondt. Dit windonderzoek is uitgevoerd voor de ontwikkeling van het project Netwerklaan 52 te Amersfoort.

Het plangebied van de ontwikkeling bevindt zich aan de Netwerklaan (voorheen Computerweg) ingesloten tussen de Hoefseweg en de Monitorweg, zie figuur 1.1. De ontwikkeling bestaat uit een woontoren van 17 woonlagen (met een maximale bouwhoogte van 53 m) en een ophoging van het huidige kantoorpand met 3 woonlagen (maximale bouwhoogte 26 m), zie figuur 1.2. De ontwikkeling is onderdeel van de nieuw te realiseren stadswijk Hoefkwartier, voormalig bekend als Hoef West. De projecten Kop van de Hoef, De Lichtpen, Hofvorde en Hoefse Hout (onderdeel van het Hoefkwartier) zijn als omgevingsgebouwen meegenomen in dit onderzoek. Het plangebied wordt hierdoor gekenmerkt door middelhoge woon- en bedrijfscomplexen in alle richtingen.

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'.

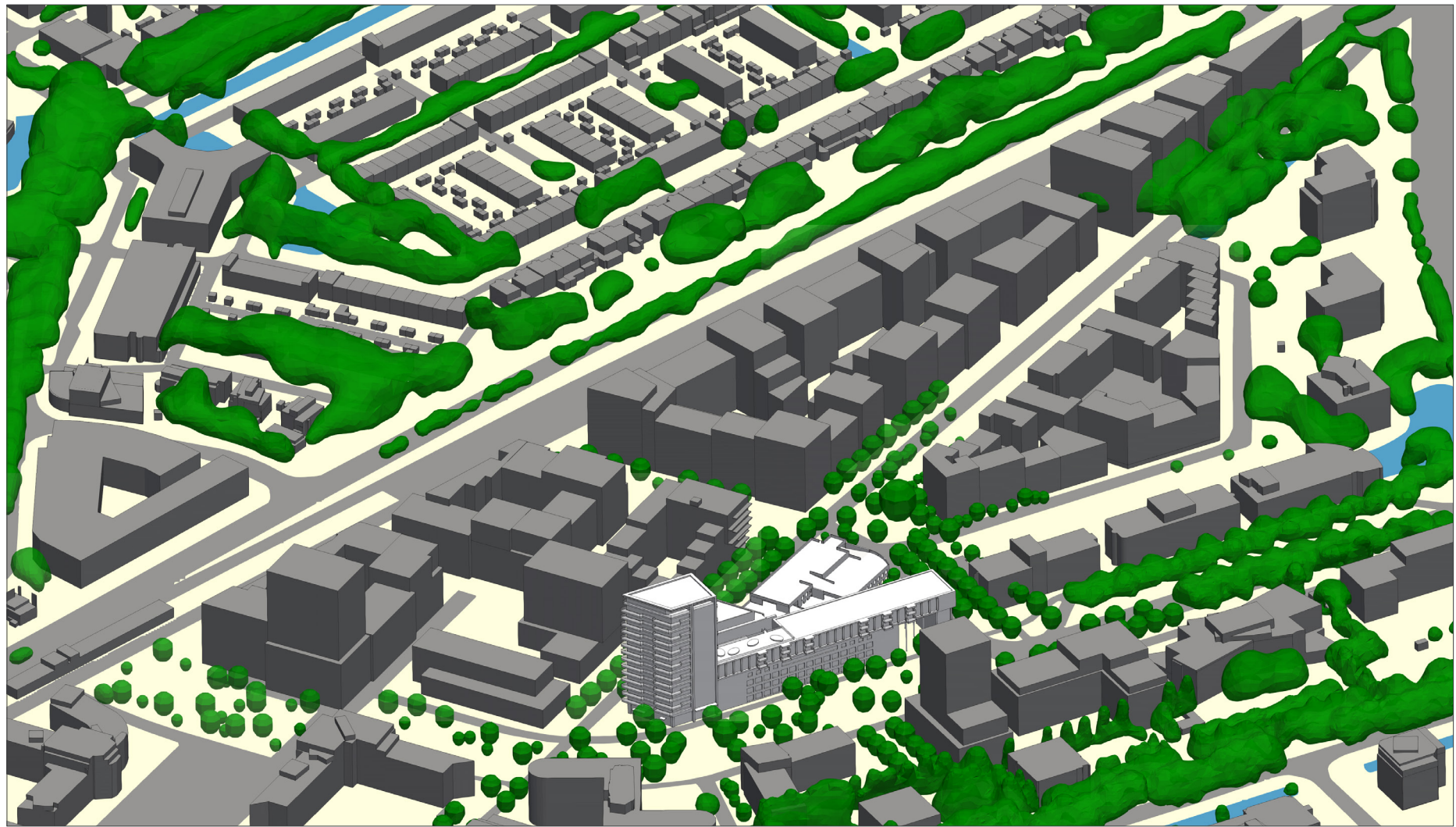
Een uitgebreide beschrijving van de richtlijnen wordt gegeven in hoofdstuk 2. De geometrie van het gebouw en de omgeving, de numerieke instellingen, het rekenrooster en randvoorwaarden zijn weergegeven in hoofdstuk 3. De resultaten worden vervolgens getoond en beschreven in hoofdstuk 4, waarna een aanvullende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



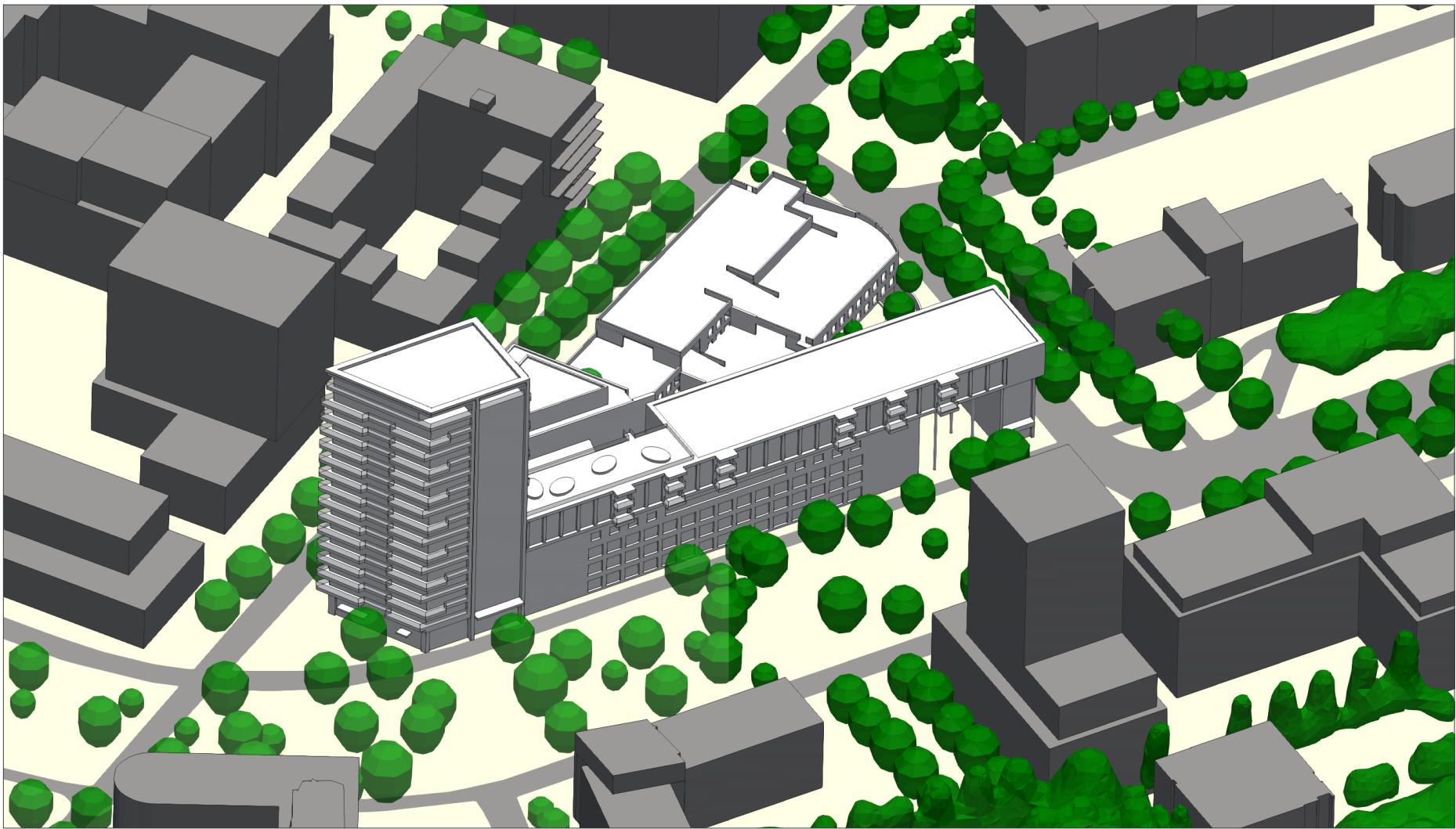
Figuur 1.1:
Impressie van de
locatie van het
nieuwbouwproject
(Google Earth)

Figuur 1.2:
Impressie van
het model van de
toekomstige situatie

Zicht vanuit het zuiden



(a)
Volledige Hoefkwartier



(b)
Project Netwerklaan

N
↑

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 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

2.3 Hoogbouwvisie Amersfoort

De gemeente Amersfoort kent een hoogbouwvisie waarin windhinder en windgevaar worden benoemd. Dit is weergegeven in het document 'Hoogbouwvisie Amersfoort, Stad met een hart', d.d. 12 augustus 2019. Ten aanzien van windhinder en windgevaar is hierin het volgende benoemd:

'Met een hoogbouweffectrapportage zullen de ambities en de invloed van een gebouw op de omgeving (bijvoorbeeld zon, schaduwwerking, windhinder, bereikbaarheid en parkeren) getoetst worden.

...

Windhinder

In Nederland bestaat geen wetgeving ter voorkoming van windhinder of windgevaar. Dit betekent echter niet dat bij het realiseren van hoogbouw windhinder of windgevaar niet hoeft te worden meegenomen in de afwegingen. De gemeente heeft ervoor gekozen dat het in kaart brengen van mogelijke windhinder of windgevaar nodig is. De beoordeling van het windklimaat vindt plaats aan de hand van criteria zoals voorgeschreven in de Nederlandse norm NEN 8100:2006 "Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving.

In deze norm is het volgende beslismodel weergegeven wanneer een windonderzoek zal moeten plaatsvinden:

- gebouwen hoger dan 30 meter windonderzoek;
- beschut gelegen gebouwen, hoogte 15 tot 30 m specialist beoordeelt of windonderzoek nodig is;
- onbeschut gelegen gebouwen, hoogte tot 30 m specialist beoordeelt of windonderzoek nodig is.

Er zal dan naar verschillende situaties en activiteiten (doorlopen, slenteren, langdurig zitten) worden gekeken en daarbij zal een beoordeling van het windklimaat gegeven worden (slecht, matig, goed).'

De hoogbouwvisie geeft hiermee dus nog geen duidelijk toetsingskader voor het beoordelen van wind. In voorliggend onderzoek worden dan ook algemeen geaccepteerde richtlijnen gebruikt.

3 Opzet van de berekening

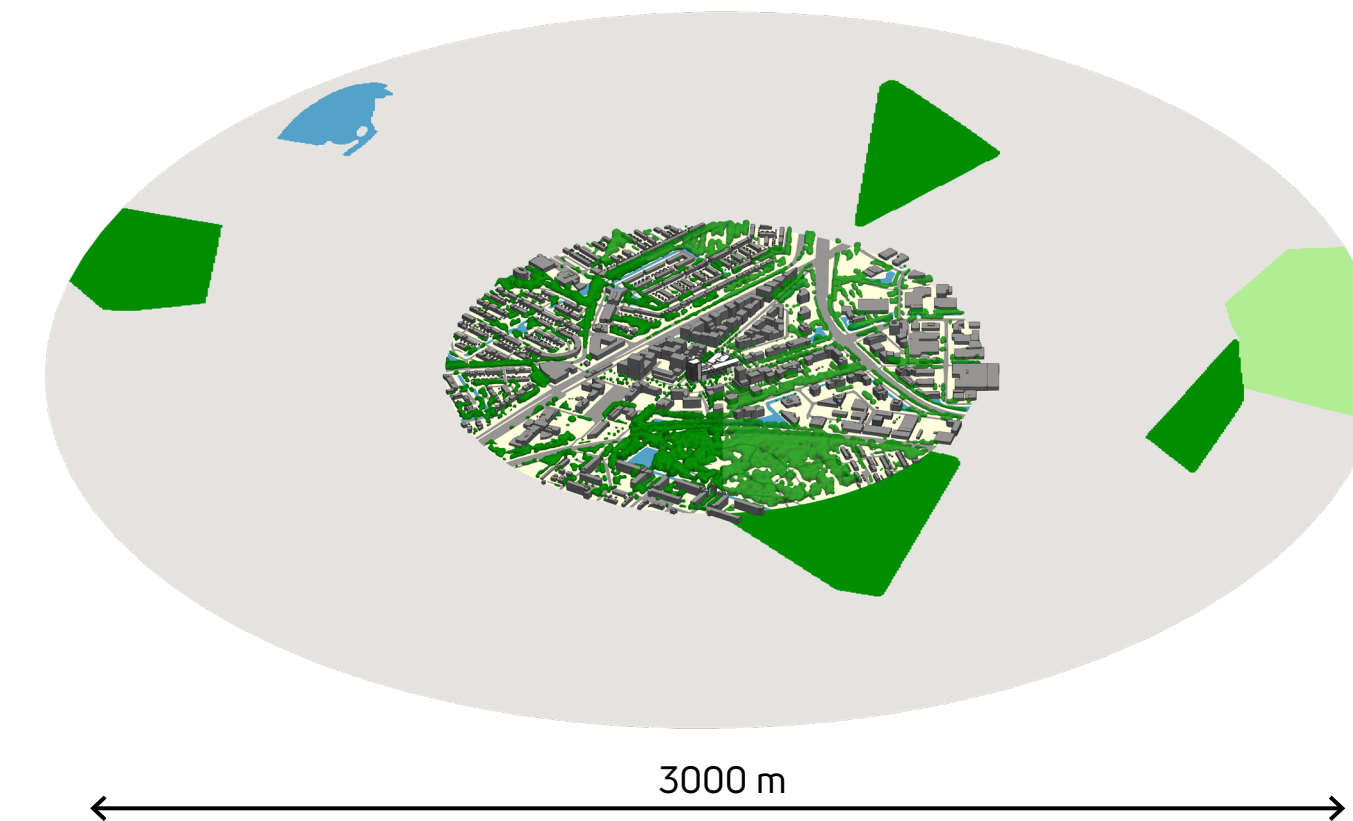
Het windonderzoek is uitgevoerd aan de hand van de richtlijnen in NEN 8100:2006. Hierbij hanteert **Actiflow** een 'Kwaliteitsrapport', zoals dit ook benoemd wordt in NEN 8100:2006. Hiermee wordt de kwaliteit van ons onderzoek en de betrouwbaarheid van de resultaten gewaarborgd. In dit hoofdstuk worden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

3.1 3D-Model en rekenrooster

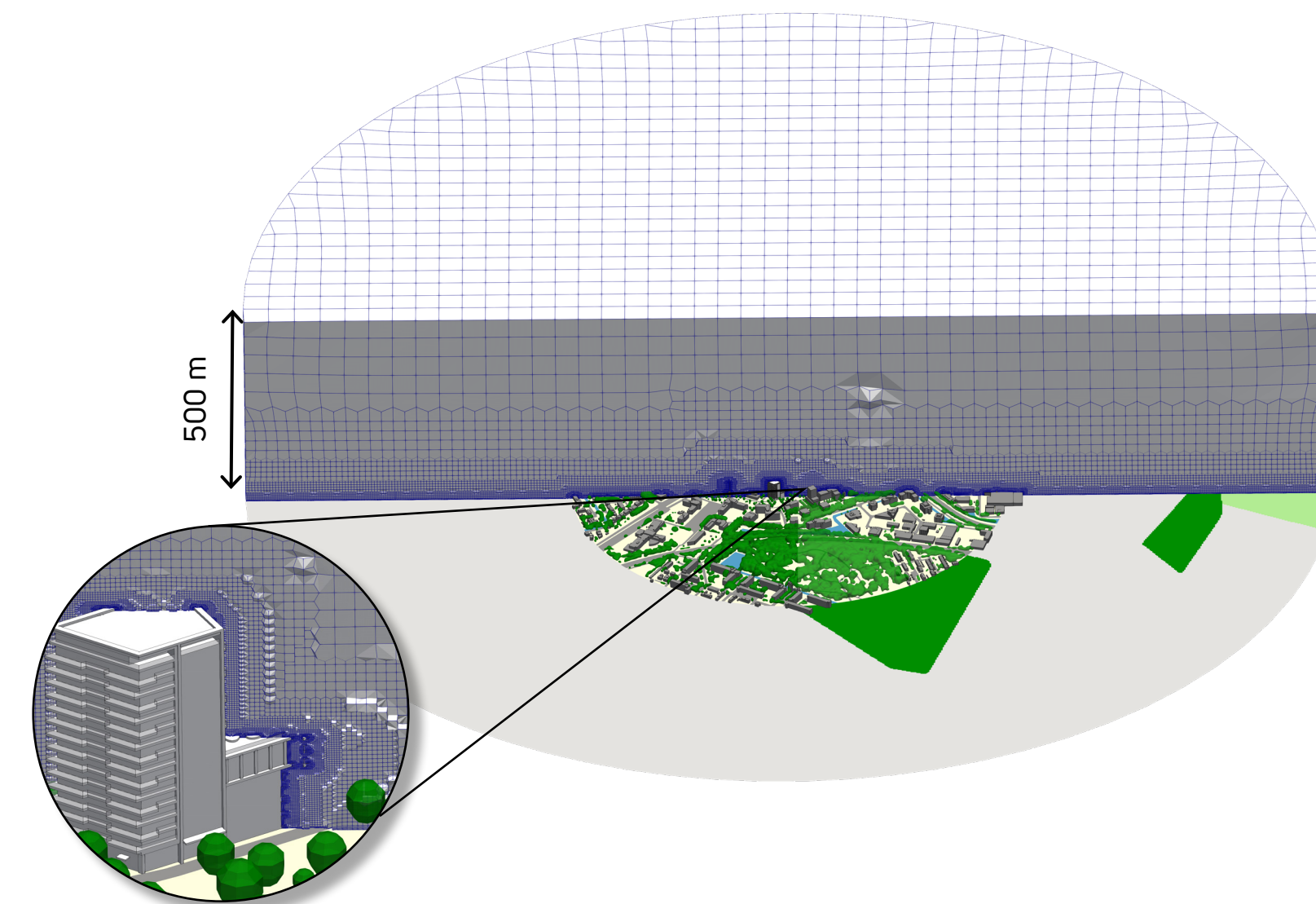
De geometrie van het model is gebaseerd op de verkregen tekeningen van de opdrachtgever. Het model omvat alle gebouwen binnen een straal van minimaal 300 m. Dit betreft de toekomstige situatie na toevoeging van de nieuwbouw in figuur 1.2, 3.1 en 3.3.

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.

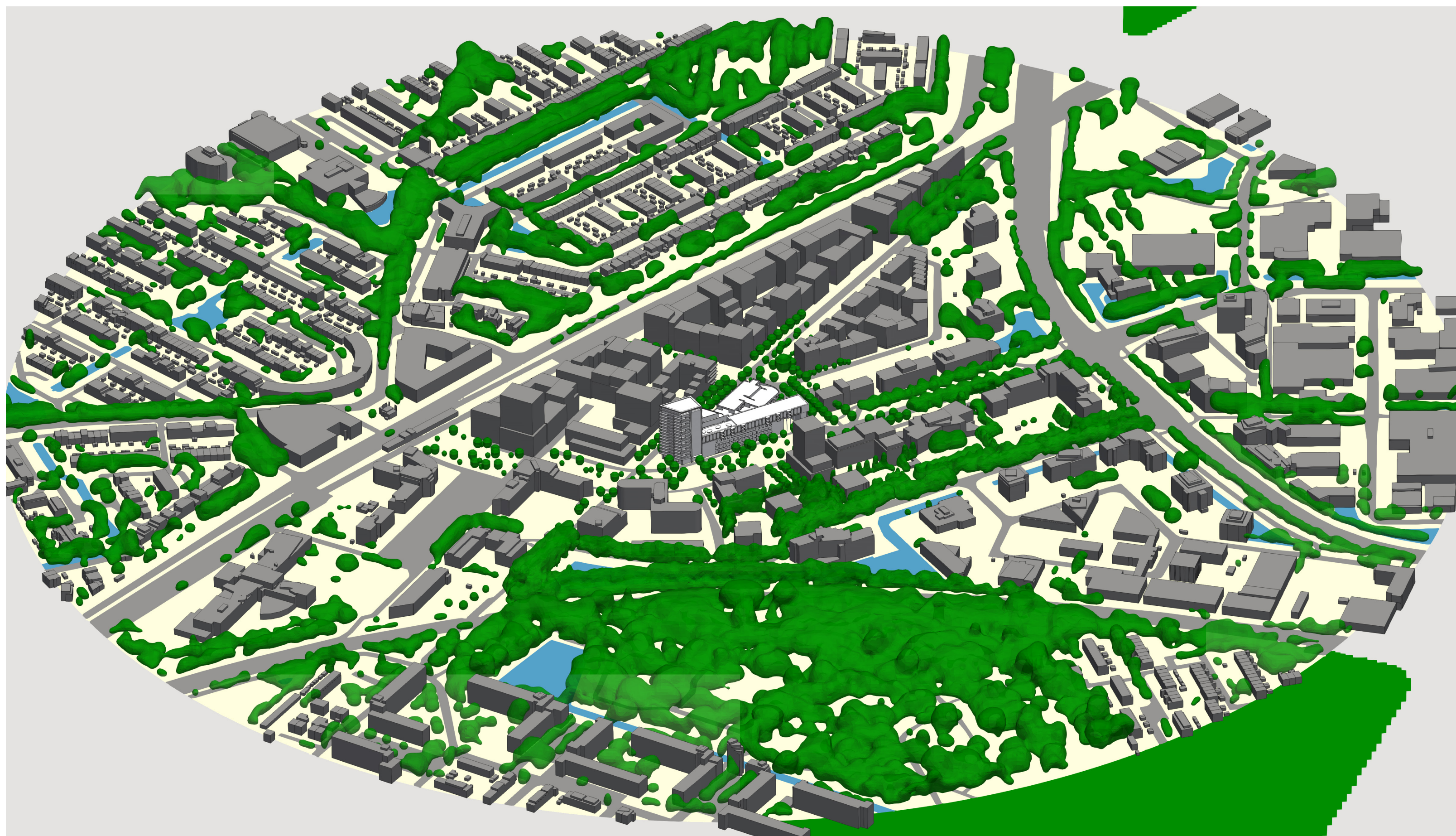
Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster voor deze situatie (figuur 3.2). Dit rooster bestaat uit 46.243.307 cellen. Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vijf lagen met anisotrope 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



Figuur 3.3:
Impressie van
het expliciet
gemodelleerde gebied
Zicht vanuit het zuiden

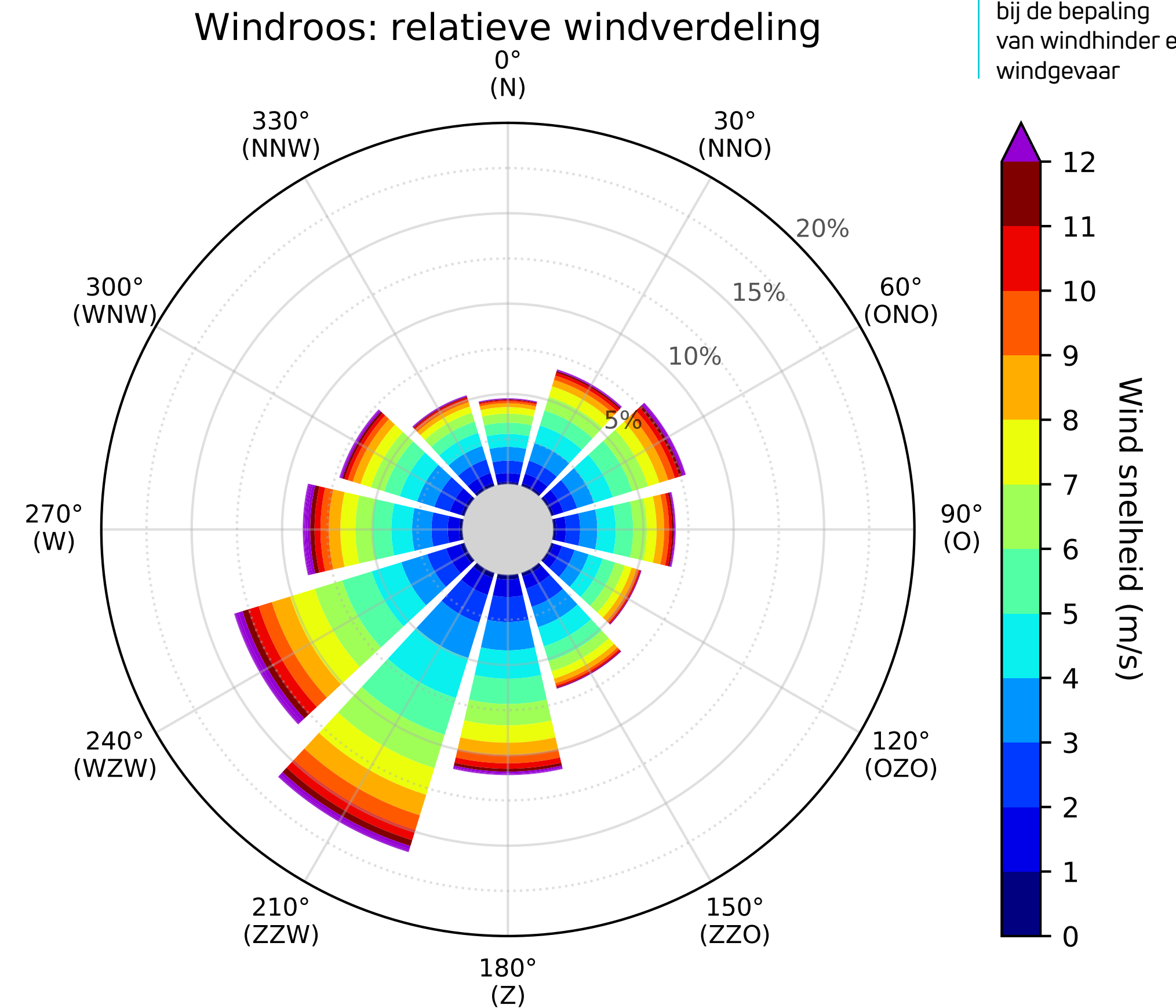
3.2 Vegetatie

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. 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.

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

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



bepaald van verschillende windsnelheden. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste kwaliteitsklasse om te bepalen of er een comfortabel windklimaat kan zijn. Een visualisatie van de lokale windstatistiek als windroos is weergegeven in figuur 3.3. Een frequentieverdeling van de windsnelheid op 60 m hoogte wordt gerapporteerd in bijlage B.

3.4 Software

De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van OpenFOAM v2506, een softwarepakket dat bedoeld is voor het oplossen van problemen in de continuüm mechanica en thermodynamica. Voor dit project is "simpleFoam" gebruikt. Deze solver is gebaseerd op de Reynolds-averaged Navier-Stokes (RANS) vergelijkingen voor incompressibele vloeistoffen en houdt rekening met turbulentie. Voor de modellering van turbulentie is gebruik gemaakt van het SST k- ω model.

3.5 Aannames en randvoorwaarden

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

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

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

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

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

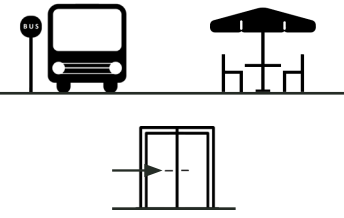
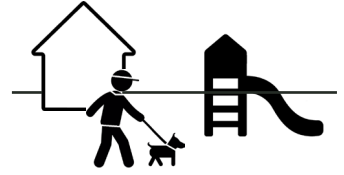
4 Resultaten

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

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

Als richtwaarden voor de gewenste windhinderklassen wordt tabel 4.1 aangehouden.

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 relatief windluw klimaat zal optreden op en rondom de projectlocatie. De optredende condities rondom de nieuwbouw worden uitsluitend gekenmerkt door de meest gunstige windhinderklassen A en B (matig tot goed geschikt voor iedere activiteit), zie figuur 4.1.

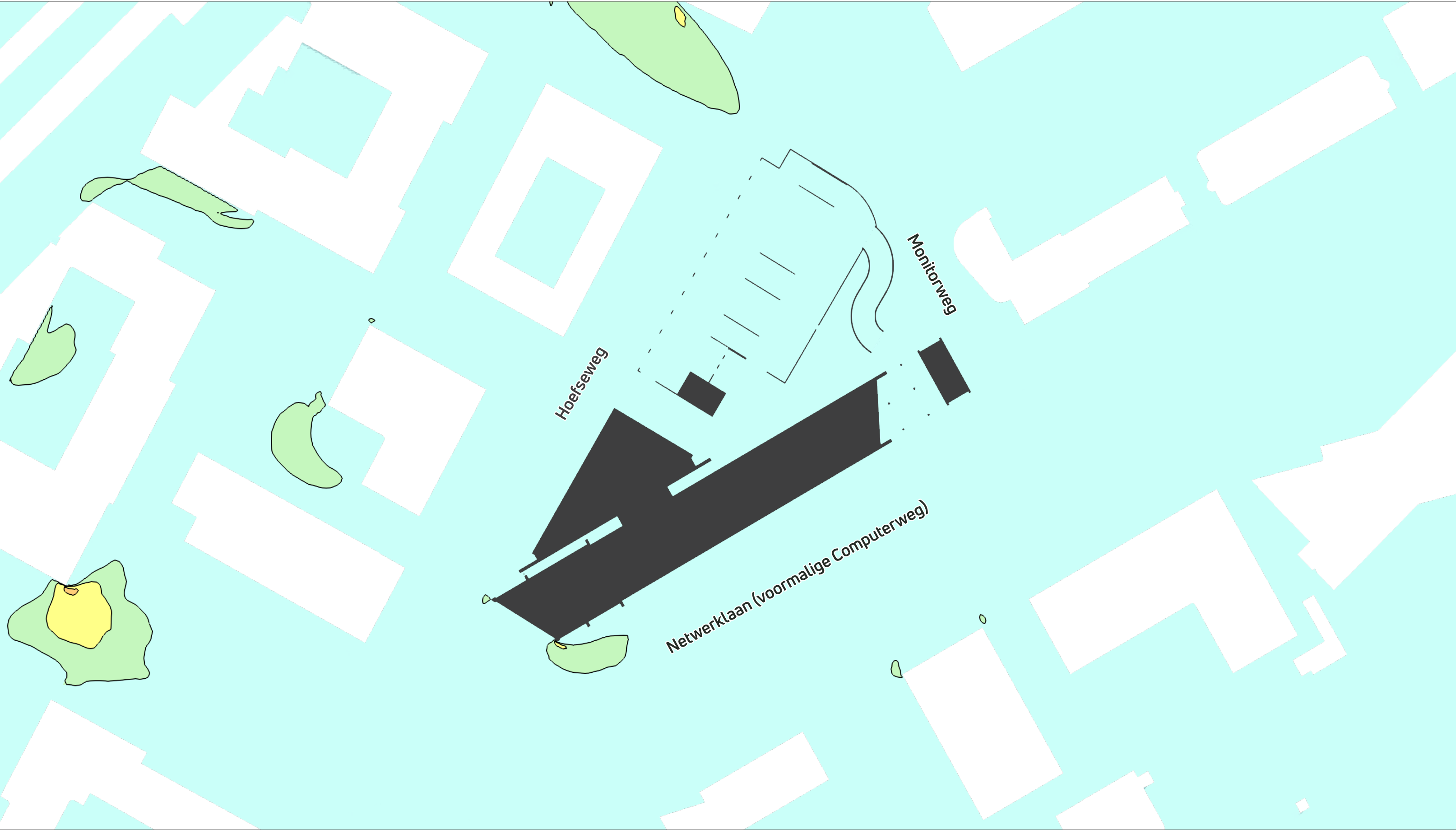
Op de zuidhoek van het gebouw bevindt zich een zone met windhinderklasse B. Binnen deze zone is een kleine plek met windhinderklasse C zichtbaar, maar vanwege de beperkte omvang kan deze worden verwaarloosd. Zones met windhinderklasse B bieden een goed windklimaat voor doorlopen en slenteren. Voor langdurig zitten bieden deze zones een matig windklimaat. De zone nabij met windhinderklasse B is beperkt van omvang en heeft daardoor een minimaal effect op de beleving van het windklimaat.

Het windklimaat leent zich dus uitstekend voor het comfortabel uitoefenen van zowel verkeers- als verblijfsfuncties binnen het plangebied. De openbare ruimte kan om deze reden flexibel worden ingericht, zonder rekening te hoeven houden met windrijkere zones (zie figuur 4.2).

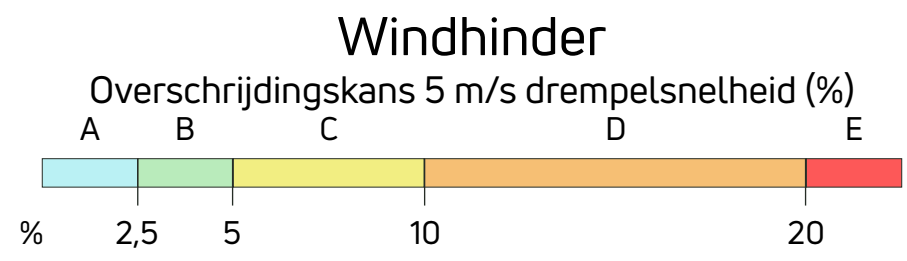
Volgens de NEN 8100 wordt uitsluitend gekeken naar jaargemiddelde resultaten. Figuur 4.4 toont een vergelijking tussen de jaargemiddelde situatie en de zomer- en wintersituatie. Hieruit blijkt dat het verschil in windklimaat rondom dit project beperkt is: de zone met klasse B is in de zomer iets kleiner en in de winter wat groter.

Voor gebouw-entrees is een windhinderklasse A tot B wenselijk. Gezien het windluwe klimaat rondom het gebouw wordt geen windhinder verwacht, ongeacht de positionering van de entrees. Terrassen, overige zitplekken en sportvoorzieningen vragen een relatief luw windklimaat. In alle seizoenen en door het gehele gebied is een dergelijk windklimaat in overvloed aanwezig.

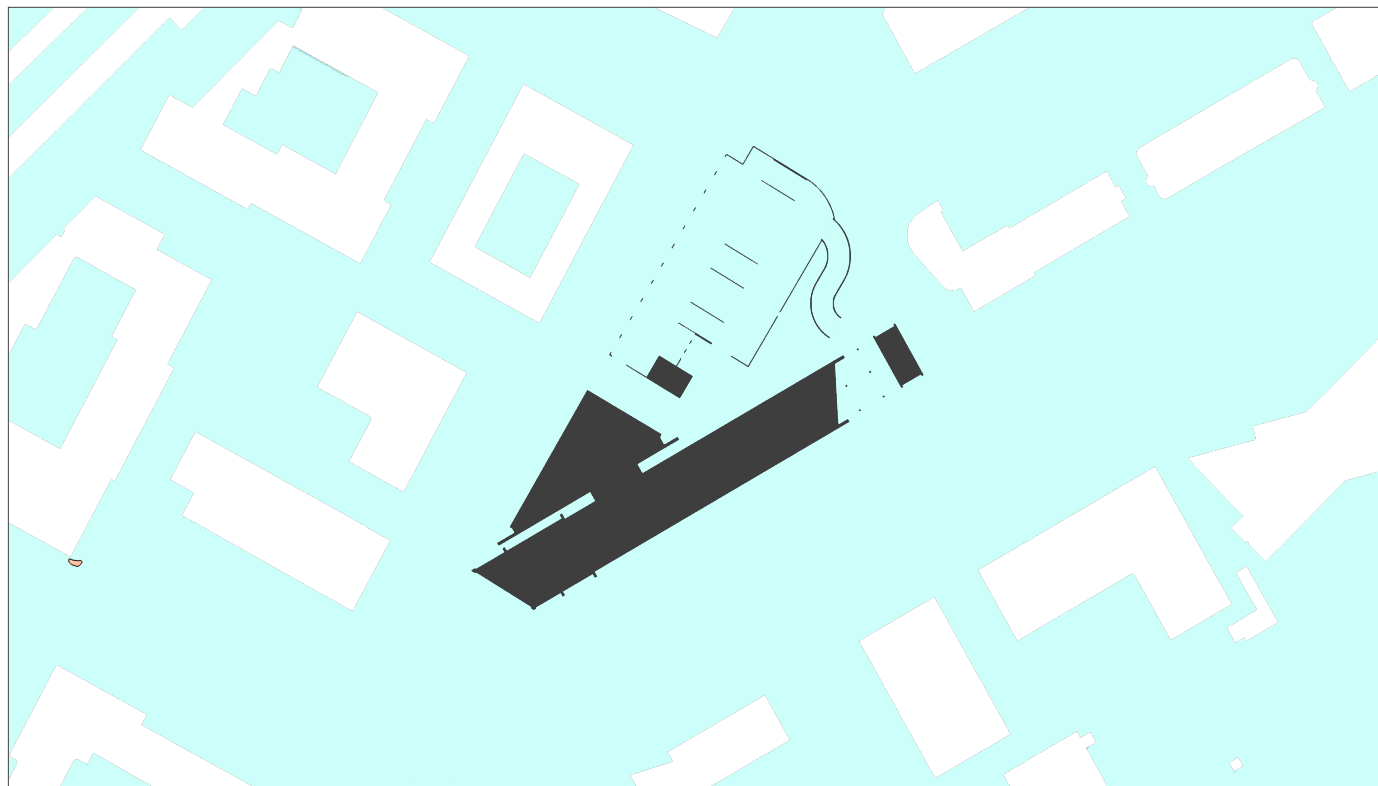
Ten slotte is er binnen het beschouwde gebied geen enkel risico op windgevaar aanwezig (zie figuur 4.3)



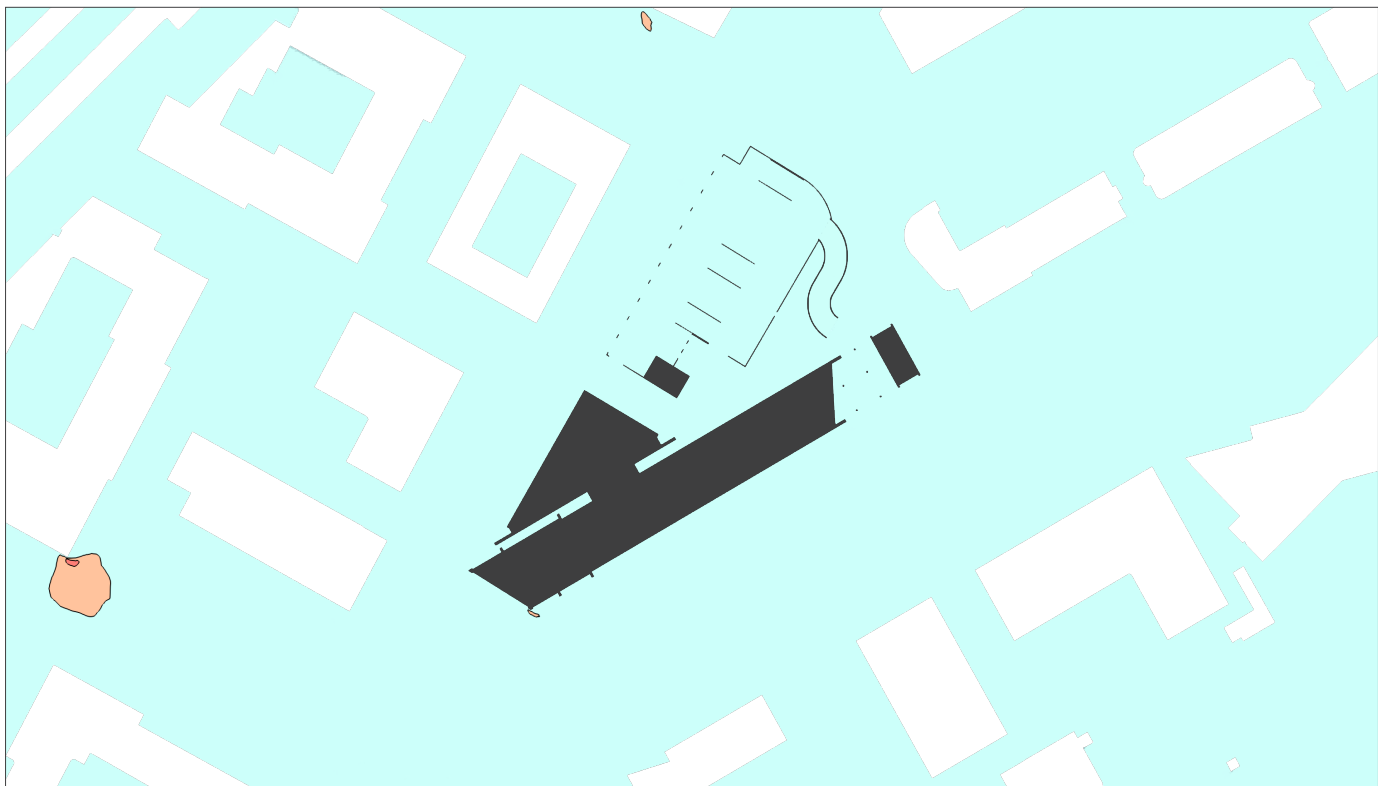
Figuur 4.1:
Windhinder op
voetgangsniveau



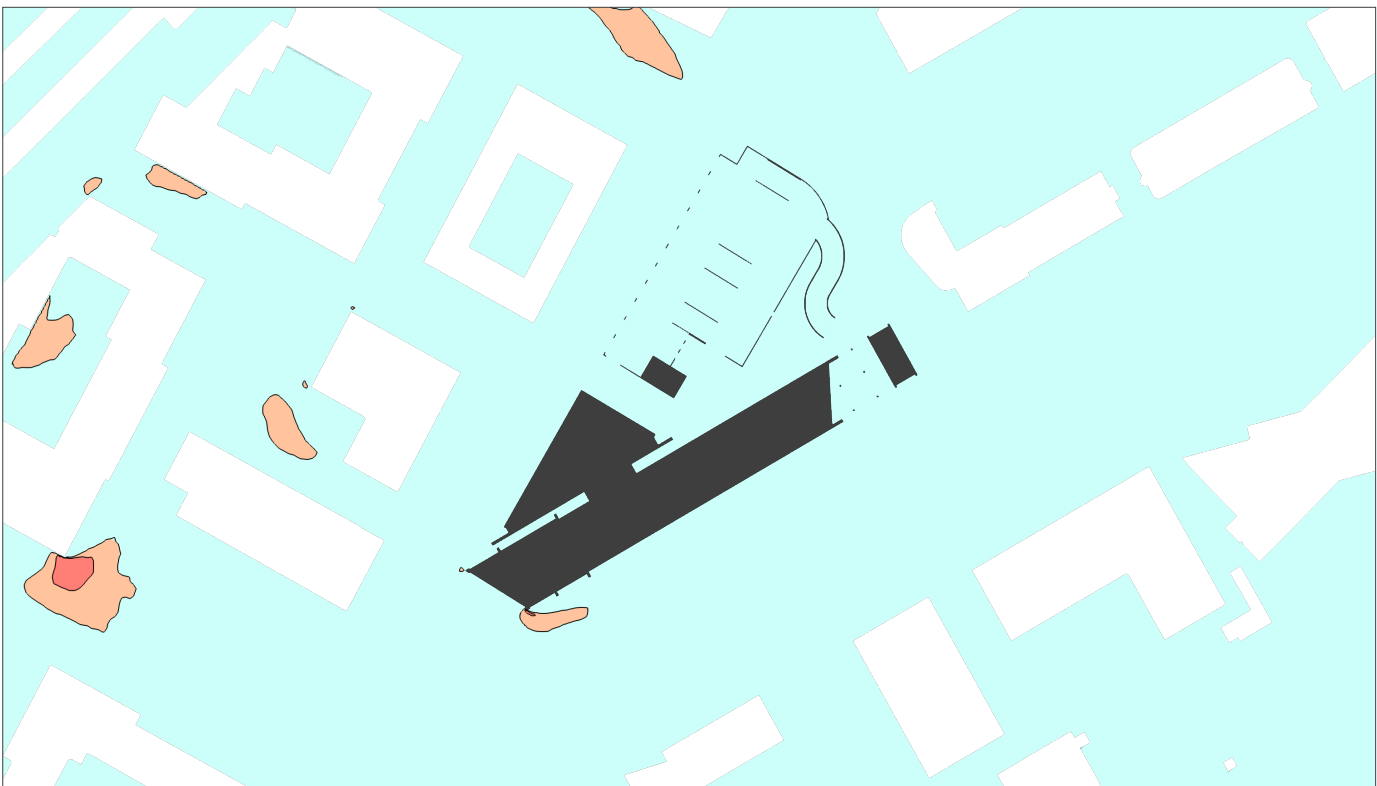
Figuur 4.2:
Windhinder op
voetgangersniveau
voor drie
verschillende
activiteiten



(a)
Beoordeling activiteit doorlopen



(b)
Beoordeling activiteit slenteren



(c)
Beoordeling activiteit lang zitten (situatie bladdragend)

N
↑





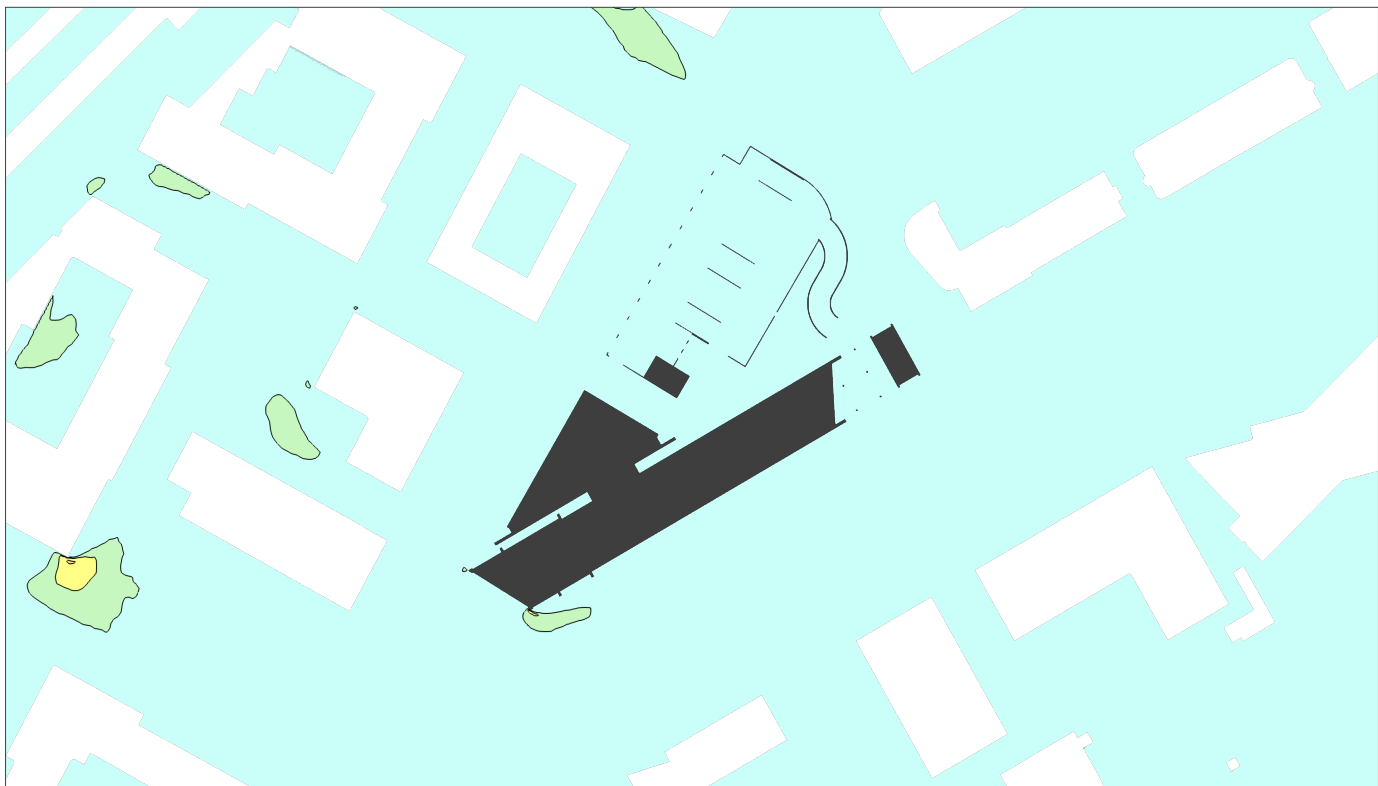
Figuur 4.3:
Windgevaar op
voetgangsniveau



Figuur 4.4:
Windhinder op
voetgangsniveau
voor de verschillende
jaardelen (informatief)



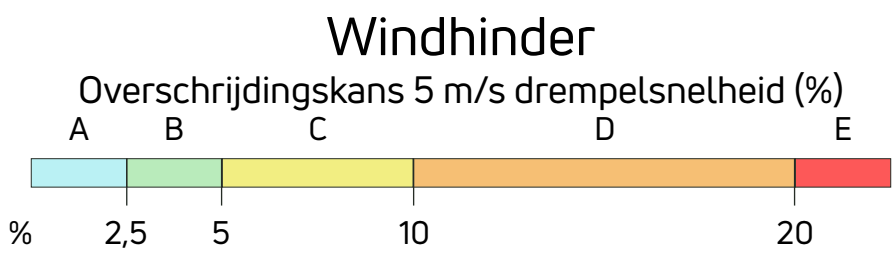
(a)
Beoordeling windhinder jaargemiddeld



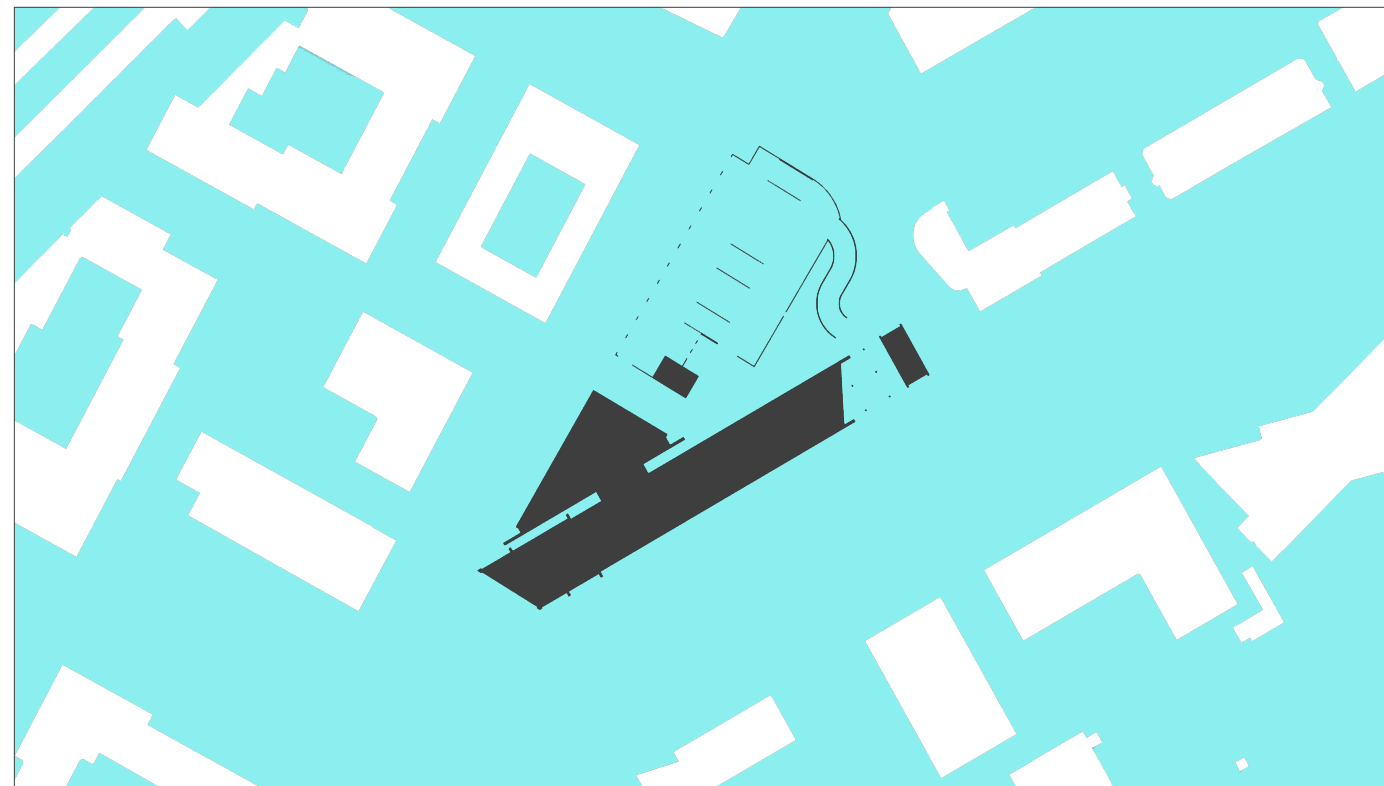
(b)
Beoordeling windhinder zomersituatie (bladdragend)



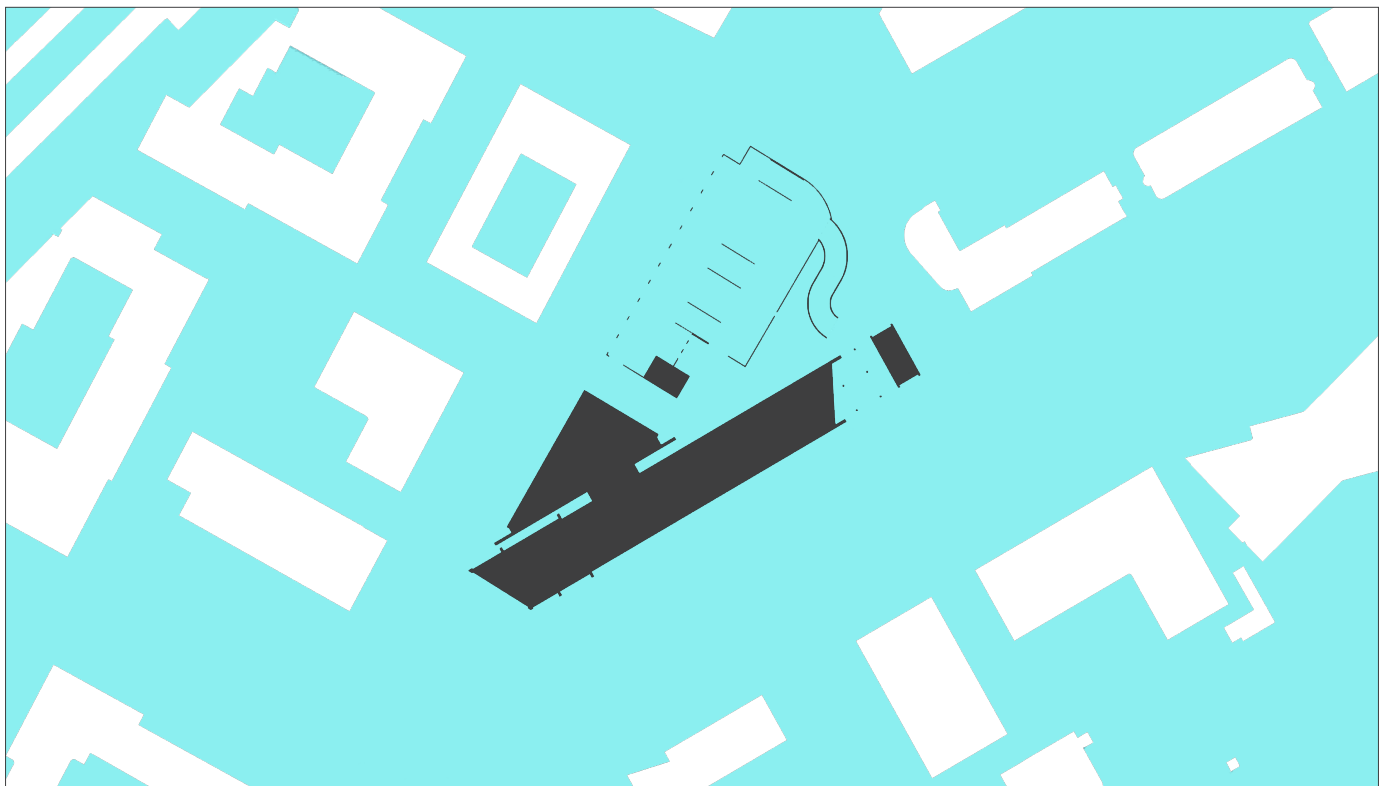
(c)
Beoordeling windhinder wintersituatie (bladloos)



Figuur 4.5:
Windgevaar op
voetgangsniveau
voor de verschillende
jaardelen (informatief)



(a)
Beoordeling windgevaar jaargemiddeld



(b)
Beoordeling windgevaar zomersituatie (bladdragend)



(c)
Beoordeling windgevaar wintersituatie (bladloos)



5 Conclusie

Dit rapport beschrijft een windonderzoek uitgevoerd door [Actiflow](#) voor het project Computerweg te Amersfoort. 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 B (matig geschikt voor de activiteit langdurig zitten en goed voor de activiteiten slenteren en doorlopen).
- Door het windluwe klimaat rondom het projectgebouw wordt ook geen hinder verwacht ter plaatse van entrees, en is er voldoende ruimte voor terrassen, zitgelegenheden en sportvoorzieningen in het Hoefse Park.
- Er is geen risico of beperkt risico op windgevaar gevonden in het plangebied.

Wij concluderen dan ook dat de invloed van de nieuwbouw op het windklimaat beperkt is en dat er na realisatie een acceptabel windklimaat zal heersen.

Aanvullend is inzicht gegeven in het windklimaat op de private buitenruimten van het projectgebouw. Aangezien dit onderzoek uitsluitend een informatief karakter heeft, zijn de resultaten opgenomen in Bijlage E.

Project	Projectgegevens
Projectnaam	Computerweg te Amersfoort
Opdrachtgever	Aveco de Bondt
Projectleider Actiflow	Thomas Bolster
Datum	28 oktober2025
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen 300 m rondom projectgebouw
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: 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: of2506
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: 46.243.307 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: 156352		Y: 465056	
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			

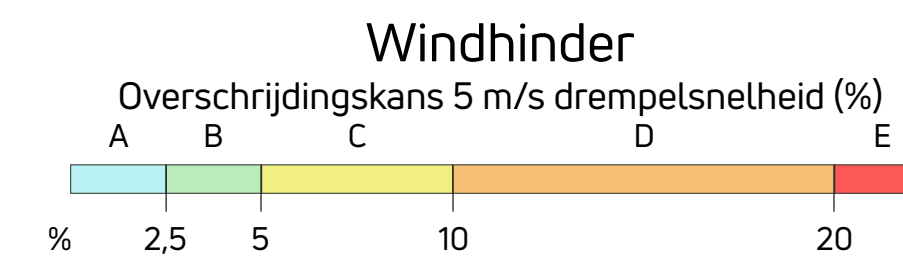
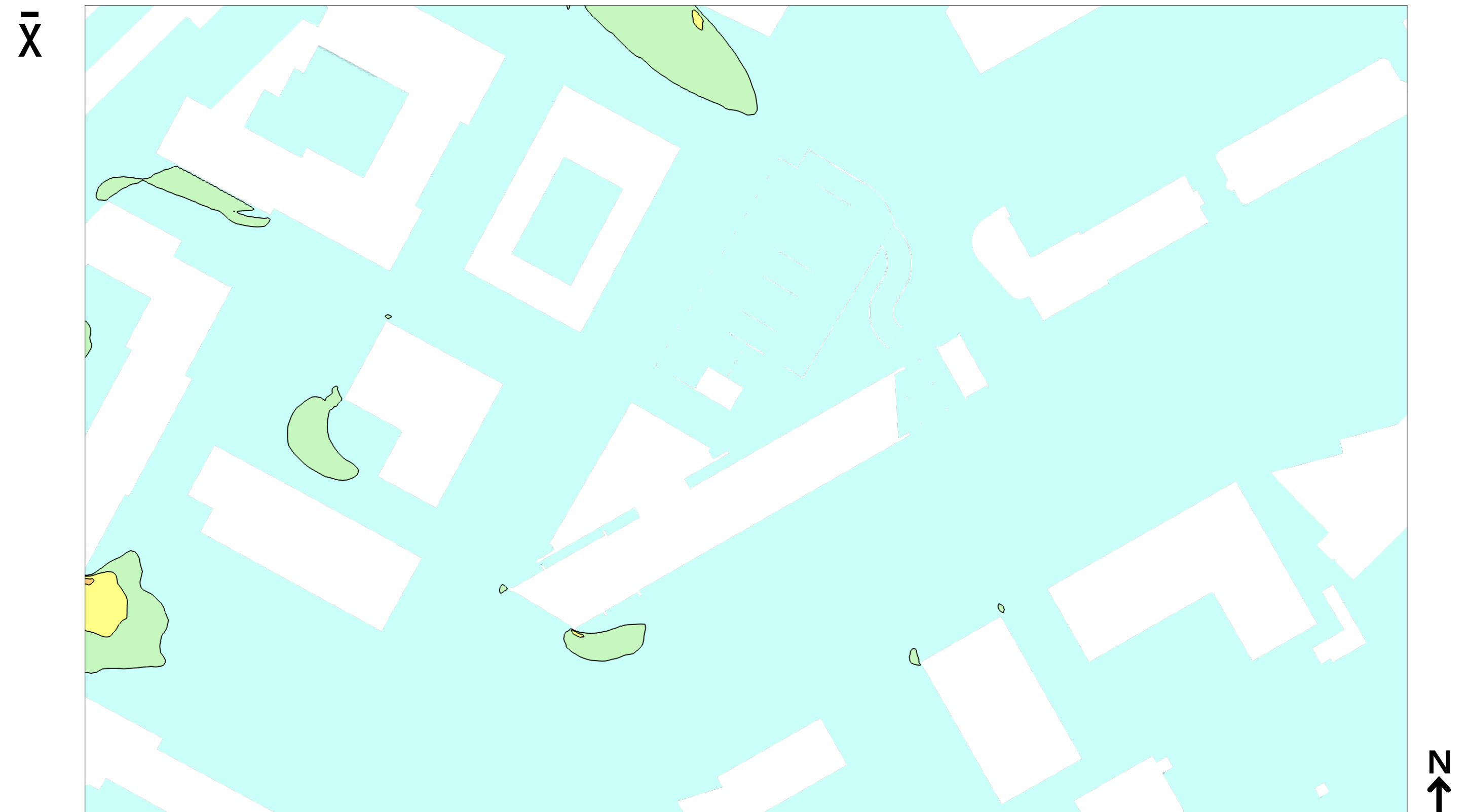
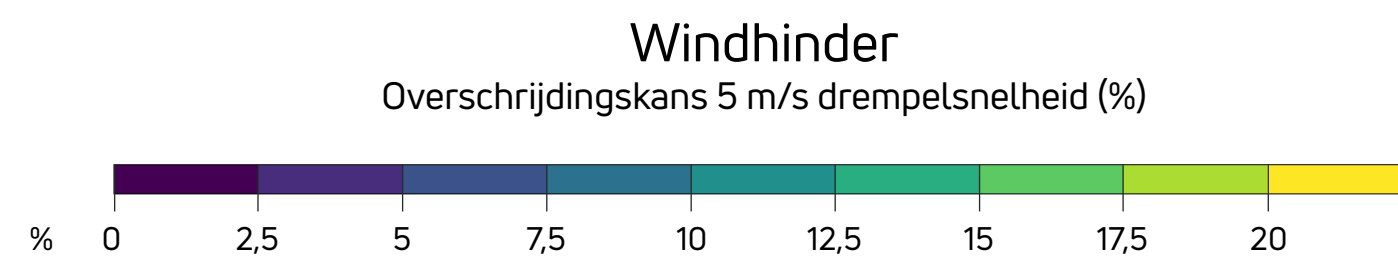
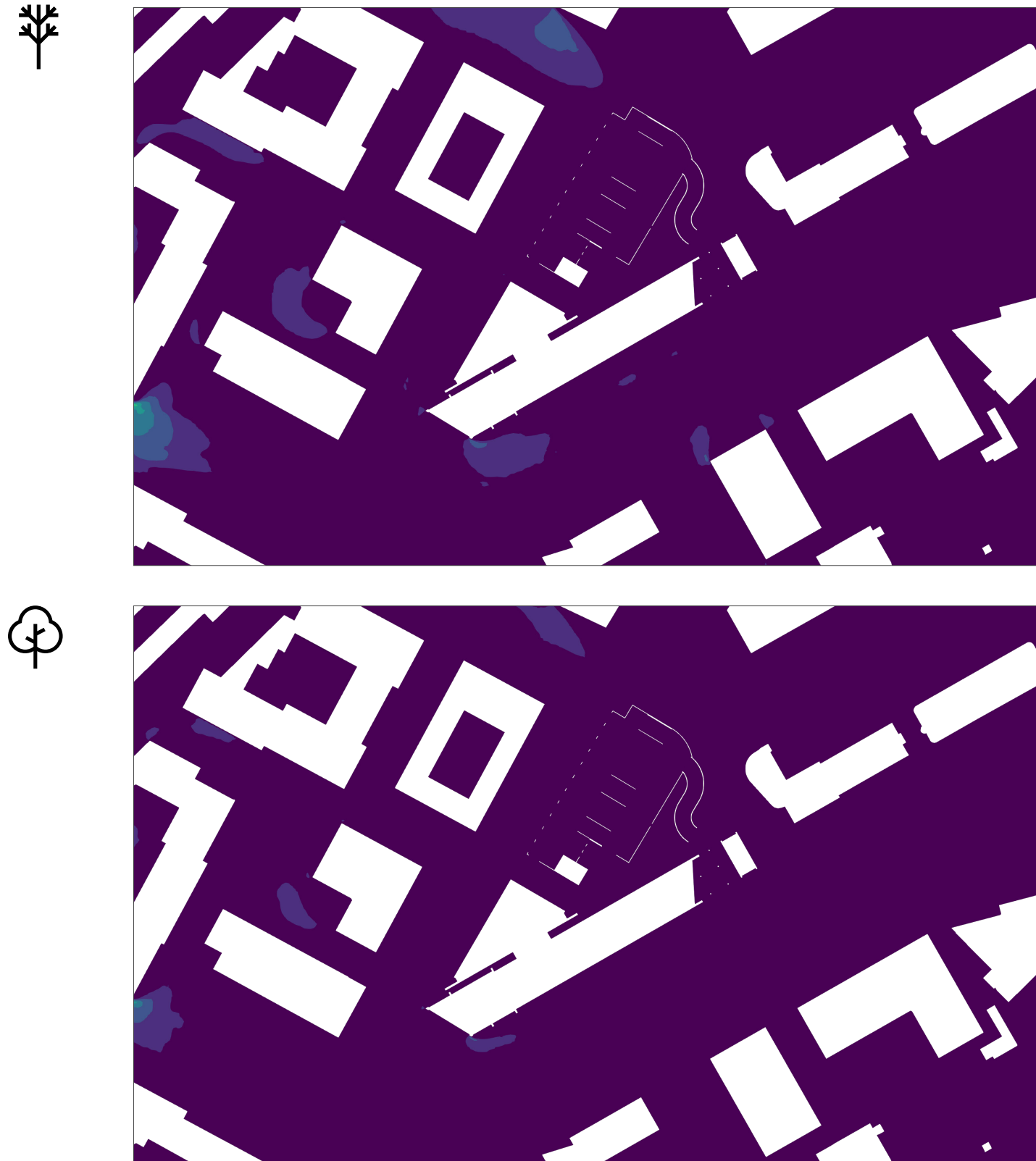
B Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid

FREQUENTIETABEL VAN DE 60 METER WINDSNELHEID DISTRIBUTIEF RELATIEF IN PERCENTAGES
Amersfoortse Coördinaten: X: 156352 Y: 465056 Jaar 1963-2002

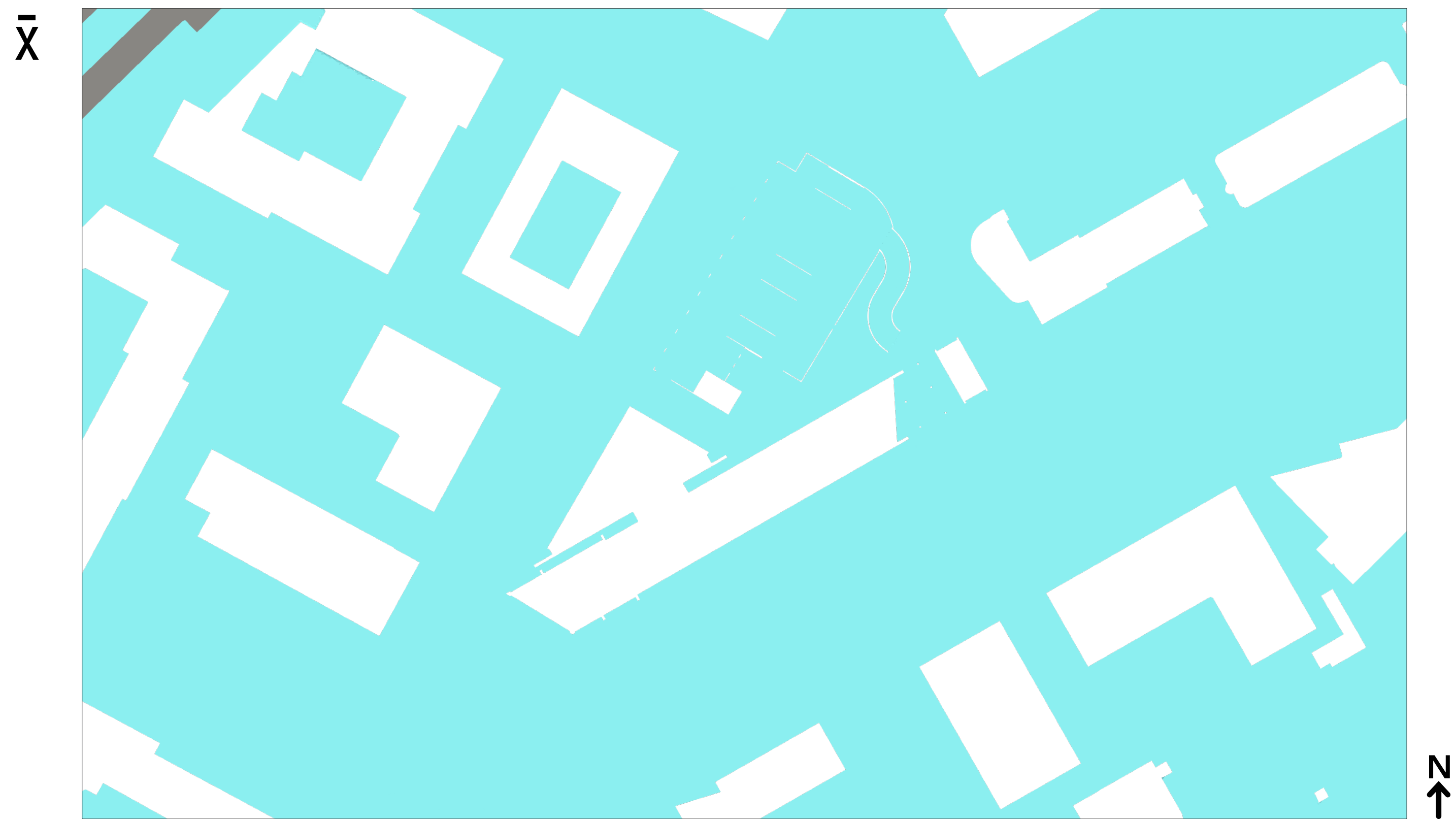
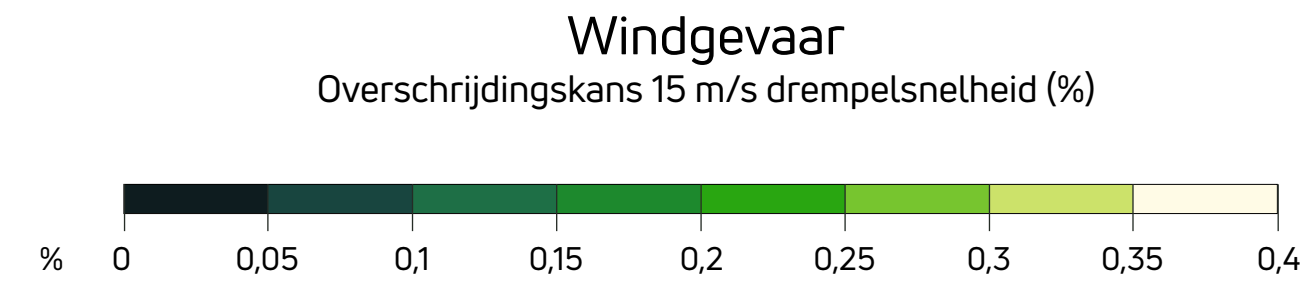
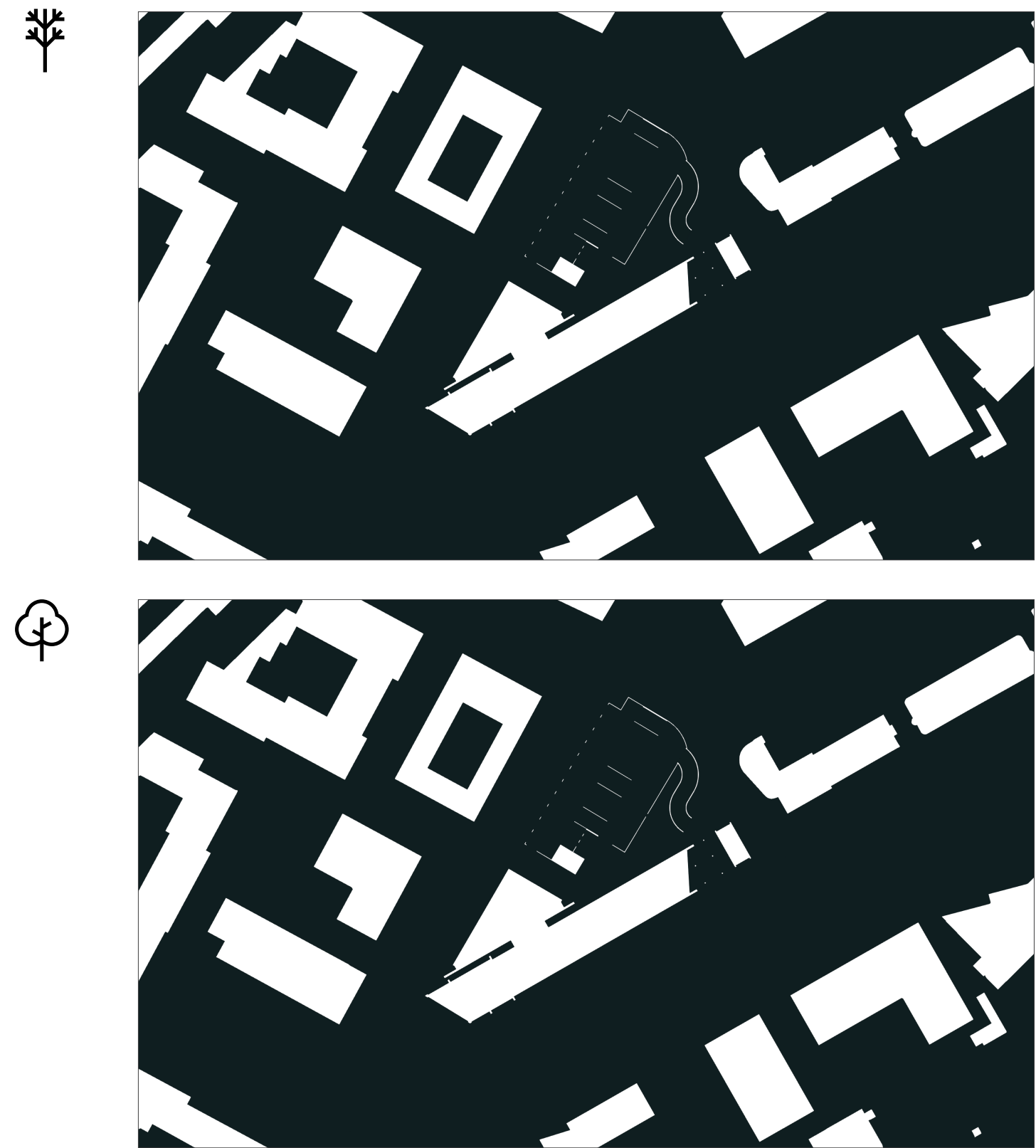
Windsnelheid [m/s]	N 345° - 15°	NNO 15° - 45°	ONO 45° - 75°	O 75° - 105°	OZO 105° - 135°	ZZO 135° - 165°	Z 165° - 195°	ZZW 195° - 225°	WZW 225° - 255°	W 255° - 285°	WNW 285° - 315°	NNW 315° - 345°	Cumulatief
0,0 - 0,9	0.13	0.17	0.17	0.18	0.16	0.22	0.27	0.31	0.25	0.19	0.20	0.19	2.43
1,0 - 1,9	0.49	0.56	0.55	0.53	0.47	0.71	0.97	0.98	0.82	0.64	0.66	0.58	7.96
2,0 - 2,9	0.69	0.75	0.79	0.79	0.73	1.05	1.38	1.60	1.10	0.90	0.89	0.78	11.46
3,0 - 3,9	0.76	1.02	0.98	0.95	0.81	1.18	1.57	2.05	1.50	1.07	1.00	0.78	13.66
4,0 - 4,9	0.72	1.02	1.08	1.02	0.82	1.11	1.57	2.32	1.71	1.15	1.01	0.76	14.30
5,0 - 5,9	0.62	0.87	1.13	0.96	0.72	0.86	1.40	2.13	1.71	1.05	0.90	0.65	13.01
6,0 - 6,9	0.50	0.79	0.91	0.76	0.55	0.59	1.18	1.93	1.59	0.94	0.77	0.52	11.03
7,0 - 7,9	0.36	0.61	0.66	0.54	0.41	0.42	0.96	1.54	1.42	0.83	0.60	0.36	8.71
8,0 - 8,9	0.21	0.37	0.51	0.42	0.28	0.27	0.67	1.19	1.07	0.64	0.45	0.25	6.35
9,0 - 9,9	0.12	0.25	0.39	0.27	0.15	0.14	0.47	0.86	0.76	0.46	0.29	0.18	4.36
10,0 - 10,9	0.06	0.17	0.26	0.16	0.07	0.09	0.30	0.58	0.59	0.33	0.19	0.09	2.90
11,0 - 11,9	0.04	0.09	0.16	0.09	0.03	0.04	0.16	0.34	0.35	0.24	0.13	0.05	1.72
12,0 - 12,9	0.02	0.04	0.10	0.06	0.01	0.01	0.10	0.18	0.23	0.15	0.08	0.03	1.01
13,0 - 13,9	0.01	0.02	0.07	0.02	0.01	0.01	0.04	0.09	0.12	0.10	0.04	0.02	0.56
14,0 - 14,9	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.04	0.06	0.07	0.02	0.01	0.28
15,0 - 15,9	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	-	0.01	0.02	0.03	0.04	0.01	0.00	0.14
16,0 - 16,9	-	-	0.00	0.00	-	-	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.08
17,0 - 17,9	-	-	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	-	0.04
18,0 - 18,9	-	-	0.00	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.01
19,0 - 19,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.01
20,0 - 20,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00
21,0 - 21,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	0.00	-	0.00
22,0 - 22,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00
23,0 - 23,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	0.00
24,0 - 24,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	0.00
25,0 en hoger	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

C Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld

Windhinder in de toekomstige situatie

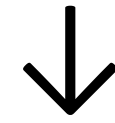


Windgevaar in de toekomstige situatie



D Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

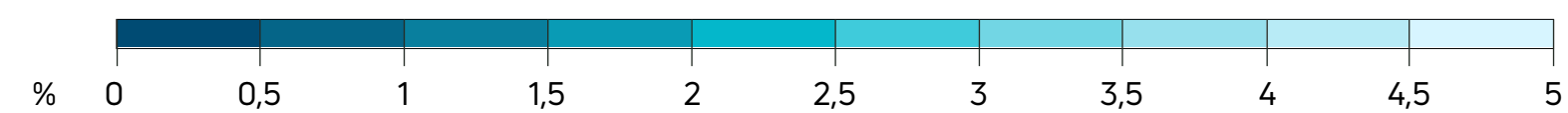
Windrichting:
0° Noord



Windrichting:
30° Noordnoordoost



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



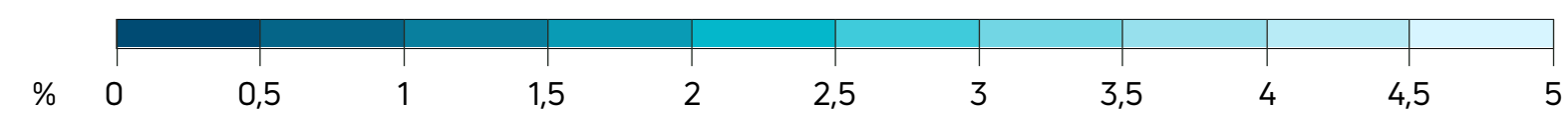
Windrichting:
60° Oostnoordoost



Windrichting:
90° Oost



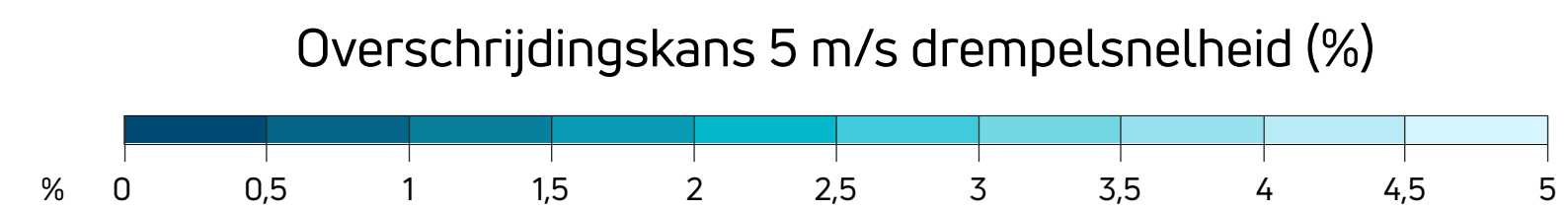
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



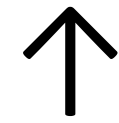
Windrichting:
120° Oostzuidoost



Windrichting:
150° Zuidzuidoost



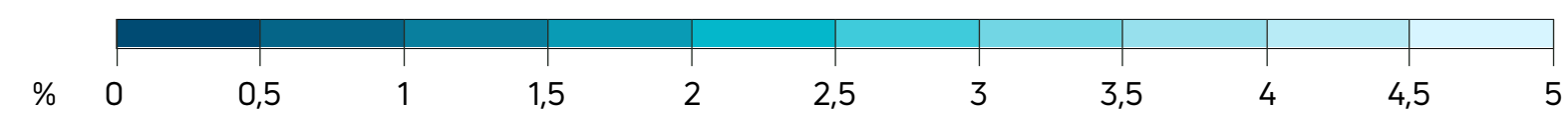
Windrichting:
180° Zuid



Windrichting:
210° Zuidzuidwest



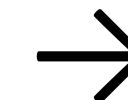
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



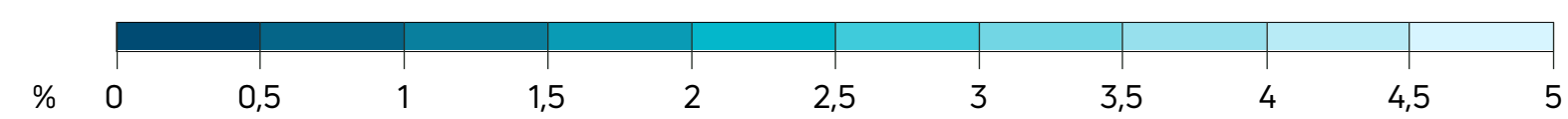
Windrichting:
240° Westzuidwest



Windrichting:
270° West



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



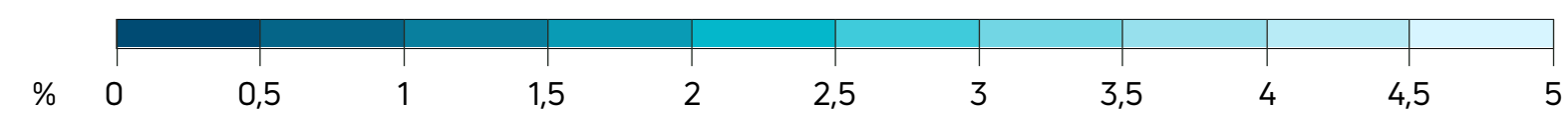
Windrichting:
300° Westnoordwest



Windrichting:
330° Noordnoordwest



Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid (%)



E Windklimaat private buitenruimten

NEN 8100:2006 geldt enkel voor de openbare buitenruimte en geeft geen houvast voor private buitenruimten, zoals balkons en (dak)terrassen. Voor deze laatste ruimten hanteert **Actiflow** een eigen beoordelingsmethode die is opgesteld op basis van eigen ervaring. De criteria sluiten zoveel als mogelijk aan op NEN 8100:2006, maar met enkele belangrijke wijzigingen. De criteria die **Actiflow** gebruikt voor private buitenruimten worden samengevat in tabellen 2.3 en 2.4 waar:

- '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. Van windgevaar is enkel sprake bij een overschrijding van 15 m/s (conform NEN 8100:2006).

Voor de private buitenruimten is het aannemelijk dat de gebruikers hiervan veelal zittend gebruik maken van de ruimte. In afwijking van NEN 8100:2006

Tabel 2.3: Classificatie en beoordeling van het lokale windklimaat voor windhinder op private buitenruimten

Overschrijdingskans (Lokaal windsnelheid > 5 m/s) (% van het aantal uren per jaar)	Windhinderklasse conform NEN8100	Beoordeling
< 5 % (< 438 uren)	A & B	Goed
5 - 10 % (438-876 uren)	C	Matig
> 10 % (> 876 uren)	D & E	Slecht

Tabel 2.4: Classificatie en beoordeling van het lokale windklimaat voor windgevaar op private buitenruimten

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

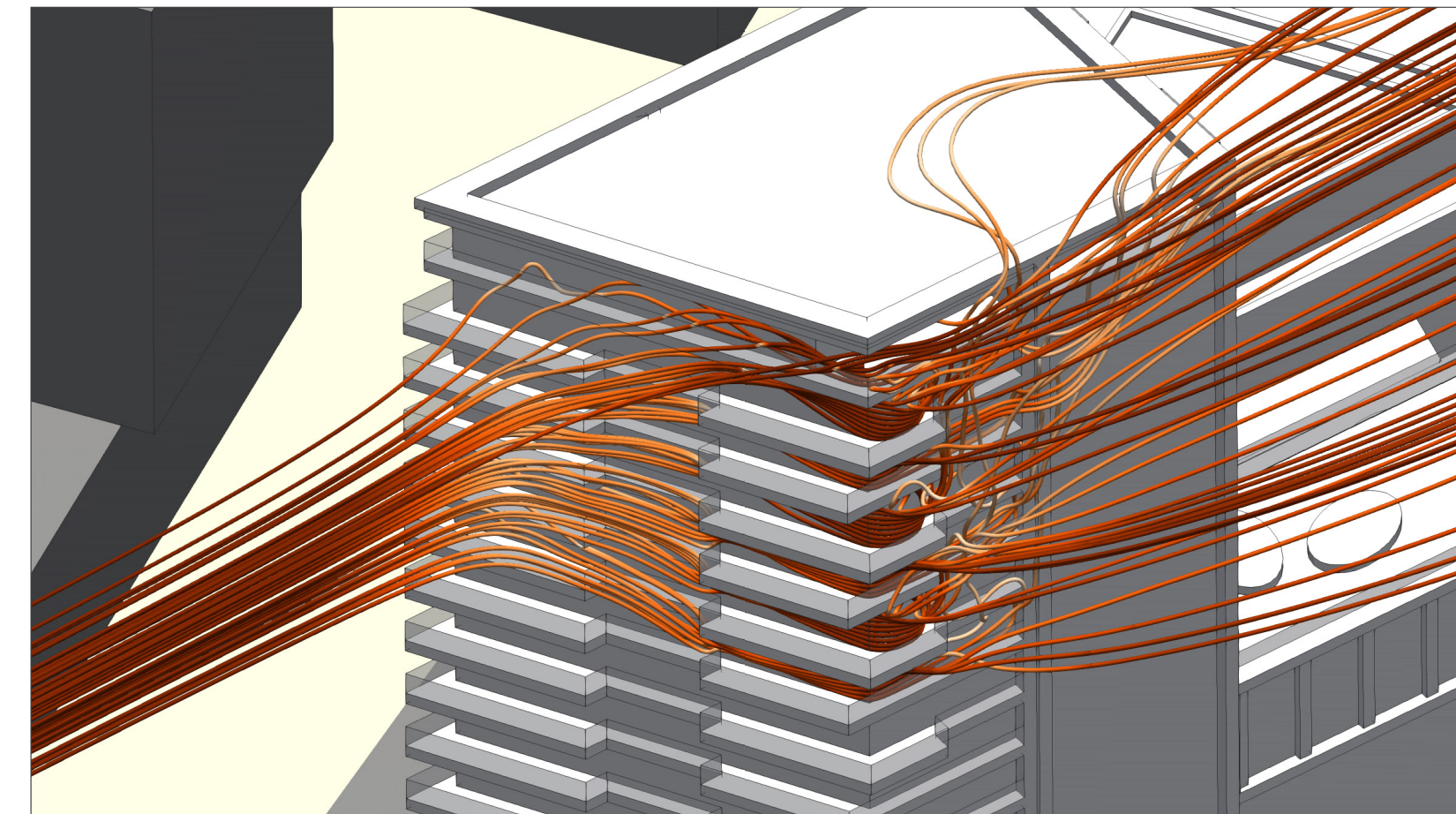
zal toetsing dan ook plaats vinden op een hoogte van 1,10 m boven het vloeroppervlak, wat overeenkomt met de hoofdhoogte van een zittend persoon. De beoordeling van het windklimaat op private buitenruimten is minder streng dan de beoordeling voor langdurig zitten in de publieke ruimte. Hiervoor zijn verschillende redenen:

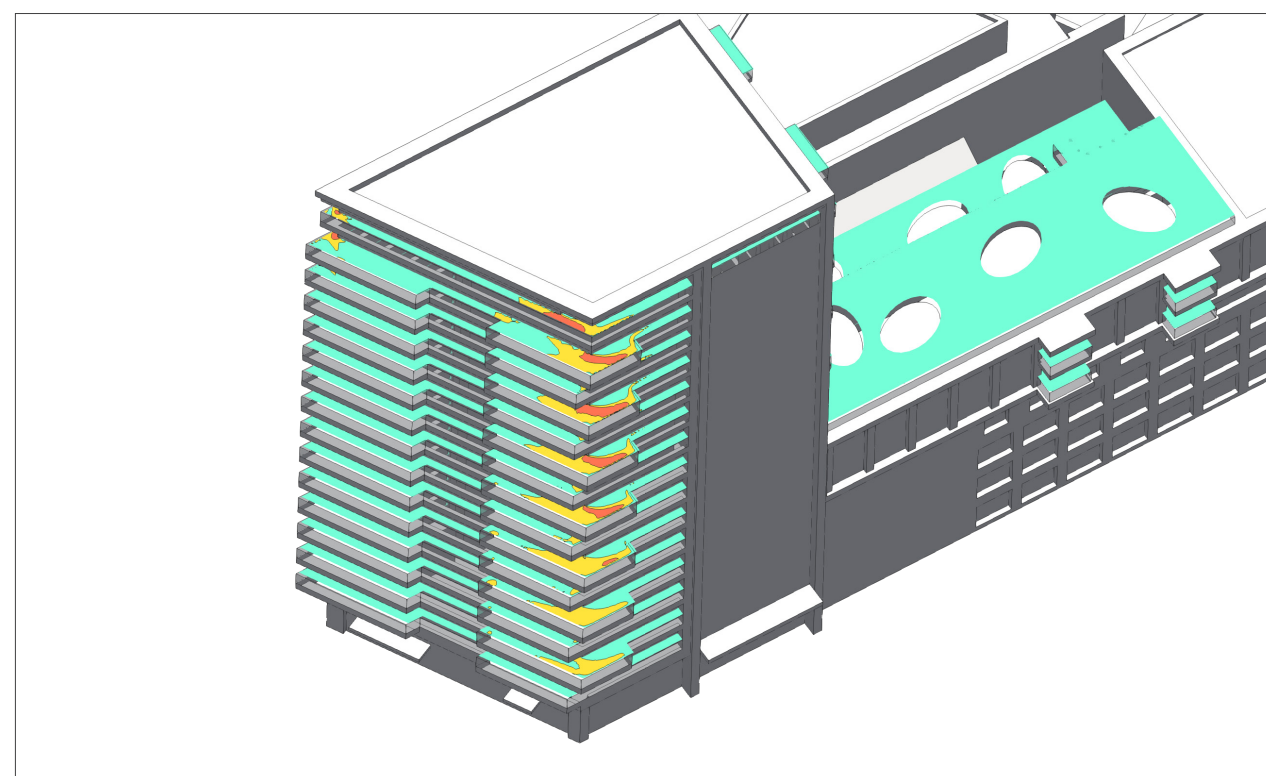
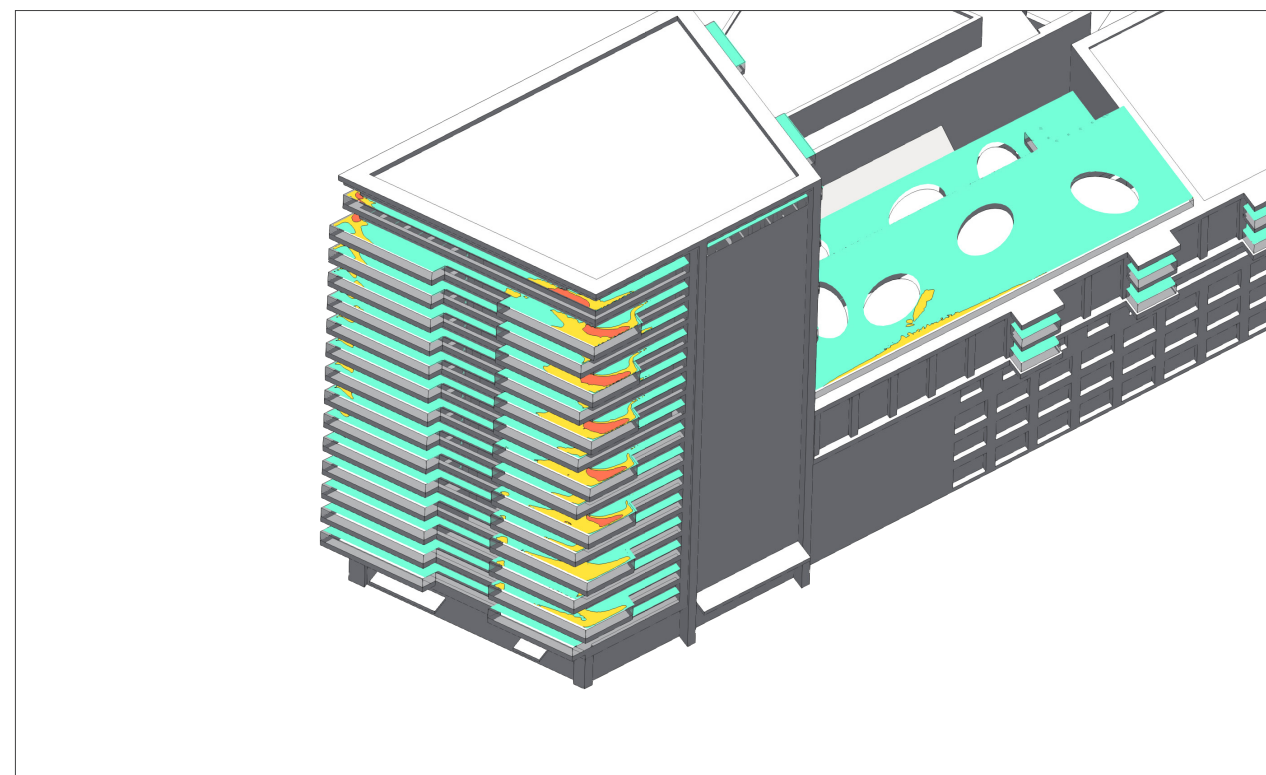
1. Private buitenruimten worden met name in de zomerperiode (april t/m september) gebruikt. Resultaten op basis van NEN 8100:2006 zijn echter het resultaat van een middeling over het hele jaar, aangezien de bijbehorende NPR 6097:2006 enkel jaargemiddelde waarden beschikbaar stelt. Daarom kunnen de gesimuleerde windcondities worden gezien als 'worst case'.
2. Private buitenruimten worden niet enkel gebruikt voor langdurig zitten, maar ook vaak voor kortstondig gebruik. In dat geval is windhinderklasse C aanvaardbaar.
3. Voor private buitenruimten geldt dat mensen zelf kunnen kiezen of zij de ruimte willen gebruiken wanneer het waait. Dit in tegenstelling tot plaatsen in de publieke ruimte zoals trottoirs, bushaltes en gebouw-entrees waar mensen moeten komen ongeacht de windcondities. Deze 'keuzevrijheid' leidt tot de mogelijkheid om windrijke gebieden te vermijden en hiermee tot een hogere acceptatiegrens.

Zoals te zien is op de afbeeldingen op de volgende pagina's, heerst er op de private buitenruimten aan de zuidhoek van het projectgebouw een windklimaat dat ongunstig is voor het comfortabel gebruik van deze ruimten. De omvang van de zone met een matig tot slecht windcomfort is hier aanzienlijk en aanvullend is er op enkele locaties een risico op gevaar. Op de westelijke hoek zijn ook oncomfortabele gebieden aanwezig. Gezien de aard en omvang van deze gebieden zijn hier geen maatregelen benodigd. In de figuren zijn de resultaten van de zomer (bladdragend), winter (bladloos) en jaargemiddeld getoond. Hierin is te zien dat het effect van de bomen in de omgeving op het windklimaat op de private buitenruimten zeer beperkt is. Dit is ook conform verwachting aangezien het merendeel van de private buitenruimten hoger is gelegen dan de boomtoppen.

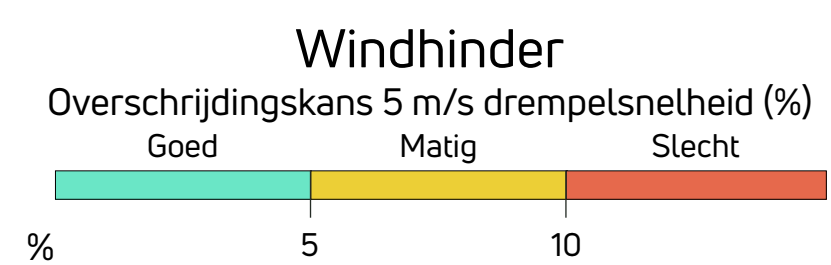
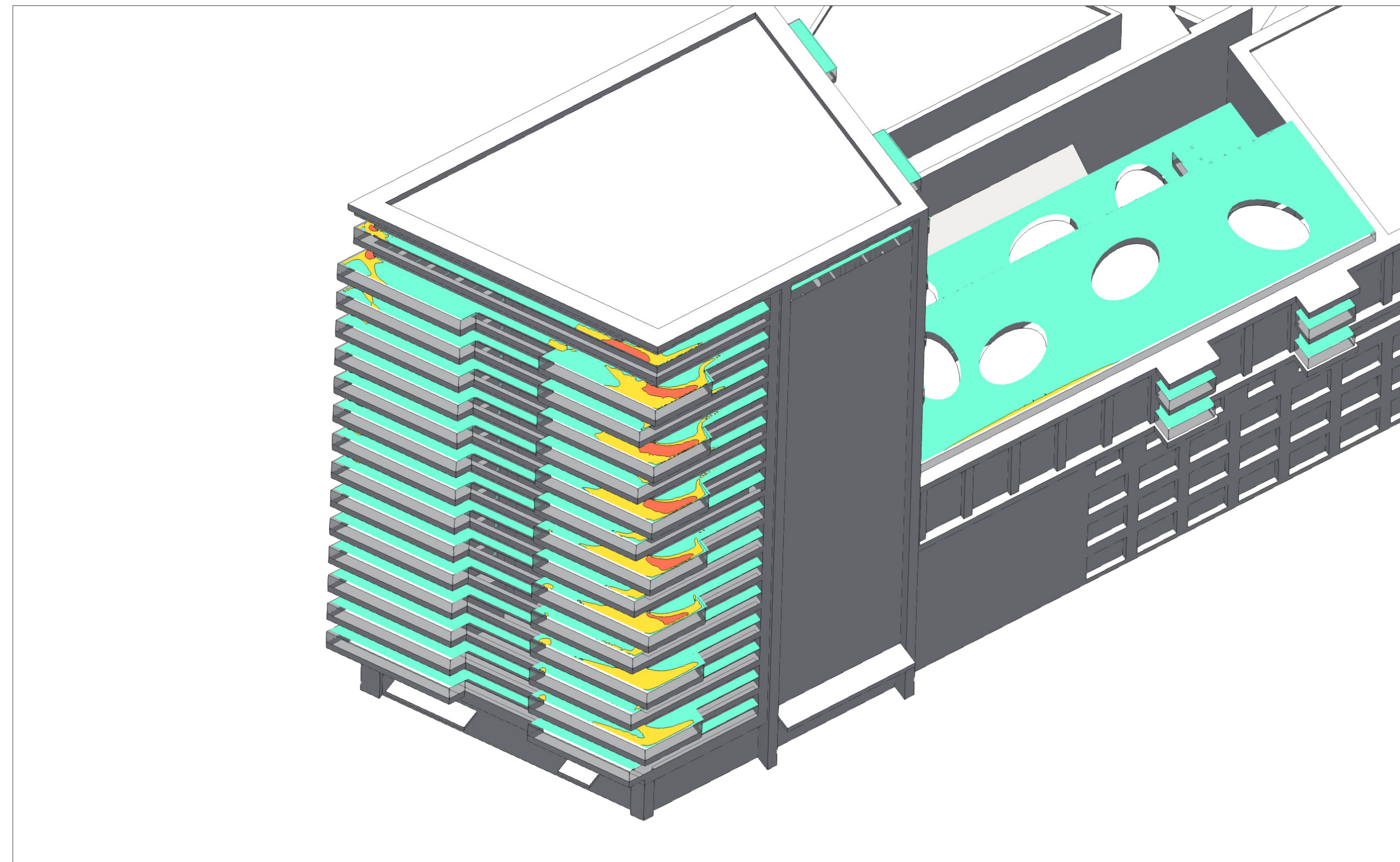
Figuur E.1 toont de stroomlijnen richting de private buitenruimten bij wind uit het westzuidwesten. Hier is te zien dat de wind tegen de gevel van het gebouw aanstroomt en vervolgens afbuigt naar de hoek. Op de hoek krijgt de wind meer ruimte, waardoor deze versnelt (een zogenaamde hoekversnelling). Hierdoor ontstaat op de hoek van de private buitenruimten een windrijkere zone.

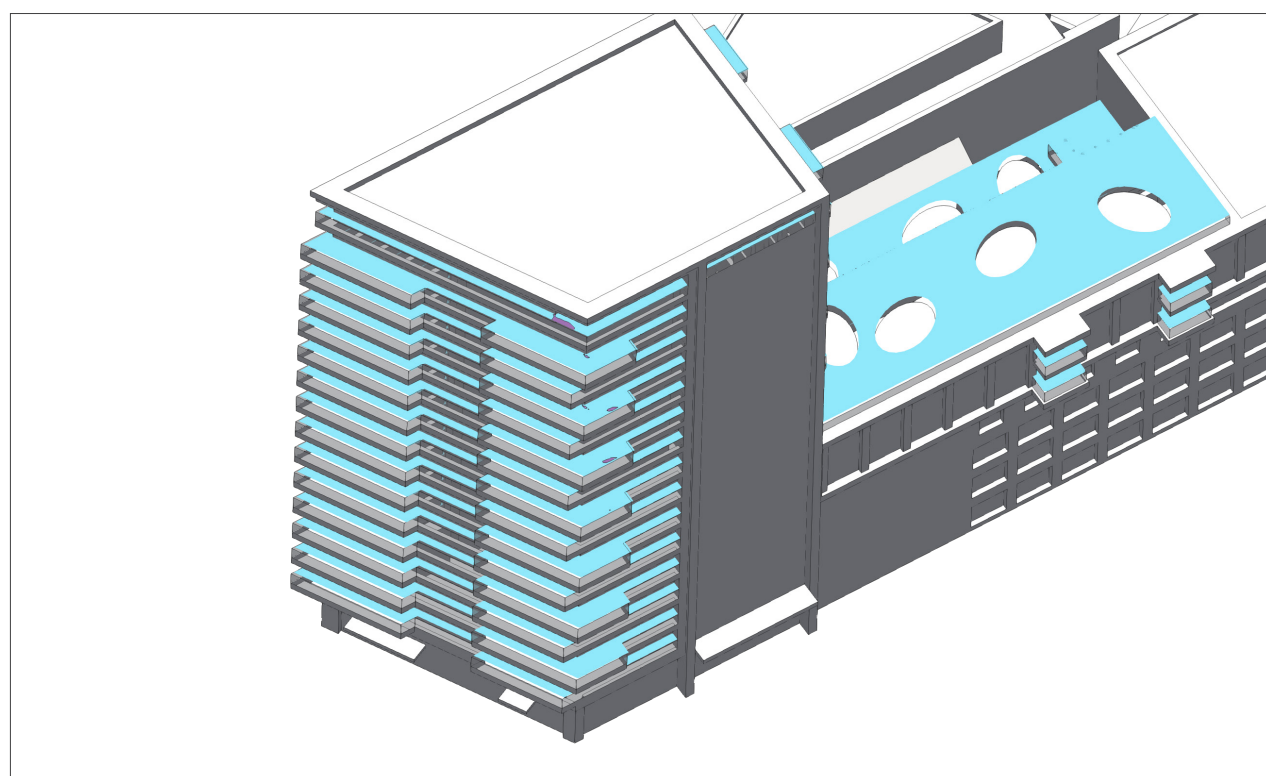
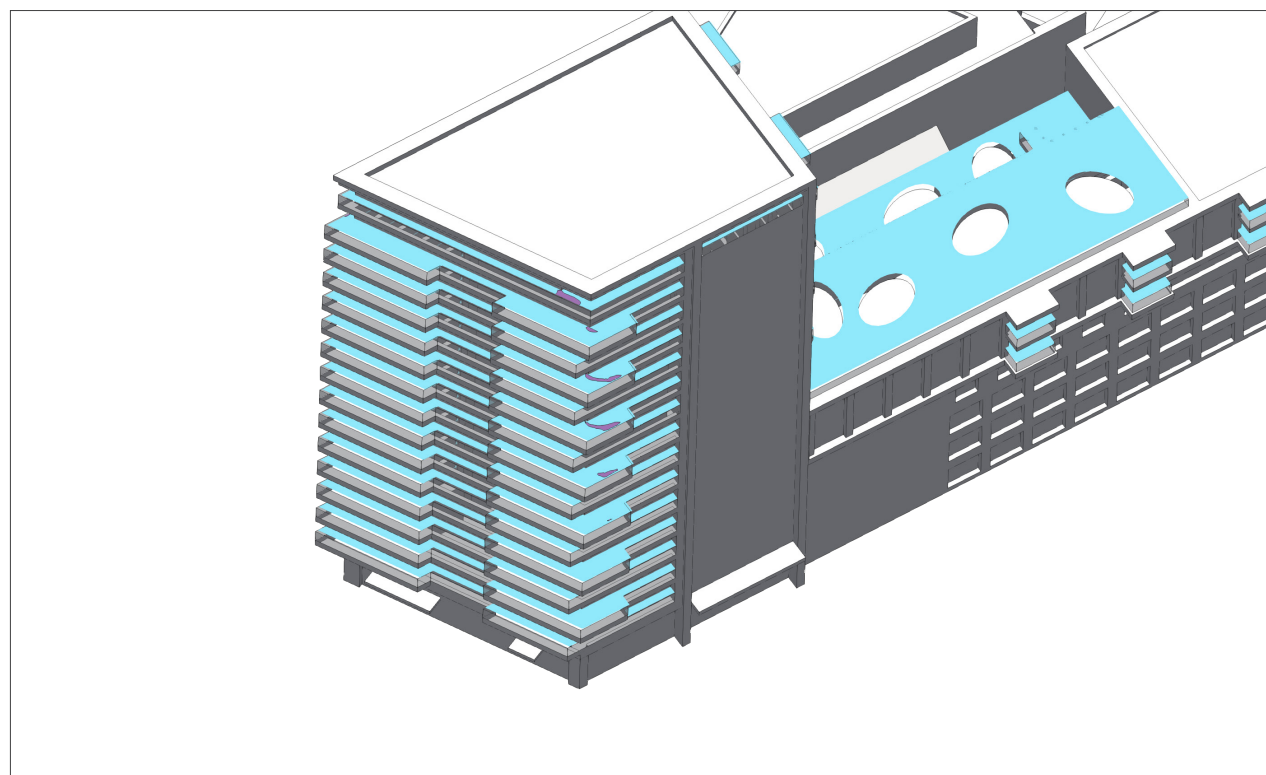
Om deze stroming te mitigeren kan de balustrade aan de zuidwestgevel worden verhoogd tot ongeveer 1,3 m, zodat er minder wind over de private buitenruimten kan stromen. In het model zijn bovendien geen privacy screens meegenomen die loodrecht op de gevel staan. Wanneer deze wél aanwezig zijn en verdiepingshoog en winddicht worden uitgevoerd, kunnen ze eveneens bijdragen aan het afleiden van de windstroming.



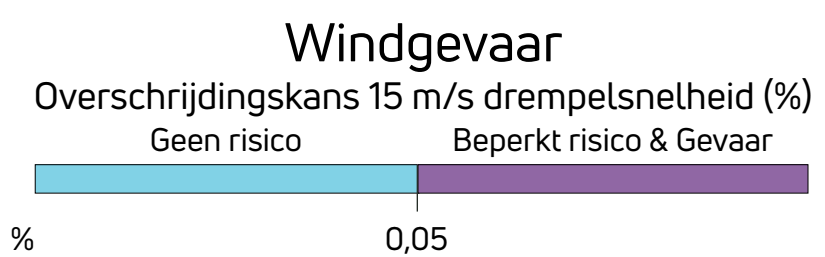
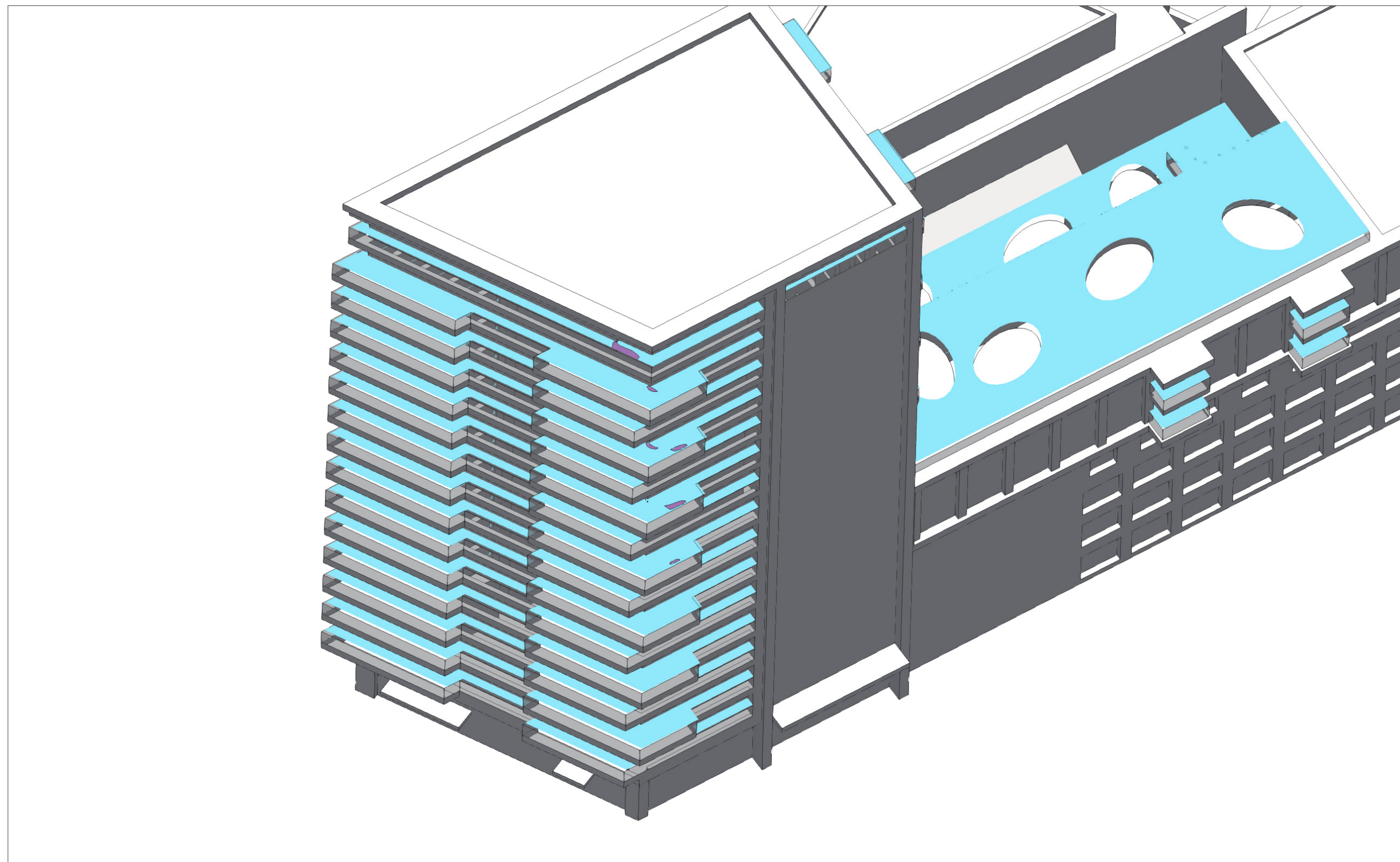


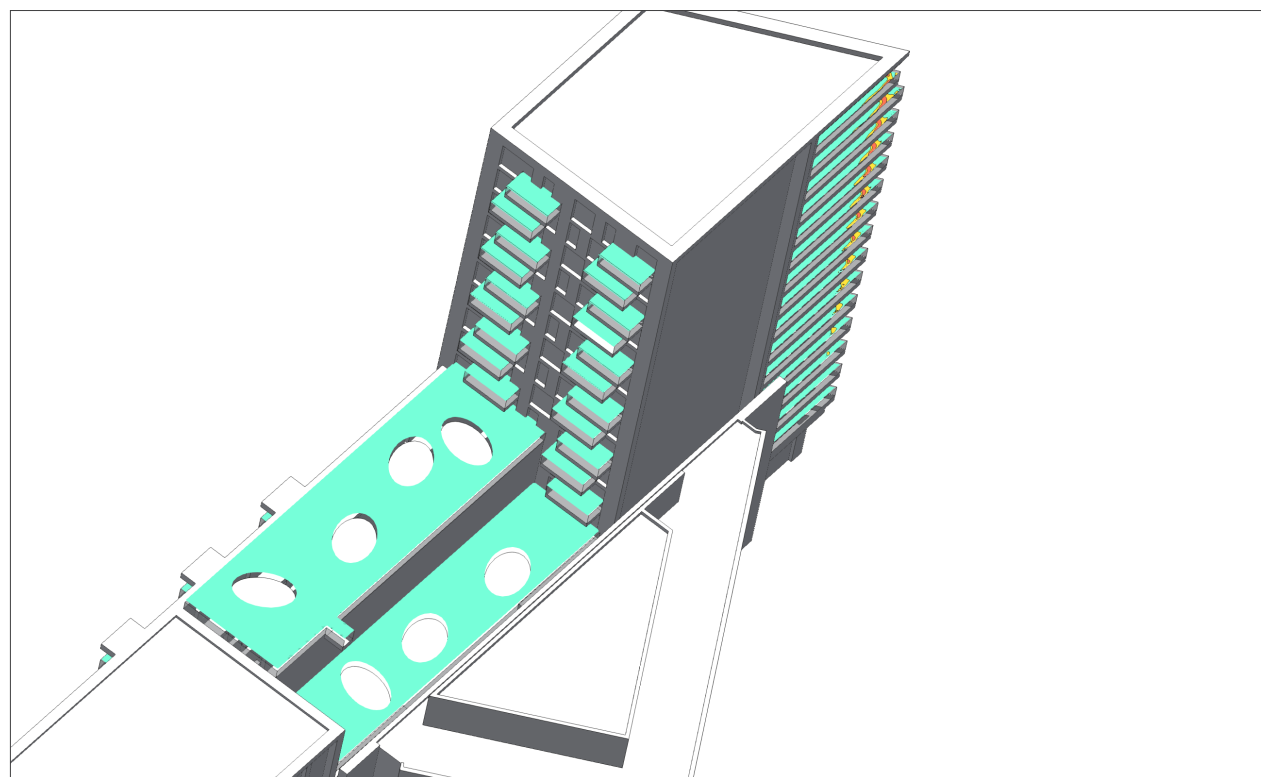
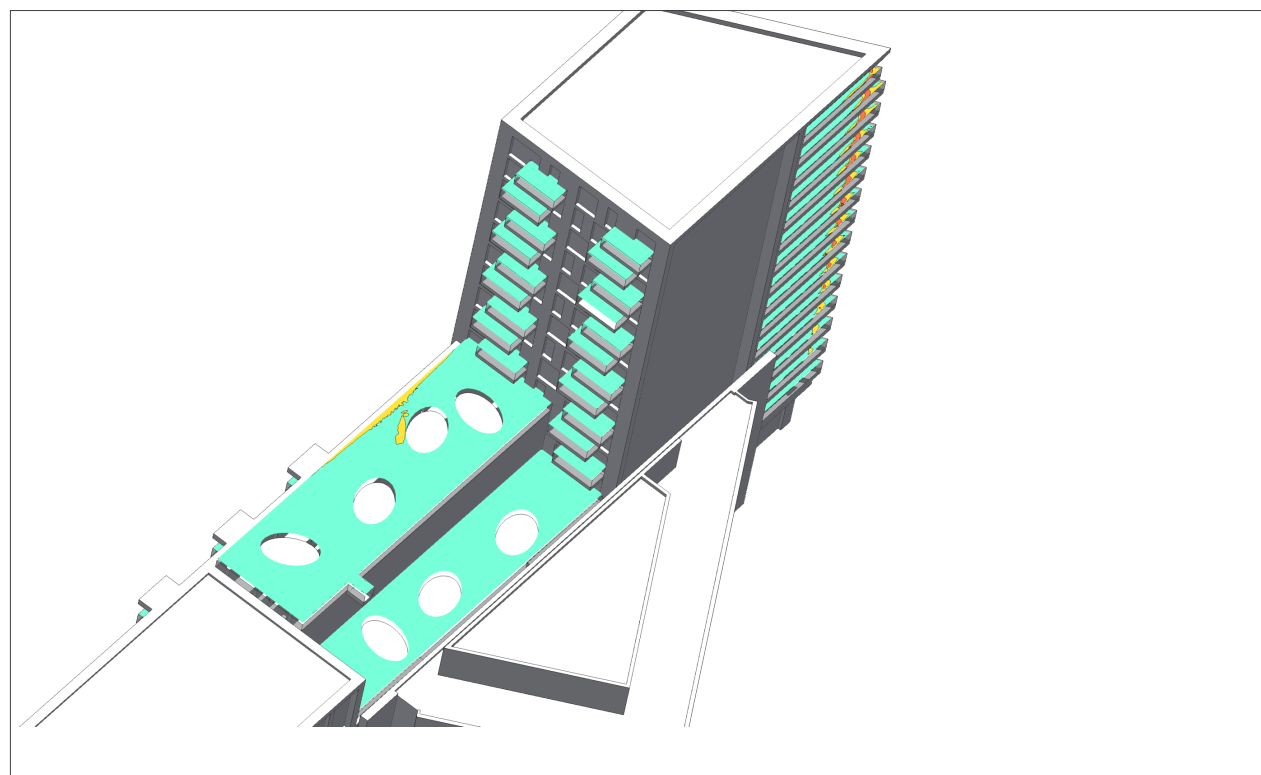
$\bar{x}$



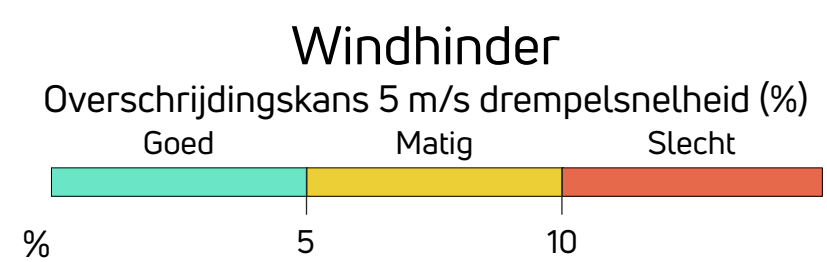
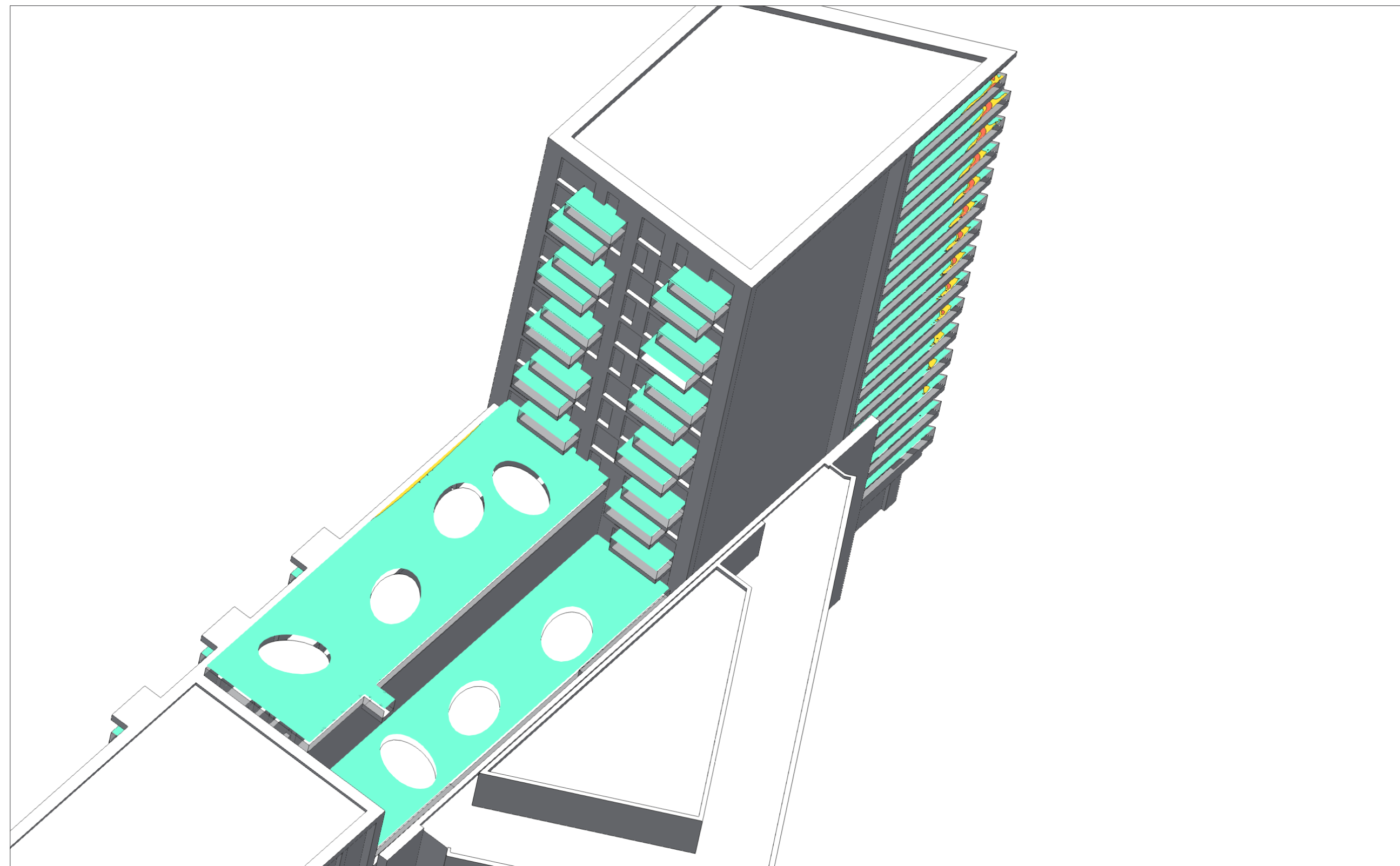


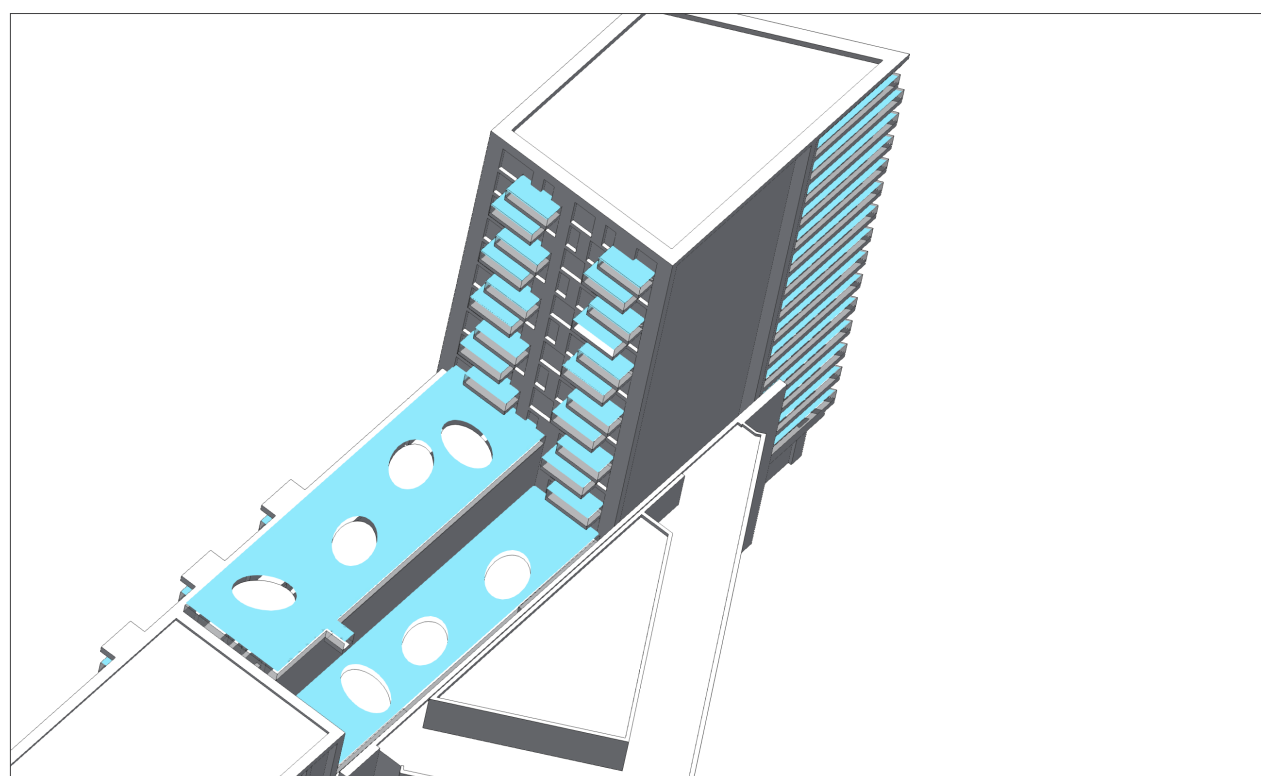
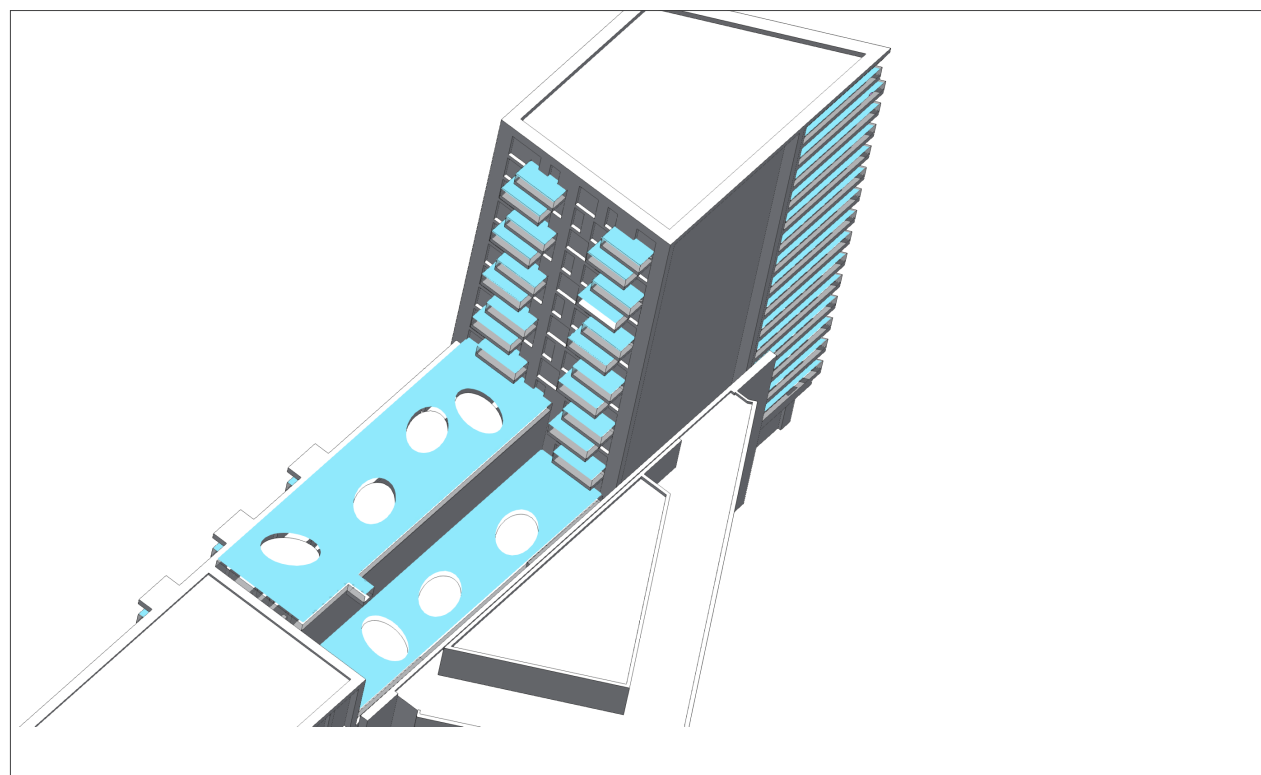
$\bar{x}$



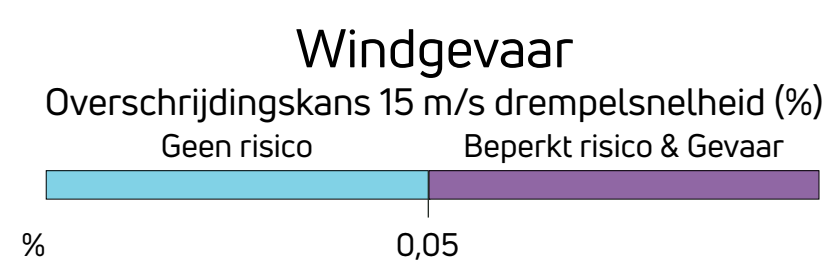
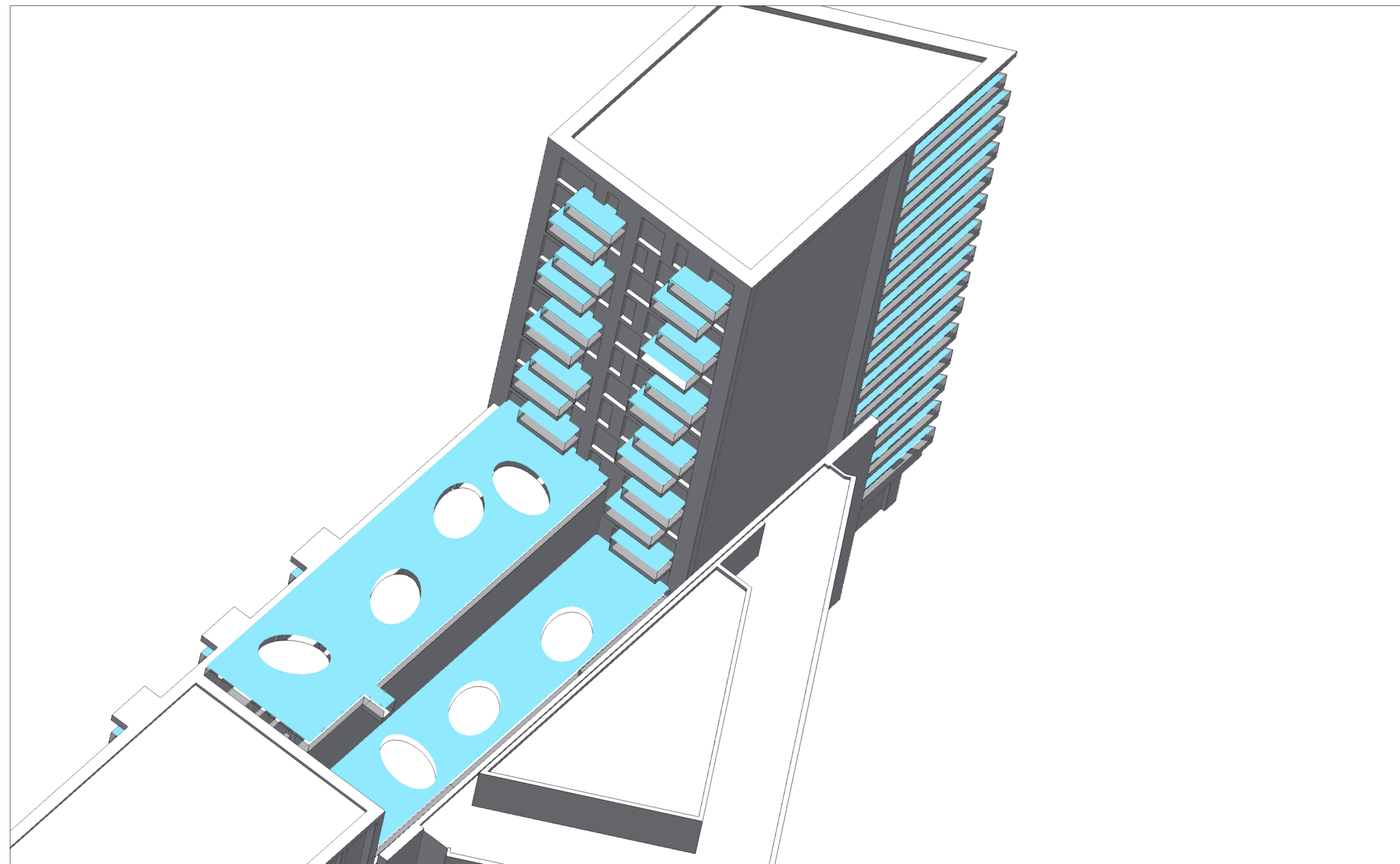


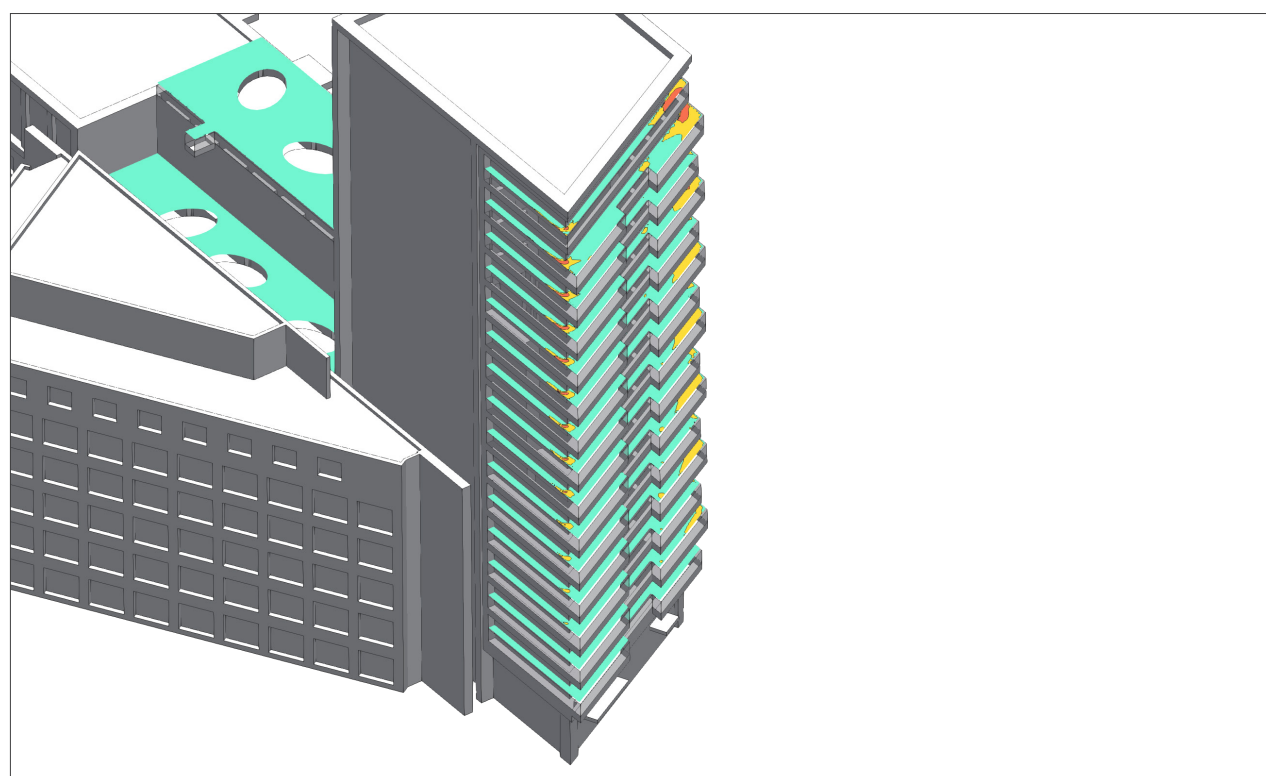
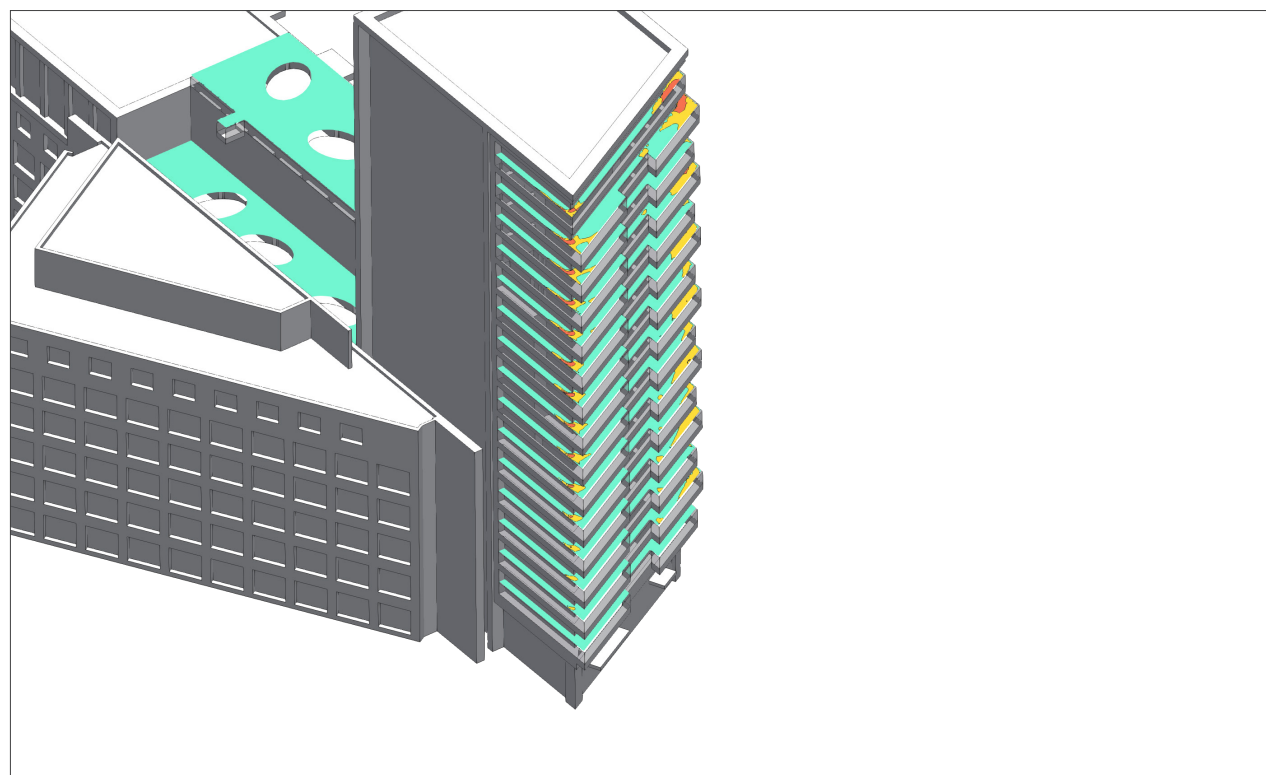
$\bar{x}$



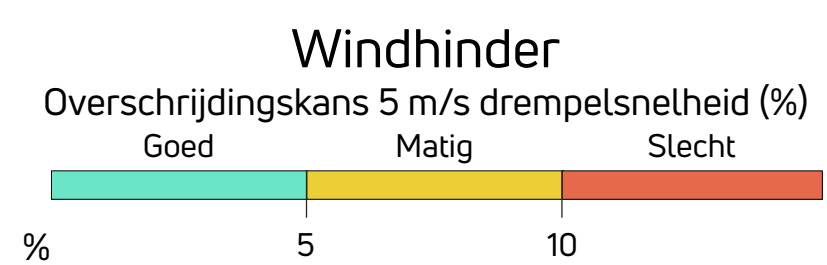
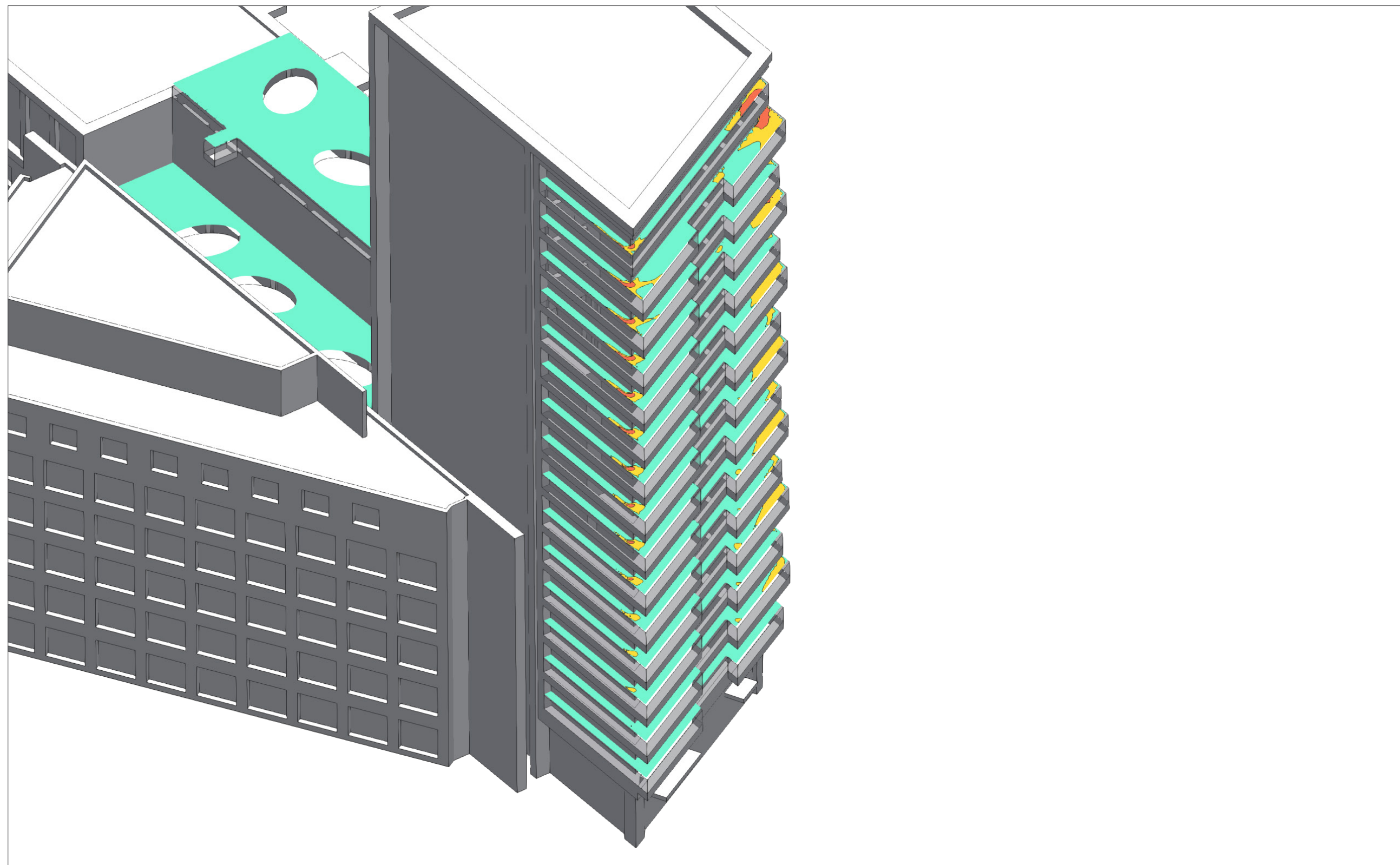


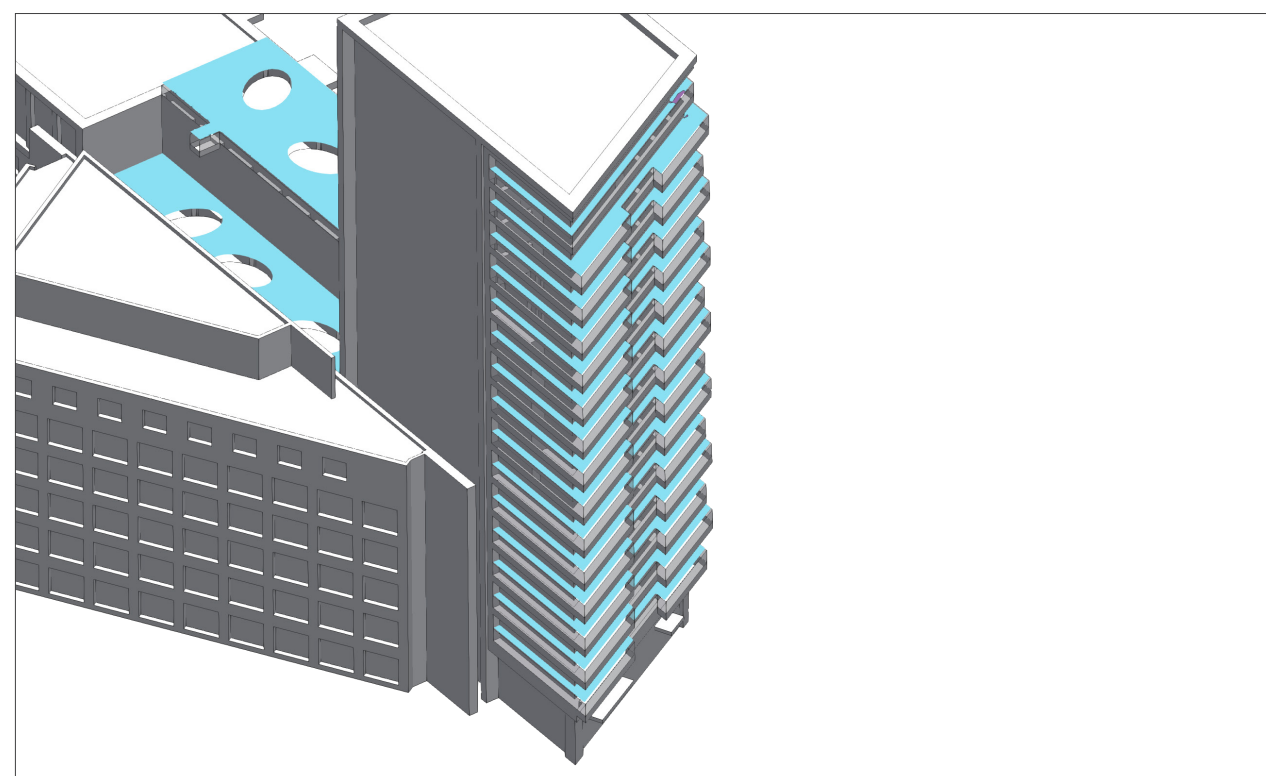
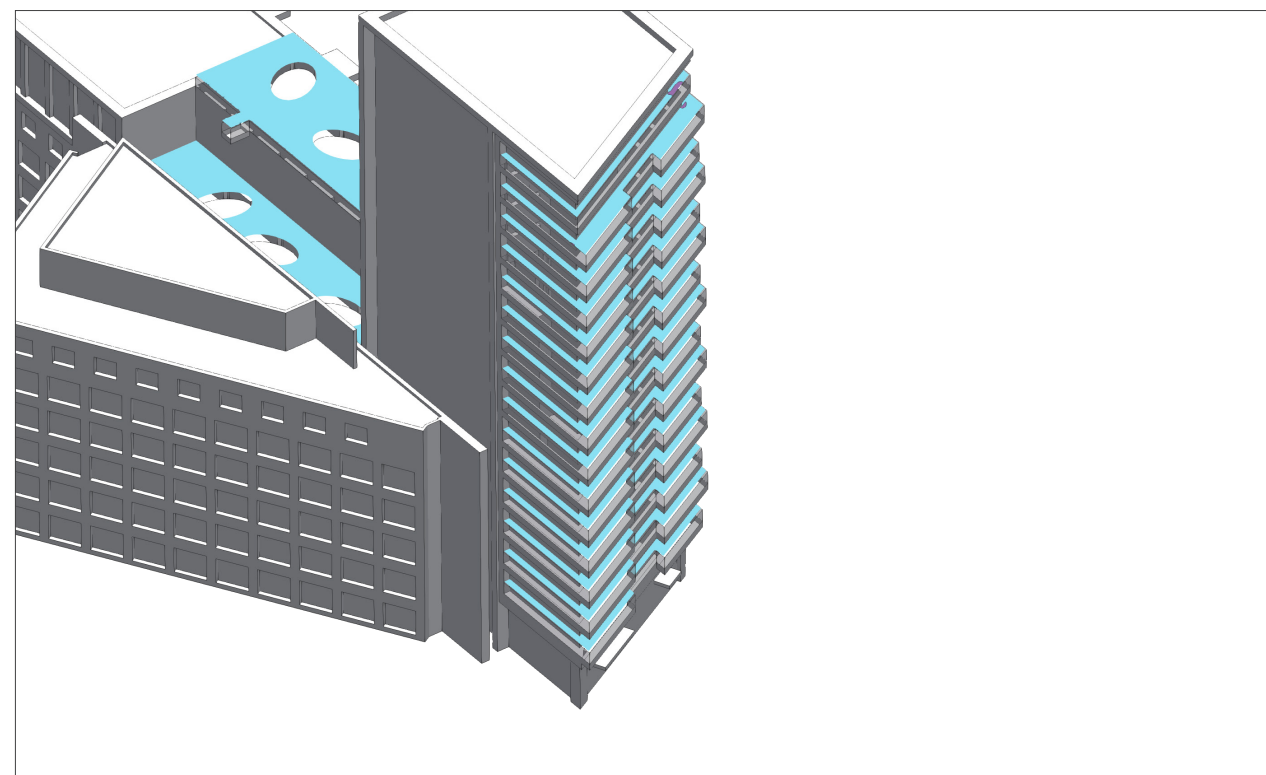
$\bar{x}$



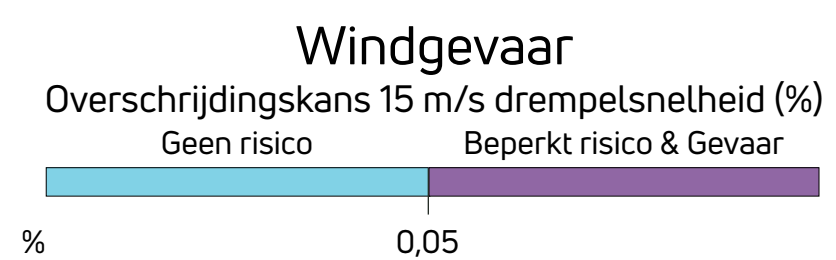
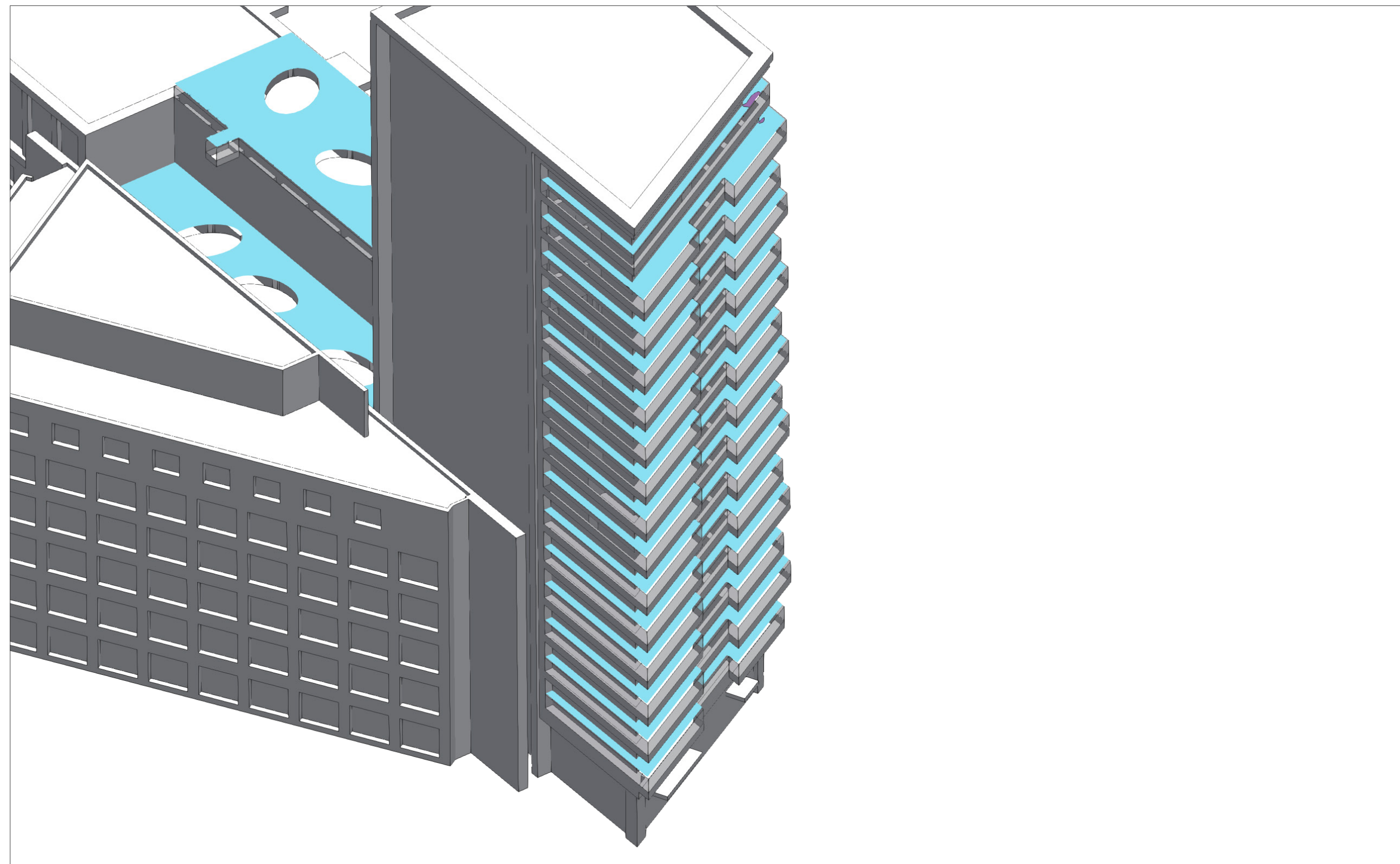


$\bar{x}$





$\bar{x}$





Actiflow BV

Tramsingel 5

4814 AB Breda

+31 (0)76 5422 220

contact@actiflow.com

www.actiflow.com