



Cauberg-Huygen

Gatwickstraat 11

1043 GL AMSTERDAM

Postbus 9396

1006 AJ AMSTERDAM

T +31 (0)20-6967181

E amsterdam.ch@dpa.nl

www.dpa.nl/cauberg-huygen

K.v.K 58792562

IBAN NL71 RABO 0112 075584

**Plangebied De Bakermat te Eindhoven;
rapportage CFD-windhinderonderzoek**

Datum **8 december 2017**
Referentie **01887-22294-04**

Referentie 01887-22294-04
Rapporttitel Plangebied De Bakermat te Eindhoven;
rapportage CFD-windhinderonderzoek

Datum 8 december 2017

Opdrachtgever SDK Vastgoed BV
Postbus 7050
5605 JB EINDHOVEN
Contactpersoon De heer T. van Loo

Behandeld door Mevrouw ir. A. Doudart de la Grée
Mevrouw ir. L. Apon
DPA Cauberg-Huygen B.V.
Gatwickstraat 11
1043 GL AMSTERDAM
Postbus 9396
1006 AJ AMSTERDAM
Telefoon 020-6967181
Fax 020-6634962

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Normstelling NEN 8100 windhinder en windgevaar	4
2.1	Windhinder	4
2.2	Gevaar criterium	5
3	Omschrijving plan en beoordelingsgebieden	6
3.1	Locatie bouwplan	6
3.2	Windstatistiek op de locatie	6
3.3	Bouwplan	7
3.4	Ambities/beoordelingscriteria	8
4	Toelichting onderzoek	9
4.1	Theoretisch onderzoek	9
4.2	CFD onderzoek	9
5	Berekeningsresultaten CFD onderzoek	10
5.1	Windhinder	10
5.2	Windgevaar	11
6	Bespreking resultaten	13
6.1	Wegprofiel	14
6.2	Modellering van blok A en aansluiting op bestaande bouw	15
7	Windklimaat op de balkons	17
8	Samenvatting en conclusie	18

Bijlagen

Bijlage I	Inlegvel NEN 8100
Bijlage II	CFD-rekenmodel
Bijlage III	Grafische presentatie berekeningsresultaten, windhinder en gevaar conform NEN 8100
Bijlage IV	Grafische presentatie berekeningsresultaten, overschrijdingskansen per windrichting
Bijlage V	Stromingslijnen en drukverschillen
Bijlage VI	Windklimaat langs de gebouwgevels van blok A

1 Inleiding

In opdracht van SDK Vastgoed bv is door DPA Cauberg-Huygen in samenwerking met Actiflow BV voor het plan 'De Bakermat' te Eindhoven een windstudie conform NEN 8100 uitgevoerd op basis van berekeningen met Computational Fluid Dynamics (CFD).



Figuur 1.1a: Beoogde nieuwbouw (zicht vanuit het noordoosten)



Figuur 1.1b: Huidige situatie

Middels een CFD-onderzoek conform de NEN 8100 is het windklimaat op maaiveld rondom het nieuwbouwplan onderzocht en beoordeeld aan de hand van de kwaliteitsklassen uit de NEN 8100:2006 'Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving'. Het CFD-windonderzoek is het vervolg op de eerder door ons uitgevoerde theoretische QuickScan waarvan verslag gedaan is in rapport 01887-15952-02 d.d. 20 februari 2017.

In het voorliggende rapport wordt verslag gedaan van het uitgevoerde CFD onderzoek.

2 Normstelling NEN 8100 windhinder en windgevaar

Voor de beoordeling van het windklimaat is de NEN 8100:2006 gehanteerd. In deze norm wordt onderscheid gemaakt tussen windhinder en windgevaar voor personen ten gevolge van wind.

2.1 Windhinder

In de NEN 8100 is 'windhinder' gedefinieerd als 'het ondervinden van hinder ten gevolge van wind'. Hierbij valt te denken aan wapperende kleding, verwaaiide haren, gehinderd worden bij het lezen van een krant of gehinderd worden bij het lopen. Het ervaren van windhinder is afhankelijk van de activiteit die men op dat moment onderneemt, waarbij de kans dat bij een willekeurige snelheid windhinder ervaren wordt groter is bij stil zitten dan bij stevig doorlopen. Het criterium voor de beoordeling van windhinder is daarom als volgt opgebouwd:

1. *Een drempelsnelheid en overschrijding van de drempelsnelheid*

De drempelsnelheid voor het beoordelen van windhinder is 5 m/s. Het blijkt dat bij windsnelheden boven circa 5 m/s mechanische effecten een rol gaan spelen: het haar verwaait, kleding en paraplu's worden door de wind bewogen.

Hoe vaker de drempelsnelheid van 5 m/s overschreden wordt, hoe slechter het windklimaat ervaren zal worden.

2. *Kwaliteitsklasse.*

Aan de overschrijdingskans dat de drempelsnelheid van 5 m/s overschreden wordt, zijn de kwaliteitsklassen A tot en met E gekoppeld. Klasse A staat voor de hoogste comfortklasse en klasse E voor het laagste kwaliteitsniveau.

3. *Activiteiten en de windhindergevoeligheid van de activiteit*

Ook wordt er bij de beoordeling ten aanzien van windhinder rekening mee gehouden dat de gevoeligheid van personen voor windhinder afhankelijk is van de activiteit die men op een zeker moment onderneemt.

Er worden bij de beoordeling van windhinder drie 'activiteiten' onderscheiden:

- Doorlopen Niet / nauwelijks windhinder gevoelig, bijvoorbeeld: parkeerterrein, trottoir.
- Slenteren Wel windhinder gevoelig, bijvoorbeeld: entree, park, winkelstraat.
- Langdurig zitten Meest windhinder gevoelig, bijvoorbeeld: terras, bankje in park, balkon.

Afhankelijk van de activiteit wordt aangegeven of het lokale windklimaat, bij een bepaalde overschrijding van de drempelsnelheid (= kwaliteitsklasse) als goed, matig of slecht voor de activiteit beoordeeld moet worden, zoals aangegeven in tabel 2.1.

In onderstaande tabel is de beoordeling van windhinder/windcomfort samengevat:

Tabel 2.1: Criteria voor windhinder

Kans dat de drempelsnelheid (5 m/s) overschreden wordt [% van aantal uren per jaar]	kwaliteitsklasse	Activiteiten		
		Doorlopen (niet windhinder-gevoelig)	Slenteren (wel windhinder-gevoelig)	Langdurig zitten (meest windhinder-gevoelig)
< 2,5 %	A	Goed	Goed	Goed
2,5 – 5 %	B	Goed	Goed	Matig
5 – 10 %	C	Goed	Matig	Slecht
10 – 20 %	D	Matig	Slecht	Slecht
> 20 %	E	Slecht	Slecht	Slecht

2.2 Gevaarcriterium

In de NEN 8100 is 'windgevaar' gedefinieerd als 'het optreden van een zodanige windsnelheid dat bij personen in ernstige mate problemen (evenwichtsverlies) optreden bij het lopen.

Naar analogie voor de beoordeling van windhinder wordt het criterium ter beoordeling van windgevaar opgebouwd. Hierbij wordt een drempelsnelheid van 15 m/s (uurgemiddelde windsnelheid) aangehouden. Met 'windgevaar' worden zodanig hoge windsnelheden bedoeld dat mensen ernstige problemen ondervinden tijdens het lopen, tijdens een windvlaag zouden mensen kunnen vallen. Bij windvlagen neemt de snelheid in korte tijd toe tot ruim 1,5 maal de uurgemiddelde windsnelheid. Ten aanzien van het beoordelen van windgevaar wordt de indeling zoals aangegeven in tabel 2.2 aangehouden.

Tabel 2.2: Criteria voor windgevaar

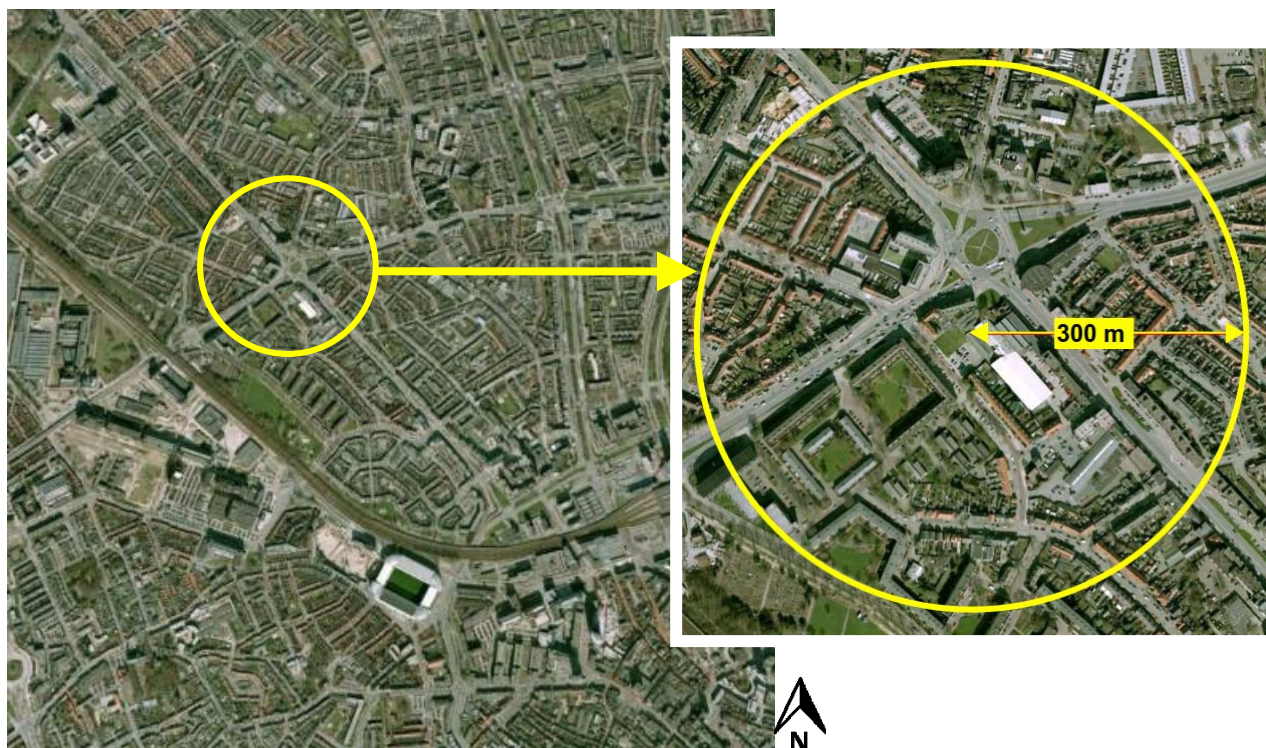
Kans dat de drempelsnelheid (15 m/s) overschreden wordt [% van aantal uren per jaar]	Kwalificatie
≤ 0,05 %	Geen risico
0,05 - 0,30 %	Beperkt Risico
≥ 0,30 %	Gevaarlijk

Een 'beperkt risico' is slechts acceptabel bij niet windhinder gevoelig gebruik, te weten de activiteit 'doorlopen'. Voor de activiteiten slenteren en langdurig zitten is een beperkt risico op gevaar niet acceptabel. Alle situaties met een overschrijdingskans groter dan 0,30% van de tijd zijn gevaarlijk en behoren te worden vermeden, het publiek mag hier niet aan worden blootgesteld.

3 Omschrijving plan en beoordelingsgebieden

3.1 Locatie bouwplan

Het plangebied is gelegen in een stedelijk gebied in Eindhoven, aan het Marconiplein.

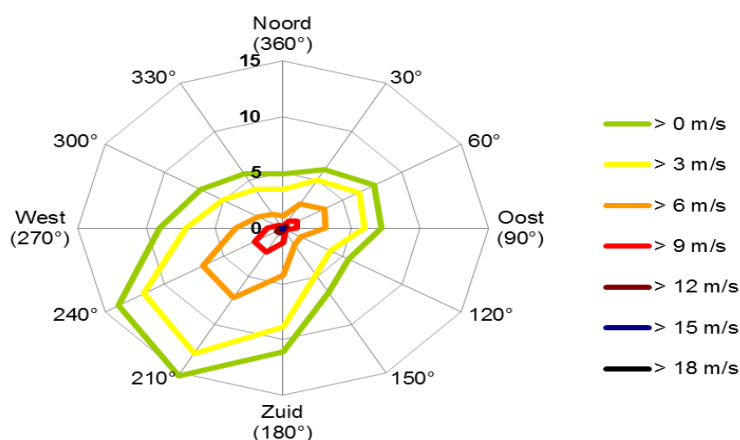


Figuur 3.1: Plan in de (wijdere) omgeving

De omliggende bebouwing is voornamelijk woningbouw, met in de plint commerciële ruimtes of horeca. Ten oosten van de locatie is de woningbouw overwegend 4-laags, met de hoogste bebouwing circa 15 meter hoog. Ten noorden van de locatie staat hogere bebouwing, tot circa 33 meter hoog. Ten zuiden van de locatie is de woningbouw overwegend tot 4 lagen met een aantal gebouwen tot 7 lagen (circa 21 meter) hoog. Ten westen is de bebouwing wederom overwegend 4-laags (circa 12 meter), met een maximale hoogte van circa 24 meter hoog.

3.2 Windstatistiek op de locatie

De Amersfoortse coördinaten voor het plangebied zijn: $X = 160.342$ en $Y = 384.713$. De Amersfoortse coördinaten zijn identiek aan de coördinaten volgens het Rijksdriehoekstelsel. Voor het bepalen van de lokale windstatistiek wordt – zoals voorgeschreven in de NEN 8100 – gebruik gemaakt van NPR 6097. Bijlage II geeft een grafisch overzicht de windstatistiek volgens de NPR 6097 ter plaatse van het plangebied. Zoals op de meeste locaties binnen Nederland is de overheersende windrichting zuid-zuidwest.



Figuur 3.2: Windsnelheid op locatie (per sector) op 60 meter hoogte

3.3 Bouwplan

Het plan 'De Bakermat' omvat twee plandelen:

- Plandeel A ligt aan het Marconiplein en bestaat uit drie volumes, van 11, 18 en weer 11 bouwlagen hoog. Onder het hoge deel van blok A was in het oorspronkelijke ontwerp een wijde doorgang gedacht. In het model doorgerekend bij het CFD-onderzoek is deze doorgang dicht gezet.
- Aan de Johannes van der Waalsweg, ligt het lagere plandeel B. Dit plandeel bestaat uit een L-vormig bouwblok van 4 tot 5 lagen hoog.

In beide plandelen worden appartementen en woningen gerealiseerd. In de plint van plandeel A worden daarnaast commerciële ruimten gerealiseerd.



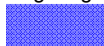
Figuur 3.3: Bouwplan

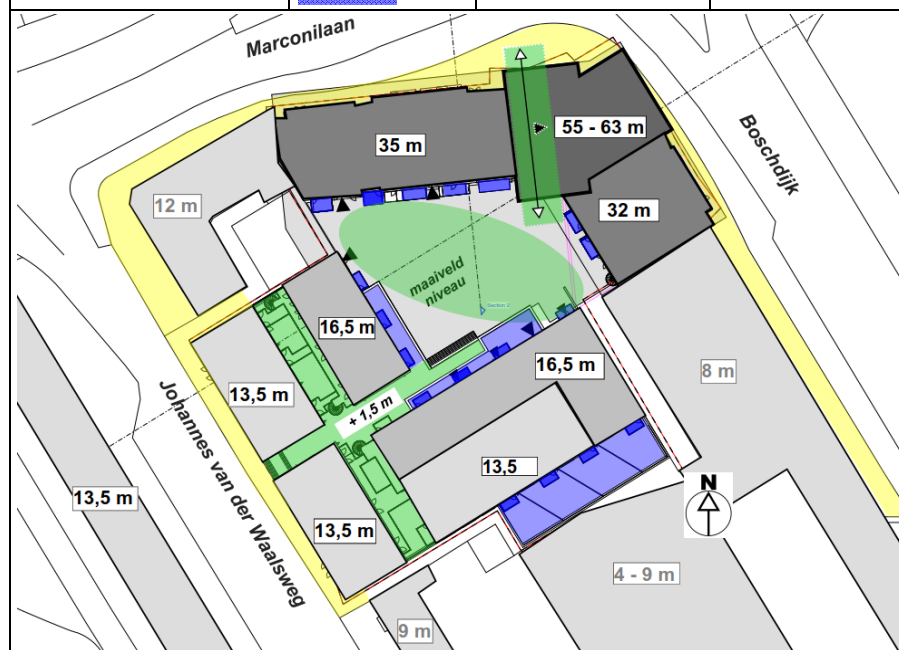
3.4 Ambities/beoordelingscriteria

Als toegelicht in hoofdstuk 2 dient bij de beoordeling van het windklimaat rekening gehouden te worden met de activiteiten die in een bepaald gebied worden uitgevoerd. In gebieden waar vergelijkbare activiteiten plaatsvinden wordt eenzelfde kwaliteitsniveau van het windklimaat verlangd.

Door de gemeente Eindhoven zijn de, in onderstaande tabel en figuur samengevatte beoordelingscriteria gegeven. Deze criteria komen overeen met de criteria uit de NEN 8100. Als ambitieniveau wordt door Gemeente Eindhoven voor de hoofdentree en het binnenterrein (inclusief balkons) een 'goed' windklimaat voor slenteren respectievelijk langdurig zitten verlangd. Voor de overige gebieden kan een 'matig' windklimaat worden geaccepteerd.

Tabel 3.1: Normstelling conform NEN 8100

Tabel 3.1: Normstelling conform NEN 6100				
Type gebied	Classificatie	Windhinder		Windgevaar
		Ambitieniveau:	Matig niveau:	
Openbare ruimte				
Doorgaande straten (Marconilaan / Boschdijk / JvdWaalsweg)	Doorloopgebied 	Goed windklimaat voor doorlopen = Klasse A, B of C	Matig windklimaat voor doorlopen = Klasse D	<i>Beperkte overschrijding van het gevaarcriterium toegestaan.</i>
Eigen terrein				
Entreegebied op de hoek Boschdijk – Marconilaan	Slentergebied 	Goed windklimaat voor slenteren = Klasse A of B	Matig windklimaat voor slenteren = Klasse C	<i>Overschrijding van het gevaarcriterium <u>niet</u> toegestaan.</i>
Binnenterrein, inclusief balkons	Gebied voor langdurig zitten 	Goed windklimaat voor langdurig zitten = klasse A	Matig windklimaat voor langdurig zitten = Klasse B	<i>Overschrijding van het gevaarcriterium <u>niet</u> toegestaan.</i>



Tabel 3.1 (boven) en figuur 3.4: Beoordelingsgebieden en classificatie plangebied

4 Toelichting onderzoek

4.1 Theoretisch onderzoek

Het CFD-windonderzoek is het vervolg op de eerder door ons uitgevoerde theoretische QuickScan waarvan verslag gedaan is in rapport 01887-15952-02 d.d. 20 februari 2017. Bij deze QuickScan is op basis van bureauexpertise en kentallen uit de literatuur een globale, eerste voorspelling van het windklimaat rondom het bouwplan gegeven.

In de theoretische QuickScan is als grootste aandachtspunt een mogelijk slecht windklimaat in de ontworpen onderdoorgang van het binnenterrein naar het Marconiplein gegeven. De doorgang zou gepositioneerd worden onder het hoogste volume, van circa 55 tot 63 meter. Wind vanuit de overheersende windrichting zuid-zuidwest zal door de zuid en westgevels van bouwdeel A geblokkeerd worden en naar maaiveld afstromen. Aan de zuidzijde van blok A ontstaat dan een gebied met hoge luchtdruk en aan de noordzijde een lage drukgebied. Wanneer deze twee gebieden verbonden worden door een doorgang, zal wind met grote snelheid van zuid naar noord stromen, met een slecht windklimaat in de doorgang en het binnenhof tot gevolg. Op basis van deze analyse is besloten de geplande doorgang niet te realiseren. In het CFD-model is deze doorgang dan ook niet meegenomen en is gerekend met een dicht volume.

Daar echter zeer vele factoren het windklimaat in een plangebied bepalen, kan voor complexere stedenbouwkundige situaties en gebouwconfiguraties enkel middels een CFD- of windtunnelonderzoek een goed en gedetailleerd beeld van het windklimaat ter plaatse verkregen worden. Derhalve is door DPA Cauberg-Huygen geadviseerd een geadviseerd een CFD onderzoek uit te voeren.

4.2 CFD onderzoek

Gegevens numerieke simulaties

De numerieke simulaties zijn uitgevoerd door Actiflow BV. Conform de NEN 8100 is de technische inlegvel met een kort overzicht van relevante zaken, een overzicht van de instellingen bij de berekening en aandachtspunten opgenomen in bijlage III.

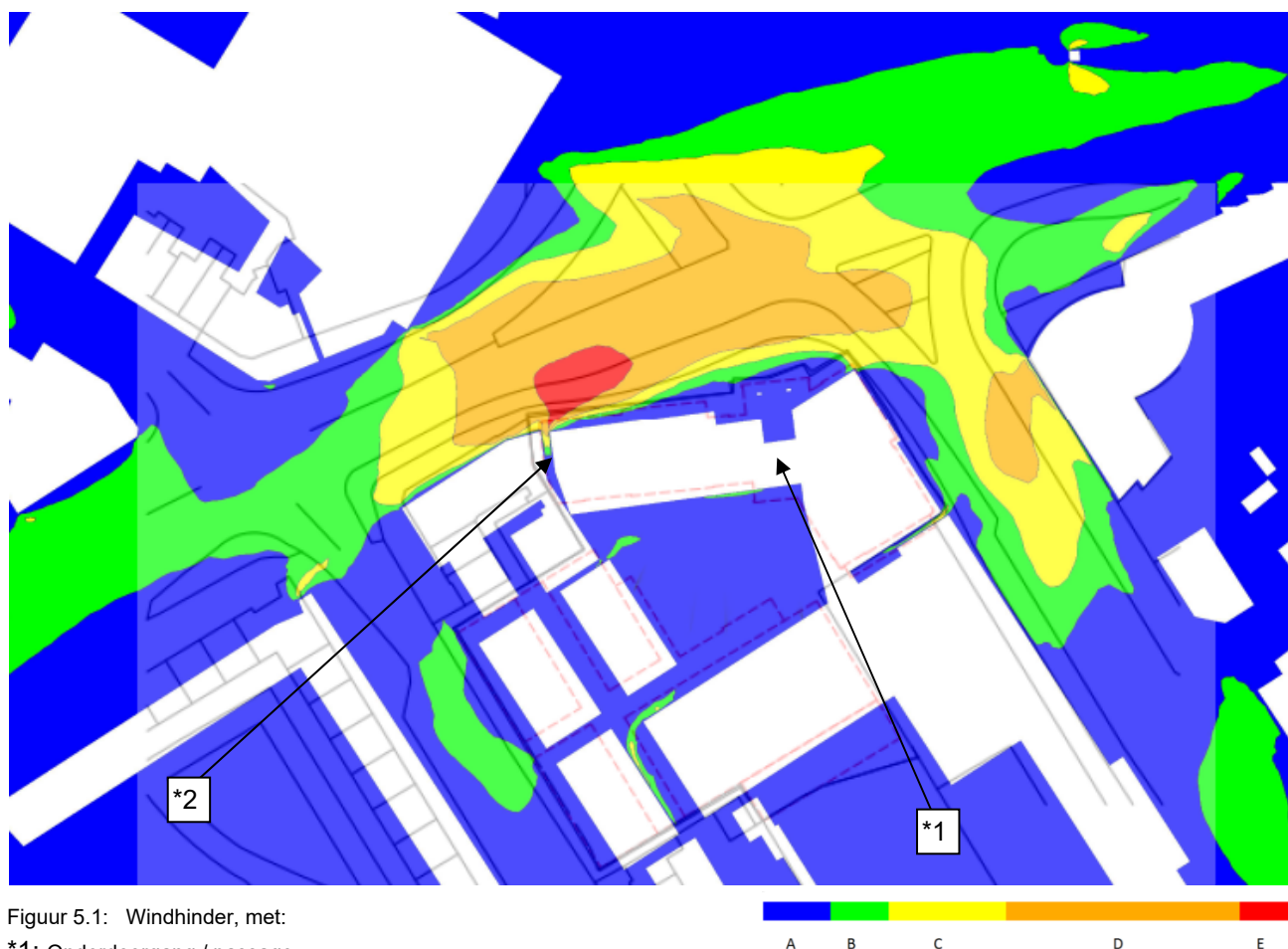
Rekenmodel

Op basis van het door Van Aken architecten aangeleverde 3D-model (d.d. 12 september 2017) is het in bijlage II weergegeven 3D-rekenmodel gemaakt, geschikt voor CFD-windhinderonderzoek.

5 Berekeningsresultaten CFD onderzoek

5.1 Windhinder

Het windklimaat in de (openbare) buitenruimten op maaiveldniveau is bepaald. In dit hoofdstuk worden de resultaten voor windhinder en windgevaar weergegeven, uitgedrukt in de kwaliteitsklassen uit de NEN 8100:2006 en weergegeven op horizontale doorsneden op 1,75 meter boven maaiveld. Onderstaande figuur geeft de resultaten voor windhinder in het plangebied.



Figuur 5.1: Windhinder, met:

*1: Onderdoorgang / passage

*2: Smalle doorgang tussen bestaande bouw en 35 m hoog gebouw

Uit figuur 5.1 blijkt dat het windklimaat in het overgrote deel van het plangebied aan de door de gemeente gestelde ambities voldoet:

- In de doorgaande straten Boschdijk en J. v.d. Waalsweg is langs het plangebied 'De Bakermat' windklimaat klasse A en B aanwezig, waar klasse C gewenst is.
- Het entreegebied op de hoek Boschdijk – Marconilaan heeft klasse A tot B, wat goed is voor slenteren en hiermee voldoet aan de gestelde ambities.
- De ambitie voor het binnenterrein is overwegend klasse A en deze ambitie wordt gehaald.

Geconcludeerd wordt dat het niet realiseren van de open doorgang tussen het binnenterrein en het Marconiplein het beoogde effect heeft gehad. Het windklimaat in het binnenterrein en direct ten noorden van het 63 meter hoge volume is zeer luw.

Door toepassing van bijvoorbeeld twee achter elkaar geplaatste samenwerkende schuifdeuren is het mogelijk een effectieve onderbreking van de luchtstromingen te realiseren ter plaatsen van de onderdoorgang. Een ononderbroken doorgang is enkel mogelijk indien een windsnelheidssensor op de automatische deuren aangesloten wordt. Wij stellen voor te starten met een instelling waarbij bij plaatselijke wind snelheden boven de 5 m/s het systeem ervoor zal zorgen dat minimaal één van de deuren altijd gesloten is derhalve windhinder te voorkomen. De eerste periode na oplevering zal deze instelling en de werking van het systeem gemonitord dienen te worden, zodat geëvalueerd kan worden of de instelling en daarmee de werking van het systeem voldoende geborgd is. Tevens dient geborgd te worden dat bij een calamiteit de beide deuren automatisch geopend zullen worden.

Aan de noordzijde van blok A aan de Marconilaan is een gebied met klasse D en lokaal klasse E aanwezig. Dit gebied is overwegend bestemd voor gemotoriseerd verkeer (autoweg). Op het trottoir nabij de NW-gebouwhoek van het 35 meter hoge volume is een zone met klasse D aanwezig en een heel klein gebied met klasse E. Klasse D wordt beoordeeld als een matig windklimaat voor doorloopgebieden. Klasse E is een slecht windklimaat voor doorlopen. Zonder ingrijpende (stedenbouwkundige) maatregelen te treffen zal dit windklimaat niet aanzienlijk verbeteren.

In bijlage IV en V zijn meer grafische resultaten opgenomen. Bijlage V geeft de overschrijdingskans van de 5 m/s per windrichting. Alle overschrijdingen over alle windrichtingen bij elkaar opgeteld leiden tot de overschrijdingen van de 5 m/s en de kwaliteitsklassen uit de NEN 8100 als gepresenteerd in bijlage IV. De overschrijdingen per windrichting geven meer inzicht in de oorzaak van het heersende windklimaat.

5.2 Windgevaar

Onderstaande figuur geeft de resultaten voor windgevaar in het plangebied.

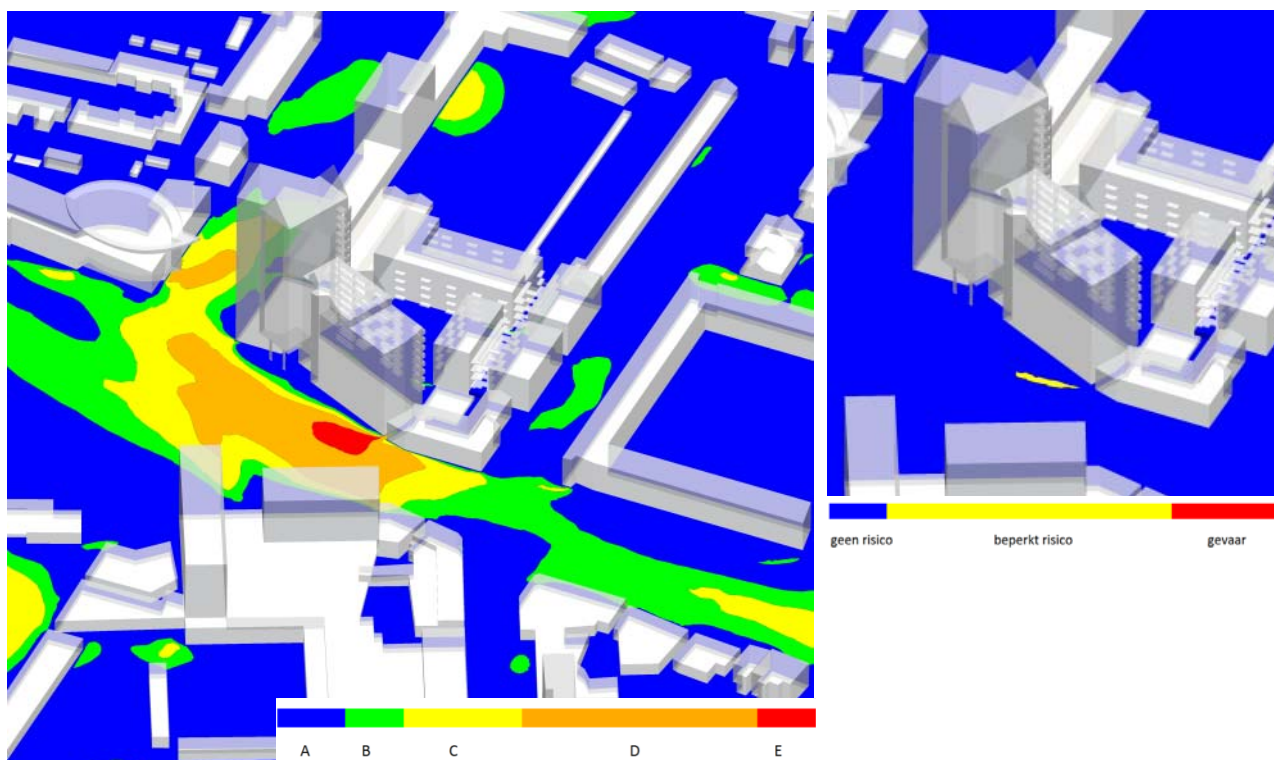


Uit figuur 5.2 blijkt dat er nagenoeg het gehele plangebied geen risico op windgevaar aanwezig is. Enkel bij de noordwest hoek van het 35 meter hoge volume (blok A) aan de Marconilaan is een klein gebied met 'een beperkt risico' aanwezig. Conform de NEN 8100 mag een beperkt risico in doorloopgebieden geaccepteerd worden (zie ook tabel 3.1).

6 Bespreking resultaten

Op basis van de theoretische analyse werd nabij de onderdoorgang onder het 55 tot 63 meter hoge volume rondom deze doorgang een slecht windklimaat verwacht. Hierop is besloten de onderdoorgang dicht te zetten. Uit de berekeningsresultaten blijkt dat het windklimaat, met dichtgezette onderdoorgang, op het binnenterrein en direct ten noorden van het 55 tot 63 meter hoge volume zeer goed is, klasse A, goed voor langdurig zitten, slenteren en doorlopen en daarmee geschikt voor haar beoogde functie.

Uit de CFD-rekenresultaten blijkt dat het windklimaat direct ten noorden van het 35 meter hoge gebouwvolume van blok A en verder in de Marconilaan valt in klasse D en E. Dit windklimaat met klasse E zal echter zonder ingrijpende maatregelen te treffen niet voorkomen kunnen worden. In een klein deel van het gebied wordt ook het gevaarcriterium overschreden. Een beperkte overschrijding van het gevaarcriterium mag conform de NEN 8100 geaccepteerd worden in doorloopgebieden.



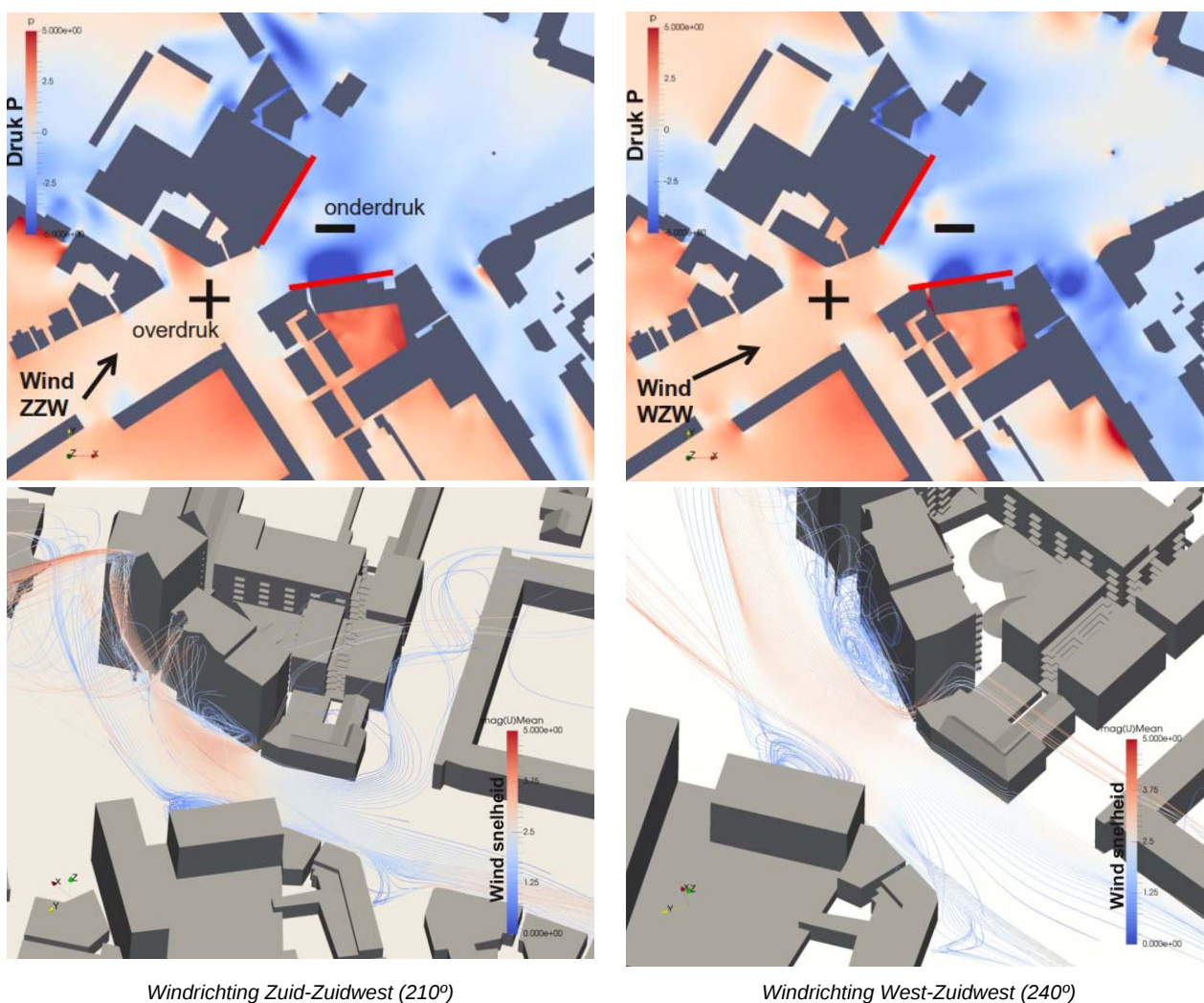
Figuur 6.1: Windhinder (links) en windgevaar (rechts)

Uit een analyse van de resultaten van het windonderzoek, waarbij ook de stromingslijnen en de luchtdrukverschillen inzichtelijk gemaakt zijn blijkt dat er twee aspecten zijn die bijdragen aan het ongunstige windklimaat op de Marconilaan, als gepresenteerd in figuur 6.1.

6.1 Wegprofiel

Gezien vanuit het zuidwesten versmalt de Marconilaan geleidelijk. Het smalste punt bevindt zich vlak voor de nieuw geplande hoogbouw. Ook aan de overzijde van de straat is er een hoger gebouw aanwezig. Na het smalste punt verbreedt de weg zich significant, om ruimte te geven aan het verkeersplein. Door deze stedenbouwkundige configuratie ontstaat voor het smalste punt een gebied met hoge druk en daar achter een gebied met lage druk (zie figuur 6.3 – bovenste figuren). Hierdoor zal de wind met verhoogde snelheid afstromen, van het hoge druk naar het lage drukgebied. Deze verhoogde windsnelheden (zie figuur 6.2 – onderste figuren) geven een slechter windklimaat.

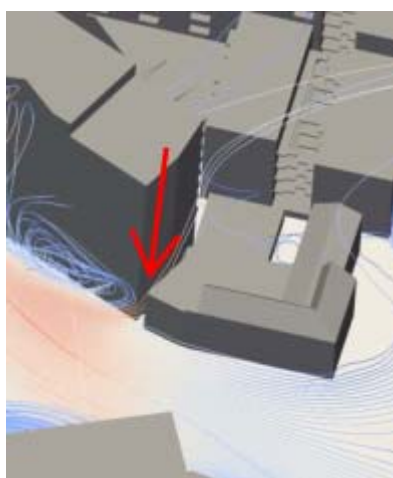
De gehele stedenbouwkundige configuratie speelt een rol bij het optreden van deze verschijnselen. Ook de geplande nieuwbouw heeft zijn invloed op het windklimaat. De verwachting is echter niet dat met een gebouw dat één of twee verdiepingen hoger of lager is, het windklimaat ingrijpend anders zal zijn. Het berekende windklimaat is immers niet alleen aanwezig bij de geplande nieuwbouw, ook aan de overzijde van de straat ter plaatse van het kantoorgebouw Obelisk is nabij de gebouwhoek klasse D aanwezig.



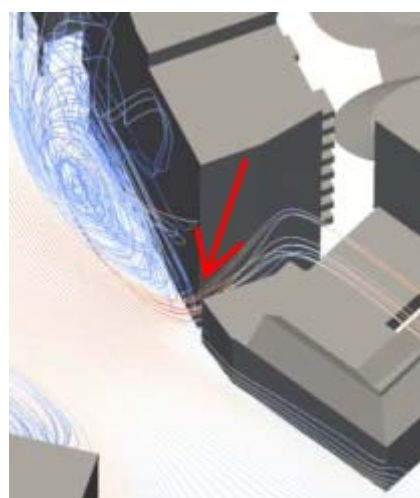
Figuur 6.2: Boven winddrukverschillen, onder stromingslijnen

6.2 Modellerings van blok A en aansluiting op bestaande bouw

In het model dat gebruikt is bij het uitvoeren van de CFD-berekeningen was een smalle doorgang aanwezig tussen de geplande nieuwbouw en de naastgelegen laagbouw aanwezig. Wind die vanuit zuid-zuidwest/west-zuidwest komt aanstromen, zal door de westgevel van het 35 meter hoge bouwblok geblokkeerd worden en (deels) naar boven en deels naar beneden afstromen. Doordat er nu een smalle opening tussen de hoogbouw en de laagbouw aanwezig is (figuur 6.2 en 6.3), zal de afstromende wind ook direct naar maaiveld kunnen stromen. Hierdoor ontstaat direct bij de noordwesthoek van het 35 meter hoge bouwdeel (van blok A) een verdere verslechtering van het windklimaat.



Windrichting Zuid-Zuidwest (210°)



Windrichting West-Zuidwest (240°)

Figuur 6.3: Effect langs gevel (door smalle doorgang) afstromende wind

In de praktijk zal de doorgang die in het model aanwezig is, niet aanwezig zijn. Bij de bouw zal de nieuwbouw strak tegen de bestaande bouw aan gebouwd worden of er zal voor gekozen worden een afdak of luifel tussen gevel nieuwbouw en aangrenzende dak aan te brengen, zodat de afstromende wind zich niet langs de gevel naar beneden kan bewegen. Deze maatregelen (dichtbouwen of afdak/luifel) dienen over de gehele diepte (circa 8-10 meter) van de bestaande 4-laagse bebouwing gerealiseerd te worden, e.e.a. met een rode lijn verduidelijkt op onderstaande afbeelding.



Figuur 6.4: Positie maatregelen

De afstromende wind zal dus niet direct naar maaiveld af kunnen stromen en hierdoor niet direct bij de gebouwhoek voor een verslechtering van het windklimaat zorgen. De afstromende wind zal eerst op het dak van de laagbouw landen. Vanuit daaruit zal deze onder invloed van de aanstromende wind verder gestuwd worden, van het dak af, uiteindelijk ook richting maaiveld. Deze windstroming, die voor een verdere verslechtering van het windklimaat zorgt, zal echter meer naar het midden van de weg landen dan nu gepresenteerd en hiermee naar verwachting het windklimaat op de direct aangrenzende openbare stoep verbeteren. Er mag hierbij verwacht worden dat het zeer slechte windklimaat direct bij de gebouwhoek niet zal optreden. Ook mag, doordat de effecten direct bij de gebouwhoek niet zullen optreden, verwacht worden dat de hogere windsnelheden zich minder 'geconcentreerd' zullen manifesteren.

7 Windklimaat op de balkons

Bij het uitgevoerde CFD onderzoek zijn ook de globale windstromingen rondom de gevels van Blok A inzichtelijk gemaakt en geclassificeerd conform de NEN 8100. In bijlage VI zijn de hierbij behorende afbeeldingen opgenomen, te weten.

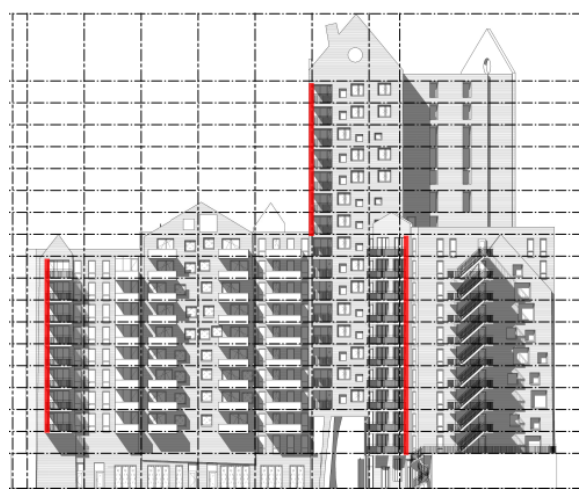
- Figuren met windhinderklassen conform de NEN 8100 over verschillende verticale gebouwdorsneden.
- Figuren met windhinderklassen conform de NEN 8100 over verschillende horizontale gebouwdorsneden.
- Figuren met stromingslijnen voor de windrichtingen 210 ° en 240 °.

Uit de figuren in bijlage IV blijkt valt onderstaande indicatieve beoordeling en richtlijn voor de balkons van blok A te genereren:

- De balkons langs de zuidgevel van het 35 meter hoge volume hebben overwegend een goed windklimaat, direct langs de gevel valt het windklimaat in klasse A. Enkel het windklimaat op balkons op de westhoek van het gebouw wordt met toenemende hoogte minder gunstig, tot klasse C op 27 meter hoogte. Naar verwachting is het windklimaat op deze balkons te verbeteren door een dicht scherm van 1.80 meter aan de westzijde van deze balkons te plaatsen.
- Langs de balkons aan de zuidwestgevel van het 32 meter hoge volume is op 5,5 meter hoogte een windklimaat klasse A aanwezig, daar boven varieert het windklimaat langs deze gevel meer, variërend tussen klasse A, B en C. Door hier balkons met dichte borstweringen toe te passen en voor de balkons die het dichtst bij de gebouwhoek liggen dichte en hogere zijschermen toe te passen mag verwacht worden dat een voldoende goed windklimaat op de balkons aanwezig is.

Rondom de 55 tot 63 meter hoge toren is, waar de toren boven de naastgelegen bebouwing uit steekt (dus over de bovenste 20 tot 30 meter) een slecht windklimaat aanwezig. De balkons liggen hier inpandig, dus binnen het gebouwvolume. Wij adviseren de zijkanten van de balkons (de westzijde) dicht te zetten, zodat de windstromingen niet over het balkon de hoek om kunnen snijden. Hierdoor zal op het balkon een voldoende windklimaat gerealiseerd worden.

Bij het theoretische onderzoek is reeds geconcludeerd dat het windklimaat in het laagbouwblok (Blok B), ook ter plaatse van balkons en buitenruimtes goed zal zijn. Dit CFD onderzoek bevestigt deze conclusie.



Figuur 7.1: Geadviseerde zijschermen ter plaatse van balkons

8 Samenvatting en conclusie

In opdracht van SDK Vastgoed BV is een windstudie conform NEN 8100 op basis van berekeningen met Computational Fluid Dynamics (CFD) voor het plan plangebied 'De Bakermat' opgesteld. Dit rapport beschrijft de resultaten van dit onderzoek.

Uit het CFD-windhinderonderzoek blijkt dat:

- In de doorgaande straten Boschdijk en J. v.d. Waalsweg is langs het plangebied 'De Bakermat' windklimaat klasse A en B aanwezig, waar klasse C gewenst is. Het windklimaat is hier daarmee ruim voldoende.
- Het entreegebied op de hoek Boschdijk – Marconilaan heeft klasse A tot B, wat goed is voor slenteren en hiermee voldoet aan de gestelde ambities.
- De ambitie voor het binnenterrein is klasse A. Het windklimaat in de binnenhof is zeer luw, met overwegend klasse A (goed voor langdurig zitten) wordt de neergelegde ambitie gehaald.
- Op basis van de theoretische analyse werd nabij de onderdoorgang onder het 55 tot 63 meter hoge volume rondom deze doorgang een slecht windklimaat verwacht. Hierop is besloten de onderdoorgang dicht te zetten. Uit de berekeningsresultaten blijkt dat het windklimaat, met dichtgezette onderdoorgang, op het binnenterrein en direct ten noorden van het 55 tot 63 meter hoge volume zeer goed is, klasse A, goed voor langdurig zitten, slenteren en doorlopen en daarmee geschikt voor haar beoogde functie.
- Enkel aan de noordzijde van blok A aan de Marconilaan, bij de hoek van het 35 m hoge nieuwbouwvolume, is een gebied met een minder gunstig windklimaat aanwezig. Hier is overwegend klasse C en D aanwezig en zeer plaatselijk ook klasse E. In dit gebied is ook een kleine strook aanwezig waar ook het gevaarcriterium beperkt overschreden wordt, conform de NEN 8100 mag een 'beperkt risico' geaccepteerd worden in doorloopgebieden.
- Dit slechte windklimaat ontstaat mede door de stedenbouwkundige profilering van de Marconilaan. Dit wordt nader toegelicht in paragraaf 6.1. Enkel ingrijpende, en stedenbouwkundig gezien ongewenste, maatregelen kunnen het windklimaat significant verbeteren.
- Daarnaast blijkt dat in het doorgerekende model het 35 meter hoge nieuwbouwvolume niet aangesloten is op de naastgelegen bestaande bouw. Er mag verwacht worden dat in werkelijkheid, met een aaneengesloten bouw, het gebied met het slechtste windklimaat zich in werkelijkheid meer naar het midden van de weg beweegt. Dit wordt nader toegelicht in paragraaf 6.2. Er kan dus gesteld worden dat het belangrijk is deze tussenruimte dicht te zetten.
- Het CFD-windonderzoek geeft eveneens een globaal beeld van het windklimaat rondom de gebouwgevels (zie hoofdstuk 7). Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat een groot deel van de balkons zonder aanvullende voorzieningen een goed windklimaat hebben en zijn voor een aantal situaties aanbevelingen gedaan voor het treffen van maatregelen als zijschermen op de balkons van Blok A. Bij het theoretische onderzoek is reeds geconcludeerd dat het windklimaat in het laagbouwblok (Blok B), ook ter plaatse van balkons en buitenruimtes goed zal zijn. Dit CFD onderzoek bevestigt deze conclusie.

DPA Cauberg-Huygen B.V.



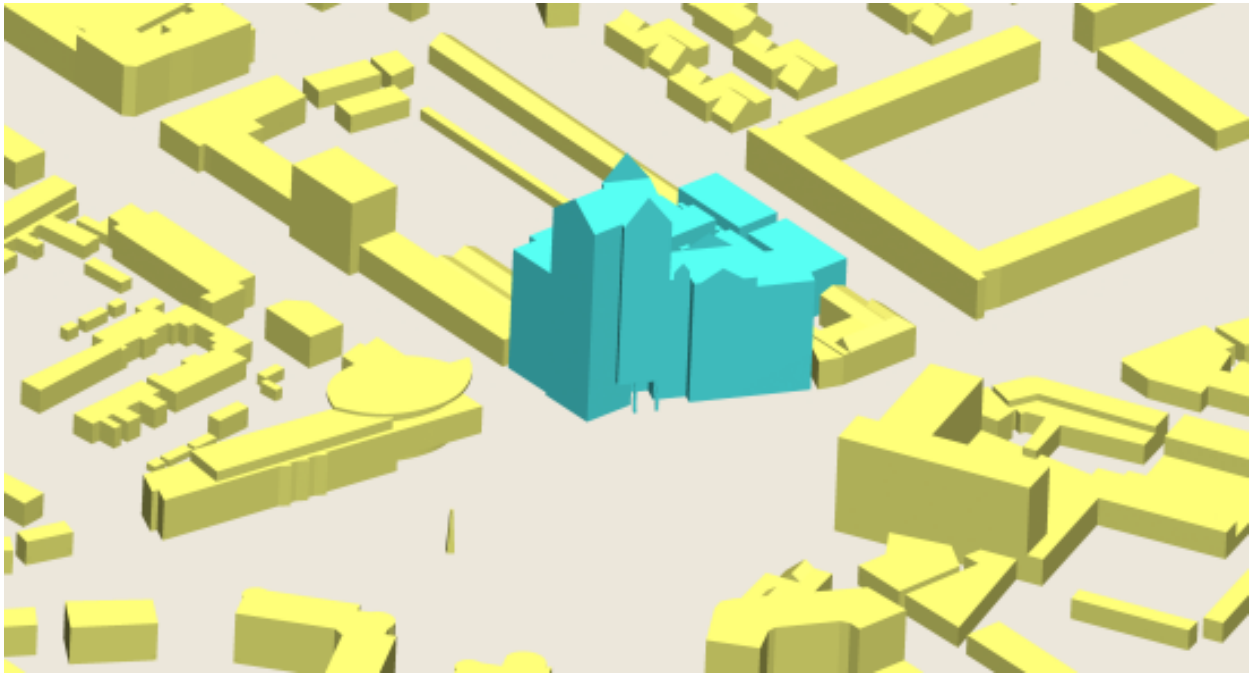
Mevrouw ir. L. Apon
Senior Adviseur

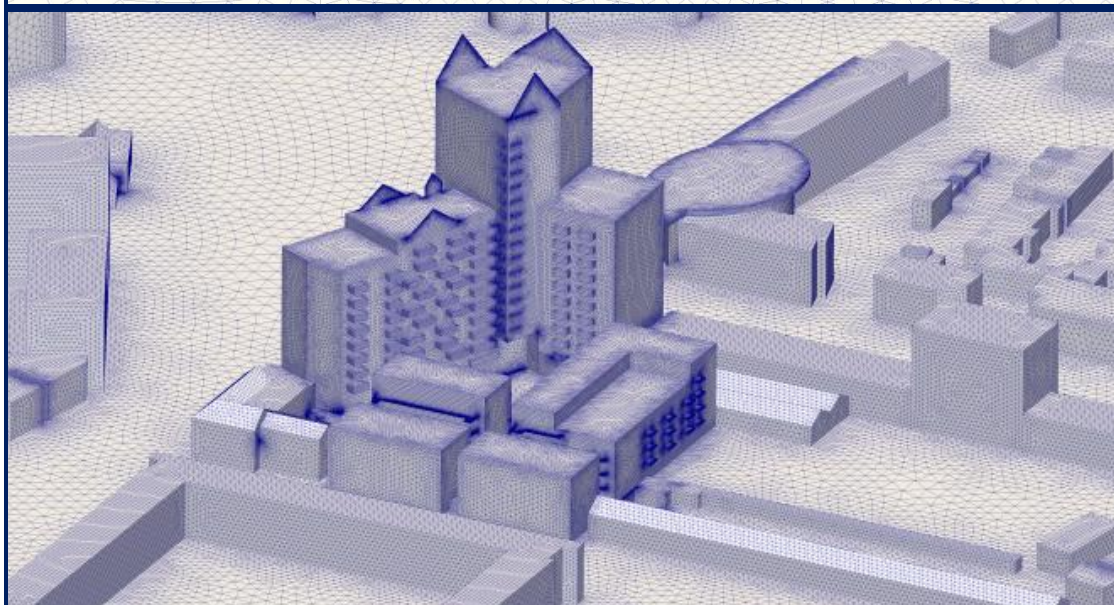
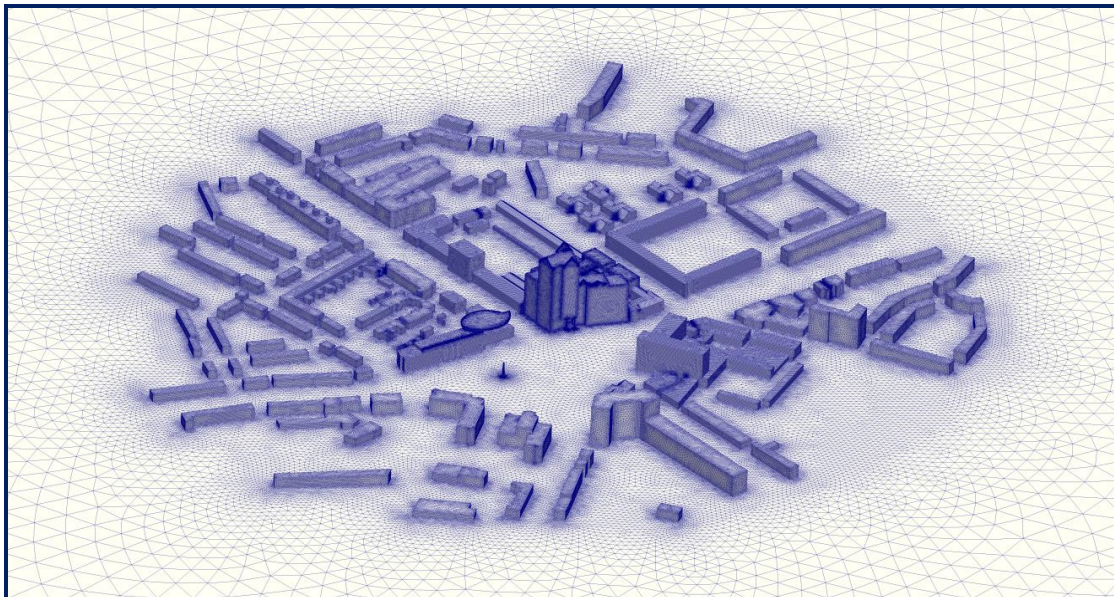
Bijlage I Inlegvel NEN 8100

Project	Projectgegevens			
Projectnaam	Windstudie - Bakermat te Eindhoven			
Opdrachtgever	DPA Cauberg-Huygen B.V.			
Projectleider	Dr Lorenzo Lignarolo			
Datum	6 oktober 2017			
Model	Algemene gegevens van het model			
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen ca. 300 m rondom de nieuwbouw			
Kerngebied	Geschematiseerde model met de nieuwe situatie			
Omgeving	Omgeving in massa's, gedetailleerd nabij het kerngebied			
Afmetingen model	Rond met straal 1500 m en hoogte 500 m.			
Blokkeringsgraad	Maximaal 4 %			
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	12			
Onderzochte configuraties	Nieuwe situatie			
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur			
Programmatuur	☒ FVM (eindige volume methode) ☐ FEM (eindige elementen methode) ☐ anders Programmatuur: OpenFOAM Versie: 4.x-5c32f339e350			
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:			
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: tetraëders met prismalaag, 17 696 220 cellen			
Turbulentiemodellering	k-omega SST			
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: linearUpwindV Turbulente grootheden: upwind Scalaire variabelen: n.v.t.			
Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden			
Instroomprofiel	Logaritmische atmosferische grenslaag: wind stedelijk gebied, z0 = 1.6 m			
Uitlaat	Druk-uitlaat			
Boven-/Zijwanden	Slip-wanden			
Vloer/bodem	No-slip, ruwe wand			
Overige	No-slip, ruwe wand			
Gegevensverwerking en -beoordeling	informatie voor locatie en berekening windklimaat			
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X: n.v.t. Y: n.v.t.			
Toegepaste eisen	V_{DR} m/s	Gewenste kwaliteits-klasse	Overschrijdings-kans %	Beoordeling
Voor comfort			$p(V_{LOK} > V_{DR,H})$	
Doorlopen	5.0	A, B, C, D	< 20	Matig
Slenteren	5.0	A, B, C	< 10	Matig
Zitten	5.0	A, B	< 5	Matig
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	Windhindercontouren en klassenindeling, windgevaarcontouren			
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang				

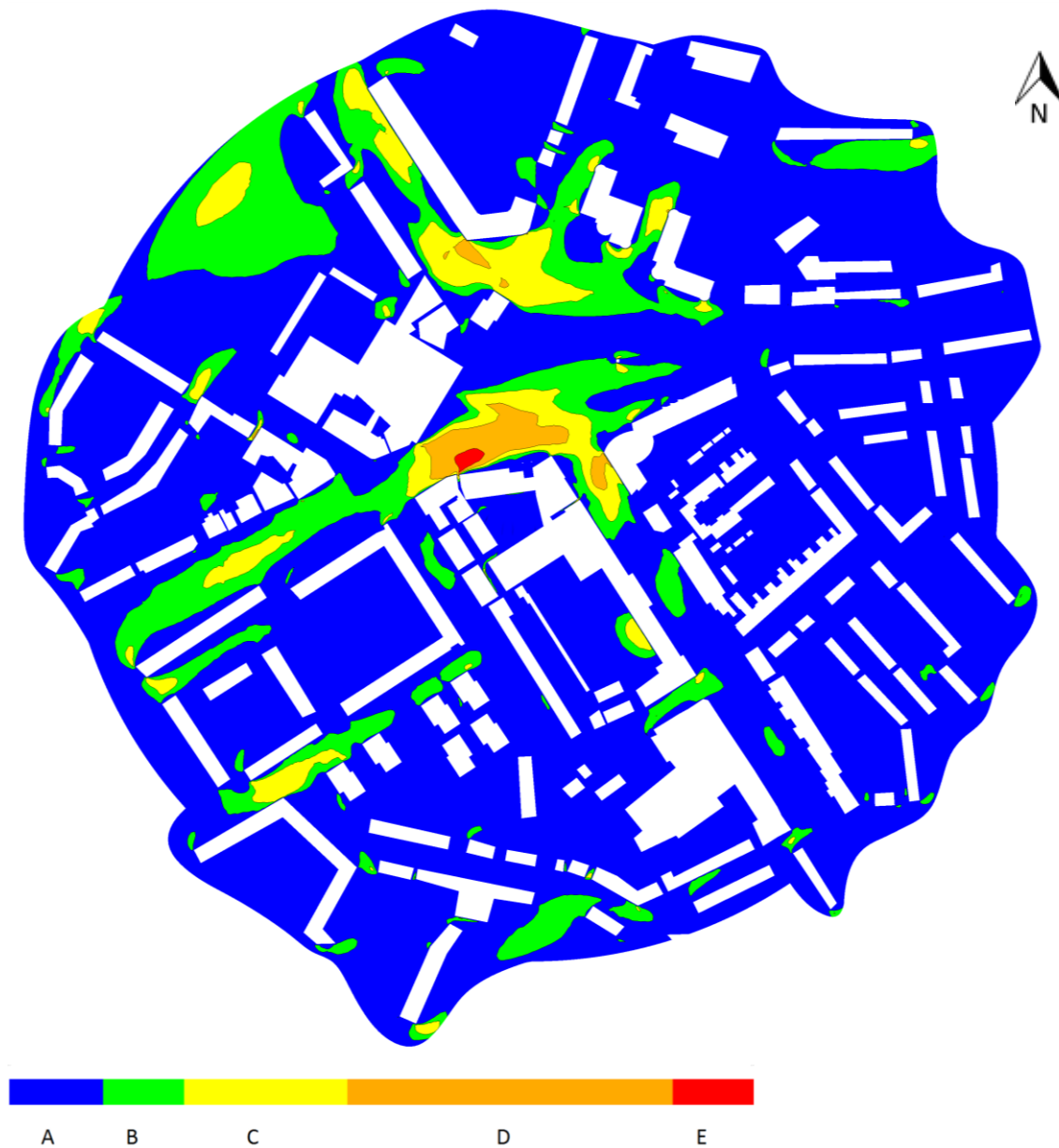
Bijlage II CFD-rekenmodel





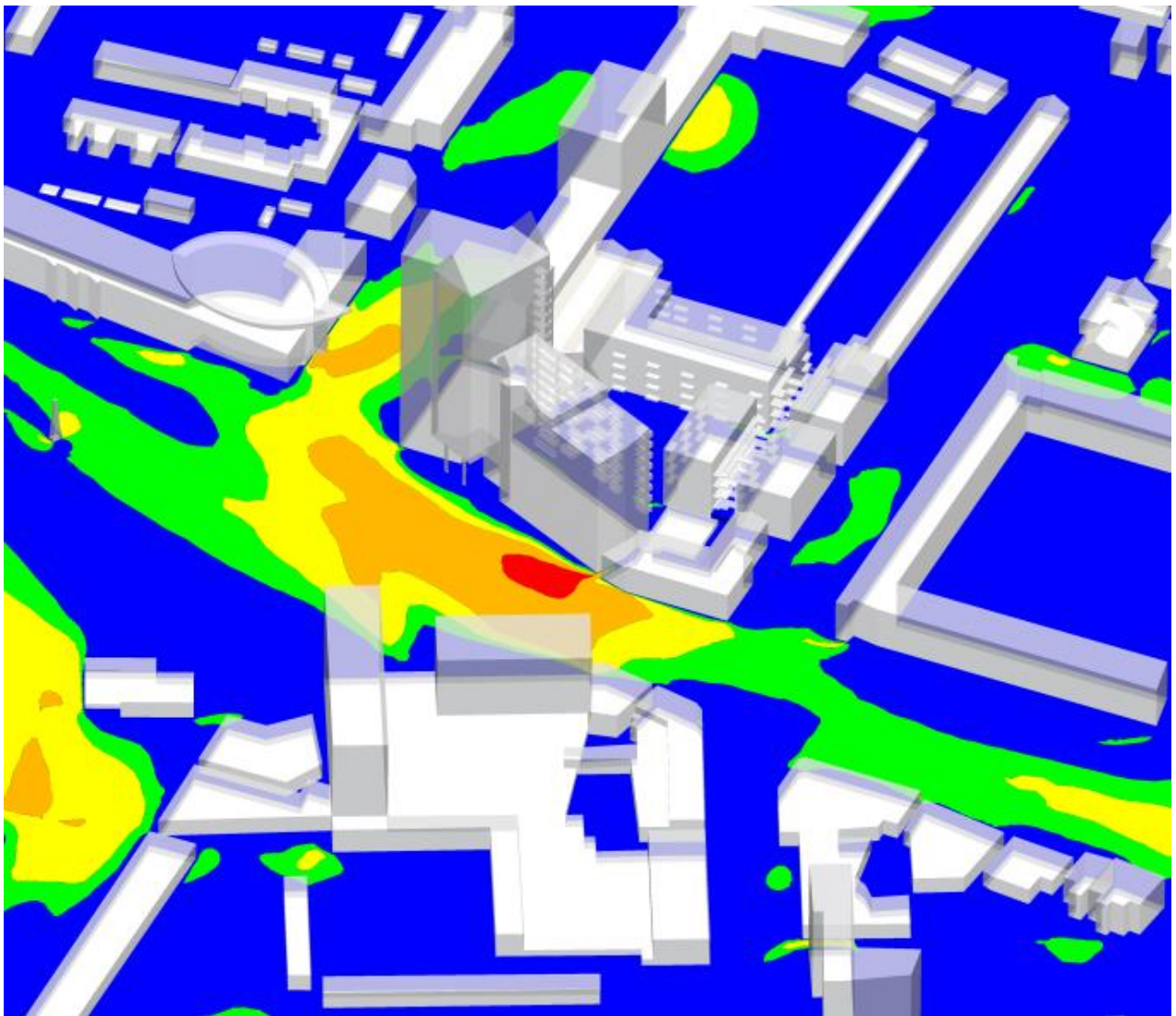


Bijlage III Grafische presentatie berekeningsresultaten, windhinder en gevaar conform NEN 8100



Kans dat de drempelsnelheid (5 m/s) overschreden wordt [% van aantal uren per jaar]	kwaliteits klasse	Activiteiten		
		Doorlopen (niet windhinder- gevoelig)	Slenteren (wel windhinder- gevoelig)	Langdurig zitten (meest windhinder- gevoelig)
< 2,5 %	A	Goed	Goed	Goed
2,5 – 5 %	B	Goed	Goed	Matig
5 – 10 %	C	Goed	Matig	Slecht
10 – 20 %	D	Matig	Slecht	Slecht
> 20 %	E	Slecht	Slecht	Slecht

Rekenresultaten windhinder conform NEN 8100

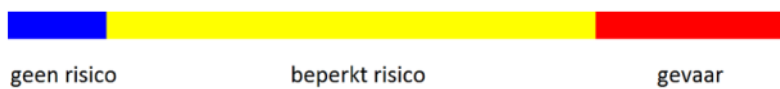
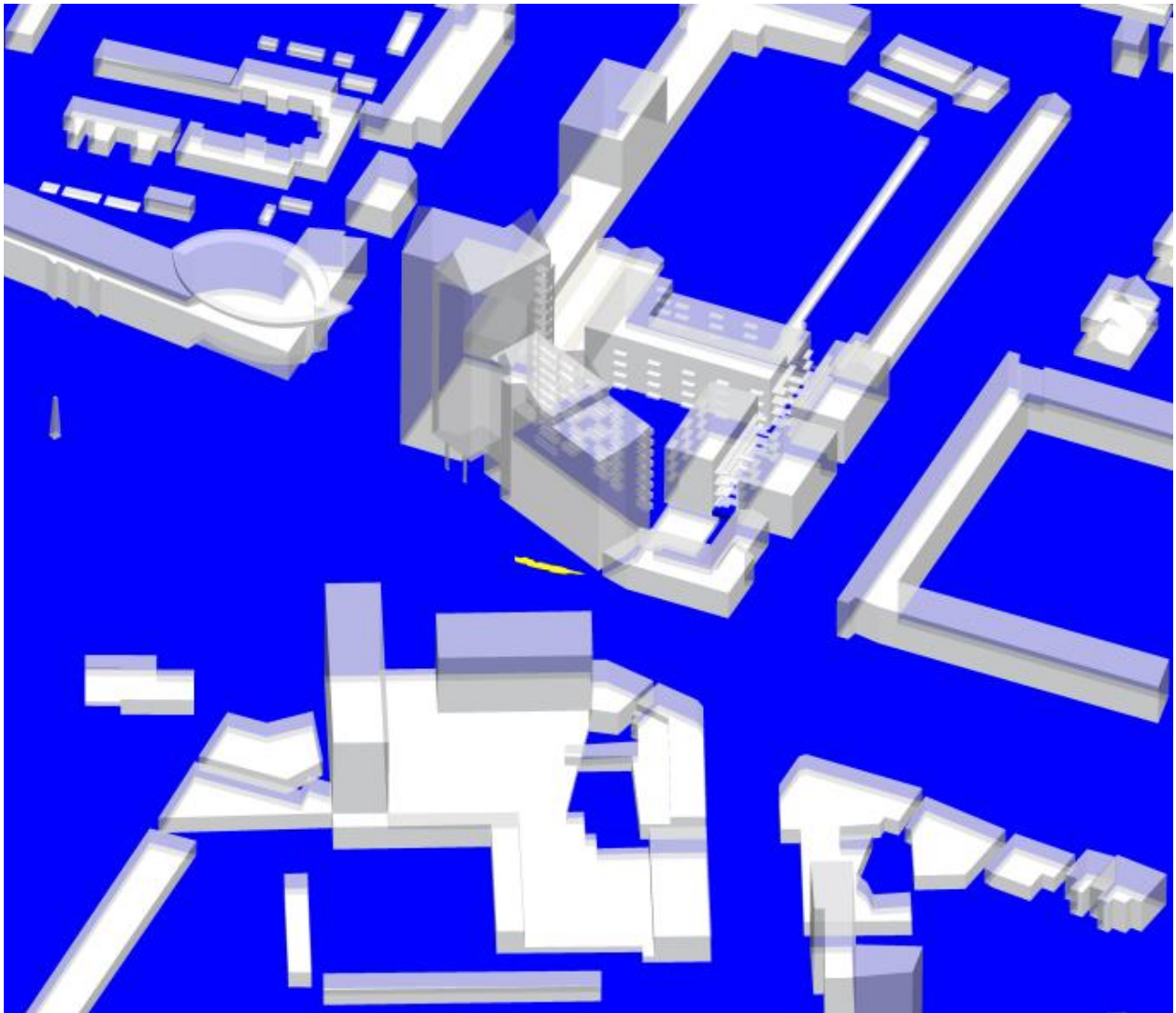


Rekenresultaten windhinder conform NEN 8100



Kans dat de drempelsnelheid (15 m/s) overschreden wordt [% van aantal uren per jaar]	Kwalificatie
$\leq 0,05 \%$	Geen risico
0,05 - 0,30 %	Beperkt Risico
$\geq 0,30 \%$	Gevaarlijk

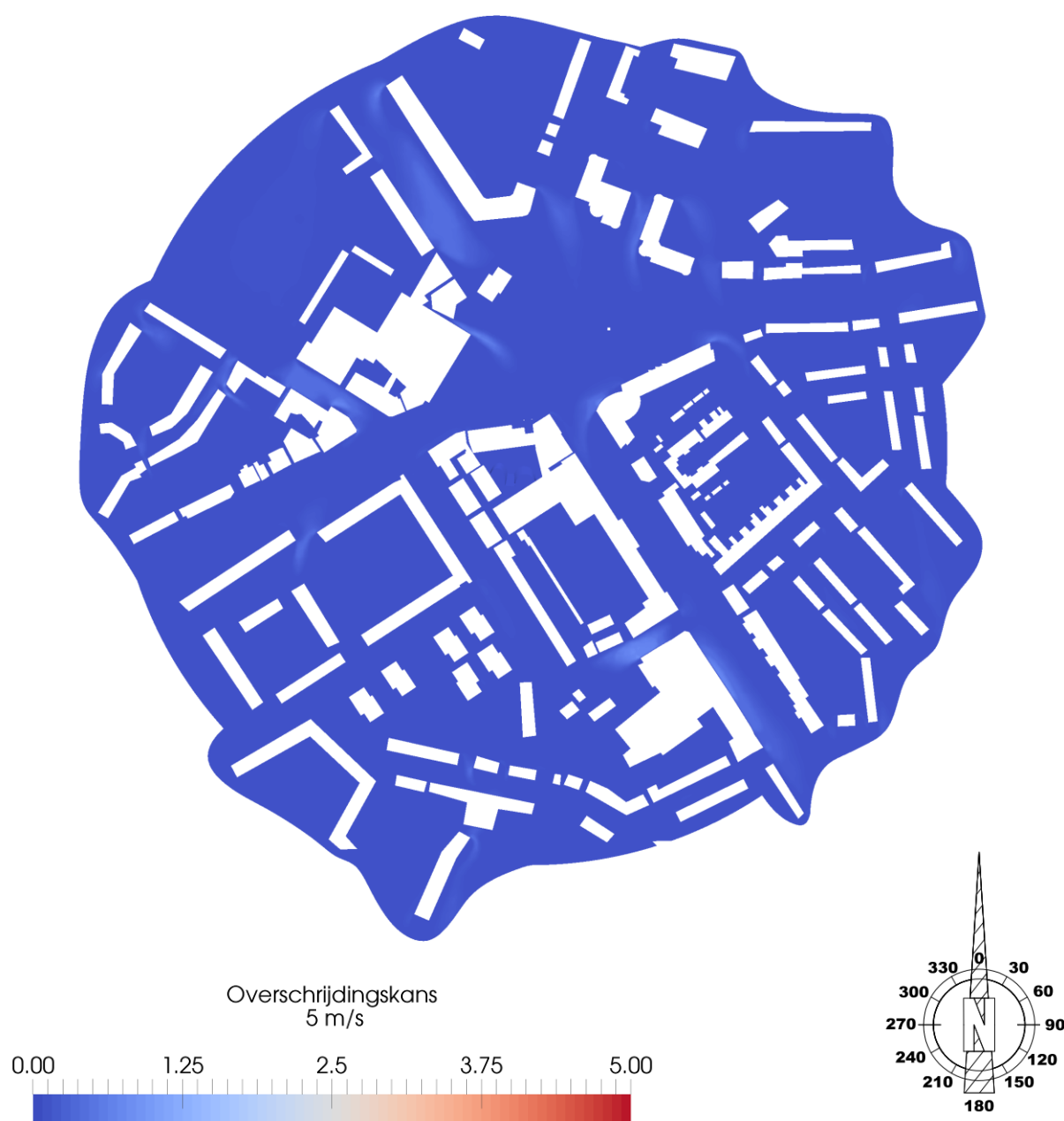
Rekenresultaten windgevaar conform NEN 8100



Rekenresultaten windgevaar conform NEN 8100

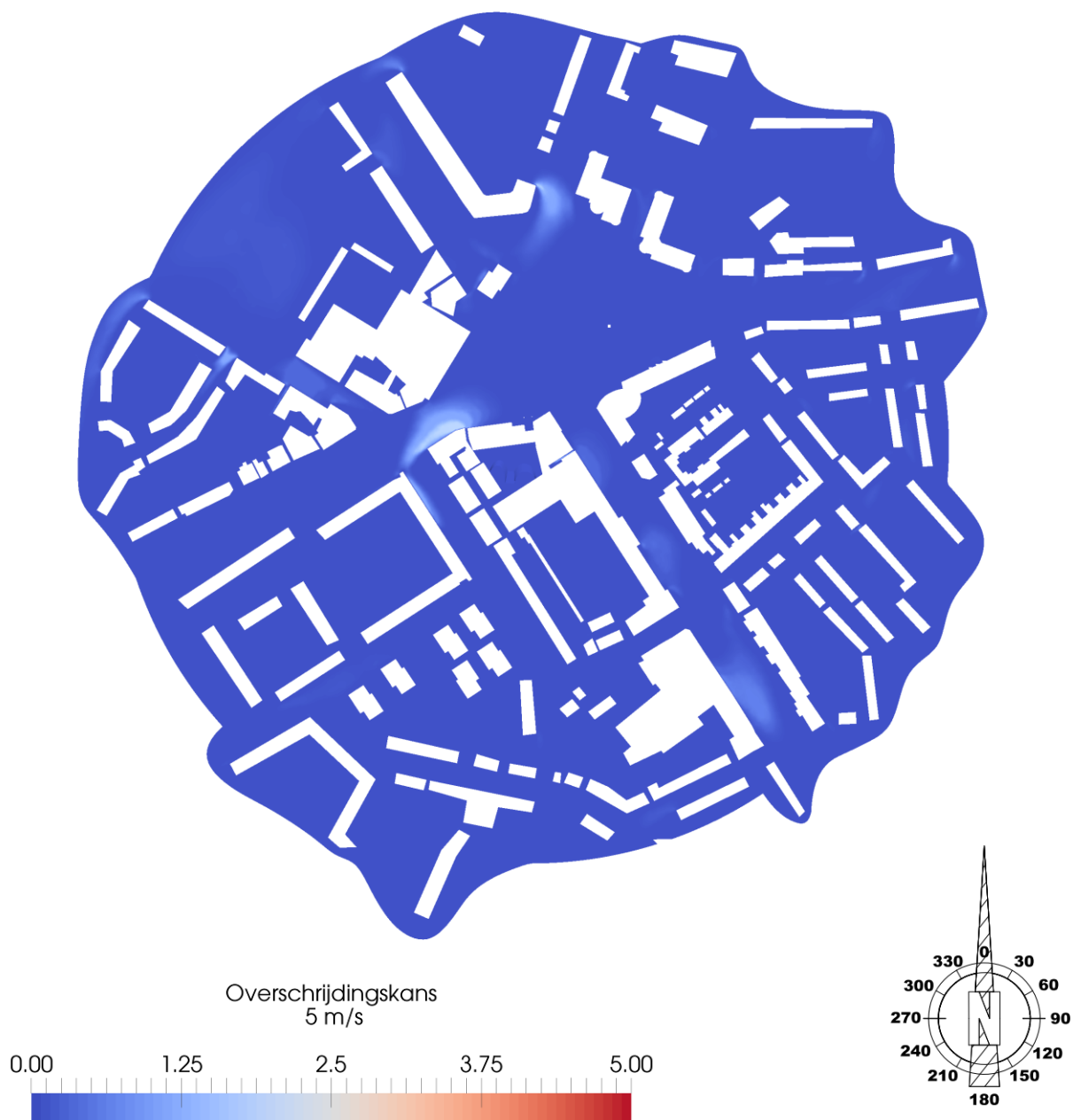
Bijlage IV Grafische presentatie berekeningsresultaten, overschrijdingskansen per windrichting

Windrichting: 0° Noord



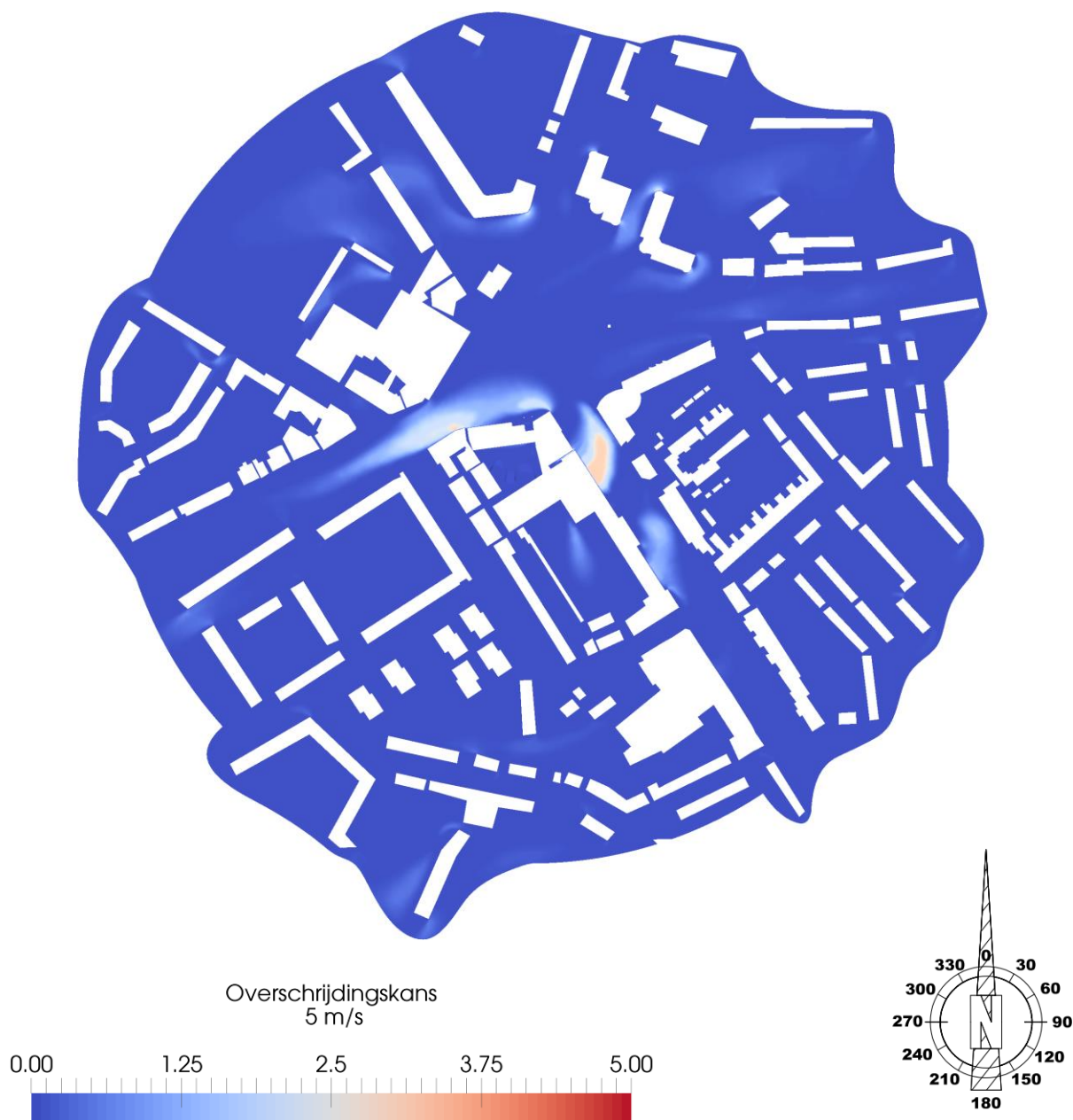
Figuur: Overschrijdingskans per windrichting: 0° Noord

Windrichting: 30° Noord-Noordoost



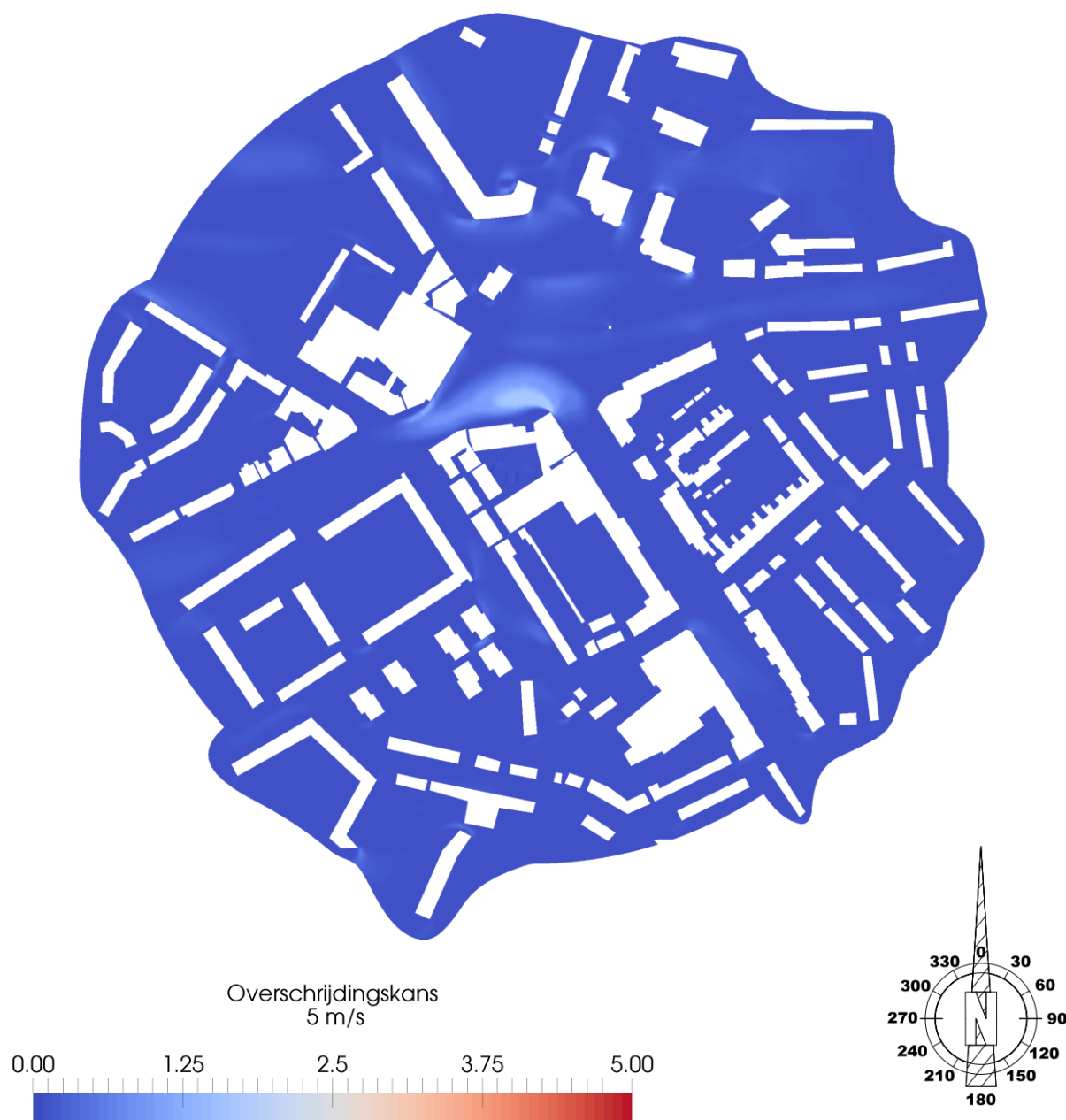
Figuur: Overschrijdingskans per windrichting: 30° Noord-Noordoost

Windrichting: 60° Oost-Noordoost



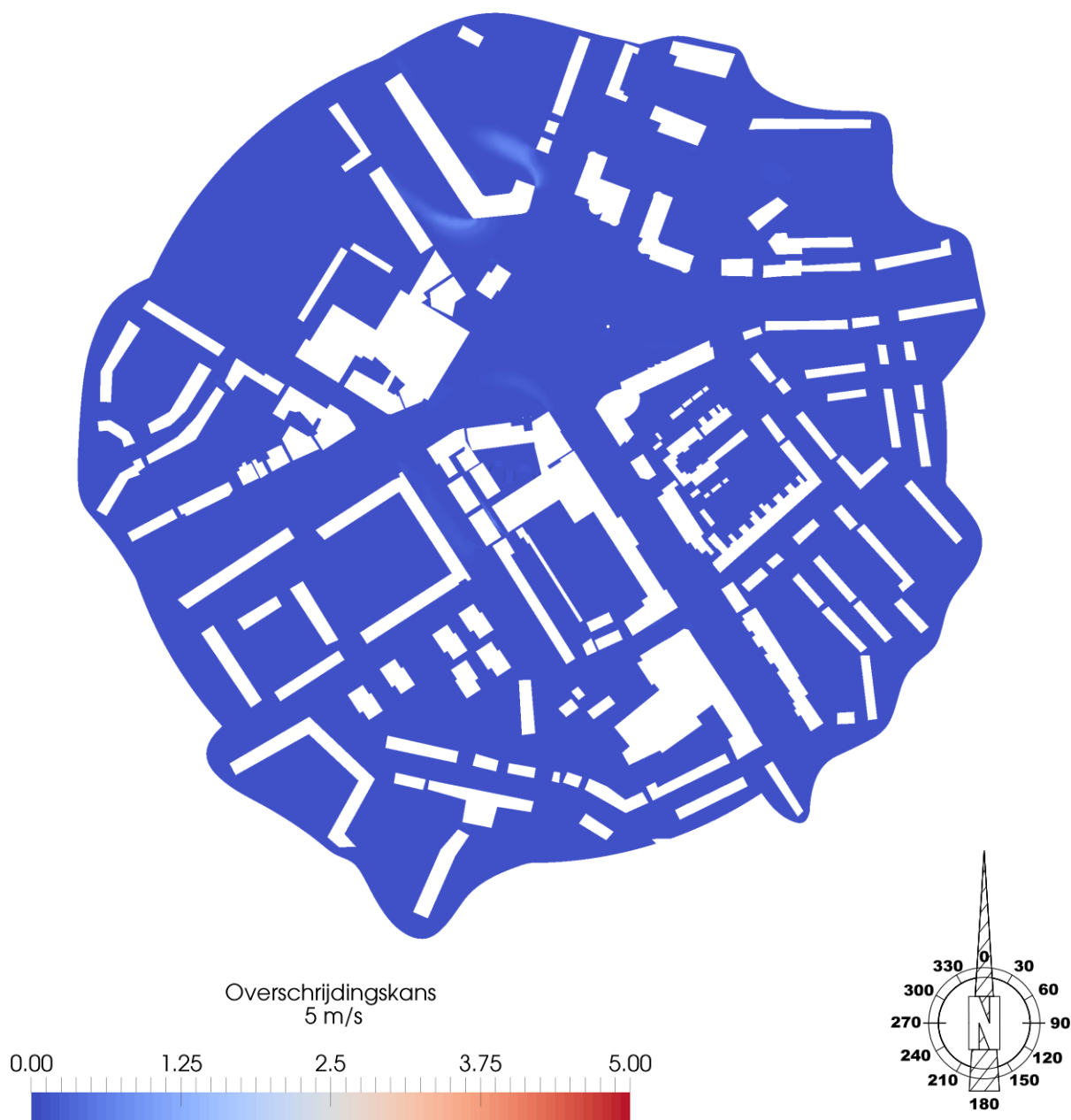
Figuur: Overschrijdingskans per windrichting: 60° Oost-Noordoost

Windrichting: 90° Oost



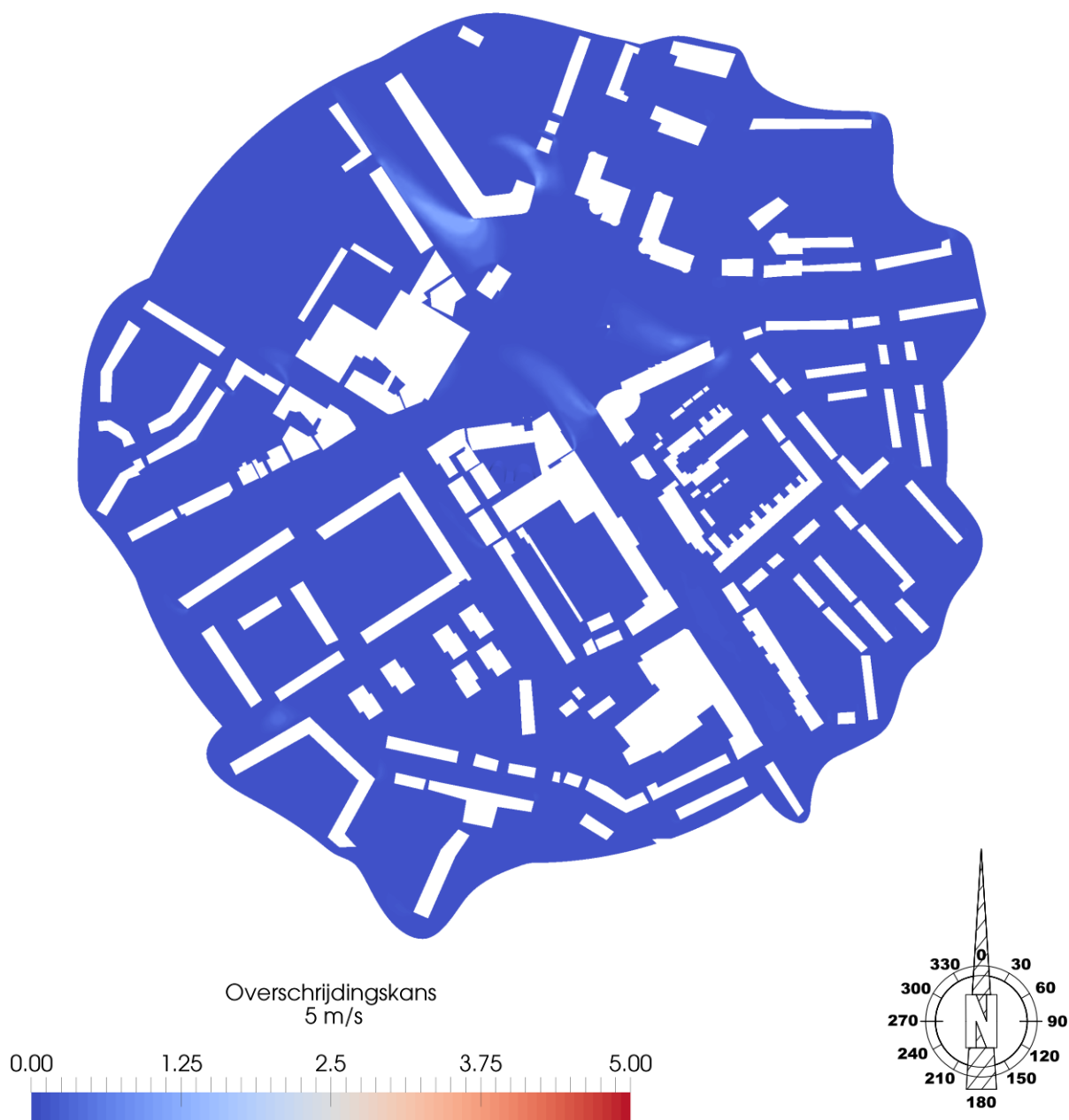
Figuur: Overschrijdingskans per windrichting: 90° Oost

Windrichting: 120° Oost-Zuidoost



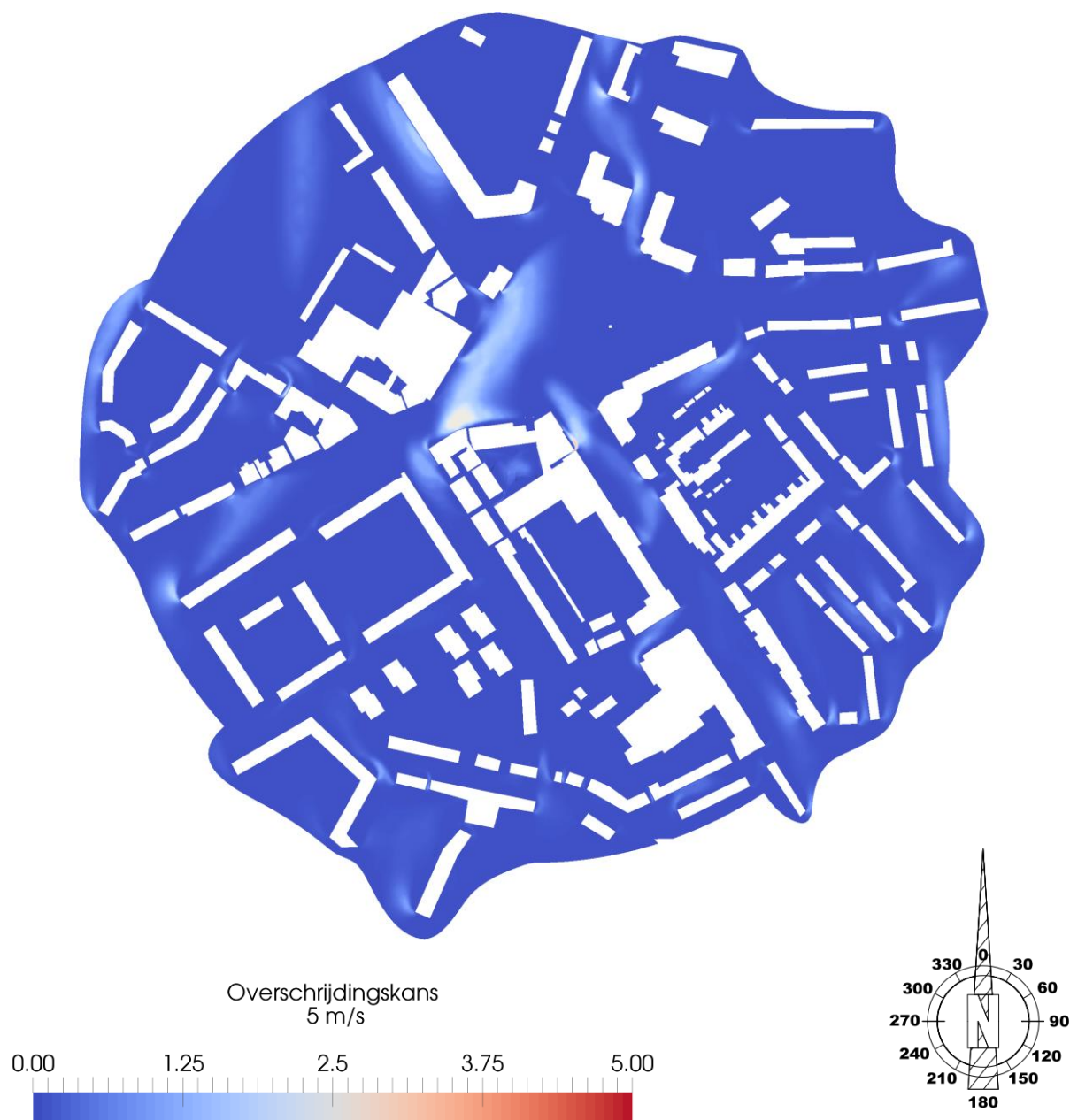
Figuur: Overschrijdingskans per windrichting: 120° Oost-Zuidoost

Windrichting: 150° Zuid-Zuidoost



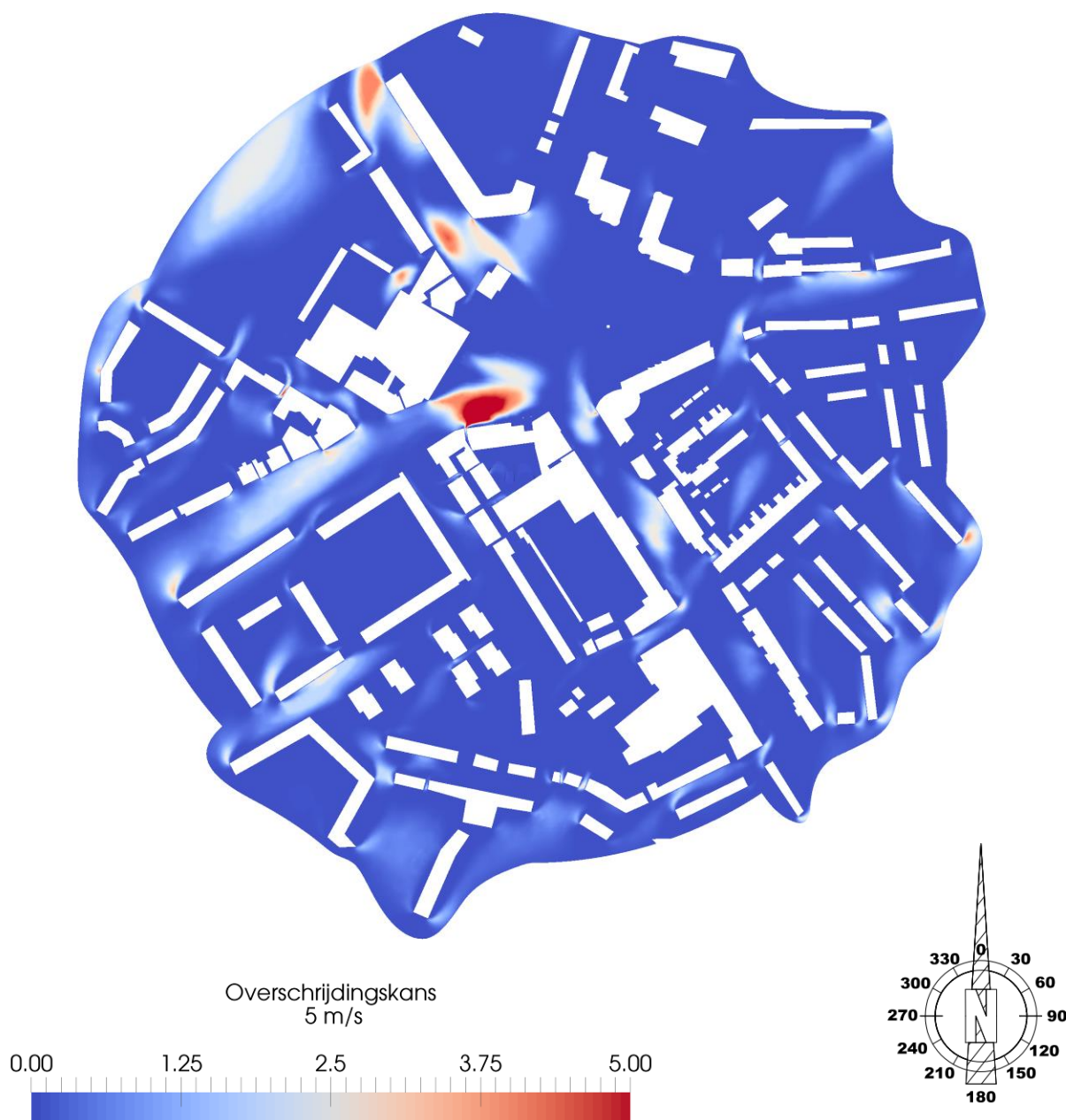
Figuur: Overschrijdingskans per windrichting: 150° Zuid-Zuidoost

Windrichting: 180° Zuid



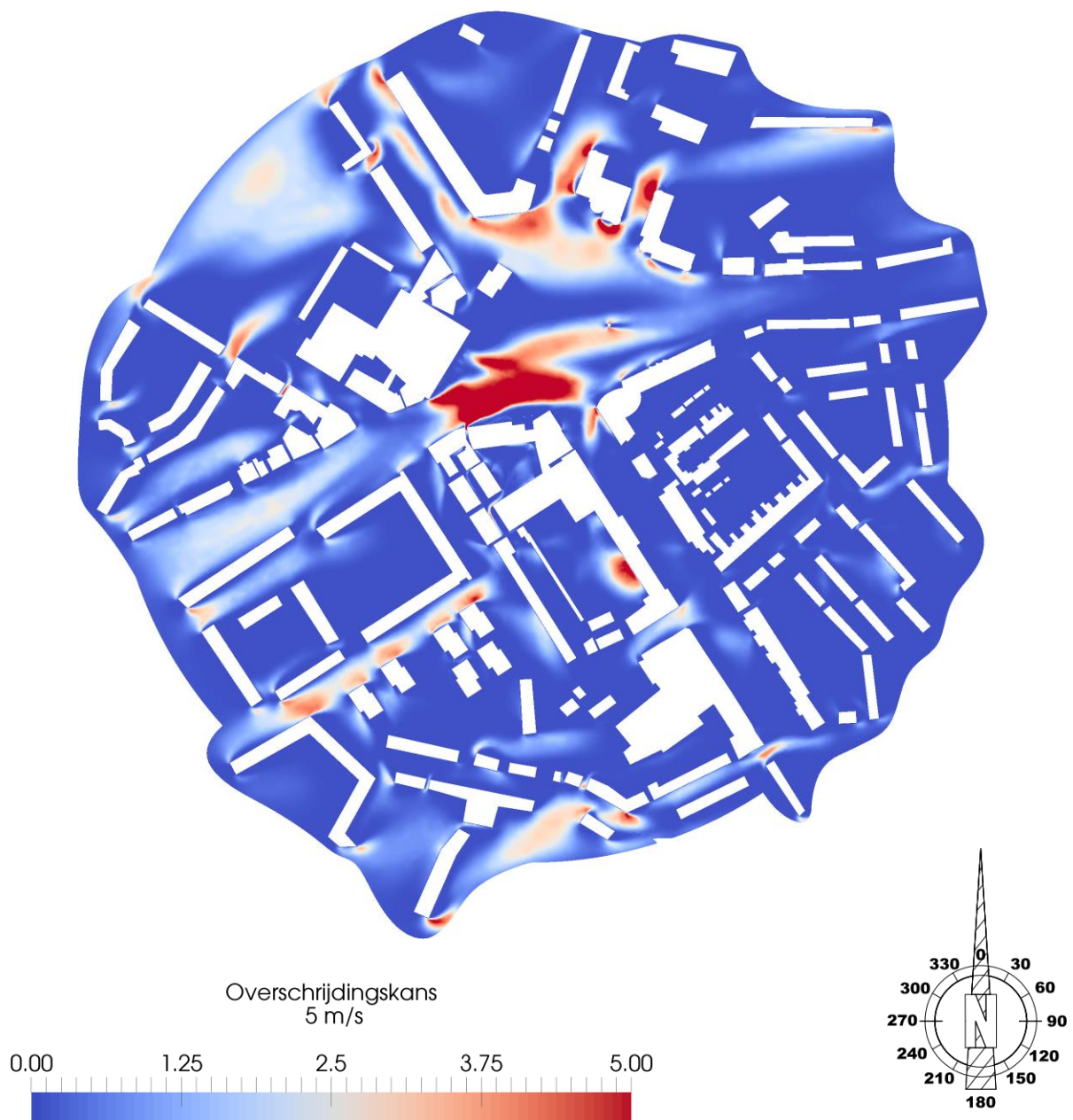
Figuur: Overschrijdingskans per windrichting: 180° Zuid

Windrichting: 210° Zuid-Zuidwest



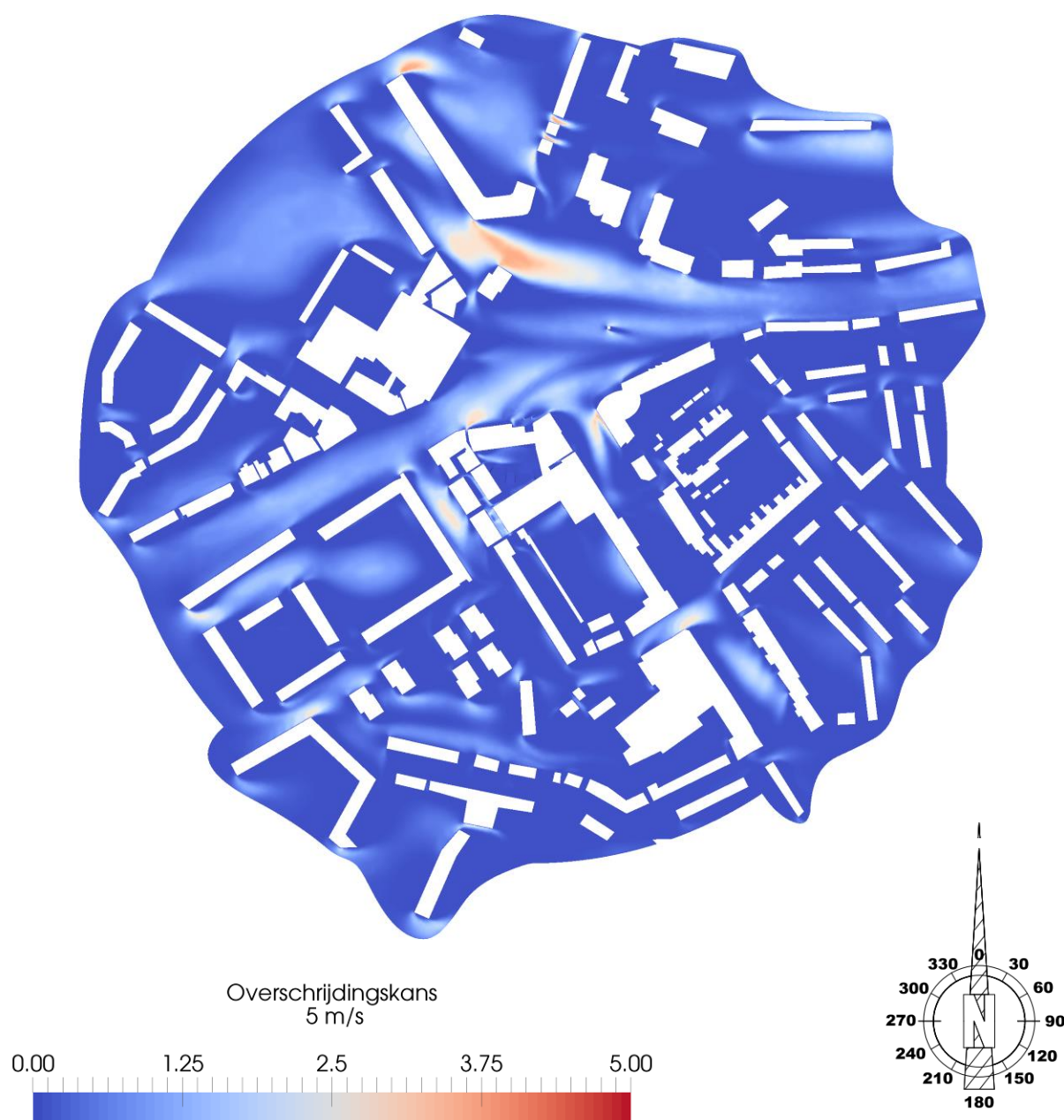
Figuur: Overschrijdingskans per windrichting: 210° Zuid-Zuidwest

Windrichting: 240° West-Zuidwest



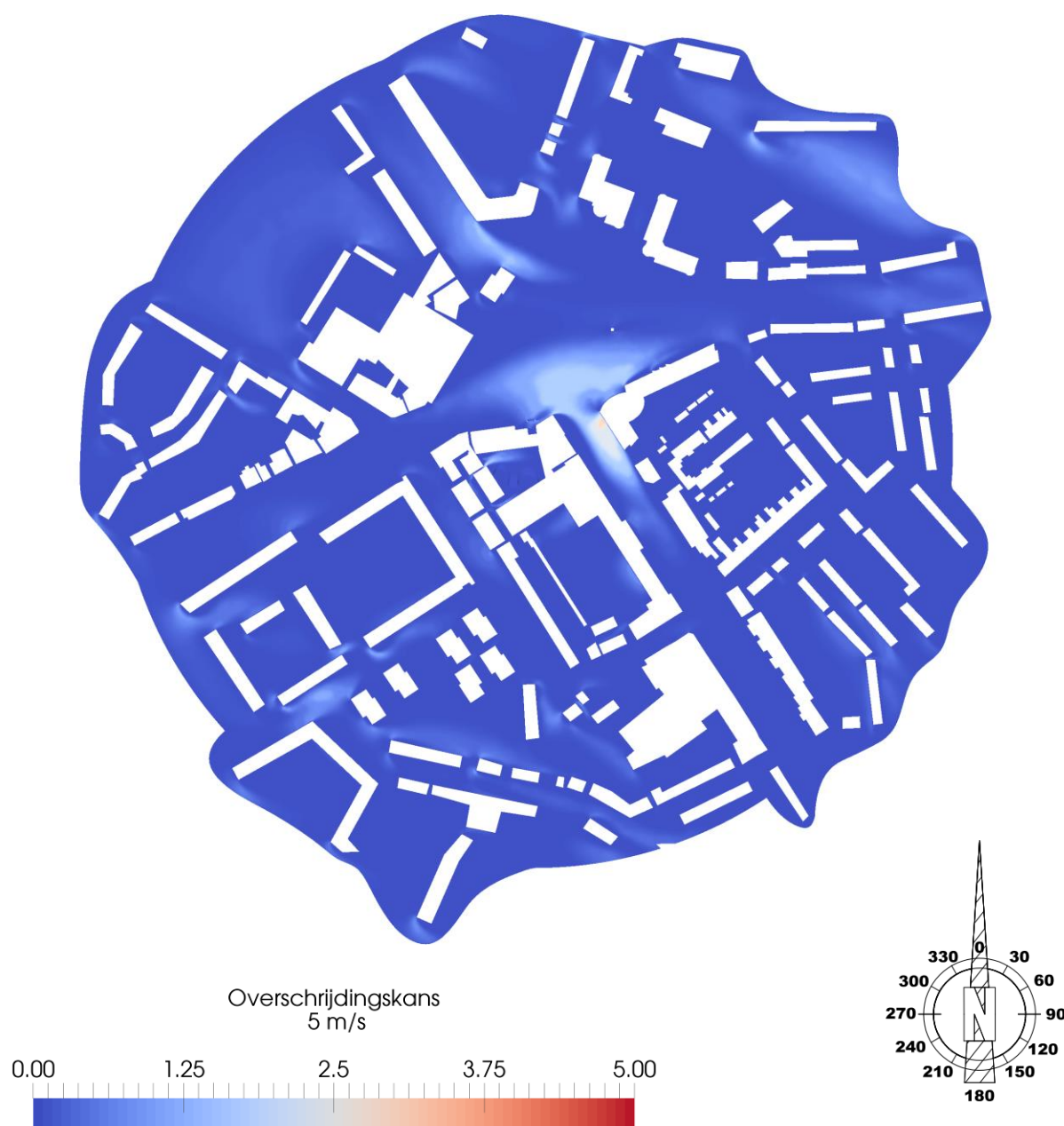
Figuur: Overschrijdingskans per windrichting: 240° West-Zuidwest

Windrichting: 270° West



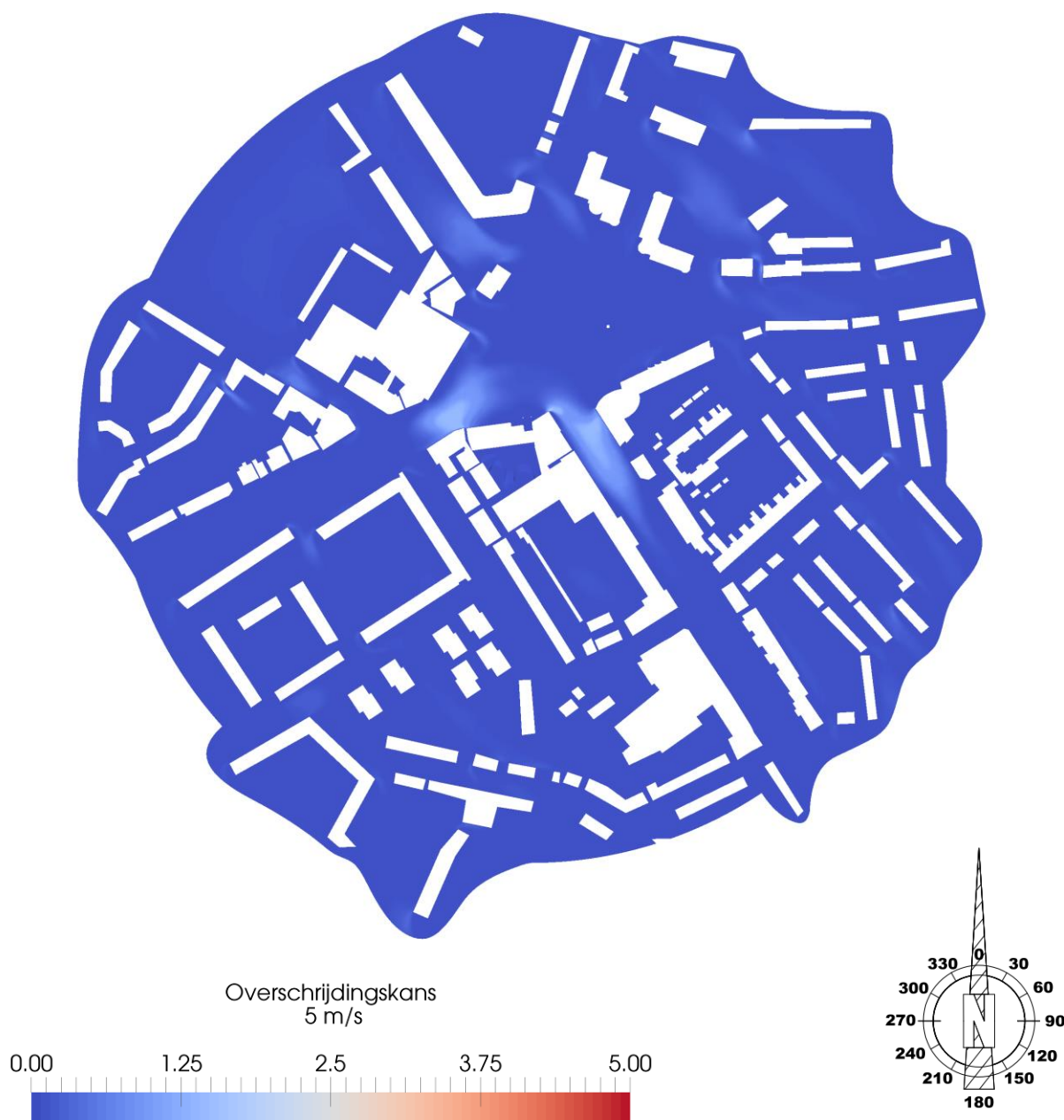
Figuur: Overschrijdingskans per windrichting: 270° West

Windrichting: 300° West-Noordwest



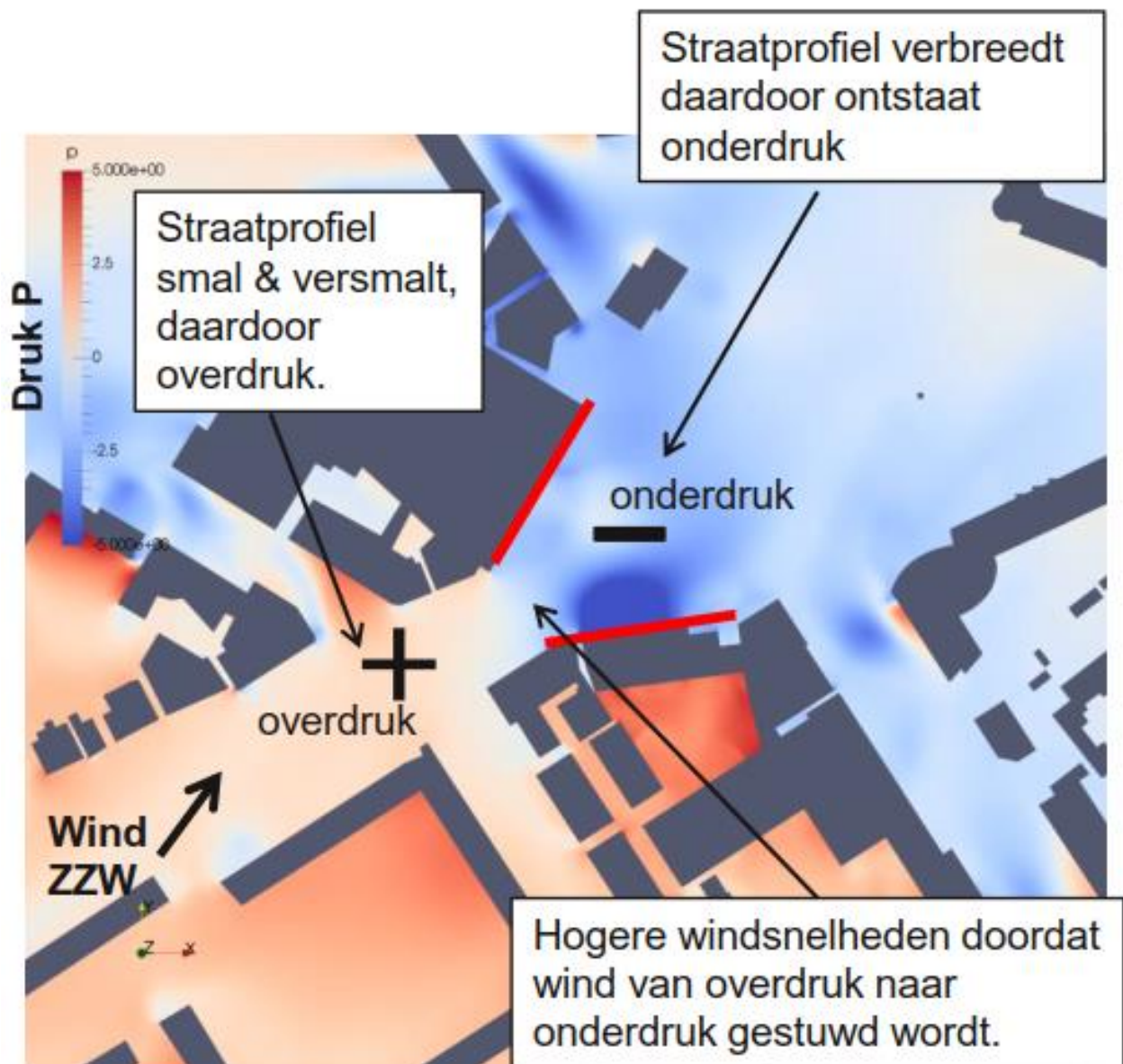
Figuur: Overschrijdingskans per windrichting: 300° West-Noordwest

Windrichting: 330° Noord-Noordwest

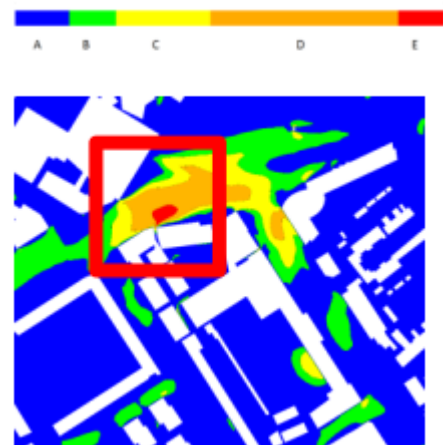


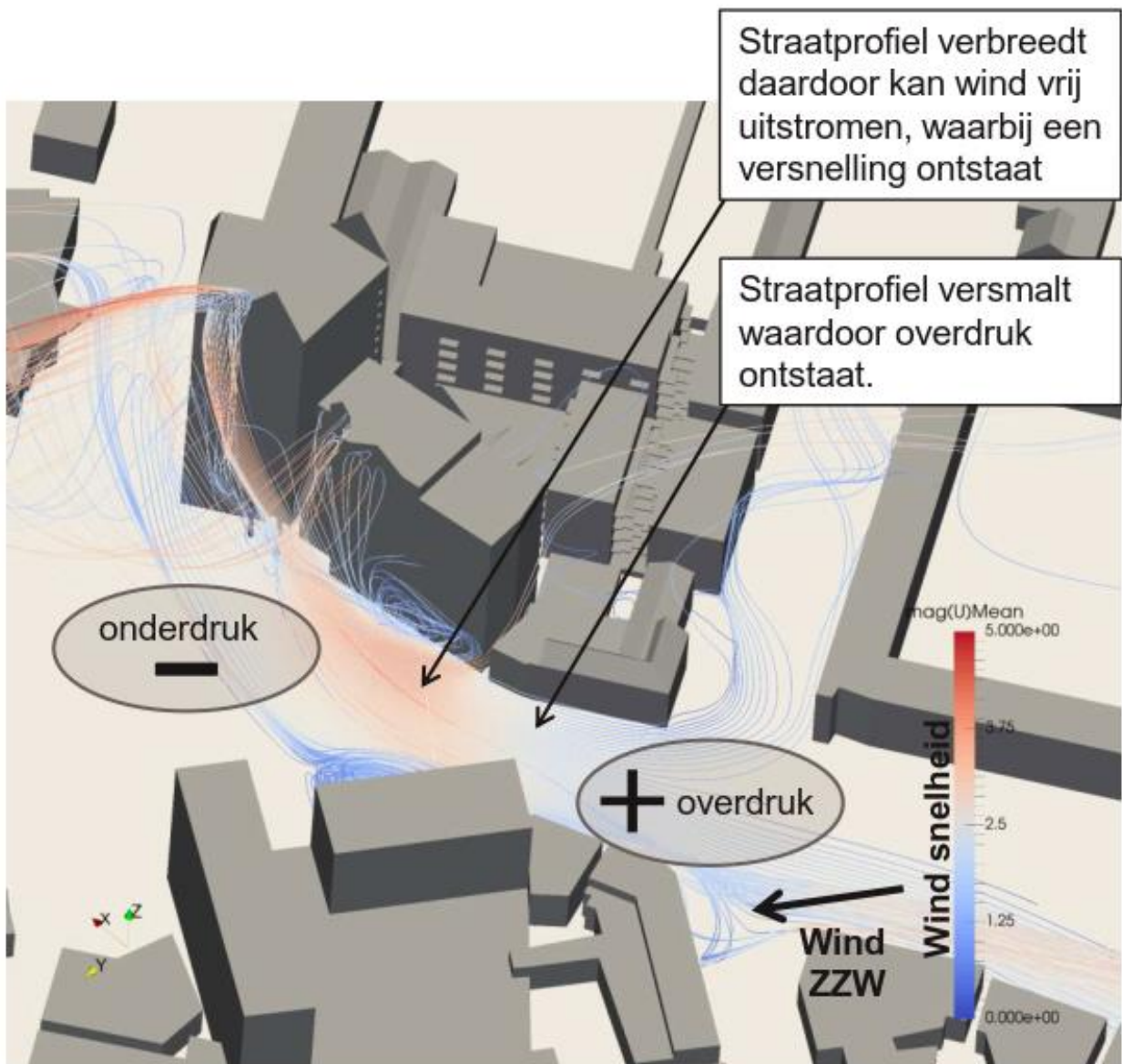
Figuur: Overschrijdingskans per windrichting: 330° Noord-Noordwest

Bijlage V Stromingslijnen en drukverschillen

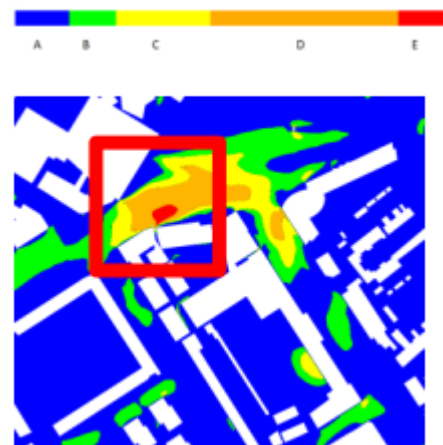


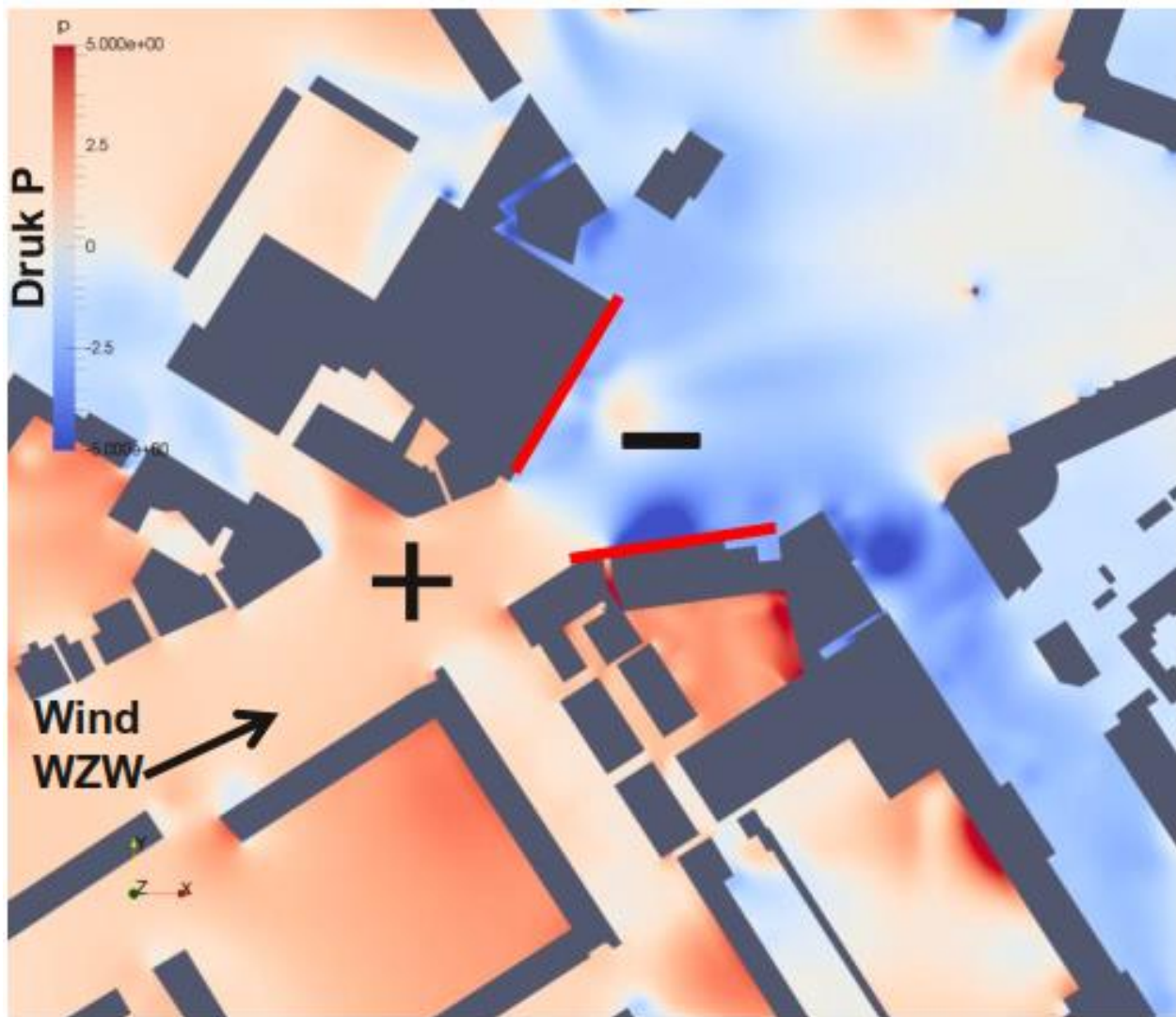
Winddrukken bij Z-ZW-wind





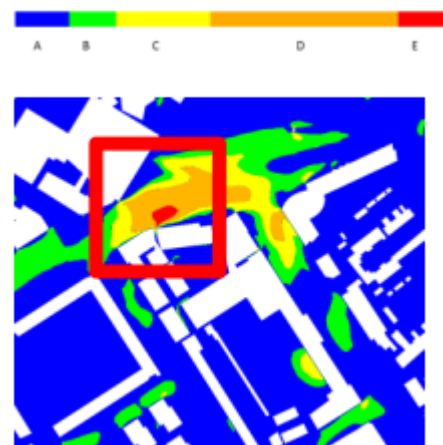
Stromingslijnen ZZW

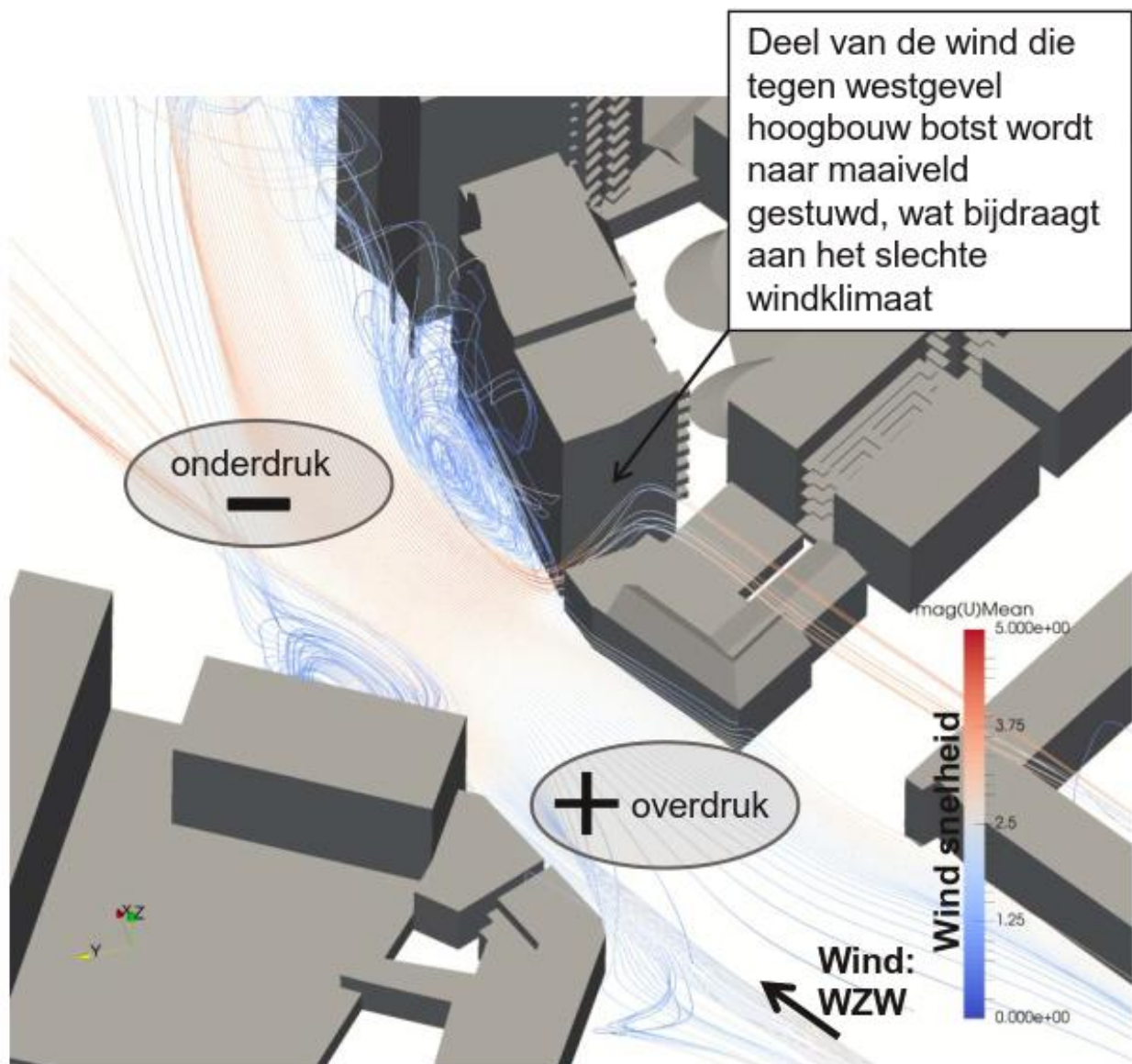




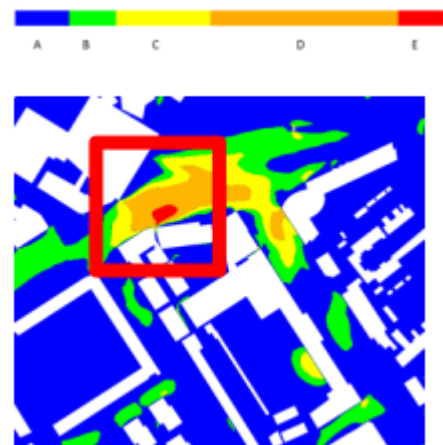
Vergelijkbare effecten als bij ZZW-wind: overdruk voor versmalling in straat, onderdruk bij verbreding straatprofiel. Resultaat: hogere windsnelheden op straat

Winddrukken bij WZW-wind

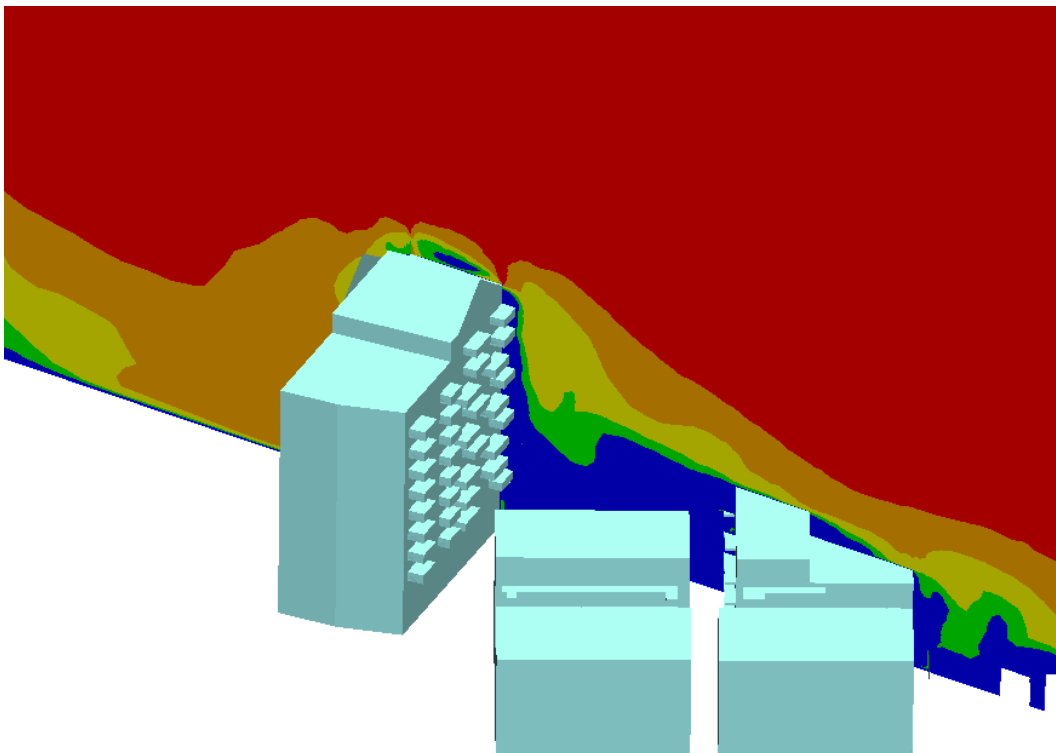
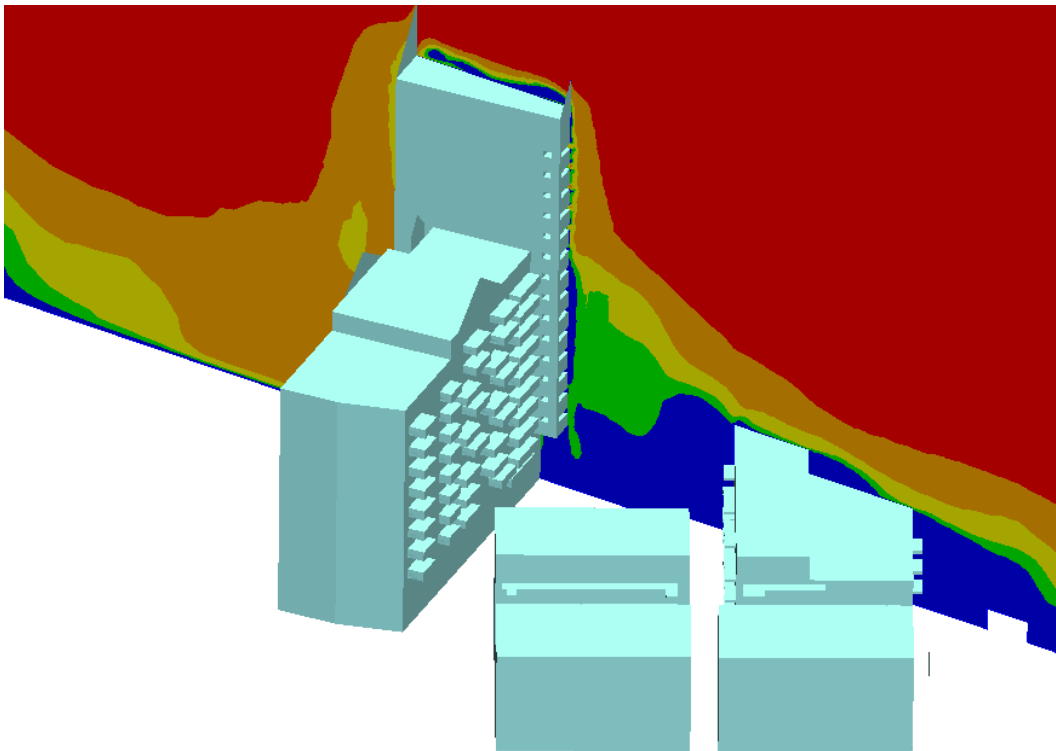




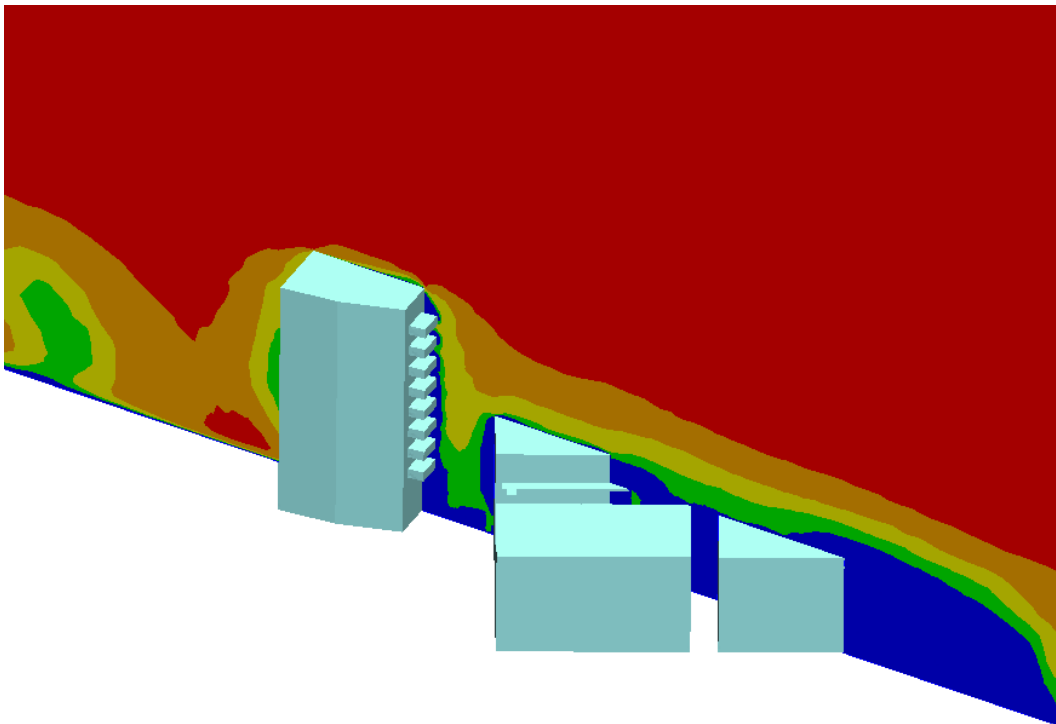
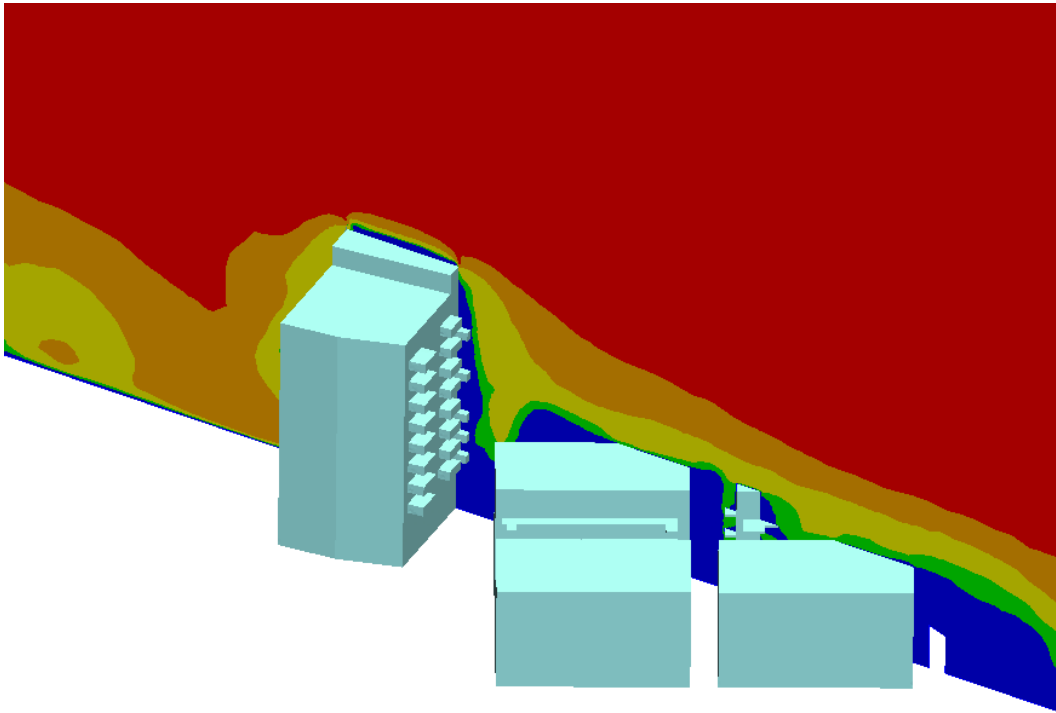
Stromingslijnen WZW



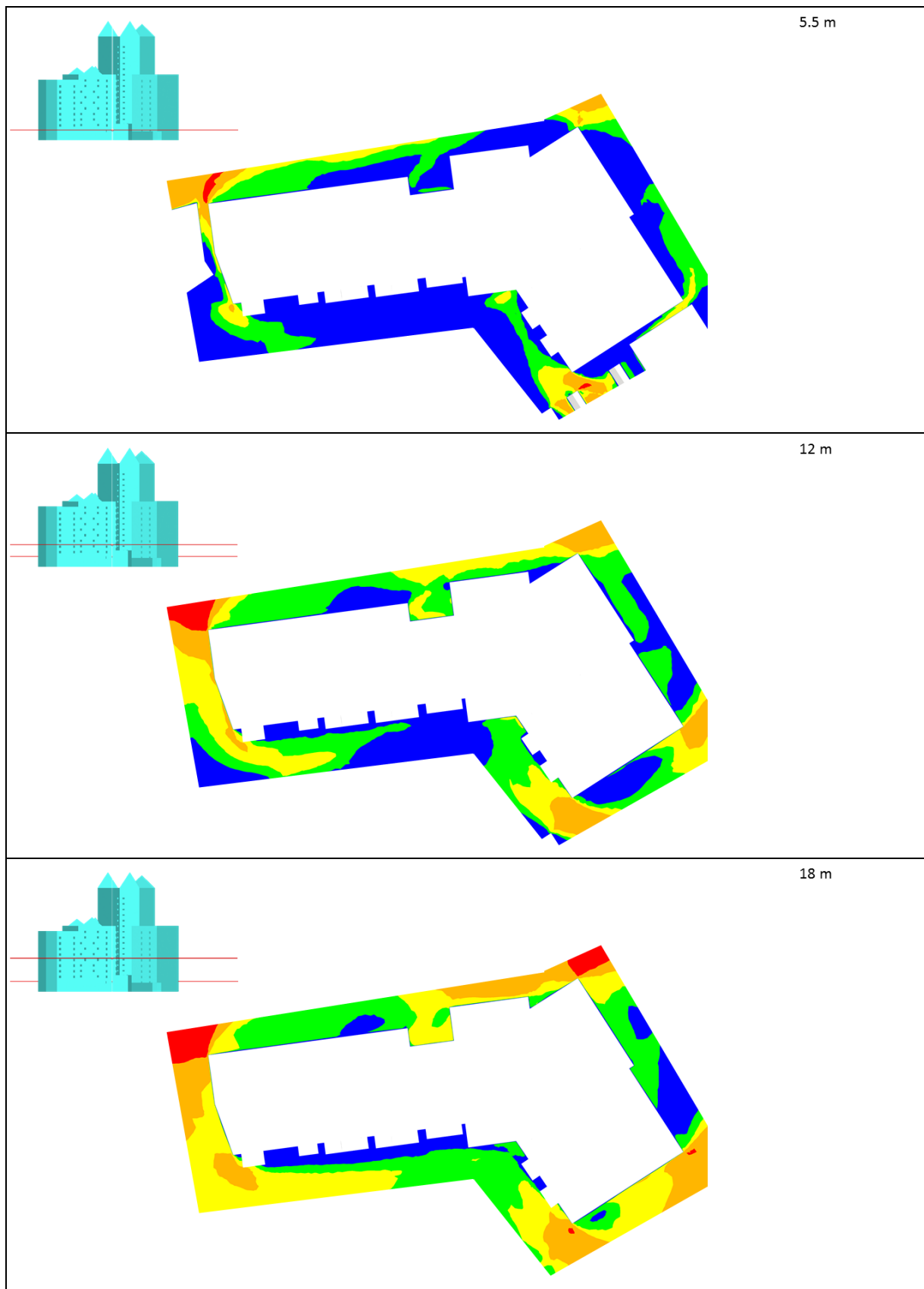
Bijlage VI Windklimaat langs de gebouwgevels van blok A



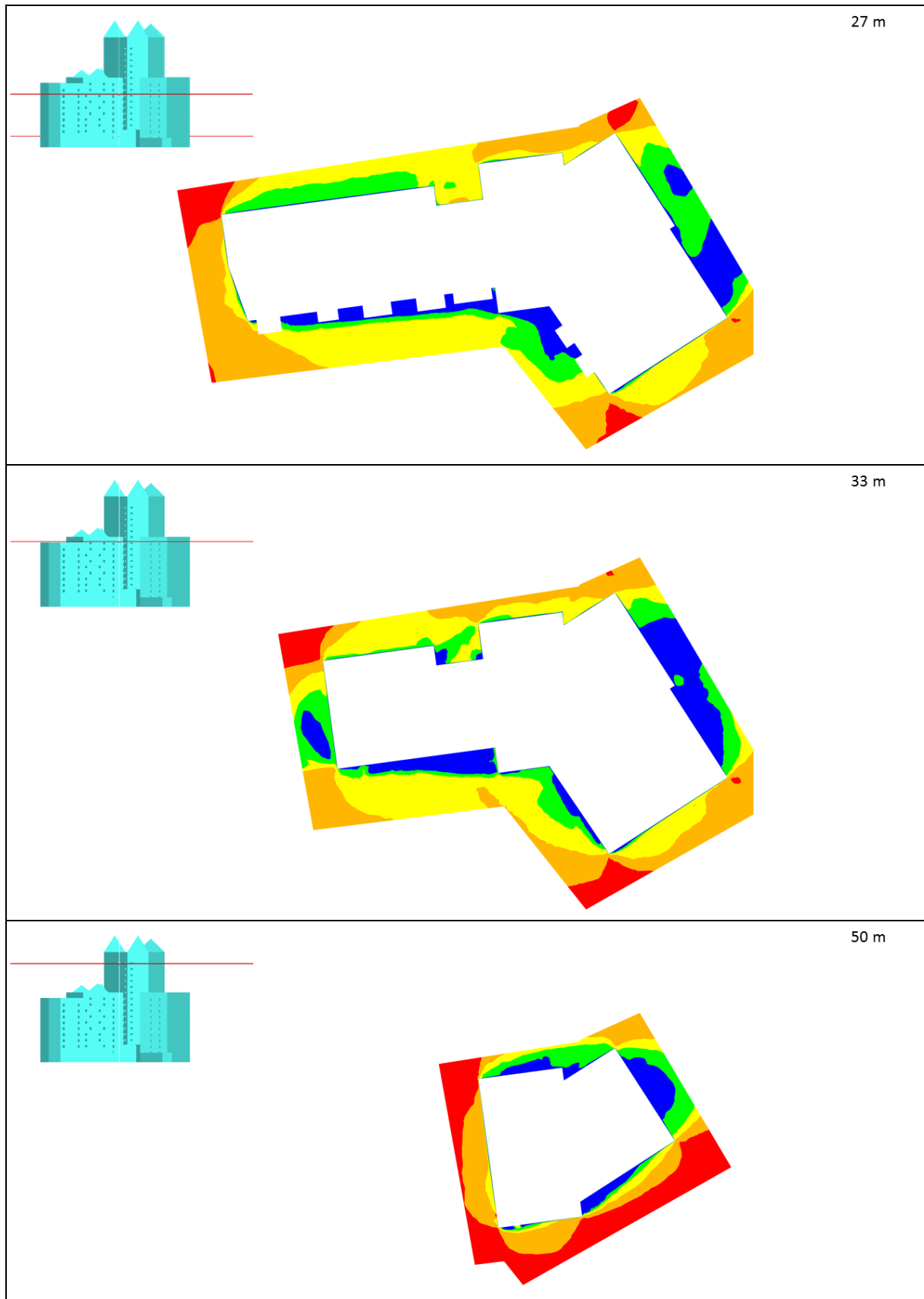
Rekenresultaten windhinder over de gebouwddoorsnede conform NEN 8100



Rekenresultaten windhinder over de gebouwddoorsnede conform NEN 8100



Windhinderklassen conform NEN 8100



Windhinderklassen conform NEN 8100

