ARUP

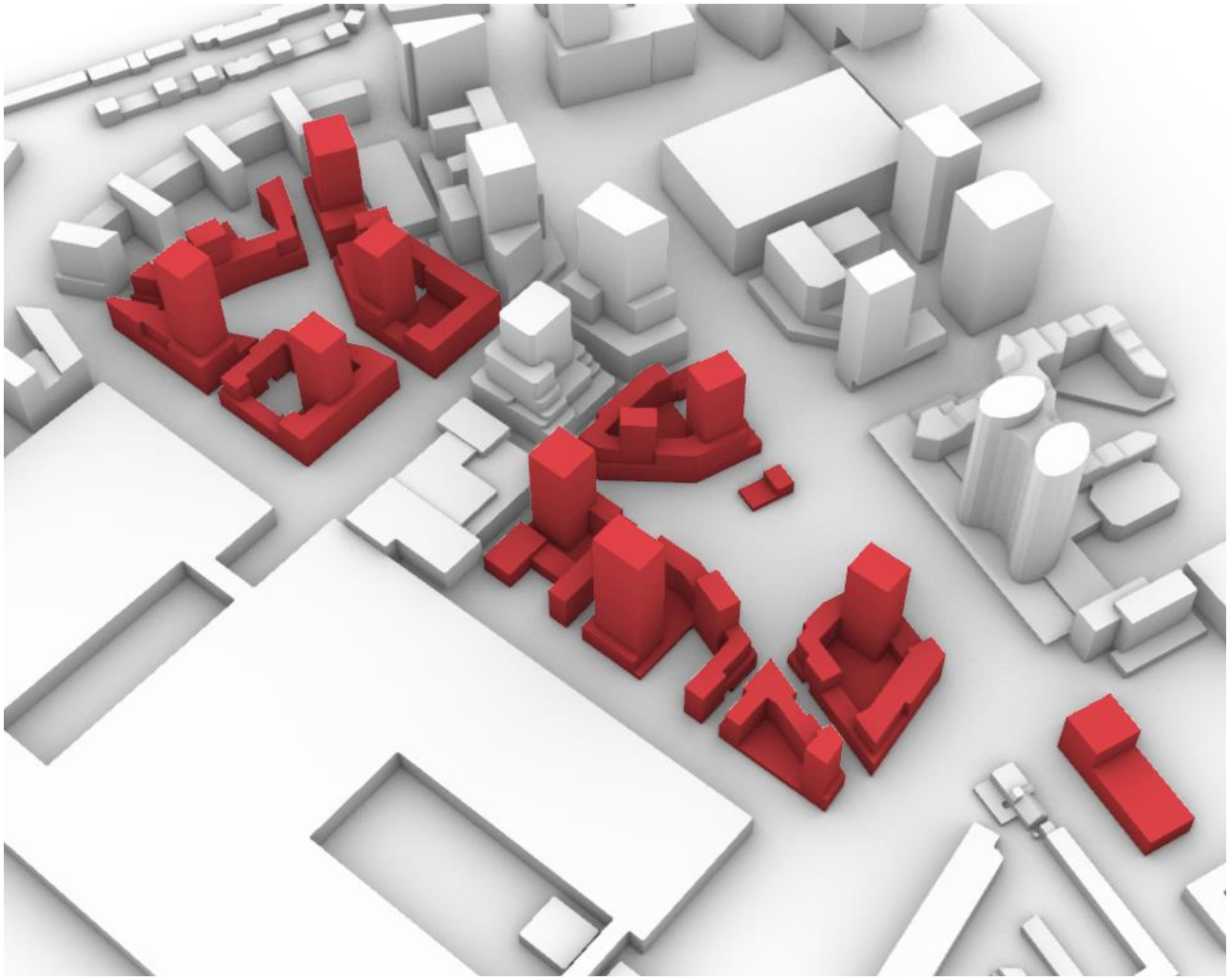
Gemeente Utrecht

Beurskwartier

Windhinder- en bezonningsonderzoek

Reference: 26795500

Definitief v3 | 05 mei 2023



© Arup

Dit rapport is opgesteld met inachtneming van de specifieke instructies en eisen van de opdrachtgever. Gebruik van (delen van) dit rapport door derden, zoals bijvoorbeeld (maar niet beperkt tot) openbaarmaking, vermenigvuldiging en verspreiding is verboden. Arup aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid jegens derden voor de inhoud van het rapport, noch kan een derde aan de inhoud van het rapport enig recht ontlenen. This report takes into account the particular instructions and requirements of our client. It is not intended for and should not be relied upon by any third party and no responsibility is undertaken to any third party

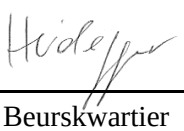
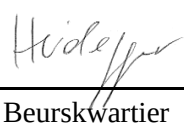
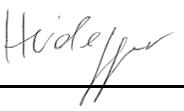
Opdracht nummer 26795500

Arup B.V.
Beta Building Naritaweg 118
1043 CA
Amsterdam
Netherlands
arup.com

ARUP

Document Verificatie

Opdracht titel	Beurskwartier
Document titel	Windhinder- en bezonningsonderzoek
Opdracht nummer	26795500
Document ref	26795500 -01
Dossier referentie	

Versie	Datum				
		Dossiernaam	Beurskwartier		
Definitief	04-04-2023	**Omschrijving**	Kwantitatief windhinder- en bezonningsonderzoek		
			Voorbereid door	**Gecontroleerd door**	**Goedgekeurd door**
		Name	Veronika Heidegger	Jacco Paauw	
		Handtekening			
Definitief v2	26-04-2023	**Dossiernaam**	Beurskwartier		
		Omschrijving	Kwantitatief windhinder- en bezonningsonderzoek + verwerkte opmerkingen		
			Voorbereid door	**Gecontroleerd door**	**Goedgekeurd door**
		Name	Veronika Heidegger	Jacco Paauw	
		Handtekening			
Definitief v3	05-05-2023	**Dossiernaam**	Beurskwartier		
		Omschrijving	Kwantitatief windhinder- en bezonningsonderzoek + verwerkte opmerkingen		
			Voorbereid door	**Gecontroleerd door**	**Goedgekeurd door**
		Name	Veronika Heidegger	Jacco Paauw	
		Handtekening			

Uitgifte Document Verificatie met Document Issue Document Verification with Document ✓

Inhoud

1.	Inleiding	1
2.	Bezonning	2
2.1	Uitgangspunten en randvoorwaarden	2
2.2	Resultaten	2
2.3	Conclusies en aanbevelingen	7
3.	Wind	9
3.1	Uitgangspunten en randvoorwaarden	9
3.2	Resultaten	12
3.3	Conclusies en aanbevelingen	15

Appendices

Appendix A A-1
Windstatistiek en terrein ruwheid A-1

Appendix B B-1
Technisch inlegvel numerieke simulatie B-1

1. Inleiding

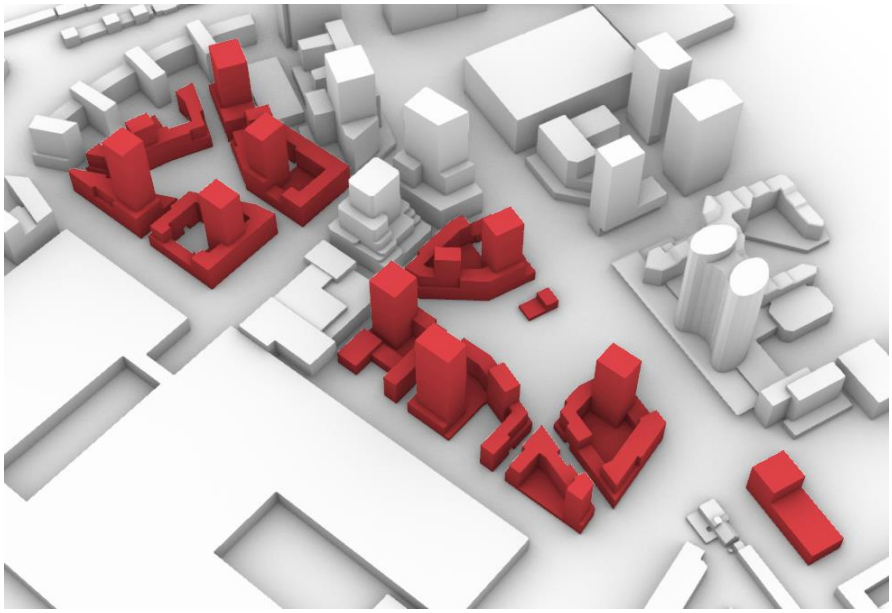
Voorliggende rapportage behandelt het windhinder- en bezonningsonderzoek voor het stedenbouwkundig plan Beurskwartier te Utrecht. Het Beurskwartier is een ontwikkeling naast de Jaarbeurs te Utrecht en behelst woningen en kantoorruimten, bestaande uit compacte bouwblokken met actieve plinten en twee parken.

In 2021 heeft Arup een eerste windhinder- en bezonningsonderzoek uitgevoerd voor het plan. In het kader van de beroepsprocedure die loopt tegen het bestemmingsplan heeft de gemeente ons gevraagd om dit onderzoek te updaten.

De resultaten van de analyses worden in deze rapportage besproken. Er wordt met behulp van een numerieke simulatie inzicht gegeven in de effecten van de nieuwbouw op de bezonning en het windklimaat in het plangebied en de omgeving.



Figuur 1 - Huidige omgeving plangebied



Figuur 2 - 3D impressie stedenbouwkundig plan

2. Bezonning

2.1 Uitgangspunten en randvoorwaarden

Er wordt onderscheid gemaakt tussen bezonning, daglicht en zonne-energie. Bezonning betreft de direct invallende straling van de zon. Daglicht is het geheel van direct, diffuus en gereflecteerd zonlicht binnen het zichtbare spectrum (voor de mens waarneembaar). Zonne-energie is energie van de zon in de vorm van warmte en licht.

Dit onderzoek beperkt zich tot het in kaart brengen van de effecten van de beoogde planontwikkeling op de bezonning van het plangebied en de omliggende bebouwing. Ook is een analyse uitgevoerd om de potentiële hoeveelheid op te wekken zonne-energie binnen het plangebied inzichtelijk te maken.

2.1.1 Bezonning

In relatie tot bezonning geldt in Nederland geen wettelijke eis. Wel kan de gemeente in het kader van een goede stedenbouwkundige inpassing eisen stellen aan de effecten van planontwikkelingen voor de bezonning van woningen.

Door de gemeente Utrecht is een richtlijn opgesteld waarbij eisen worden gesteld aan de effecten van nieuwbouw op de bezonning van bestaande woningen in de omgeving. De richtlijn van de gemeente Utrecht sluit hierbij aan op die van een aantal andere grotere gemeentes (bijvoorbeeld Rotterdam) en stelt dat er sprake moet zijn van ten minste twee mogelijke bezonningsuren per dag voor de gevels van woningen in de periode van 21 maart tot 21 september. Hierbij is 21 maart (of 21 september) de maatgevende dag; als op die dag aan de norm wordt voldaan, zal dat ook in de overige maanden het geval zijn.

In de analyse is de maximaal mogelijke bezonningsduur op de toetsdatum (21 maart), uitgaande van een onbewolkte hemel, beschouwd. De volgende gebieden zijn geanalyseerd: openbare ruimte op maaiveld, privé- en semipublieke binnentuinen, gemeenschappelijke dakterrassen en gevels binnen het plangebied en in de directe omgeving.

2.1.2 Zonne-energie

Deze analyse is uitgevoerd met als doel inzicht te krijgen in de (jaarlijks) potentiële hoeveelheid op te wekken zonne-energie binnen het plangebied. Hierbij zijn de volgende streefwaarden gehanteerd:

Tabel 1 - Beoordeling zonne-energie

Jaarlijkse zonne-energie	Beoordeling
≥ 900 kWh/m2	uitstekend
800 - 900 kWh/m2	goed
600 - 800 kWh/m2	matig

In de analyse is uitgegaan van typische weerdata uit de ASHRAE IWEC 1.1 database. Hierbij wordt rekening gehouden met uurlijkse stralingsniveaus en bewolking. De volgende gebieden zijn geanalyseerd: lage en hoge daken (uitgezonderd gemeenschappelijke dakterrassen).

2.2 Resultaten

De berekende bezonningsduur op de toetsdatum (21 maart) is met kleurcontouren weergegeven. Het kleurgebruik komt overeen met de gestelde eis voor bezonning: rood < 2 uur, groen ≥ 2 uur.

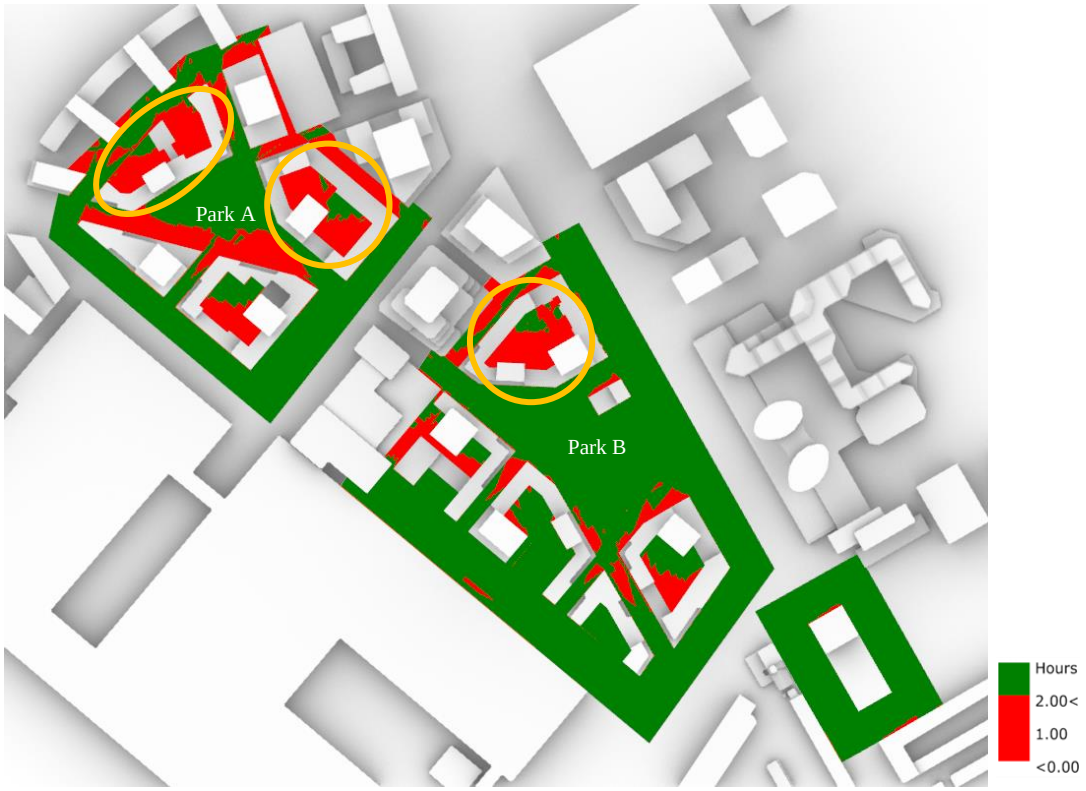
2.2.1 Bezonning buitenruimte

Park B voldoet op de toetsdatum (21 maart) aan de gestelde streefwaarde voor nagenoeg het gehele gebied; ook Park A voldoet voor een groot deel, met uitzondering van een strook langs de bebouwing aan de ZW-zijde.

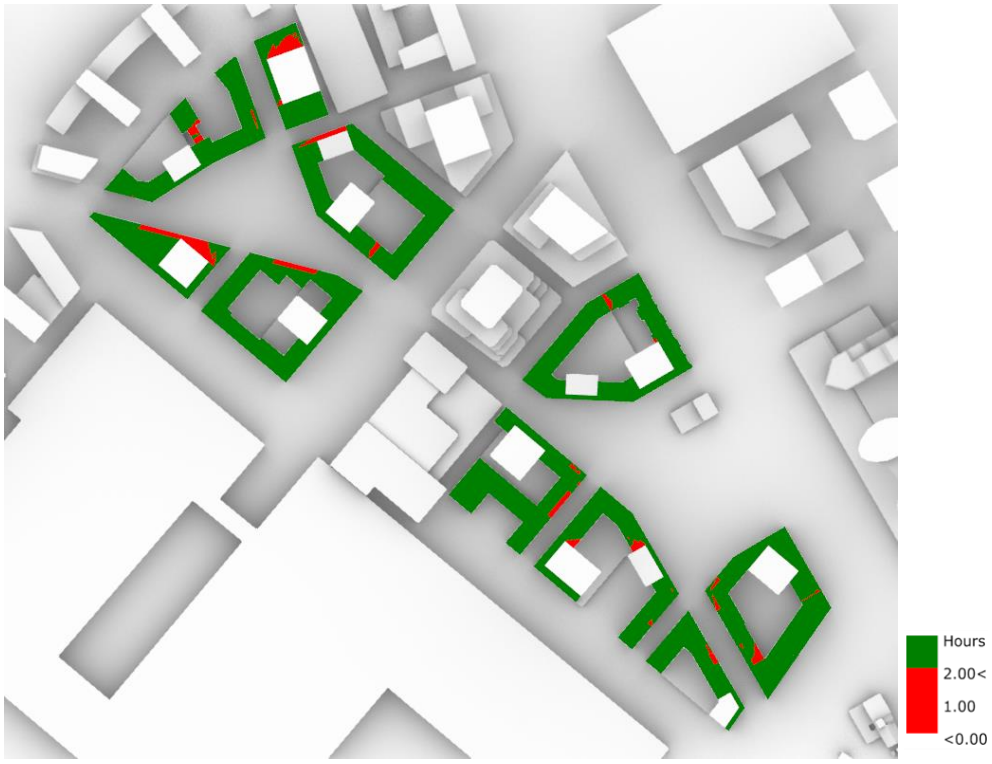
Een aandachtspunt vormen de gesloten binnenplaatsen; op de toetsdatum hebben deze een relatief groot oppervlak dat niet voldoet aan de gestelde streefwaarde (zie oranje aandachtsgebieden).

De open binnenplaatsen langs de Jaarbeurs voldoen op de toetsdatum aan de gestelde streefwaarde. Dit is een verbetering ten opzichte van het eerder geteste model uit 2021 waarbij de binnenplaatsen gesloten waren en deels niet voldeden aan de bezonningseis.

De lagere daken en gemeenschappelijke dakterrassen voldoen grotendeels aan de bezonningseis, behalve op enkele plekken waar ze worden beschaduwd door de hoogbouwaccenten.



Figuur 3- Resultaten bezonning maaiveld



Figuur 4- Resultaten bezonning lagere daken

2.2.2 Bezonning gevels

Er zijn twee aspecten geanalyseerd: (1) de bezonning van de gevels van het Beurskwartier en (2) de impact van het Beurskwartier op de omliggende bebouwing.

Gevels op het noorden zijn niet in de studie meegenomen omdat deze gezien hun oriëntatie geen direct zonlicht kunnen ontvangen.

2.2.2.1 Gevels Beurskwartier

De gevels van de torens en nagenoeg alle zuidgevels in de plinten behalen de beoogde streefwaarde van 2 uur directe bezonning.

Enkele gevels aan de NO en NW kant van de plinten en op de onderste verdiepingen van de torens voldoen niet aan de gestelde streefwaarde van 2 uur bezonning; geadviseerd wordt om bij de indeling van de appartementen hiermee rekening te houden zodat ieder appartement minimaal één gevel heeft die voldoet aan de gestelde eis.

2.2.2.2 Gevels omliggende bebouwing

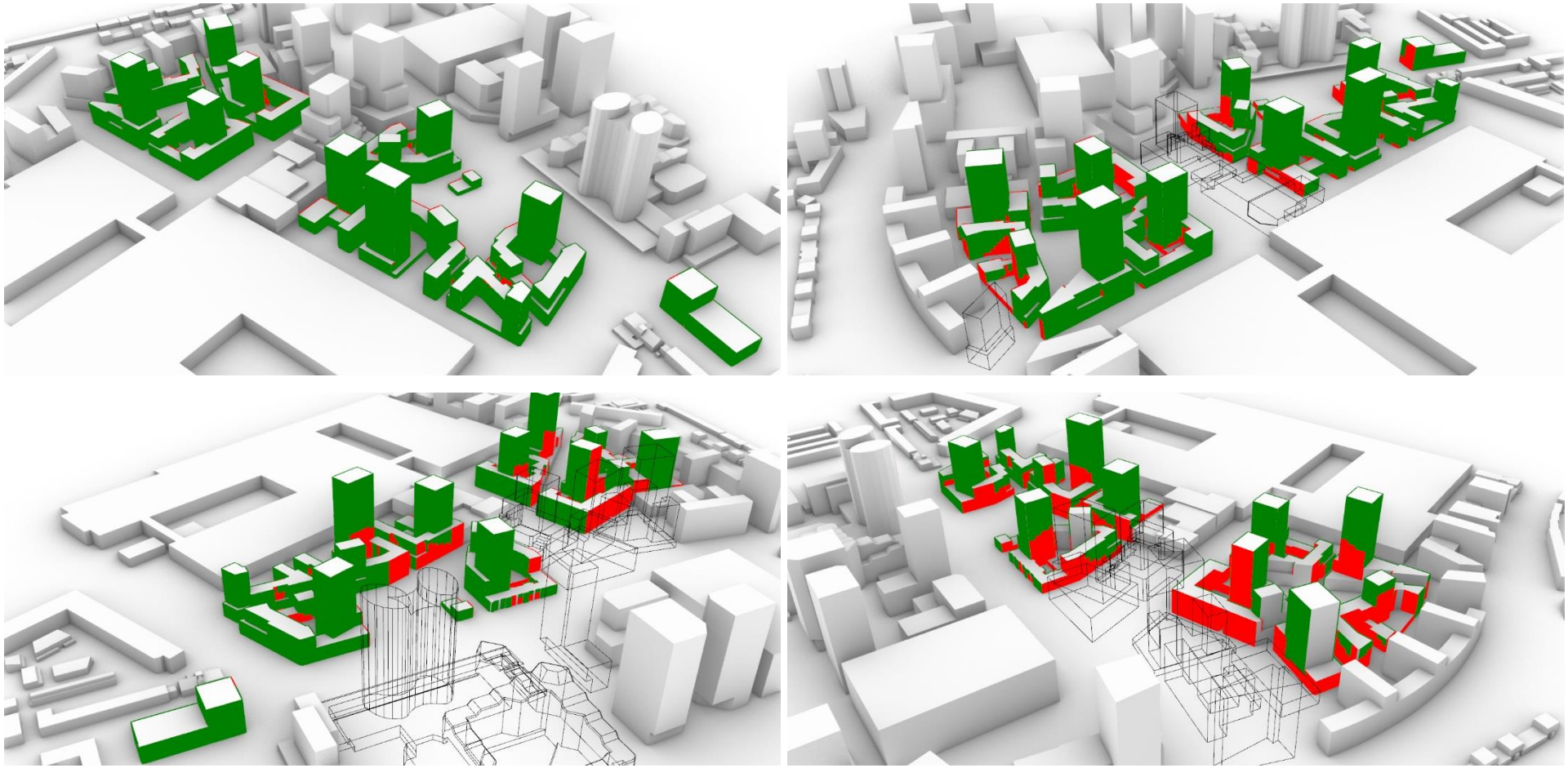
De studie toont enige impact van het plan op de lagere verdiepingen van de omliggende gebouwen aan de Graadt van Roggenweg en de Croeselaan. De verminderde bezonning betreft in dit geval voornamelijk gebouwen met een kantoorfunctie, een bioscoop en een parkeergarage. Aan de bezonning van deze functies worden zowel in het bouwbesluit als op gemeentelijk niveau geen eisen gesteld, waardoor dit ruimtelijk aanvaardbaar lijkt.



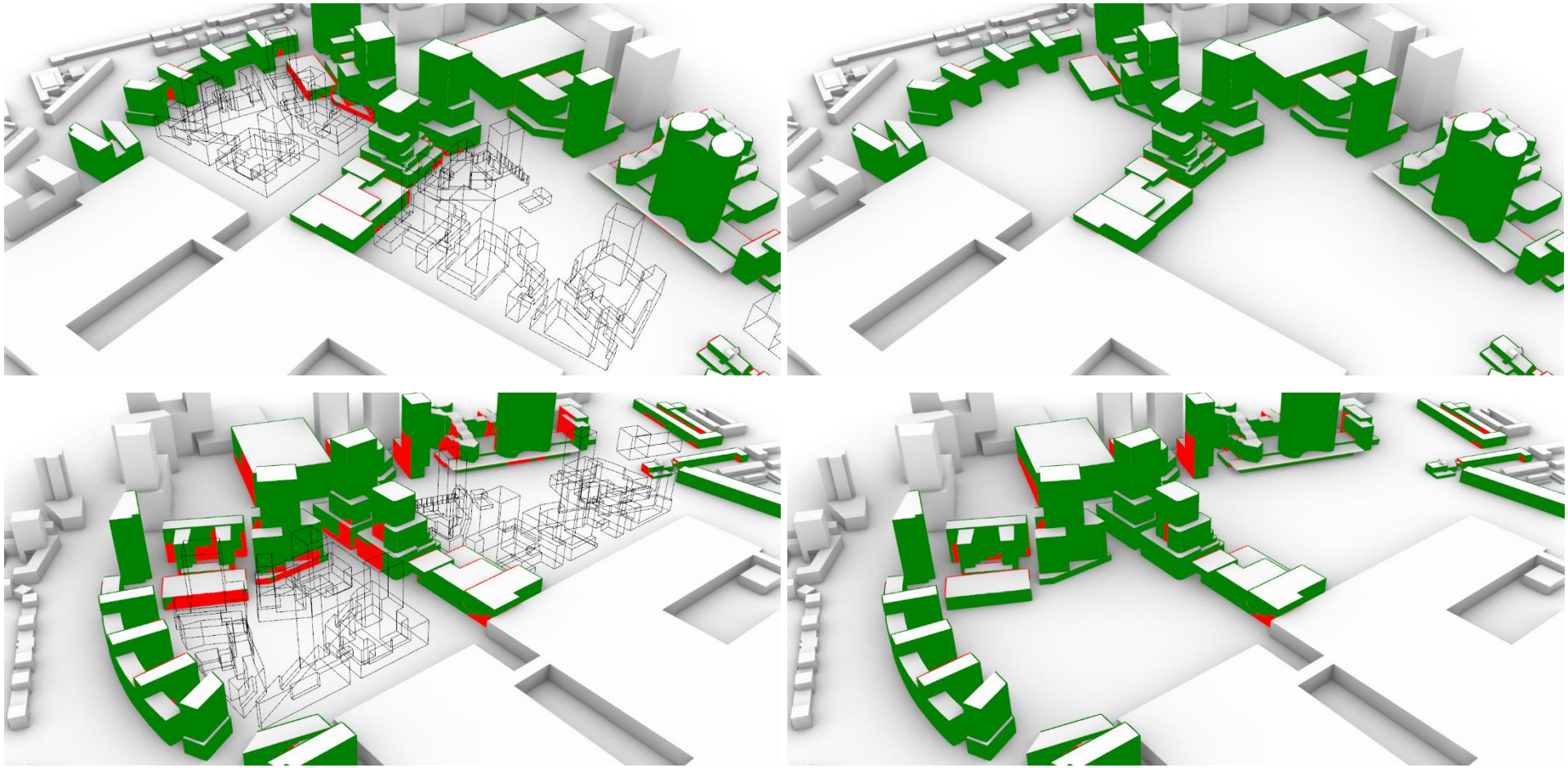
Figuur 5 - Gebouwen met grootste vermindering aan bezonning

Ondanks dat er geen wettelijke eisen en richtlijnen gelden voor de bezonning van kantoren, is het bezonningsonderzoek uitgevoerd om de kwalitatieve effecten van de ontwikkeling op de omgeving inzichtelijk te maken.

Er is ook beperkte invloed van het plan op de bezonning van de lagere verdiepingen van de woningen in de Asselijnstraat.



Figuur 6 - Bezonning gevels plangebied

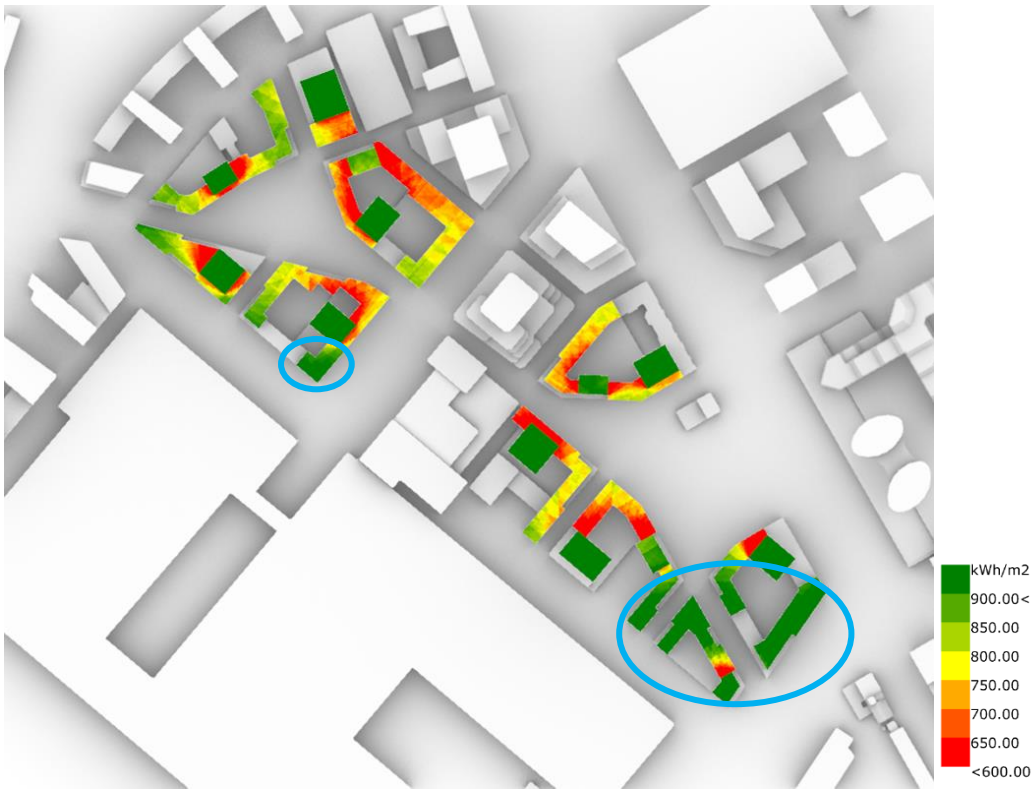


Figuur 7 - Bezonning gevels omliggende gebouwen (links met Beurskwartier, rechts zonder Beurskwartier)

2.2.3 Zonne-energie

De resultaten van de jaarlijks opvallende zonne-energie analyse laten zien dat niet alleen de hoogste daken maar ook enkele van de lagere daken goed geschikt zijn voor het opwekken van zonne-energie (blauw omcirkeld).

Tabel 2 geeft een overzicht van het potentieel geschikte dakoppervlak voor de opwekking van zonne-energie.



Figuur 8- Resultaten zonne-energie

Tabel 2 - Potentieel dakoppervlak voor opwekken van zonne-energie

Jaarlijkse zonne-energie	Dakoppervlak
≥ 900 kWh/m^2 (uitstekend)	7200 m^2
800 - 900 kWh/m^2 (goed)	3400 m^2
600 - 800 kWh/m^2 (matig)	7300 m^2

2.3 Conclusies en aanbevelingen

2.3.1 Bezonning

De bezonningsstudie is uitgevoerd voor de meest nadelige situatie binnen de bezonningsrichtlijn van de gemeente Utrecht, 21 maart, waarbij een streefwaarde van minimaal 2 mogelijke bezonningsuren wordt gesteld.

Hierbij is uitgegaan van het stedenbouwkundig plan waarin enkele hoogbouwaccenten tot 90m zijn opgenomen. Uit de bezonningsstudie van het stedenbouwkundig plan kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De twee parken en de gemeenschappelijke dakterrassen voldoen voor een groot deel aan de gestelde streefwaarde.

- De open binnenplaatsen langs de Jaarbeurs voldoen aan de gestelde streefwaarde. De gesloten binnenplaatsen zijn echter een aandachtspunt; op de toetsdatum hebben deze een relatief groot oppervlak dat niet voldoet aan de gestelde streefwaarde.
- De gevels van de torens en nagenoeg alle zuidgevels in de plinten behalen de beoogde streefwaarde van 2 uur directe bezonning. Een aandachtspunt zijn de gevels aan de NO en NW kant van de plinten en op de onderste verdiepingen van de torens.
- Nagenoeg alle gevels van het Ondaatje, met uitzondering van een deel van de NW gevel, behalen de beoogde streefwaarde van 2 uur directe bezonning.
- De studie toont enige impact van het Beurskwartier op de lagere verdiepingen van de omliggende gebouwen. De richtlijn van de gemeente Utrecht is echter gericht op de beoordeling van woningen. De verminderde bezonning betreft hier vooral gebouwen met een kantoorfunctie en een parkeergarage waaraan geen eisen zijn gesteld. Er is echter ook beperkte invloed op de bezonning van de lagere verdiepingen van de woningen in de Asselijnstraat.

Om de bezonning op de bovengenoemde aandachtspunten te verbeteren is een aantal maatregelen mogelijk:

- Om de bezonning van de binnenplaatsen te vergroten kan worden overwogen om het plintvolume aan de zuid-, oost- of westzijde te verlagen.
- Bij de indeling van de appartementen binnen het plangebied dient rekening te worden gehouden dat ieder appartement minimaal één gevel heeft die voldoet aan de gestelde bezonningseis.
- Bij de woningen in de Asselijnstraat wordt aanbevolen om de reductie in bezonningsuren ten opzichte van de huidige situatie nader te onderzoeken.

2.3.2 Zonne-energie

De zonne-energie analyse is uitgevoerd met als doel inzicht te krijgen in de (jaarlijks) potentiële hoeveelheid op te wekken zonne-energie binnen het plangebied.

De analyse laat zien dat niet alleen de hoogste daken maar ook enkele van de lagere daken goed geschikt zijn voor het opwekken van zonne-energie.

3. Wind

3.1 Uitgangspunten en randvoorwaarden

De volgende documenten zijn gehanteerd als grondslag voor de CFD-analyse.

- 3D model: su_3d_beurskwartier_202303c.dwg
- NEN8100:2006 Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving
- NPR 6097:2006 Toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland

3.1.1 Normstelling en eisen

De beoordeling van het windklimaat is in Nederland vastgelegd in de norm NEN 8100. Deze norm geeft eisen en bepalingsmethoden voor de toetsing van het lokale windklimaat in de gebouwde omgeving op loop- of verblijfsniveau in relatie tot het effect van wind op voetgangers.

In een aantal situaties veroorzaakt een nieuw bouwwerk of nieuwe wijk geen significante verslechtering van het lokale windklimaat. Wanneer eisen worden gesteld aan het windklimaat kan op basis van de beschuttingsconditie en de bouwwerkhoogte worden beoordeeld of nader onderzoek naar het windklimaat noodzakelijk is.

Om snel en eenvoudig een indicatie te krijgen of windhinder is te verwachten, is een beslismodel opgesteld (zie Tabel 3).

Tabel 3 – NEN 8100 beslismodel

Gebouwhoogte	Beschut	Onbeschut
< 15 m	geen nader onderzoek	beoordeling windhinderdeskundige
15 – 30 m	beoordeling windhinderdeskundige	beoordeling windhinderdeskundige
> 30 m	nader onderzoek met CFD- of windtunnelsimulatie	nader onderzoek met CFD- of windtunnelsimulatie

Voor beschut liggende gebouwen tot een hoogte van 15 m is volgens NEN 8100 geen nader onderzoek noodzakelijk. Voor beschut liggende gebouwen met een hoogte tussen de 15 m en 30 m en voor onbeschut liggende gebouwen tot een hoogte van 30 m is de hulp van een windhinderdeskundige noodzakelijk om te beoordelen of er wel of niet windtunnel- of CFD-onderzoek noodzakelijk is. Voor gebouwen met een hoogte vanaf 30 m is nader onderzoek met CFD- of windtunnelsimulatie noodzakelijk.

Omdat het huidige plan van Beurskwartier enkele hoogteaccenten tot een hoogte van 90 m omvat is volgens het NEN 8100 beslismodel dus nader onderzoek met CFD- of windtunnelsimulatie noodzakelijk.

In de beoordeling van het lokale windklimaat maakt de NEN 8100 onderscheid tussen windgevaar en windhinder.

3.1.1.1 Windhinder

Er is sprake van windhinder wanneer personen hinder ondervinden van de wind. Het blijkt dat vooral bij windsnelheden boven circa 5 m/s mechanische effecten een rol spelen: het haar verwaait, kleding en paraplu's worden door de wind bewogen, en met toenemende windsnelheid heeft men steeds meer moeite om regelmatig te blijven lopen en het evenwicht te bewaren.

Windkracht 3 op de schaal van Beaufort omvat snelheden tussen 3,4 m/s en 5,4 m/s; windkracht 4 tussen 5,5 m/s en 7,9 m/s. Het KNMI geeft hierbij de beschrijving: bladeren en twijgen bewegen voortdurend (3 Beaufort) en kleine takken beginnen te bewegen, stof en papier dwarrelt op (4 Beaufort). [1]

De NEN8100 beoordeelt de mate van windhinder dan ook op basis van de grenswaarde voor de windsnelheid van 5 m/s. Hierbij worden drie activiteiten onderscheiden (I. Doorlopen, II. Slenteren en III. Langdurig zitten) waarbij voor elke activiteit een andere mate van hinder wordt ervaren, zie Tabel 4. Om de mate van windhinder vast te stellen, wordt de overschrijdingsfrequentie van een uurgemiddelde windsnelheid van 5 m/s op hoofdhoogte bepaald.

Tabel 4 - NEN 8100 Beoordeling criteria windhinder per activiteitenklasse

Overschrijdingskans $p(v_{LOK} > v_{DR,H})$ **in procenten van het aantal uren per jaar**	**Kwaliteitsklasse**	**Activiteiten**		
		I. Doorlopen	II. Slenteren	III. Langdurig zitten
< 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

3.1.1.2 Windgevaar

Er is sprake van windgevaar als er een zodanig hoge windsnelheid optreedt dat lopende personen slecht blijven staan. In de NEN8100 wordt hiervoor een drempelsnelheid (15 m/s) gehanteerd die ten hoogste 0,3 % van het jaar (beperkt risico) mag worden overschreden. Dit geldt alleen voor activiteitenklasse I ‘doorlopen’. Voor de activiteitenklassen II en III geldt dat de drempelsnelheid ten hoogste 0,05% van het jaar mag worden overschreden, zie Tabel 5.

Tabel 5 - NEN 8100 Beoordeling criteria windgevaar

Overschrijdingskans $p(v_{LOK} > v_{DR;G})$ **in procenten van het aantal uren per jaar**	**Kwalificatie**
$0,05 < p < 0,30$	Beperkt risico
$p \geq 0,30$	Gevaarlijk

3.1.2 CFD model

Voor het windhinder onderzoek is gebruik gemaakt van Computational Fluid Dynamics (CFD). CFD is de studie van stromingsleer waarin gebruik wordt gemaakt van numerieke analyses voor het oplossen van stromingsvergelijkingen. Hierbij worden computers ingezet om de interacties te simuleren van vloeistoffen en/of gassen onderling en met oppervlakken. In dit geval wordt CFD ingezet als ‘digitale windtunnel’ om inzicht te verkrijgen in de luchtstromingen rond gebouwen. De berekeningen zijn uitgevoerd met het softwarepakket OpenFoam versie 2006. Meer details over het model zijn als Appendix B opgenomen.

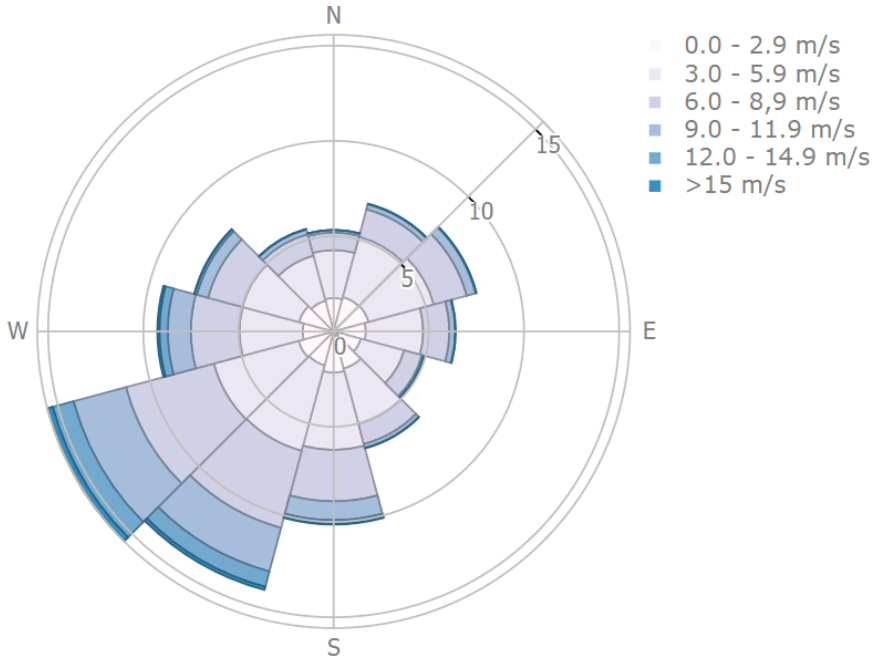
3.1.3 Windklimaat op de locatie

De CFD-analyse toetst het plangebied op 12 windrichtingen, met een windroos van de bouwlocatie met windsnelheden, -richtingen en frequentie. De windstatistiek is bepaald met behulp van NPR 6097. De statistiek is gebaseerd op meetgegevens van de windsnelheid en windrichting van maximaal 51 KNMI meetstations. Deze meetgegevens beslaan de periode van 40 jaar, 1963 – 2002.[2]

[1] NEN 8100

[2] NPR 6097

Met behulp van deze meetgegevens is een dataset gemaakt waarmee voor iedere locatie in Nederland de windstatistiek op 60 m hoogte bepaald kan worden. De statistiek wordt daarbij gecorrigeerd voor ruwheden in het landschap. In Appendix A zijn de windstatistiek en de ruwheid van de omgeving te vinden. In Figuur 9 is de windstatistiek ter plaatse van het project gegeven in de vorm van een windroos met windsnelheden, -richtingen en frequentie. De windroos laat zien dat de dominante windrichtingen ZZW en WZW zijn, zowel in frequentie als in intensiteit.

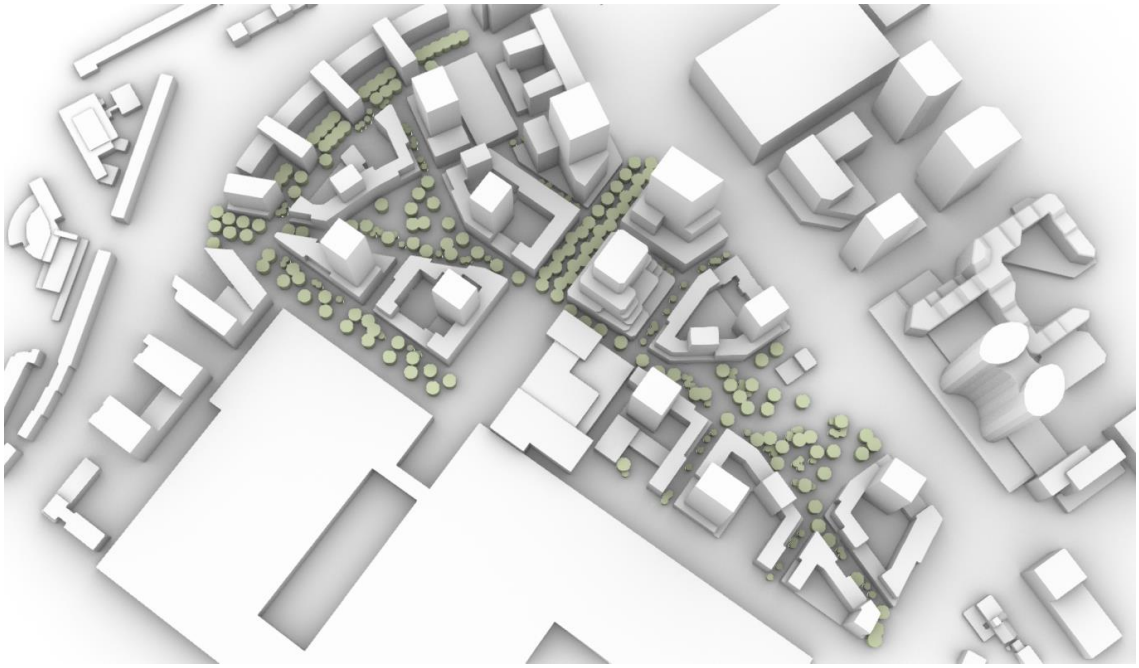


Figuur 9 - Windroos van de bouwlocatie met windsnelheden, -richtingen en frequentie

3.1.4 Modellering bomen

In het masterplan van Beurskwartier zijn bomen van 1e, 2e en 3e grootte geïntroduceerd in de openbare ruimte.

Het effect van bomen op het windklimaat is onderzocht in de CFD-studie. De bomen zijn gemodelleerd als poreuze volumes met een bladdichtheid (LAD) van 1.



Figuur 10 – Geplande bomen van 1e, 2e en 3e grootte

3.2 Resultaten

Op basis van de uitgevoerde CFD-analyse is het windklimaat beoordeeld volgens de NEN 8100 zoals beschreven in H3.1.1. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen windhinder en windgevaar.

Er zijn twee scenario's geanalyseerd: een scenario met en een scenario zonder bomen.

Omdat bomen maar een deel van het jaar blad dragen, zijn er ook twee scenario's gesimuleerd waarin bomen voor 30% en 40% van de tijd zijn meegenomen. De resultaten voor deze twee scenario's zijn te vinden in H3.3.1.

3.2.1 Beoordeling Windhinder

Voor de beoordeling van windhinder zijn de berekende kwaliteitsklassen met kleurcontouren in een horizontale doorsnede op hoofdhoogte weergegeven. Het kleurgebruik volgt de beoordelingscriteria uit de NEN 8100. Tabel 6 toont de gebruikte kleuren in relatie tot de berekende kwaliteitsklassen.

Tabel 6 - Kleurcodering windhinder

Overschrijdingskans $p(v_{LOK} > v_{DR,H})$ in procenten van het aantal uren per jaar	Kwaliteitsklasse	Activiteiten		
		I. Doorlopen	II. Slenteren	III. Langdurig zitten
< 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

Bij de beoordeling van windhinder wordt onderscheid gemaakt tussen de drie activiteiten doorlopen, slenteren en langdurig zitten. Deze activiteiten zijn gekoppeld aan de functie van een gebied. Een parkeerterrein behoort bijvoorbeeld tot activiteit I: doorlopen. Slenteren doet men bijvoorbeeld in een winkelstraat, onoverdekt winkelcentrum of park. Bij langdurig zitten valt te denken aan zitten op een bankje in een park.[3]

Het criterium voor slenteren is in dit plangebied van toepassing bij de hoofdingangen. De centrale pleinen zijn ontworpen als een ruimte voor gemeenschappelijke activiteiten met rustige en actieve plekken. Hier worden respectievelijk criterium 'zitten' en 'slenteren' toegepast. Op de overige locaties wordt de activiteitenklasse doorlopen gehanteerd.

3.2.2 Resultaten op maaiveld

Figuur 11 en Figuur 12 tonen de resultaten van de evaluatie voor windhinder volgens NEN 8100 (situatie met en zonder bomen).

Het gehele plangebied voldoet aan het criterium voor de activiteit 'doorlopen' (kwaliteitsklasse D). Bij de positionering van de hoofdentrees van de gebouwen moet er rekening mee worden gehouden dat minimaal kwaliteitsklasse C vereist is (zie rode aandachtsgebied).

De meeste binnenplaatsen hebben een aangenaam windklimaat dat voldoet aan de eisen voor de activiteit 'zitten' (minimaal kwaliteitsklasse B). Er zijn 2 uitzonderingen waar hogere windsnelheden voorkomen en waar afhankelijk van de gewenste functie mogelijk aanvullende maatregelen moeten worden genomen (zie oranje aandachtsgebied).

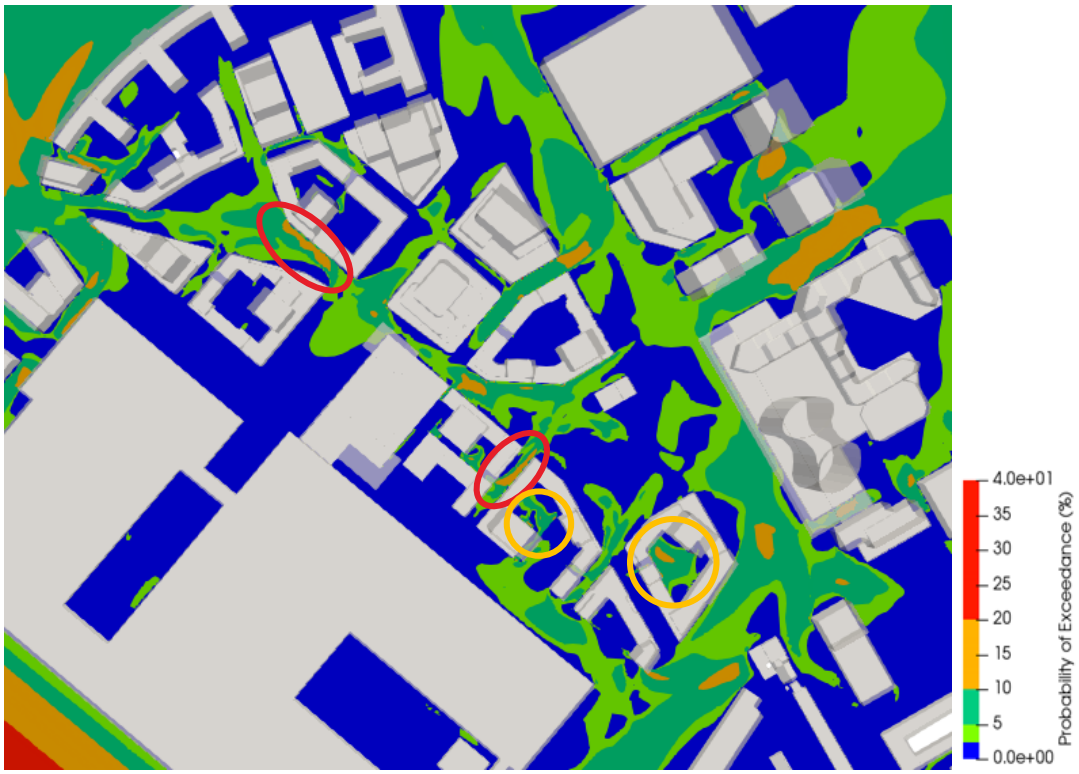
Ook de twee parken hebben een comfortabel windklimaat dat geschikt is om te 'slenteren' en voor een groot deel ook te 'zitten'.

[3] NEN 8100

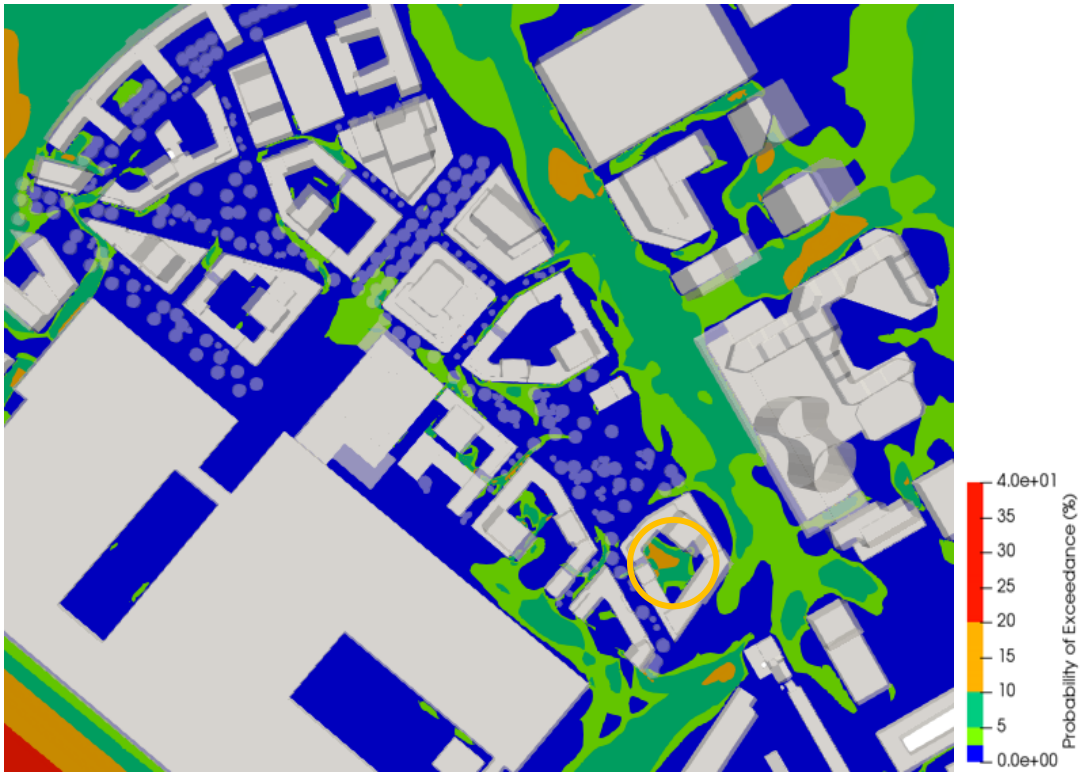
Rondom het Ondaatje heerst een goed windklimaat dat geschikt is voor de activiteiten ‘slenteren’ of ‘zitten’ (met name aan de West kant).

Ook rondom de omliggende bebouwing aan de Croeselaan, Graadt van Roggenweg en Van Zijstweg heerst ook met de toevoeging van Beurskwartier een goed windklimaat van voornamelijk kwaliteitsklasse C of beter. Lokaal, op de ZW hoek van het bestaande pand aan de Graadt van Roggenweg en op de hoek van Wonderwoods in de Croeselaan, is er sprake van kwaliteitsklasse D (activiteit ‘doorlopen’).

Met de toevoeging van bomen in het plan verbetert het windklimaat in het plangebied verder, tot slechts een klein gebied van kwaliteitsklasse D in het openbare gebied resteert. De binnenplaats van het meest zuidelijke blok blijft een aandachtspunt bij het plannen van gebruiksfuncties, en verslechterd zelfs licht. Ook in de Croeselaan is er een lichte verslechtering te zien door de toevoeging van bomen. Afgezien daarvan is er een algemene verbetering van het windklimaat in de omgeving van het Beurskwartier door de toevoeging van bomen.



Figuur 11- Resultaten windhinder op maaiveld zonder bomen



Figuur 12- Resultaten windhinder op maaiveld met bomen

3.2.3 Beoordeling Windgevaar

Om het ontwerp op windgevaar te beoordelen is de kans op het overschrijden van een windsnelheid van 15 m/s bepaald. Er is conform NEN8100 geen sprake van windgevaar als deze kans maximaal 0,3% bedraagt.

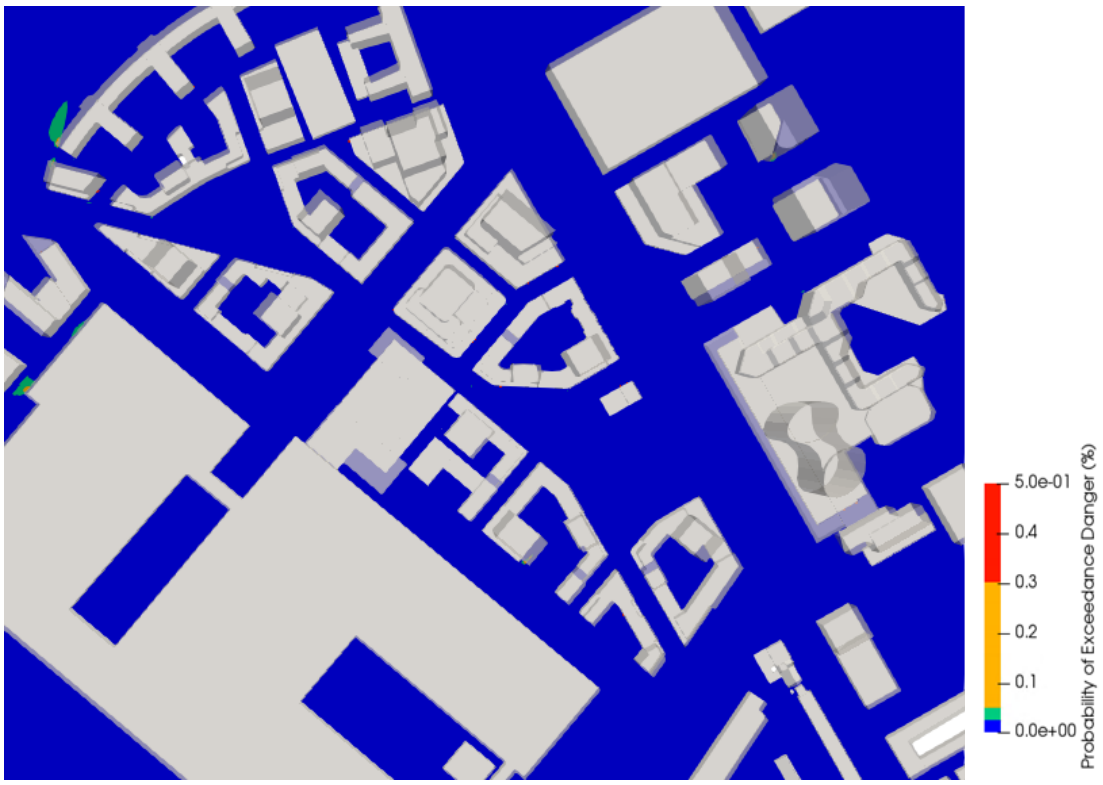
In het CFD model is hiertoe het windklimaat in het plangebied op hoofdhoogte beoordeeld. De beoordeling van windgevaar geldt alleen voor activiteitenklasse I ‘doorlopen’. Voor de overige activiteitenklassen geldt dat er geen windgevaar mag heersen. De gebruikte kleurcodering is in Tabel 4 weergegeven. Voor de locaties waar geen windgevaar aanwezig is zijn de kleuren blauw en groen gebruikt.

Tabel 7 - Kleurcodering windgevaar

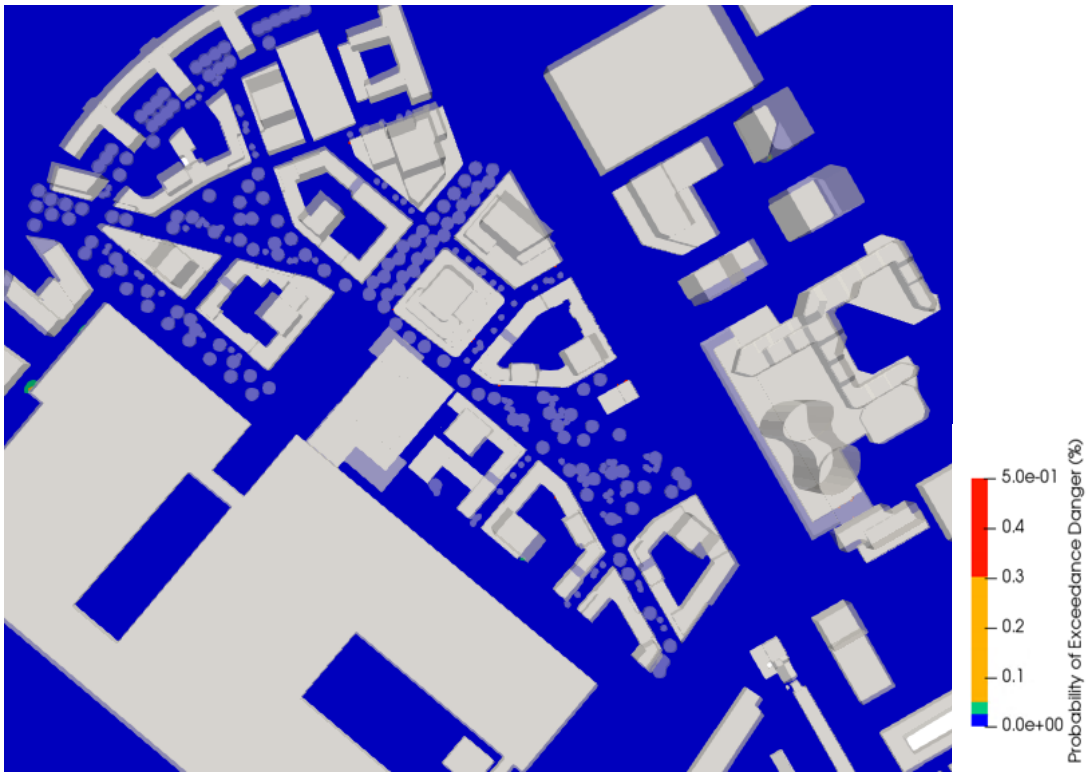
Overschrijdingskans $p(v_{LOK} > v_{DR;G})$ in procenten van het aantal uren per jaar	Kwalificatie
$0,05 < p < 0,30$	Beperkt risico
$p \geq 0,30$	Gevaarlijk

3.2.4 Resultaten op maaiveld

Figuur 13 en Figuur 14 tonen de resultaten van de evaluatie voor windgevaar volgens NEN 8100 (situatie met en zonder bomen). De resultaten laten zien dat er geen windgevaar bestaat in het beoordeelde gebied.



Figuur 13 - Resultaten windgevaar op maaiveld zonder bomen



Figuur 14 - Resultaten windgevaar op maaiveld met bomen

3.3 Conclusies en aanbevelingen

Er is een windhinder studie uitgevoerd voor het stedenbouwkundige plan Beurskwartier te Utrecht.

Het huidige plan bevat enkele hoogteaccenten tot een hoogte van 90 m waardoor, in aansluiting op het beslismodel uit NEN8100, een nader onderzoek naar het windklimaat met behulp van Computational Fluid Dynamic (CFD) is uitgevoerd.

In de uitgevoerde CFD analyse zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Uitvoering conform randvoorwaarden NEN8100 met behulp van Computational Fluid Dynamic (CFD) computer simulatie.
- De CFD-analyse toetst het plangebied op 12 windrichtingen.
- Het onderzoek heeft betrekking op de beoordeling van windhinder en windgevaar ter plaatse van het openbare gebied op maaiveldniveau.
- Twee scenario's zijn geanalyseerd: een scenario met en een zonder de aanwezigheid van bomen.

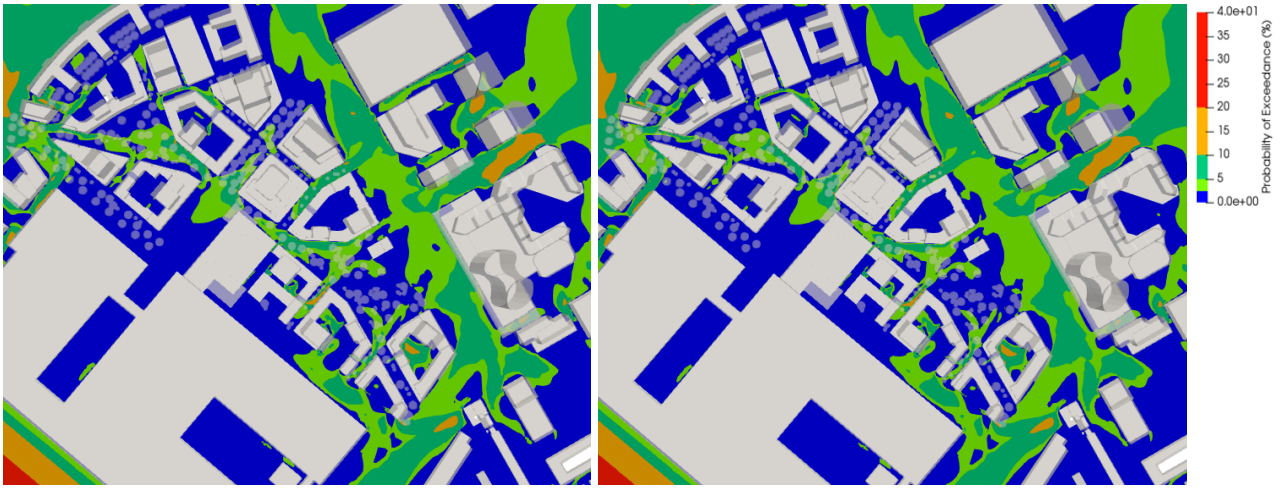
3.3.1 Conclusies

Geconcludeerd wordt dat over het algemeen een goed windklimaat heerst in het plangebied en rondom de omliggende bebouwing. Het gehele gebied voldoet aan het criterium voor de activiteit 'doorlopen' (kwaliteitsklasse D) en de twee parken en de meeste binnenterreinen hebben een comfortabel windklimaat dat geschikt is om te 'slenteren' en voor een groot deel ook te 'zitten'. Ook rondom de omliggende bebouwing aan de Croeselaan, Graadt van Roggenweg en Van Zijstweg heerst ook met de toevoeging van Beurskwartier een goed windklimaat van voornamelijk kwaliteitsklassekwaliteitsklasse C of beter.

Wel bestaat er een aantal aandachtspunten voor het plan:

- Bij de positionering van de hoofdentrees van de gebouwen moet er rekening mee worden gehouden dat minimaal kwaliteitsklasse C vereist is (zie rode aandachtsgebied in Figuur 11).
- Twee binnenplaatsen voldoen (deels) niet aan de eisen voor de activiteit 'zitten' (minimaal kwaliteitsklasse B). Afhankelijk van de gewenste gebruiksfunctie in deze binnenterreinen moeten mogelijk aanvullende maatregelen worden genomen (zie oranje aandachtsgebied in Figuur 11).
- Lokaal, op de ZW hoek van het pand aan de Graadt van Roggenweg en op de hoek van Wonderwoods in de Croeselaan, is er sprake van kwaliteitsklasse D. Dit is een aandachtspunt voor eventuele hoofdingangen van de bestaande gebouwen.
- Door de toevoeging van bomen verbetert het windklimaat in het plangebied over het algemeen, maar de binnenplaats van het meest zuidelijke blok blijft een aandachtspunt bij het plannen van gebruiksfuncties, en verslechterd zelfs licht. Ook in de Croeselaan is er een lichte verslechtering te zien door de toevoeging van bomen.

Met betrekking tot het laatste punt moet echter worden opgemerkt dat het effect van bomen het grootst is in de zomermaanden, wanneer ze blad dragen. De afbeeldingen hieronder tonen scenario's waarin bomen voor 30% en 40% van de tijd zijn meegenomen. Dit is waarschijnlijk een meer representatieve weergave van het te verwachten windklimaat.



Figuur 15 – Resultaten met blad dragende bomen links 30% van het jaar, rechts 40% van het jaar

3.3.2 Aanbevelingen

Om het windklimaat op de bovengenoemde aandachtspunten te verbeteren is een aantal maatregelen mogelijk:

- Bij eventuele gebouwingangen in het aandachtsgebied kan het windklimaat lokaal verder worden verbeterd door bijvoorbeeld luifels langs de gevel te plaatsen, of door de ingang naar achter te verplaatsen in een nis.
- In de twee betreffende binnenplaatsen kan het windklimaat lokaal worden verbeterd op de locaties waar activiteit ‘zitten’ gewenst is door het plaatsen van schermen, een pergola of groen, zoals lage bomen en struiken.

Appendix A

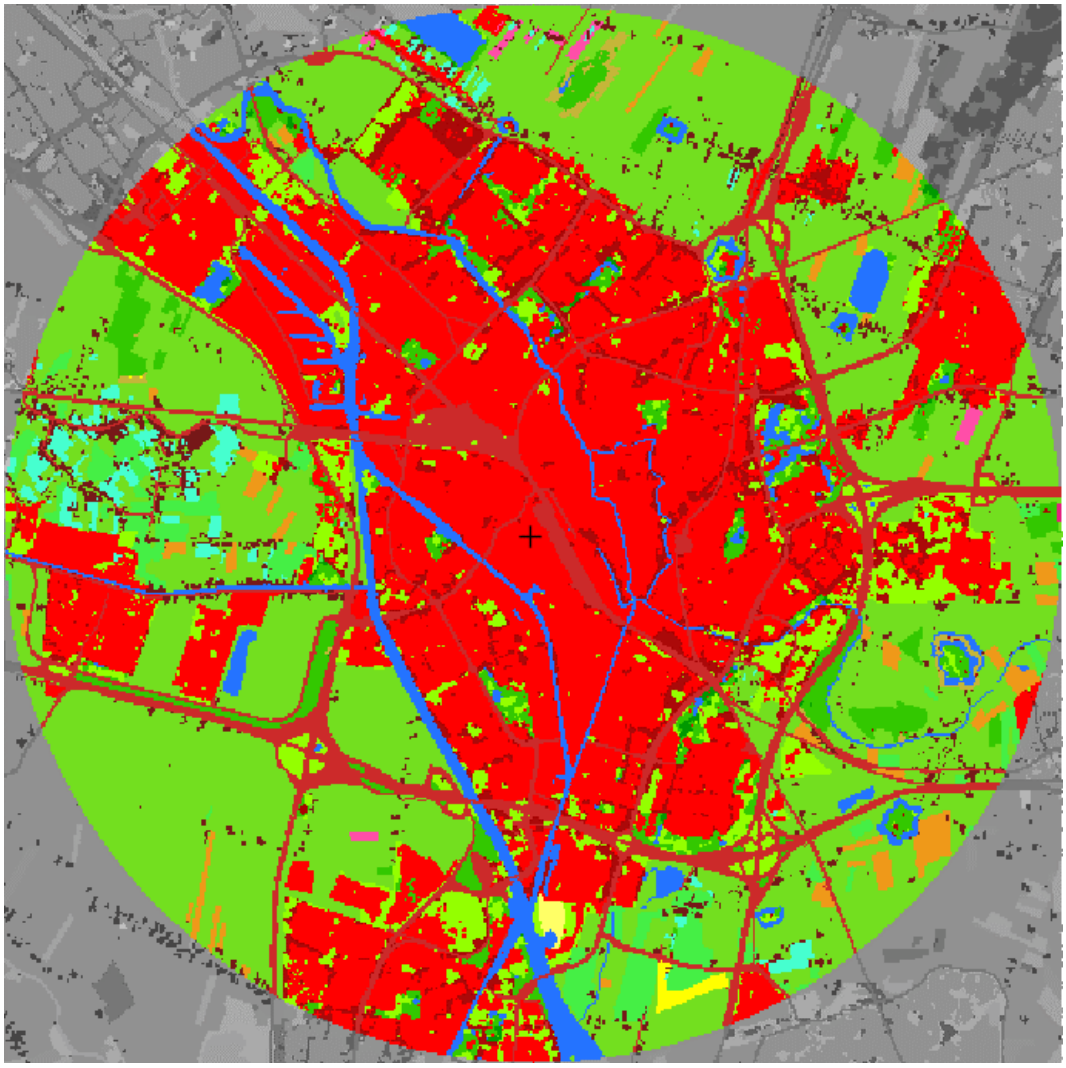
Windstatistiek en terrein ruwheid

Tabel 8 - Frequentietabel van de windsnelheden op 60 m hoogte. Bron: NPR 6097:2006

FREQUENTIETABEL VAN DE 60 METER WINDSNELHEID DISTRIBUTIEF RELATIEF

X135784 Y455538 Jaar 1963-2002

Windsnelheid (m/s)	Windrichting (*10 graden) 35-01	02-04	05-07	08-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-25	26-28	29-31	32-34	Cum.
	Distributief in percentages												
0,0 - 0,9	0.19	0.21	0.21	0.21	0.17	0.23	0.21	0.17	0.20	0.19	0.22	0.20	2.42
1,0 - 1,9	0.66	0.72	0.70	0.60	0.52	0.72	0.76	0.63	0.69	0.60	0.70	0.64	7.93
2,0 - 2,9	0.90	0.94	0.99	0.88	0.79	1.07	1.19	1.04	1.02	0.84	0.96	0.83	11.45
3,0 - 3,9	0.95	1.23	1.13	1.03	0.88	1.11	1.36	1.36	1.30	1.05	1.07	0.91	13.38
4,0 - 4,9	0.87	1.08	1.31	1.07	0.84	1.05	1.41	1.61	1.56	1.14	1.09	0.83	13.86
5,0 - 5,9	0.70	0.97	1.11	0.91	0.63	0.84	1.29	1.68	1.75	1.13	0.93	0.71	12.65
6,0 - 6,9	0.49	0.75	0.78	0.62	0.47	0.50	1.11	1.53	1.72	0.98	0.78	0.54	10.28
7,0 - 7,9	0.28	0.45	0.58	0.47	0.33	0.38	0.90	1.46	1.60	0.87	0.63	0.38	8.33
8,0 - 8,9	0.15	0.29	0.43	0.29	0.17	0.22	0.68	1.19	1.46	0.70	0.45	0.24	6.26
9,0 - 9,9	0.07	0.16	0.25	0.16	0.07	0.12	0.47	1.04	1.20	0.52	0.30	0.15	4.52
10,0 - 10,9	0.04	0.08	0.15	0.09	0.03	0.06	0.32	0.78	0.95	0.39	0.18	0.07	3.13
11,0 - 11,9	0.02	0.03	0.09	0.05	0.01	0.03	0.20	0.55	0.70	0.30	0.13	0.04	2.14
12,0 - 12,9	0.01	0.02	0.03	0.02	0.00	0.01	0.11	0.42	0.55	0.19	0.07	0.02	1.45
13,0 - 13,9	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.06	0.26	0.34	0.15	0.04	0.01	0.90
14,0 - 14,9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.03	0.16	0.24	0.10	0.02	0.00	0.55
15,0 - 15,9	-	-	0.00	0.00	-	-	0.01	0.10	0.16	0.06	0.01	0.00	0.34
16,0 - 16,9	-	-	-	-	-	-	0.01	0.05	0.08	0.03	0.01	0.00	0.18
17,0 - 17,9	-	-	-	-	-	-	0.01	0.02	0.05	0.02	0.00	-	0.11
18,0 - 18,9	-	-	-	-	-	-	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	-	0.06
19,0 - 19,9	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.02	0.01	0.00	-	0.04
20,0 - 20,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.01	0.00	0.00	-	0.02
21,0 - 21,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.01
22,0 - 22,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
23,0 - 23,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-	0.00
24,0 - 24,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00
25,0 - 25,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-	0.00
26,0 - 26,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	-	0.00
27,0 - 27,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	-	0.00
28,0 - 28,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29,0 - 29,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30,0 - 30,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31,0 - 31,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32,0 - 32,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33,0 - 33,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34,0 - 34,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35,0 - 35,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36,0 - 36,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37,0 - 37,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38,0 - 38,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39,0 - 39,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40,0 en hoger	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Figuur 16 - Terreinruwheid in de omgeving (6 km) van de gebouwlocatie (zwart kruisje). Bron: NPR 6097:2006

Tabel 9 - Ruwheidstabel NPR 6097:2006

ID	z_0 (m)	Rood	Groen	Blauw	Kleur	Klasse
0	0,03	0	0	0		Geen gegevens
1	0,03	115	223	31		Gras
2	0,17	239	153	25		Maïs
3	0,07	178	102	0		Aardappelen
4	0,7	229	31	127		Bieten
5	0,16	255	255	0		Granen
6	0,07	255	78	168		Overige landbouwgewassen
7	0,15	4	222	30		Buitenland
8	0,1	70	255	207		Glastuinbouw
9	0,39	69	239	69		Boomgaard
10	0,07	172	129	168		Bollen
11	0,75	51	200	0		Loofbos
12	0,75	0	153	0		Naaldbos
16	0,001	36	115	255		Zoet water
17	0,001	0	0	153		Zout water
18	1,6	255	0	0		Stedelijk bebouwd gebied
19	0,5	172	0	0		Bebouwing in buitengebied
20	1,1	51	200	0		Loofbos in bebouwd gebied
21	1,1	0	153	0		Naaldbos in bebouwd gebied
22	2	171	9	9		Bos met dichte bebouwing
23	0,03	148	255	0		Gras in bebouwd gebied
24	0,001	255	255	102		Kale grond in bebouwd buitengebied
25	0,1	204	42	42		Hoofdwegen en spoorwegen
26	0,5	118	24	24		Bebouwing in agrarisch gebied
27	0,0003	0	0	0		Start- en landingsbanen
28	0,1	204	42	42		Parkeerplaats
30	0,0002	176	48	96		Kwelders
31	0,0003	230	251	4		Open zand in kustgebied
32	0,02	137	212	43		Open duinvegetatie
33	0,06	90	186	64		Gesloten duinvegetatie
34	0,04	117	0	117		Duinheide
35	0,0003	255	255	102		Open stuifzand
36	0,03	117	0	117		Heide
37	0,04	164	35	83		Matig vergraste heide
38	0,06	173	139	6		Sterk vergraste heide
39	0,06	36	153	150		Hoogveen
40	0,75	6	90	76		Bos in hoogveengebied
41	0,03	255	192	203		Overige moerasvegetatie
42	0,1	255	165	0		Rietvegetatie
43	0,75	0	100	0		Bos in moerasgebied
44	0,07	56	198	97		Veenweidegebied
45	0,03	197	182	57		Overig open begroeid natuurgebied
46	0,001	255	255	0		Kale grond in natuurgebied

Appendix B

Technisch inlegvel numerieke simulatie

Tabel 10 - Technisch inlegvel numerieke simulatie. Bron: NEN 8100

Project	**Projectgegevens**	
Projectnaam	Beurskwartier	
Opdrachtgever	Gemeente Utrecht	
Projectleider	Veronika Heidegger	
Datum	30-03-2023	
Model	**Algemene gegevens van het model**	
Omvang gemodelleerd gebied	Een straal van 300 m rond het plangebied	
Kerngebied	Beurskwartier Utrecht	
Omgeving	Bebouwd	
Afmetingen model	1650 x 2250 x 405 m	
Blokkeringsgraad	< 5%	
Gemodelleerd groen	Geplande bomen van 1e, 2e en 3e grootte; LAD = 1	
Onderzochte windrichtingen	12 (elke richting representeert één windsector van 30 graden)	
Onderzochte configuraties	Geplande bebouwingssituatie met en zonder begroeiing	
Computeropstelling	**Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur**	
Programmatuur	FVM (eindige volume methode) ~~FEM (eindige elementen methode)~~ ~~anders~~ Programmatuur: OpenFoam Versie: 2006	
Algemeen	drie-dimensionaal tijd-onafhankelijk isothermisch ~~passieve scalairs~~ Overige: -	~~twee-dimensionaal~~ ~~tijd-afhankelijk~~ ~~thermisch~~ ~~actieve scalars~~
Rekenrooster	ca. 15 miljoen cellen; rechthoekig grid met verfijning t.p.v. het kerngebied	
Turbulentiemodellering	RNGkEpsilon	
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: lineair upwind Turbulentie grootheden: upwind Scalaire variabelen: -	
Randvoorwaarden	**Gebruikte randvoorwaarden**	
Instroomprofiel	Logaritmisch windprofiel	
Uitlaat	Constante druk	
Boven-/zijwanden	Ongedwongen (geen drukverschil)	
Vloer/bodem	Ruwheidslengte z0= 0.3 m	
Overige	-	
Gegevensverwerking en -beoordeling	**Informatie voor locatie en berekening windklimaat**	
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X=135784, Y=455538	

Toegepaste eisen	v_{DR} [m/s]	Gewenste kwaliteitsklasse	Overschrijdings-kans [%]	Beoordeling
Voor comfort			$p(v_{LOK}>v_{DR;H})$	
Doorlopen	5,0	D	< 20	matig
Slenteren	5,0	C	< 10	matig
Zitten	5,0	B	< 5	matig
Regionale correctie	-	-	-	-
Voor gevaar			$p(v_{LOK}>v_{DR;G})$	
	15,0	n.v.t	$0,05 < p < 0,30$	beperkt risico
	15,0	n.v.t	$p \geq 0,3$	gevaarlijk
Gepresenteerde resultaten	Plots van windgevaarcriteria en kwaliteitsklassen voor windhinder			
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang	-			