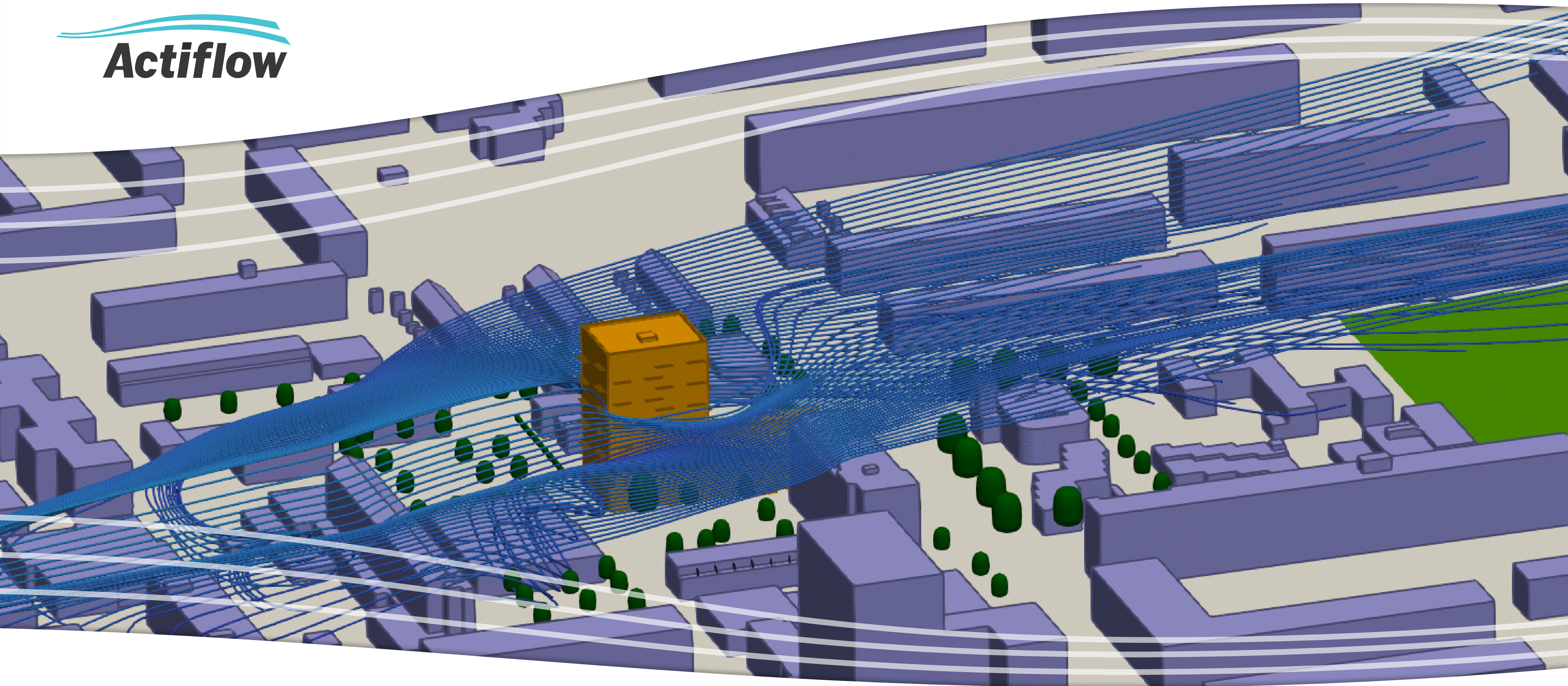




1 Inleiding

Voorliggende rapportage geeft een beschrijving van de resultaten van een studie, uitgevoerd door [Actiflow](#) in opdracht van *Stebru*. Het betreft een windstudie voor de realisatie van *De Drukkerij* te Rotterdam. Deze windstudie maakt het effect van de herontwikkeling inzichtelijk met betrekking tot het windklimaat nabij de naastgelegen *Berlageflat* en meer specifiek het windklimaat nabij de private buitenruimten.

De Drukkerij is gelegen in de wijk Het Lage Land, ten zuiden van het station Rotterdam Alexander en ten oosten van het Kralingse bos. Het huidige gebouw bestaat uit een relatief laag bouwblok. De nieuwbouw zal bestaan uit laagbouw en hoogbouw tot een hoogte van ca. 45 m. De naastgelegen Berlageflat heeft een hoogte van ca. 23 m.

Deze aanpassing zal leiden tot een verandering van het windstromingspatroon. Middels onderhavige windstudie wordt inzichtelijk gemaakt wat het effect is nabij de private buitenruimten van de naastgelegen Berlageflat. Hierbij wordt een vergelijking gemaakt tussen de huidige en nieuwe situatie.

De in de studie gebruikte methode is gebaseerd op de Nederlandse norm omtrent windhinder en windgevaar voor voetgangers in het openbaar domein, de NEN 8100:2006 'windhinder en windgevaar in de gebouwomgeving'.

In hoofdstuk 2 zijn de uitgangspunten van de windstudie weergegeven, zoals de gebruikte geometrie van het gebouw, de omgeving, het rekendomein en de bijbehorende randvoorwaarden. De resultaten van de berekeningen worden besproken in hoofdstuk 3, waarna de conclusies volgen in hoofdstuk 4.

2 Uitgangspunten

De studie is uitgevoerd middels Computational Fluid Dynamics (CFD). De uitgangspunten behorende bij deze berekeningen worden in dit hoofdstuk omschreven.

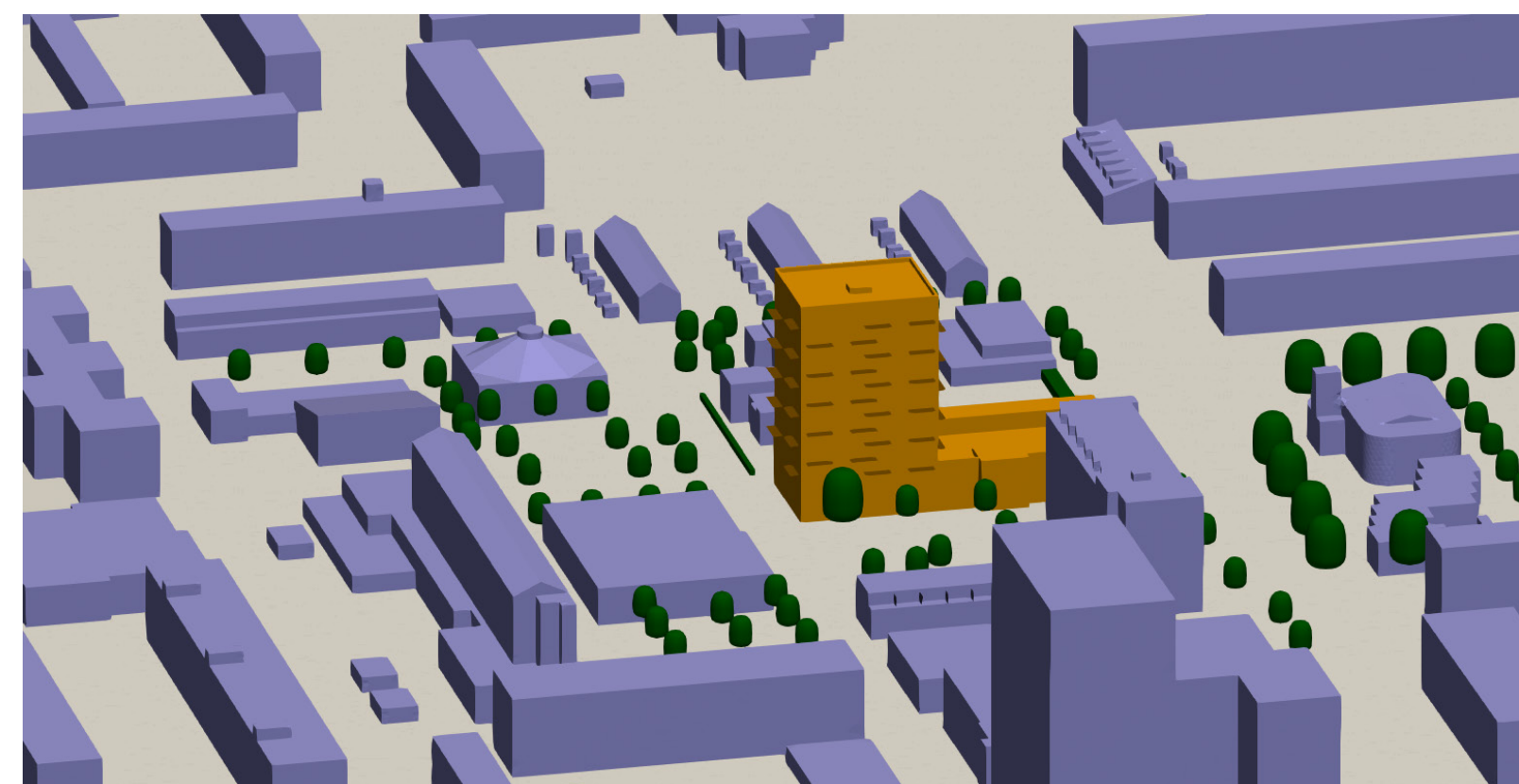
2.1 Software

De berekening is uitgevoerd met behulp van OpenFOAM v1806, 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. Turbulentie is gemodelleerd gebruik makend van het k- ω SST model.

2.2 Geometrie en rekenrooster

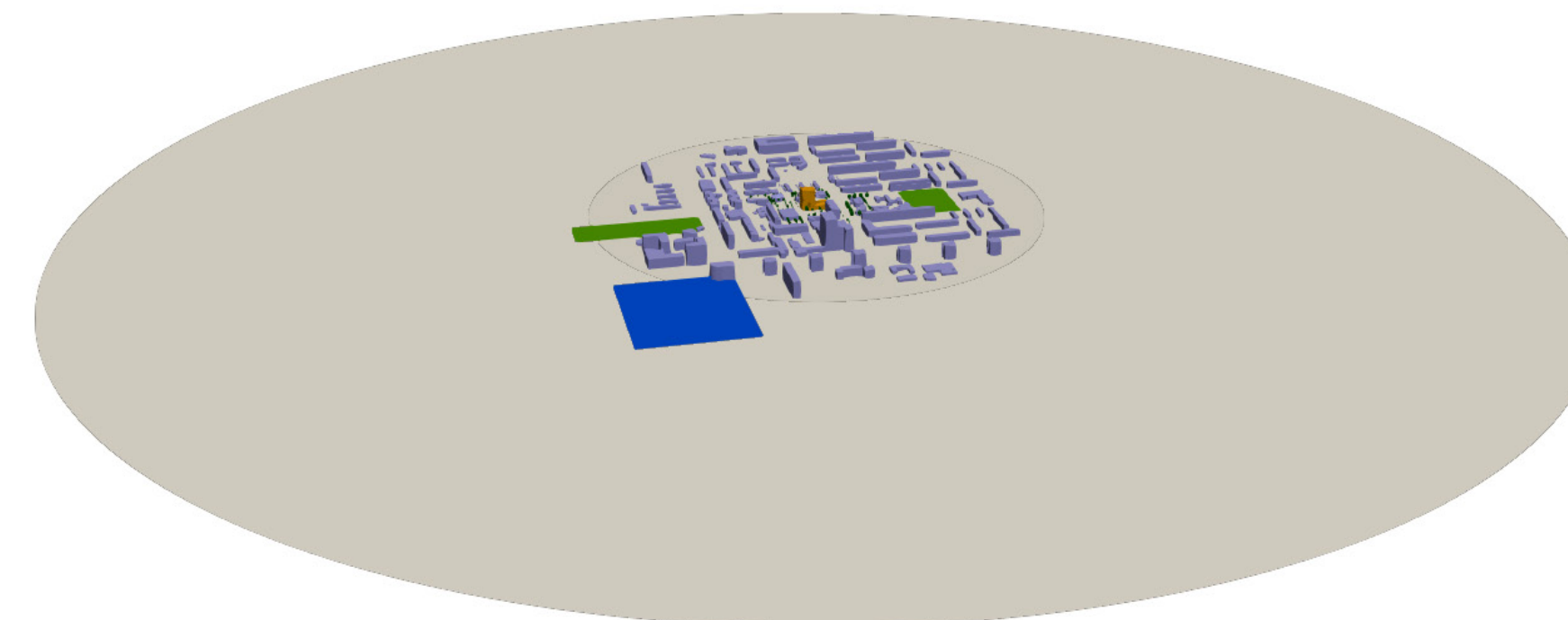
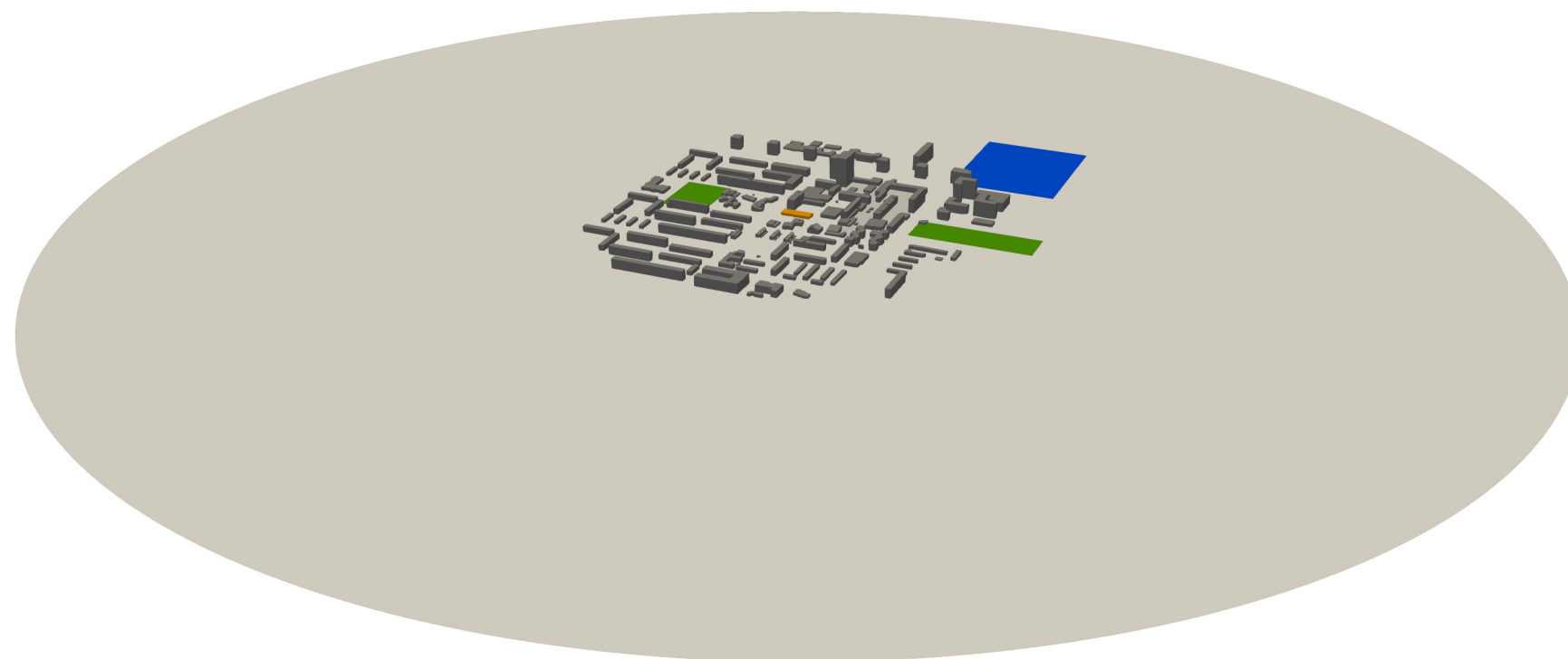
De geometrie van het model is gebaseerd op de verkregen tekeningen en modellen van de opdrachtgever. Bij de studie is gebruik gemaakt van het inrichtingsplan Jaap van der Hoekplaats, zoals opgesteld door de gemeente Rotterdam. Een impressie van het 3D-CAD-model is weergegeven in figuur 2.1 en 2.2. Figuur 2.2 laat de modellen zien voor zowel de bestaande als toekomstige situatie.

Het model omvat alle gebouwen binnen een straal van minimaal 300 meter. De omliggende bebouwing is als eenvoudige massa's weergegeven. De Berlageflat is opgenomen als relatief eenvoudig volume. De terugliggende en grotendeels afgeschermdede balkons zijn hierin niet expliciet opgenomen (vanwege ontbrekende informatie). De resultaten in deze rapportage dienen in dit licht beschouwd te worden, waarbij verwacht mag worden dat het windklimaat op de balkons significant luwer zal zijn dan het windklimaat op enige afstand van de gevellijn.



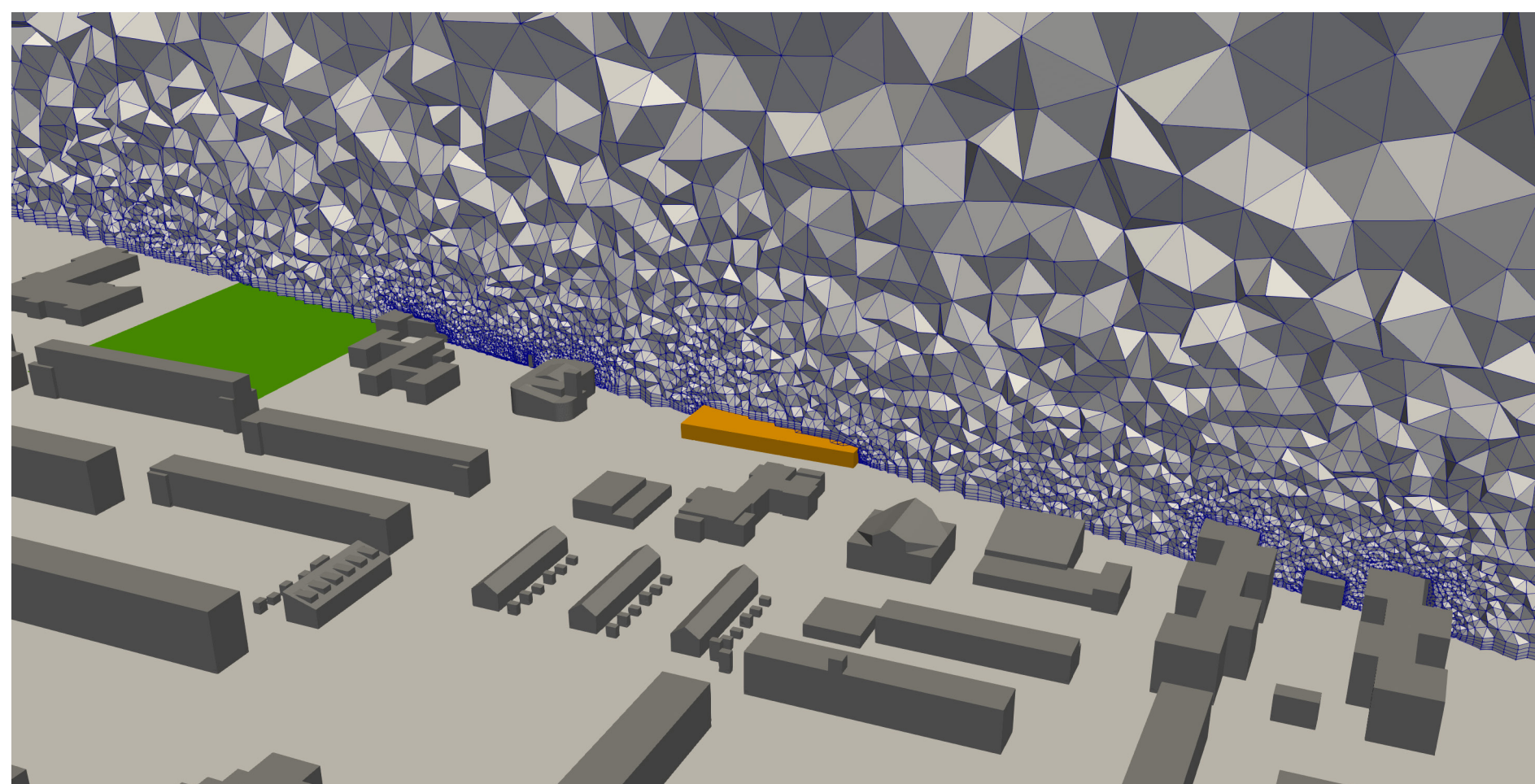
Figuur 2.1:
Impressie van het
model van de toekomstige
situatie

Rond het model 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.



Figuur 2.2:
Impressie van het
model

links - bestaande
situatie, rechts - toe-
komstige situatie,
boven - overzicht,
onder, close-up



Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster voor de beschouwde situatie (figuur 2.3). Dit rooster bestaat uit 15 668 694 cellen voor de bestaande situatie en 21 386 976 cellen voor de toekomstige situatie. 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.

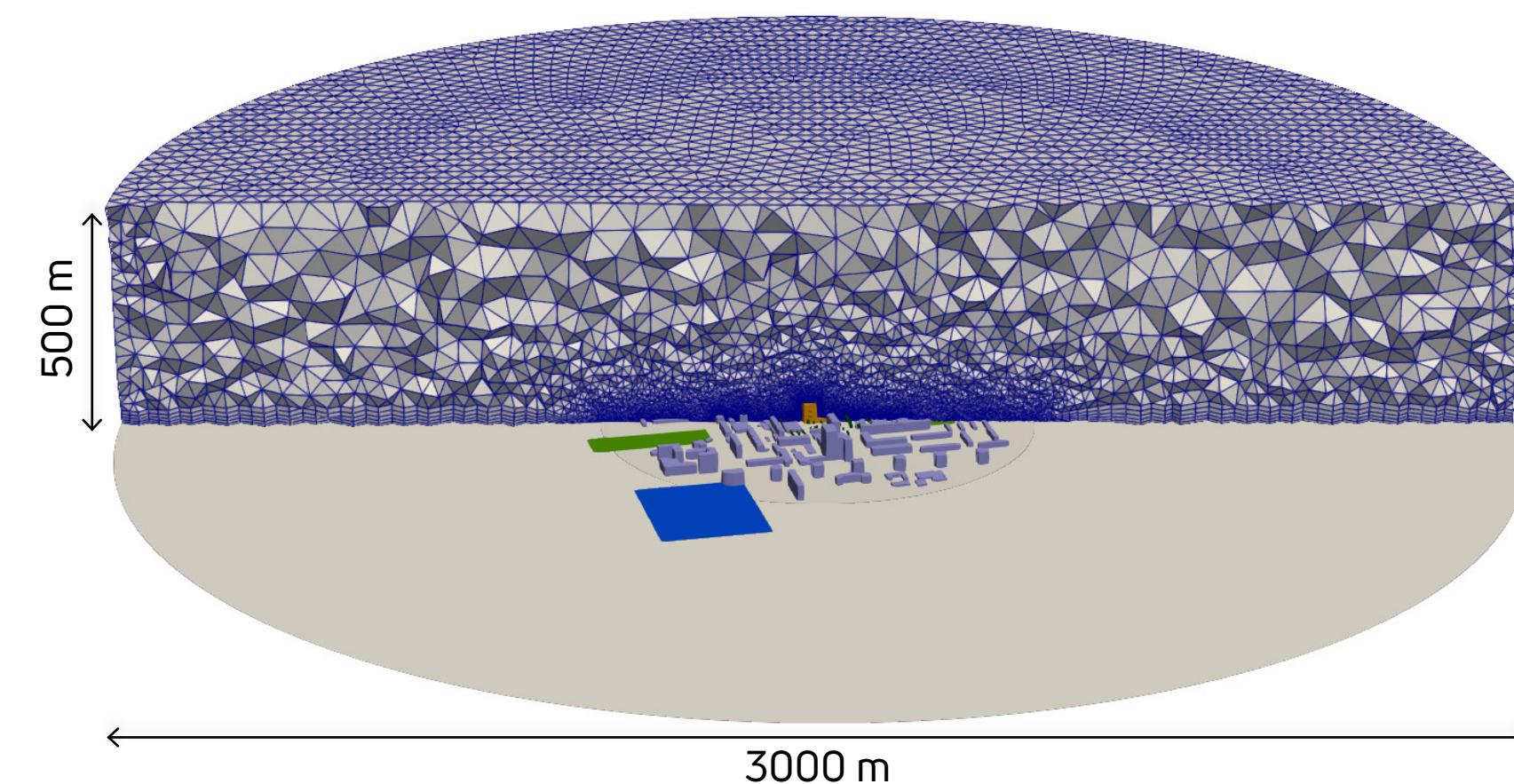
2.3 Aannames en randvoorwaarden

Om inzicht te krijgen in het windklimaat is de gehele windroos doorgerekend, te weten 12 windrichtingen. Er is aangenomen dat de atmosferische grenslaag een snelheidsprofiel heeft volgens vergelijking 3.1 en 3.2 op de volgende pagina. 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 geldt dat $\kappa = 0,41$.

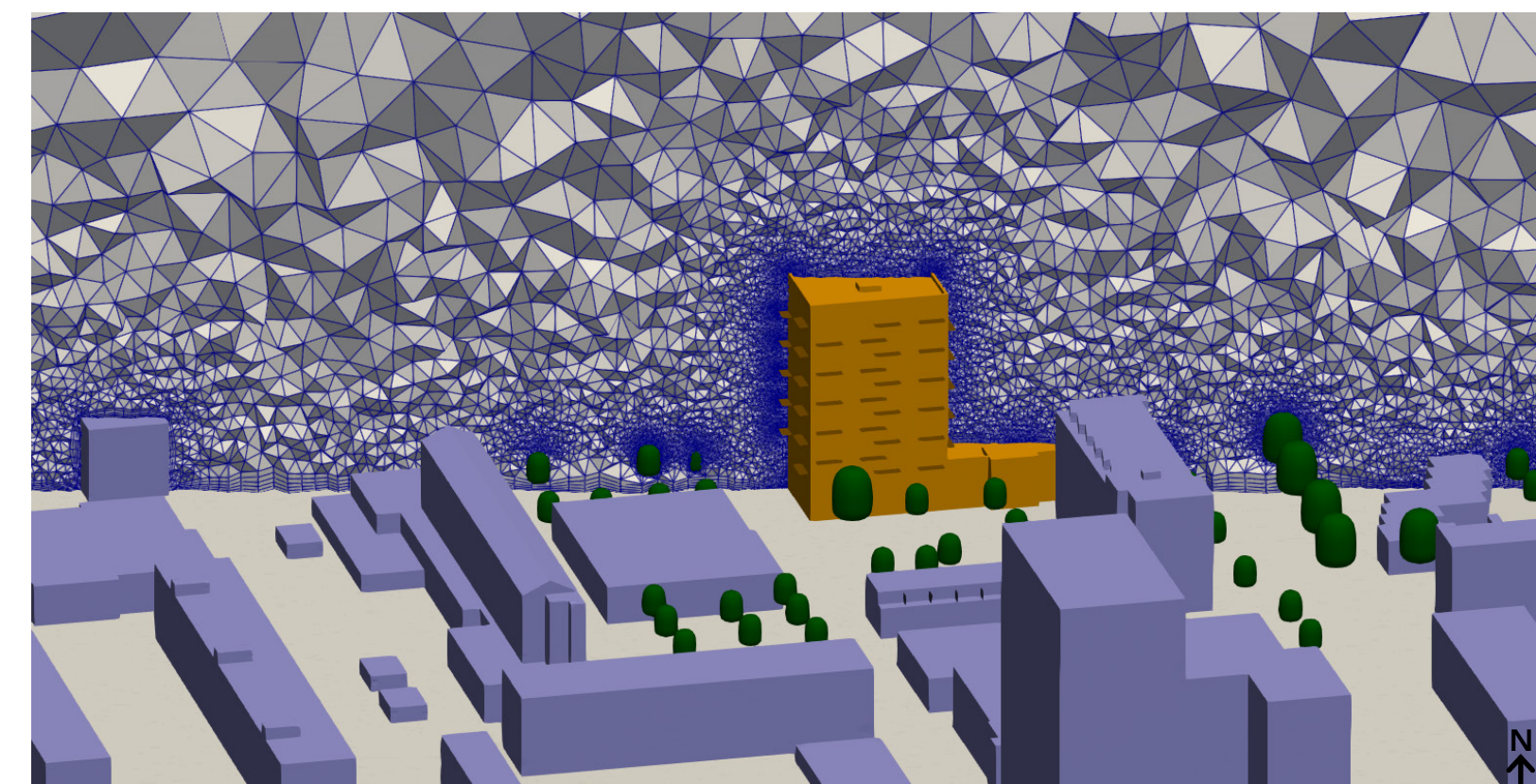
Ook de turbulente grootheden k en ω verlopen volgens een voorgeschreven profiel, zoals aangegeven in vergelijking 3.3 en vergelijking 3.4. Hierin heeft C_μ de waarde 0,09. Deze empirische constante komt voort uit het gebruikte turbulentemodel (k - ω SST).

Voor de berekeningen is een windsnelheid van 5 m/s op een hoogte van 60 m opgegeven. Hierbij is een atmosferisch grenslaagprofiel toegepast. Voor de 12 windrichtingen die in beschouwing zijn genomen wordt een resulterend snelheidsveld bepaald. Hiermee is voor elke locatie per windrichting de versterkingsfactor ten opzichte van de opgelegde windsnelheid vastgelegd.

Figuur 2.3:
Impressie rekengrid



(a)
Overzicht



(b)
Close-up

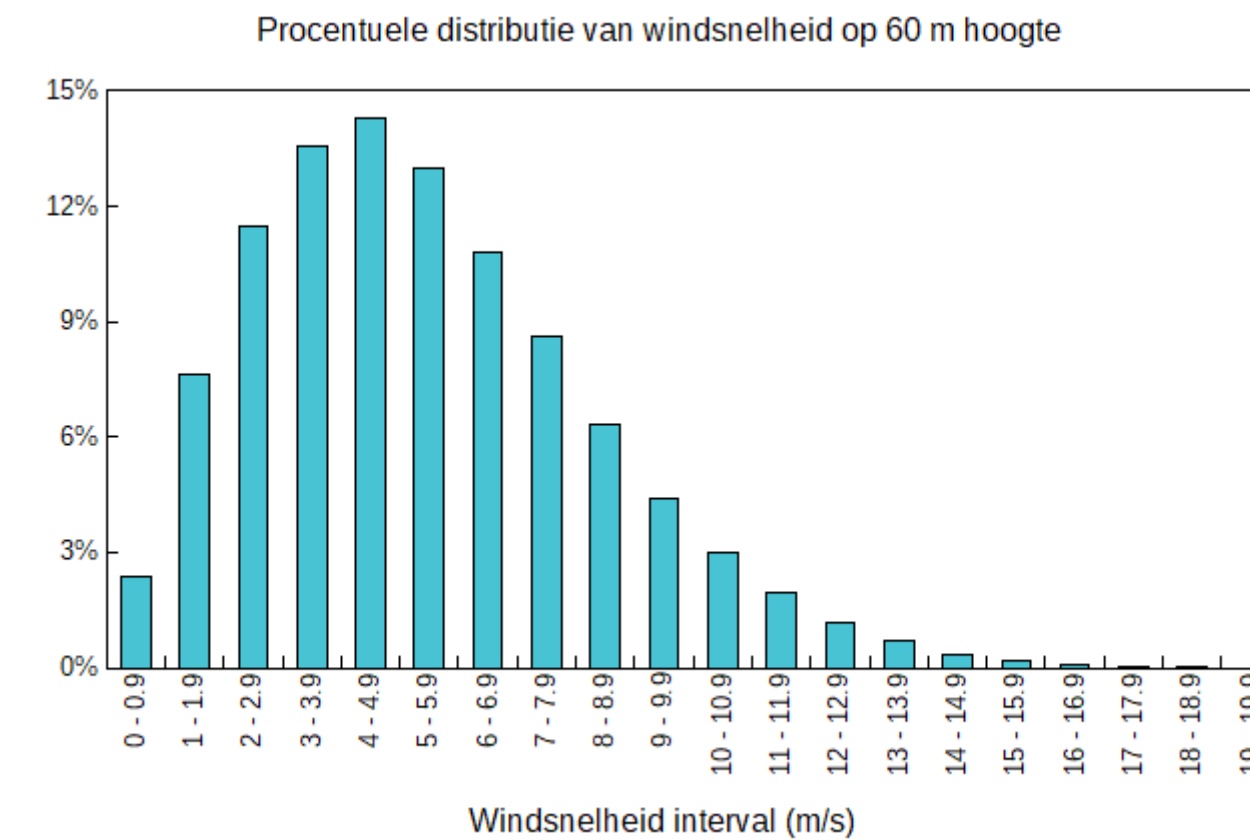
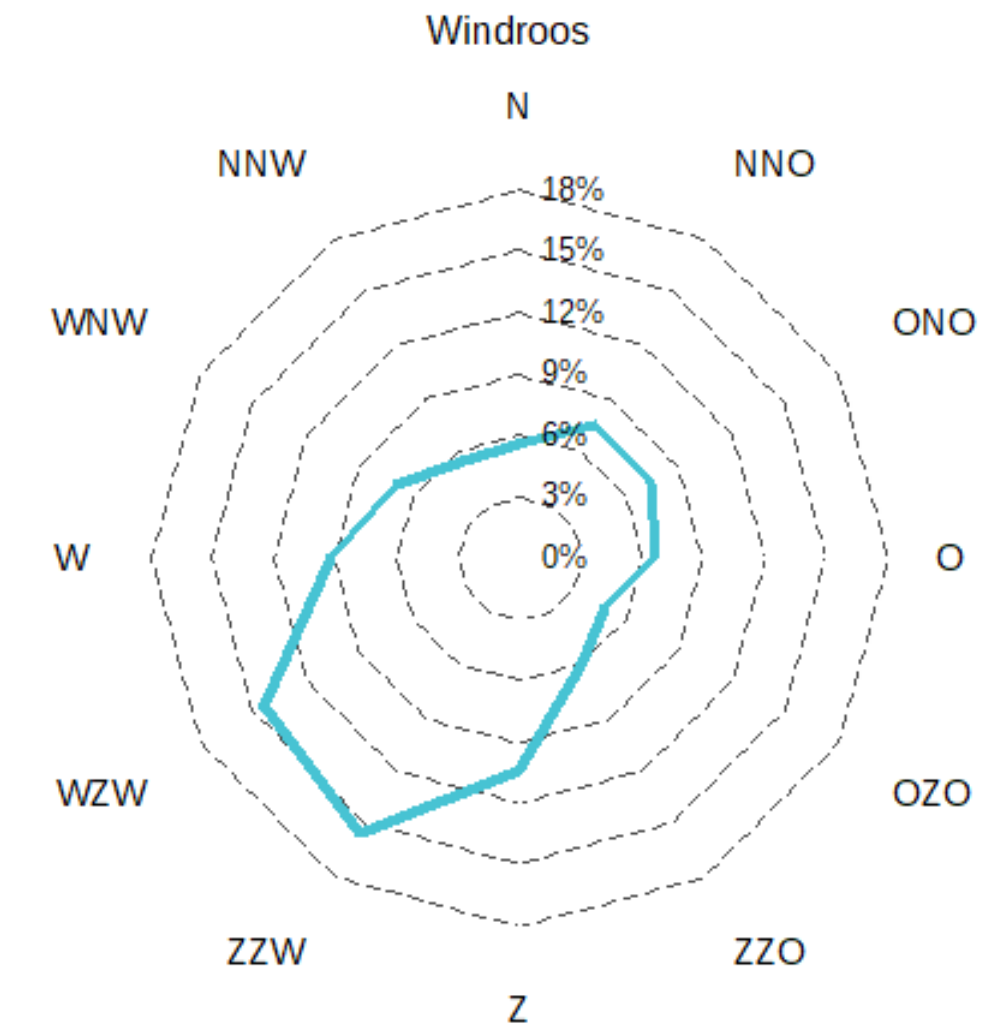
Vervolgens wordt de windstatistiek gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, zodat voor elke windsnelheid op een locatie een overschrijdingskans kan worden bepaald van verschillende windsnelheden. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste kwaliteitsklasse om te bepalen of er een comfortabel windklimaat kan zijn. Een visualisatie van de lokale windstatistiek als windroos met daarbij de verdeling van de windsnelheid op 60 m hoogte is weergegeven in figuur 2.4.

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

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

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

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



Figuur 2.4:
Visualisatie van de
lokale windstatistiek

3 Resultaten

Op de volgende pagina's zijn enkele figuren weergegeven die het windklimaat tonen op ca. 5, 10, 15 en 20 m boven het maaiveld voor zowel de bestaande als toekomstige situatie. Deze figuren tonen de overschrijdingskans van een drempelwaarde voor windhinder. Door deze parameter op diverse hoogten te tonen, wordt inzicht gegeven in het stromingsbeeld rondom de gehele flat. Conclusies die op basis van deze hoogten worden getrokken, zijn geldig voor de private buitenruimten op alle hoogten.

De drempelwaarde is 5 m/s conform NEN8100:2006, m.a.w. bij windsnelheden boven deze drempelwaarde kan een gemiddelde persoon hinder door wind gaan ervaren. De overschrijdingskans geeft vervolgens aan welk percentage van de tijd in het jaar deze drempelwaarde wordt overschreden. Zo geeft een percentage van 10% aan dat een gemiddeld persoon gedurende 36,5 dagen in het jaar hinder kan gaan ondervinden op de specifieke locatie.

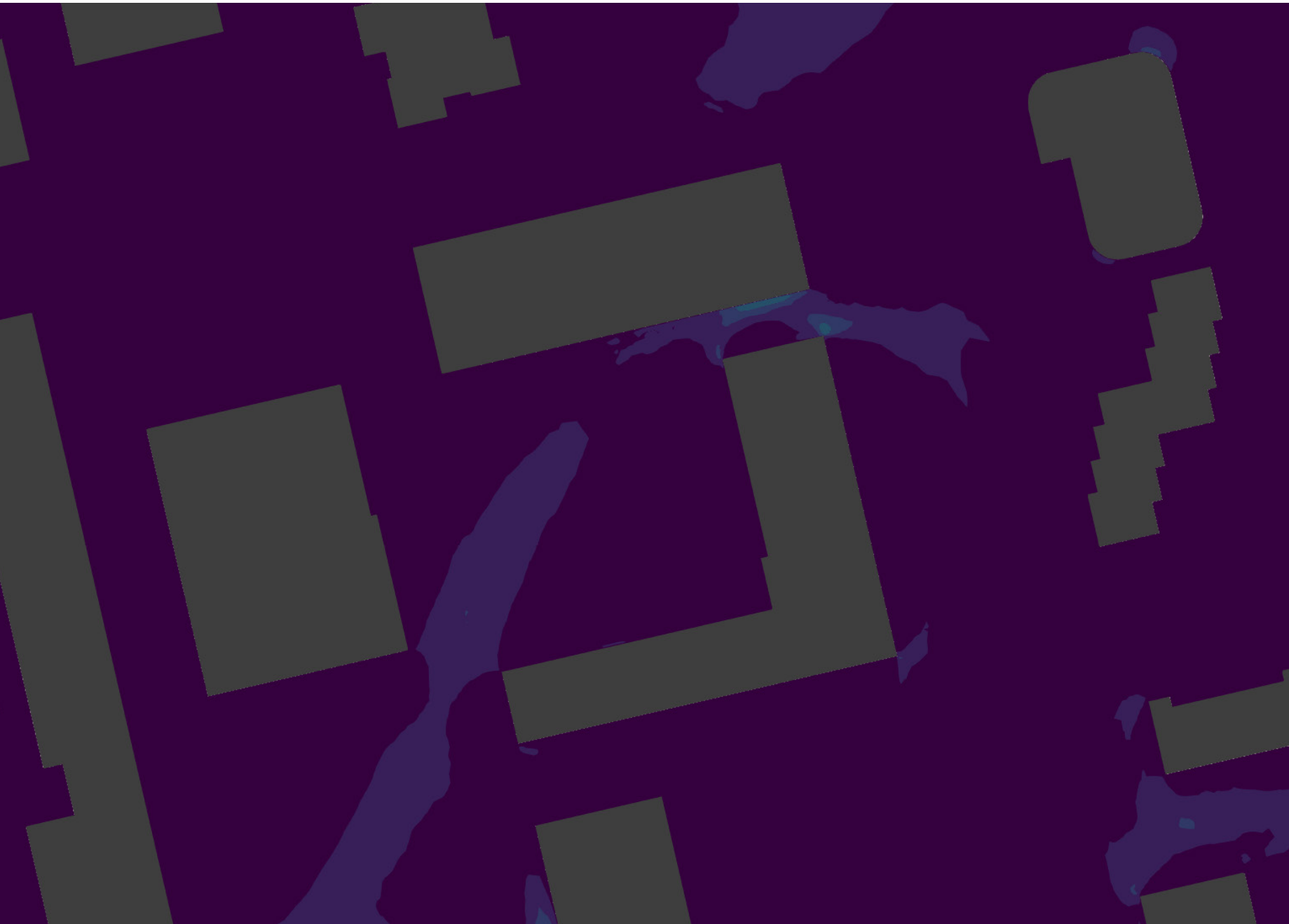
Een beschouwing van de resultaten laat het volgende zien:

- In de bestaande situatie is er op 5 m boven het maaiveld een minimale overschrijdingskans nabij de gevels van de Berlageflat. In de doorgang tussen de Drukkerij en de Berlageflat is reeds in de bestaande situatie een beperkt verhoogde overschrijdingskans te zien.
- In de toekomstige situatie is er op 5 m boven het maaiveld geen significante wijziging van het windklimaat te zien. Slechts aan de noordwestzijde neemt de overschrijdingskans beperkt toe (+ ~2 %). Onze ervaring is dat deze kleine wijziging niet merkbaar zal zijn in de terugliggende en vrijwel volledig afgeschermd balkons.
- In de bestaande situatie is er op 10 m boven het maaiveld een minimale overschrijdingskans nabij de gevels van de Berlageflat. Op enige afstand van de noordgevel is de overschrijdingskans in de bestaande situatie reeds hoger dan direct aan de gevel.
- In de toekomstige situatie is er op 10 m hoogte geen significante wijziging van het windklimaat te zien. Echter aan de noordoostzijde neemt de over-

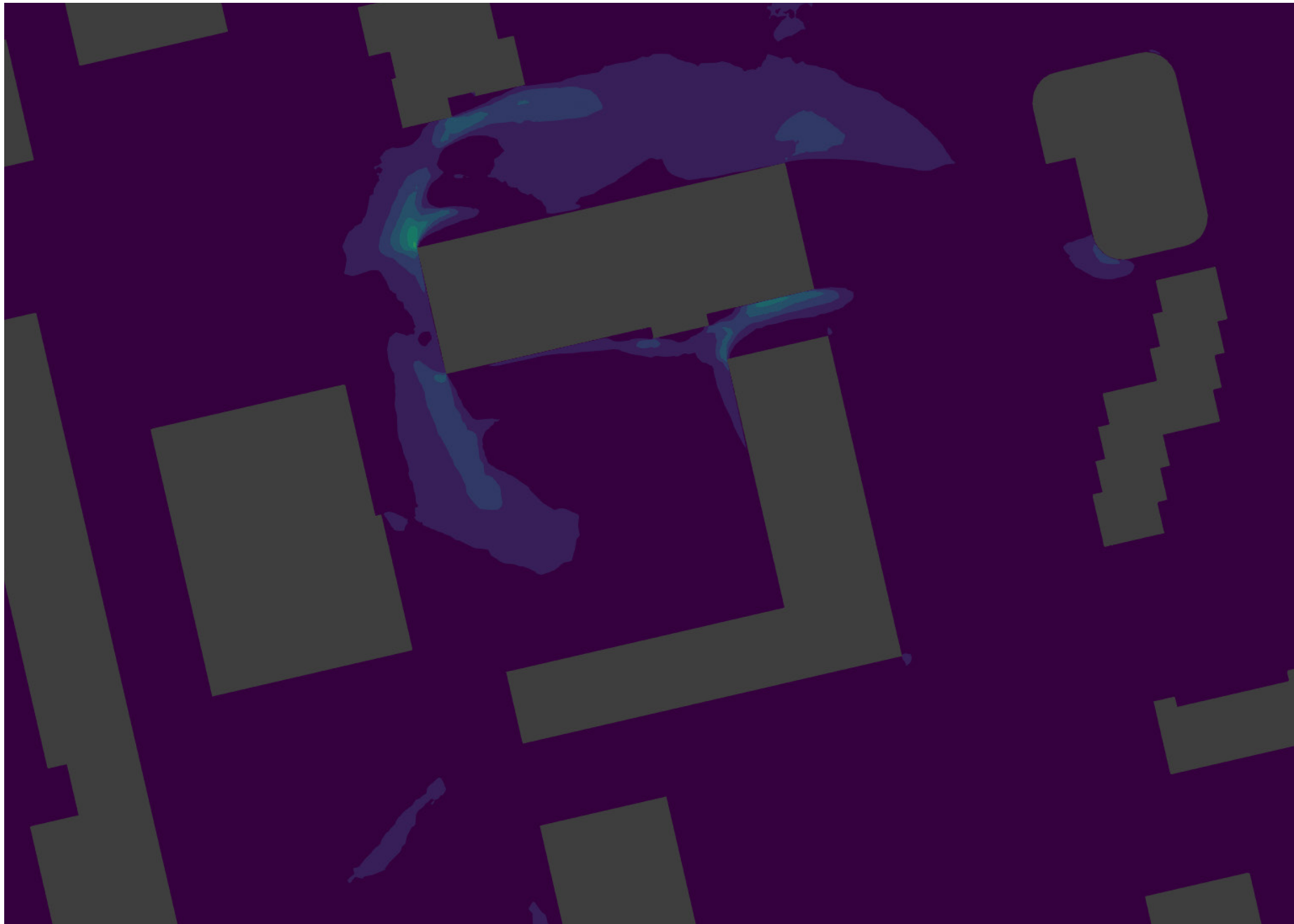
schrijdingskans af (-~4%). Onze ervaring is dat deze beperkte wijziging merkbaar kan zijn, echter grenst deze hoek niet direct aan een balkon. Gelijk aan hetgeen gezien werd op 5 m hoogte, neemt de overschrijdingskans aan de noordwestzijde beperkt toe (+~2%). Onze ervaring is dat deze kleine wijziging niet merkbaar zal zijn in de terugliggende en vrijwel volledig afgeschermd balkons.

- In de bestaande situatie is er op 15 m boven het maaiveld een minimale overschrijdingskans nabij de gevels van de Berlageflat. Op enige afstand van de noordgevel wordt de overschrijdingskans hoger dan direct aan de gevel.
- In de toekomstige situatie is er op 15 m hoogte geen significante wijziging van het windklimaat te zien. Echter aan de noordoostzijde neemt de overschrijdingskans af (-~6%). Onze ervaring is dat deze wijziging merkbaar kan zijn, echter grenst deze hoek niet direct aan een balkon. Gelijk aan hetgeen gezien werd op 5 en 10 m hoogte, neemt de overschrijdingskans aan de noordwestzijde beperkt toe (+~2%). Dit is ook zichtbaar aan de zuidwestzijde. Onze ervaring is dat deze kleine wijziging niet merkbaar zal zijn in de terugliggende en vrijwel volledig afgeschermd balkons.
- In de bestaande situatie is er op 20 m boven het maaiveld een minimale overschrijdingskans nabij de gevels van de Berlageflat. Op enige afstand van de noordgevel wordt de overschrijdingskans hoger dan direct aan de gevel.
- In de toekomstige situatie is er op 20 m hoogte geen significante wijziging van het windklimaat te zien. Echter aan de noordoostzijde neemt de overschrijdingskans af (-~8%). Onze ervaring is dat deze wijziging merkbaar kan zijn, echter grenst deze hoek niet direct aan een balkon. Gelijk aan hetgeen gezien werd op 5 en 10 en 15 m hoogte, neemt de overschrijdingskans aan de noordwestzijde beperkt toe (+~2%). Dit is ook zichtbaar aan de zuidwestzijde. Onze ervaring is dat deze kleine wijziging niet merkbaar zal zijn in de terugliggende en vrijwel volledig afgeschermd balkons.

Snede op 5 m boven het maaiveld



Bestaande situatie

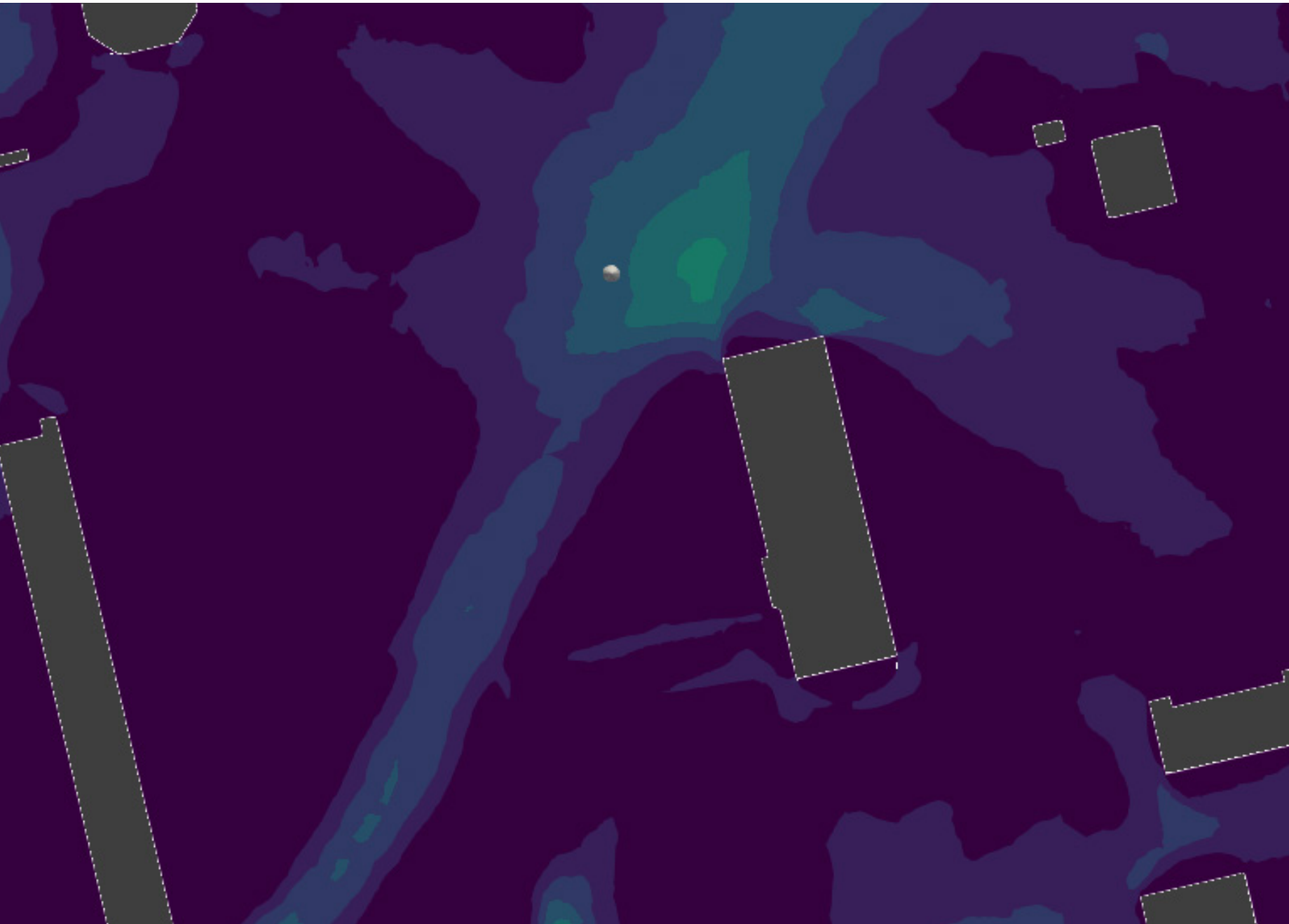


Toekomstige situatie

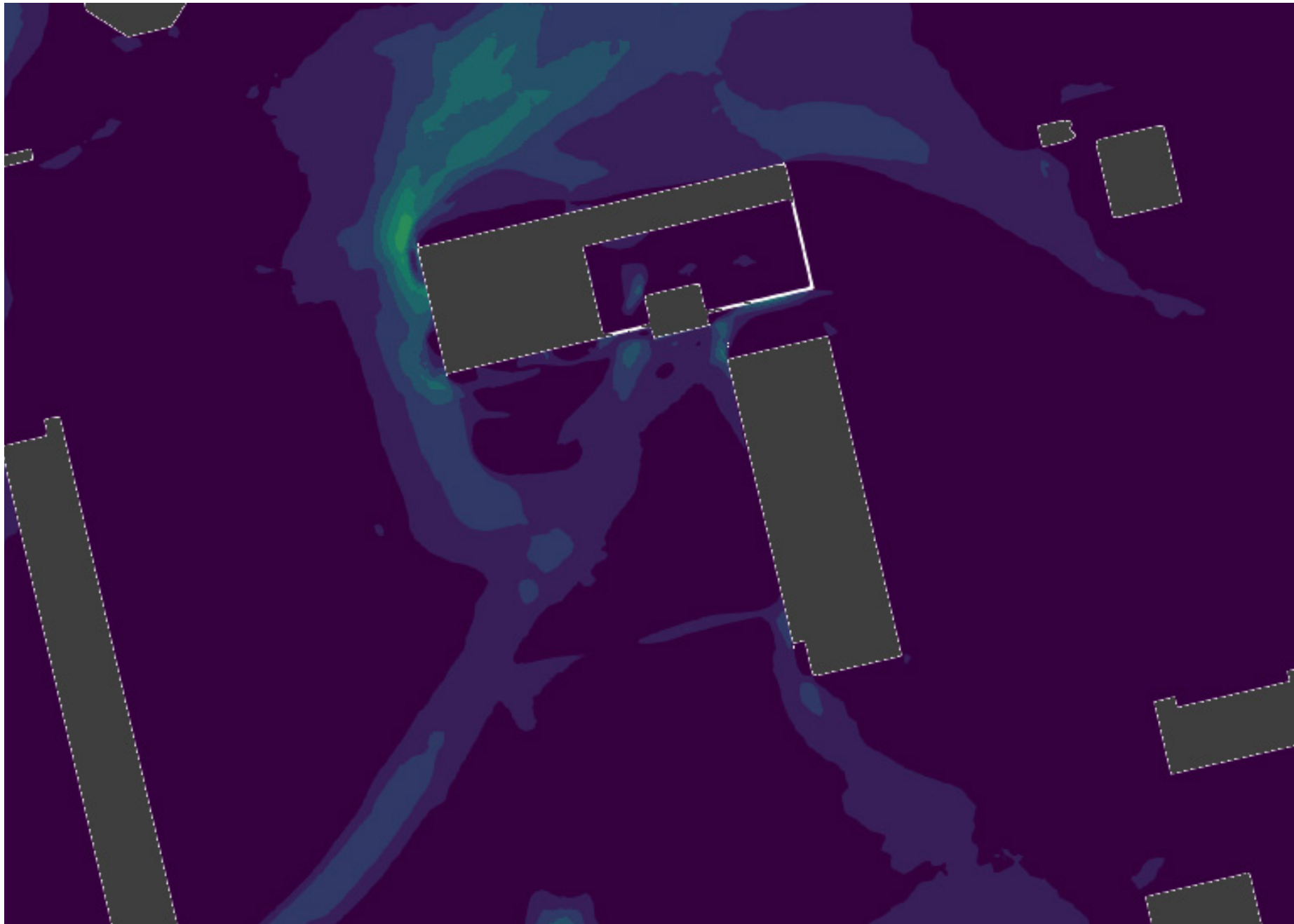
Figuur 3.1: Overschrijdingskans op 5 m boven het maaiveld van de drempelwaarde voor windhinder gelijk aan 5 m/s als percentage van de tijd in een jaar: links de bestaande situatie en rechts de toekomstige situatie



Snede op 10 m boven het maaiveld



Bestaande situatie

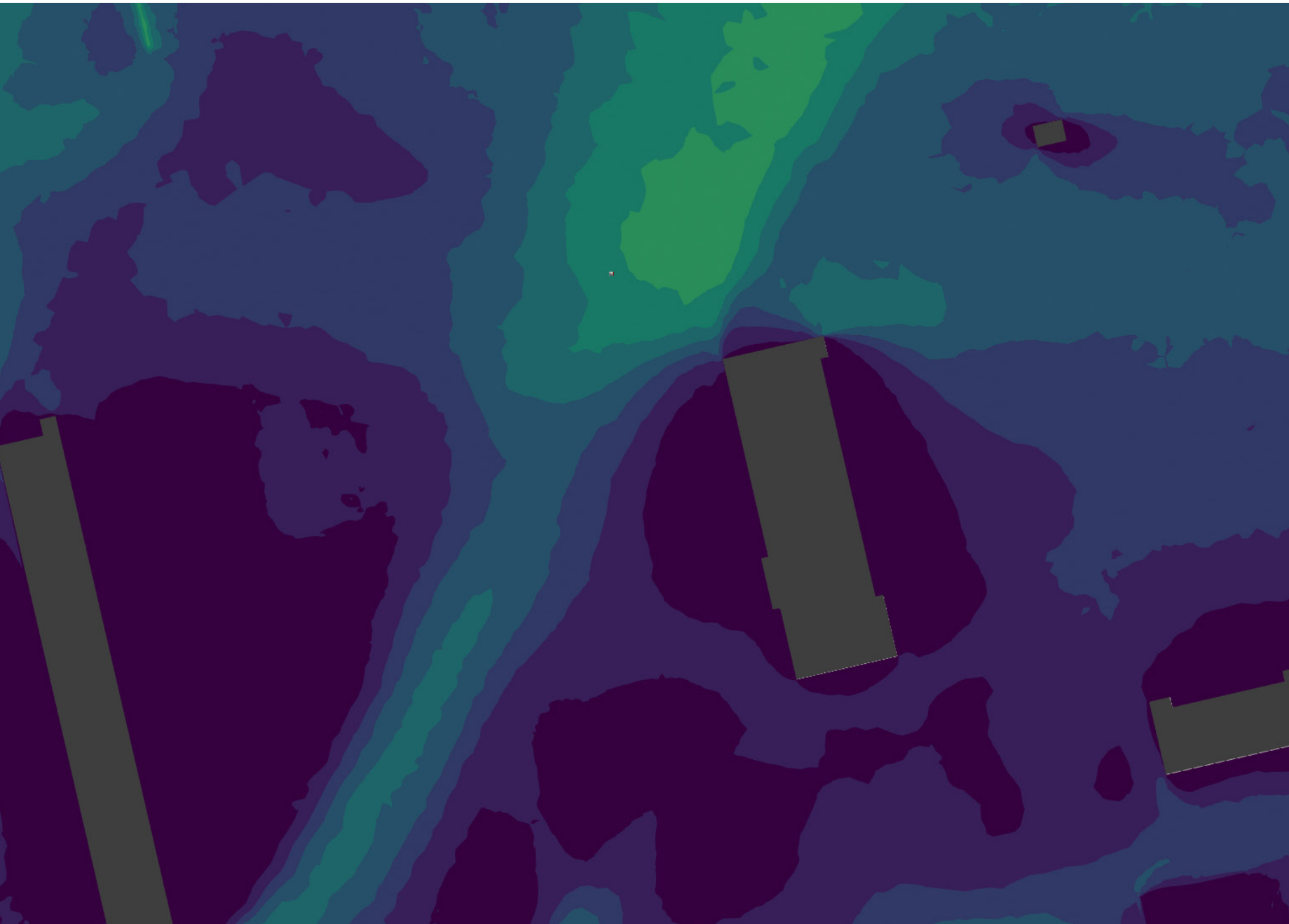


Toekomstige situatie

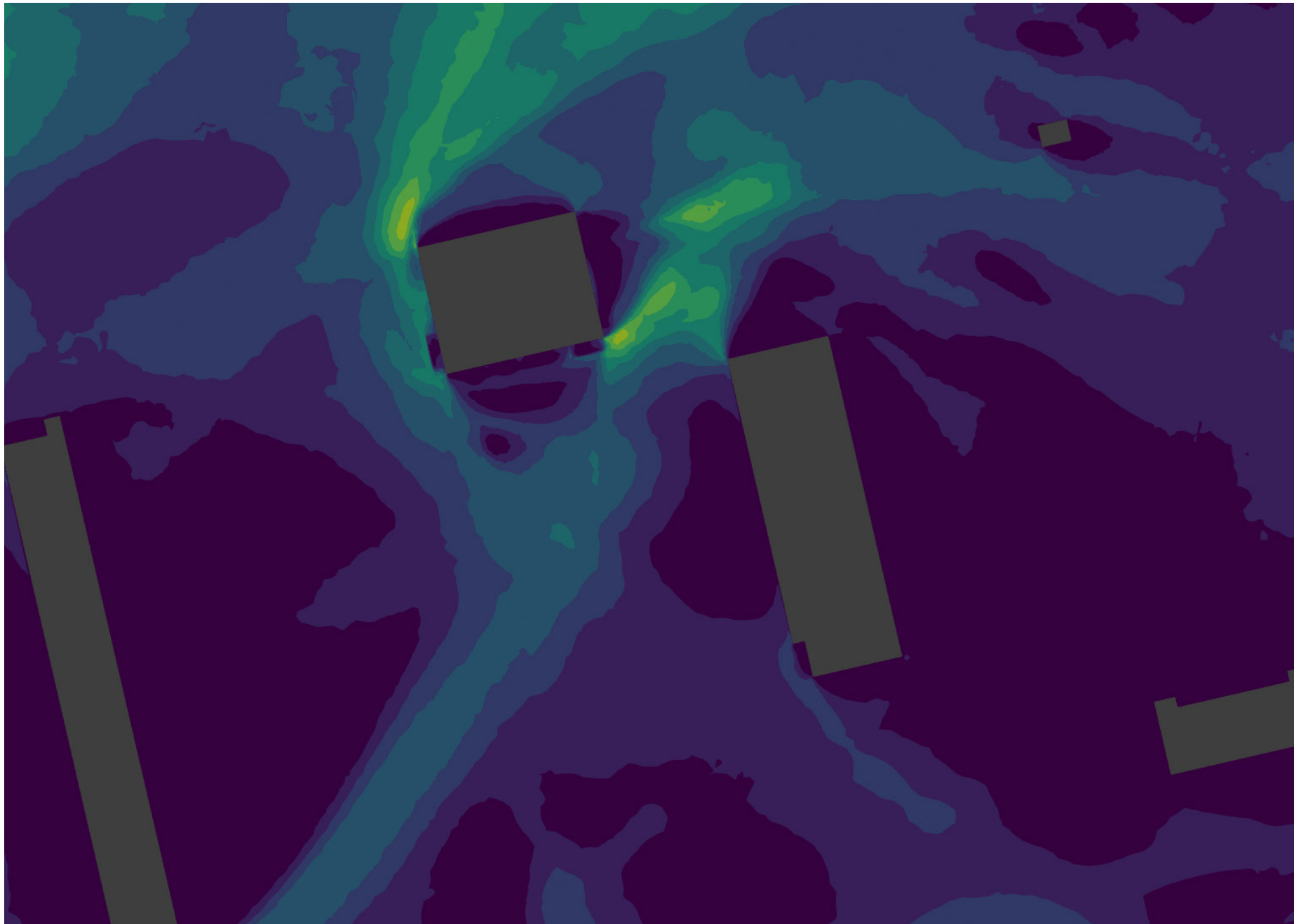
Figuur 3.2:
Overschrijdingskans op 10 m boven het maaiveld van de drempelwaarde voor windhinder gelijk aan 5 m/s als percentage van de tijd in een jaar: links de bestaande situatie en rechts de toekomstige situatie



Snede op 15 m boven het maaiveld



Bestaande situatie

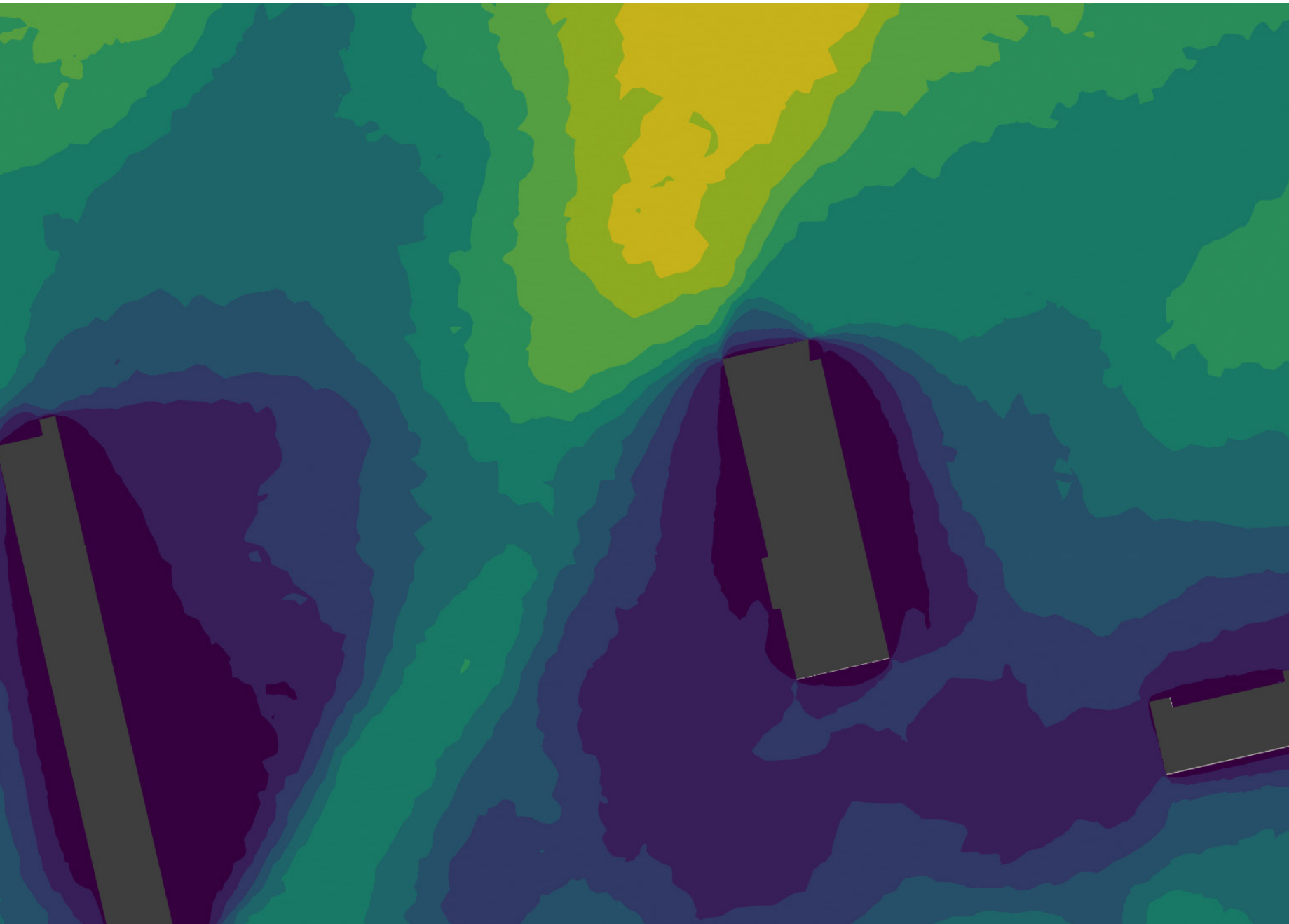


Toekomstige situatie

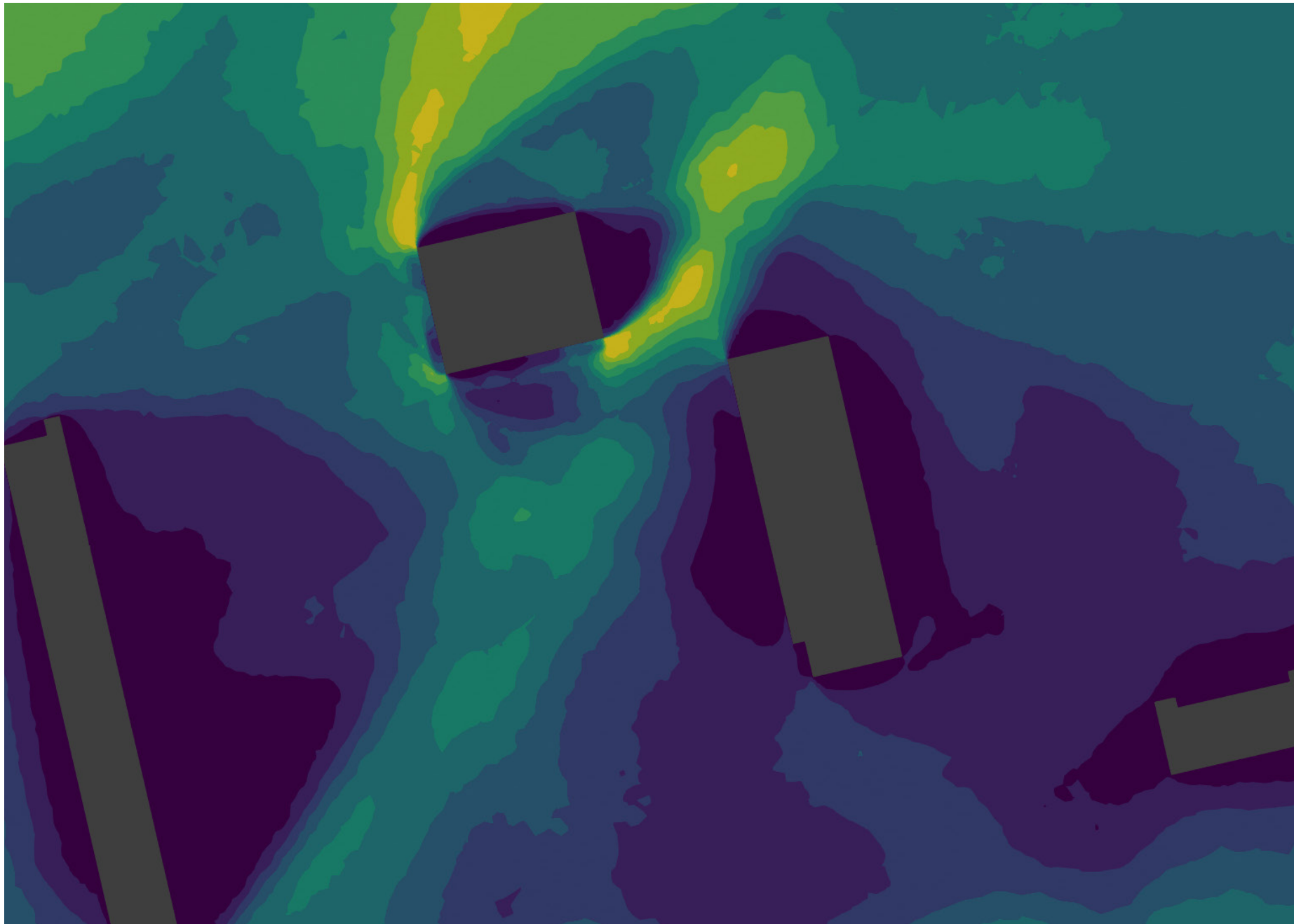
Figuur 3.3
Overschrijdingskans op 15 m boven het maaiveld van de drempelwaarde voor windhinder gelijk aan 5 m/s als percentage van de tijd in een jaar: links de bestaande situatie en rechts de toekomstige situatie



Snede op 20 m boven het maaiveld



Bestaande situatie



Toekomstige situatie

Figuur 3.4: Overschrijdingskans op 20 m boven het maaiveld van de drempelwaarde voor windhinder gelijk aan 5 m/s als percentage van de tijd in een jaar: links de bestaande situatie en rechts de toekomstige situatie



4 Conclusies

Om na te gaan wat de invloed is van de herontwikkeling van de Drukkerij op het windklimaat nabij de Berlageflat is een windstudie met CFD uitgevoerd. De gehanteerde methode is gebaseerd op NEN8100:2006, waarbij een vergelijking is gemaakt tussen de bestaande en toekomstige situatie.

Bij de CFD studie zijn globaal de volgende stappen doorlopen:

- Op basis van verkregen gegevens is een driedimensionaal CAD-model van de nieuwbouw en de ruime omgeving opgesteld. Hierbij is gebruik gemaakt van het inrichtingsplan Jaap van der Hoekplaats, zoals opgesteld door de gemeente Rotterdam.
- Rondom het CAD-model is een domein opgetrokken. In dit cilindrisch volume is het windstromingspatroon bepaald.
- Het domein is vervolgens voorzien van een rekenrooster. Dit rekenrooster deelt het luchtvolume op in discrete cellen, waarbij in elke cel de stromingsvergelijkingen iteratief zijn opgelost.
- Het rekenrooster is voorzien van randvoorwaarden betreffende het atmosferisch grenslaag profiel, turbulentiekenmerken en oppervlakte-ruwheden.
- Het rekenrooster en de randvoorwaarden vormen tezamen met numerieke schema's het CFD-model. Voor beide situaties (bestaand en toekomstig) zijn 12 scenario's opgesteld corresponderend met 12 windrichtingen.
- Deze 24 scenario's zijn doorgerekend tot convergentie van de resultaten werd bereikt.
- De resultaten van de berekeningen zijn vervolgens verwerkt met behulp van de lokale windstatistiek om zo een overschrijdingskans van specifieke windsnelheden te bepalen.

Op basis van de resultaten van de CFD-studie, zoals gepresenteerd en omschreven in hoofdstuk 3, wordt geconcludeerd dat de herontwikkeling van de Drukkerij te Rotterdam niet zorgt voor een merkbare verslechtering van het windklimaat ter plaatse van de private buitenruimten van de naastgelegen Berlageflat.

Opgemerkt moet worden dat de balkons aan de binnenkant van de in deze studie gemodelleerde gevel liggen. Hierdoor zal de windsnelheid op de balkons nog lager liggen dan direct aan de gevel, zodat het windklimaat ter plaatse van de private buitenruimten van de Berlageflat naar verwachting gunstig is en zal blijven.

Daarnaast wordt opgemerkt dat in de studie een discreet aantal doorsneden is geanalyseerd, welke verspreidt zijn gelegen over de hoogte van de Berlageflat. Voor overige hoogten is geen significant ander beeld van de windstroming gevonden en kunnen de conclusies uit deze rapportage aangehouden worden.

Aanvullend kan gesteld worden dat er geen significante toename is van de overschrijdingskans nabij de meest kritische hoekpunten van de Berlageflat. Dit geeft een betrouwbare indicatie dat de herontwikkeling van de Drukkerij niet zorgt voor een verhoogd risico op fluiten van constructie-onderdelen van de Berlageflat door wind.



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