



Herontwikkeling woningen Bogaard te Rijswijk

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD

Herontwikkeling woningen Bogaard te Rijswijk

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD



opdrachtgever	Mulderblauw Architecten
rapportnummer	O 16701-3-RA-002
datum	23 februari 2022
referentie	OO/OO/DvdH/O 16701-3-RA-002
verantwoordelijke	O.E. Otten
opsteller	O.E. Otten +31 85 8228667 o.otten@peutz.nl

peutz bv, postbus 696, 2700 ar zoetermeer, +31 85 822 87 00, mook@peutz.nl, www.peutz.nl

kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2008

mook – zoetermeer – groningen – düsseldorf – dortmund – berlin – leuven – parijs – lyon

Inhoudsopgave

1 Inleiding	4
2 Normstelling en uitgangspunten	6
2.1 Beslismodel NEN 8100	6
2.2 Windhinder en windgevaar volgens NEN 8100	6
2.2.1 Windhinder	6
2.2.2 Windgevaar	7
2.3 Windklimaat op de locatie	8
2.4 Simulatie windsnelheden met CFD	10
3 Rekenresultaten	11
3.1 Tussenfase (fase 2B+C van het masterplan)	11
3.2 Eindfase (fase 3 van het masterplan)	13
4 Bestemmingsplan	15
5 Samenvatting en conclusies	16

1 Inleiding

In opdracht van Mulderblauw Architecten is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande woningen fase 1 in het plangebied Bogaard te Rijswijk. De herontwikkeling van het plangebied Bogaard zal volgens het masterplan gefaseerd worden uitgevoerd. In voorliggend onderzoek worden de ontwikkelingsfasen 2B+C ("tussenfase") en 3 ("eindfase") beschouwd.

Voor het vervaardigen van het CFD model is onder meer gebruik gemaakt van een door Mulderblauw Architecten aangeleverd 3D model van fase 1 van de woningen en het bij Peutz reeds beschikbare originele 3D model van het masterplan. De verdere stedenbouwkundige omgeving en de begroeiing is meegenomen aan de hand van gegevens uit openbare bronnen.

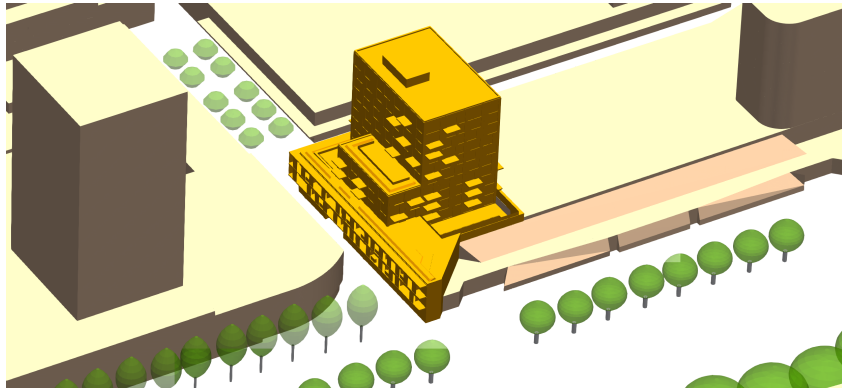
In figuur 1.1 is een aanzicht op de geplande woningen getoond. Aanzichten op het plan binnen de ontwikkelingsfasen 2B+C en 3 van het masterplan zijn getoond in respectievelijk de figuren 1.2 en 1.3. De stedenbouwkundige bouwvolumes in de eindfase omvatten ook fase 2 van de woningen. In totaal is een gebied gemodelleerd is van circa 1220 bij 1290 meter.

Het doel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het te verwachten windklimaat in de directe omgeving van de geplande woningen in de tussenfase en eindfase van het masterplan, alsmede dit te vergelijken met de eerdere resultaten van het windklimaatonderzoek voor het masterplan (Peutz rapportage O 16169-6-RA d.d. 16 december 2019).

Voor de opzet van het onderzoek en de beoordeling van het windklimaat is uitgegaan van de Nederlandse norm NEN 8100:2006 *Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving*.

In dit rapport wordt verslag gedaan van het verrichte onderzoek waarbij de volgende indeling is gehanteerd. In hoofdstuk 2 worden de normstelling en uitgangspunten van het onderzoek toegelicht. De rekenresultaten worden gepresenteerd in hoofdstuk 3 van dit rapport. Tot slot is in hoofdstuk 4 een samenvatting van het onderzoek opgenomen en worden conclusies gegeven.

f1.1 Close-up van het plan woningen fase 1



f1.2 Het gehanteerde 3D-model voor fase 2B+C van het masterplan (in oranje de geplande woningen fase 1)



f1.3 Het gehanteerde 3D-model voor fase 3 van het masterplan



2 Normstelling en uitgangspunten

2.1 Beslismodel NEN 8100

De beoordeling van het windklimaat met betrekking tot windhinder en windgevaar, is in Nederland vastgelegd in de norm NEN 8100. Om te bepalen of windhinder en/of windgevaar te verwachten is, kan in eerste instantie gebruik worden gemaakt van het beslismodel in de NEN 8100. Hierin wordt onder meer beschreven in welke situaties windklimaatonderzoek nodig is. Voor gebouwen met een hoogte vanaf 30 meter wordt nader onderzoek met CFD- of windtunnelsimulatie noodzakelijk geacht. Gezien de diverse hoogbouw in het plangebied (het plan zelf is 39 m), wordt het uitvoeren van een windklimaatonderzoek als noodzakelijk beschouwd.

2.2 Windhinder en windgevaar volgens NEN 8100

De gevoeligheid van de mens voor wind is sterk afhankelijk van de activiteit waarmee men bezig is. Bij een laag activiteitsniveau (bijvoorbeeld wachten bij een bushalte, op een terrasje zitten) zullen lagere windsnelheden als hinderlijk ervaren kunnen worden dan bij een hoger activiteitsniveau. In de NEN 8100 wordt voor de beoordeling van het windklimaat derhalve onderscheid gemaakt tussen verschillende activiteitenklassen. Bij hogere windsnelheden kan tevens sprake zijn van gevaarlijke situaties zoals evenwichtsverlies bij het passeren van gebouwhoeken en dergelijke. Hiervoor wordt getoetst aan het specifieke gevaarcriterium.

2.2.1 Windhinder

Windhinder is iets wat in geen geval geheel te voorkomen is: als het stormt is de wind hinderlijk, wat voor maatregelen er ook getroffen worden. Het is daarom ook de kans op windhinder, die maatgevend gehouden wordt voor de beoordeling van het windklimaat. Voor windhinder wordt een drempelwaarde $v_{DR,H}$ aangehouden van 5 m/s uurgemiddelde windsnelheid op loop- of verblijfsniveau. Bij deze windsnelheid gaan mechanische effecten bij de ervaring van het windklimaat een rol spelen zoals bijvoorbeeld het omslaan van paraplu's, in de ogen waaien van stof en in meer extreme vorm het dichtwaaien van een autoportier en dergelijke.

Aan de hand van onderstaande tabel 2.1, afkomstig uit de NEN 8100, wordt een beoordeling gegeven van de te verwachten mate van windhinder.

t2.1 Criteria windhinder volgens NEN 8100

Overschrijdingskans $p(v_{\text{LOK}} > v_{\text{DR,H}})$ in procenten van het aantal uren per jaar	Kwaliteitsklasse	Activiteit		
		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

Afhankelijk van de activiteitenklasse wordt de waardering van het lokale windklimaat gekwalificeerd met 'goed', 'matig' of 'slecht' (zie tabel 2.1). Bij een goed windklimaat ondervindt men geen overmatige windhinder. In een situatie zonder overmatige windhinder heeft het merendeel van het publiek onder normale omstandigheden geen last van windhinder. Bij een matig windklimaat ervaart men af en toe overmatige windhinder. In een slecht windklimaat ervaart men regelmatig overmatige windhinder. In een dergelijke situatie heeft het merendeel van het publiek last van windhinder.

Er wordt naar gestreefd, om binnen de verschillende activiteitenklassen, een goed, eventueel nog matig windklimaat te realiseren.

Opgemerkt wordt dat de natuurlijke gebruiksmomenten van terrassen en buitenruimten doorgaans niet vaak samenvallen met ongunstige windomstandigheden. Zo zal een relatief groot deel van voorkomende windhinder optreden in de winter. In de norm wordt daar geen rekening mee gehouden. Op terrassen en buitenruimten wordt om deze reden meestal uitgegaan van het criterium voor slenteren in plaats van langdurig zitten, met een streefwaarde van minder dan 5%.

2.2.2 Windgevaar

Voor windgevaar wordt 15 m/s uurgemiddelde windsnelheid als drempelwaarde $v_{\text{DR,G}}$ gehanteerd.

Op basis van tabel 2.2, afkomstig uit de NEN 8100, wordt bepaald of sprake is van windgevaar.

t2.2 Criteria windgevaar volgens NEN 8100

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

De norm stelt: "Situaties waarvoor een overschrijdingskans geldt van $0,05 < p < 0,30$ mogen alleen worden geaccepteerd als deze vallen binnen activiteiten klasse I (doorlopen). Voor activiteiten klasse II en III geldt de eis $p \leq 0,05$.

Situaties met een overschrijdingskans van $p \geq 0,30$ zijn evident gevaarlijk en behoren te allen tijde te worden vermeden; het publiek mag hier niet aan worden blootgesteld."

2.3 Windklimaat op de locatie

Voor de vertaling van de resultaten van de berekeningen naar de werkelijke situatie wordt gebruik gemaakt van een windstatistiek. De NEN 8100 verwijst voor de benodigde meteogegevens naar de NPR 6097:2006 *Toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland*. Met behulp van de bijbehorende software wordt voor de specifieke locatie een windstatistiek berekend op basis van meteogegevens van een groot aantal meteostations en gegevens omtrent terreinruwheden tot 6 km afstand van het plan. De terreinruwheden van het omliggend gebied worden per categorie weergegeven in figuur 2.1. De kleur geeft de terreinruwheid aan, rood staat bijvoorbeeld voor stedelijk bebouwd gebied.

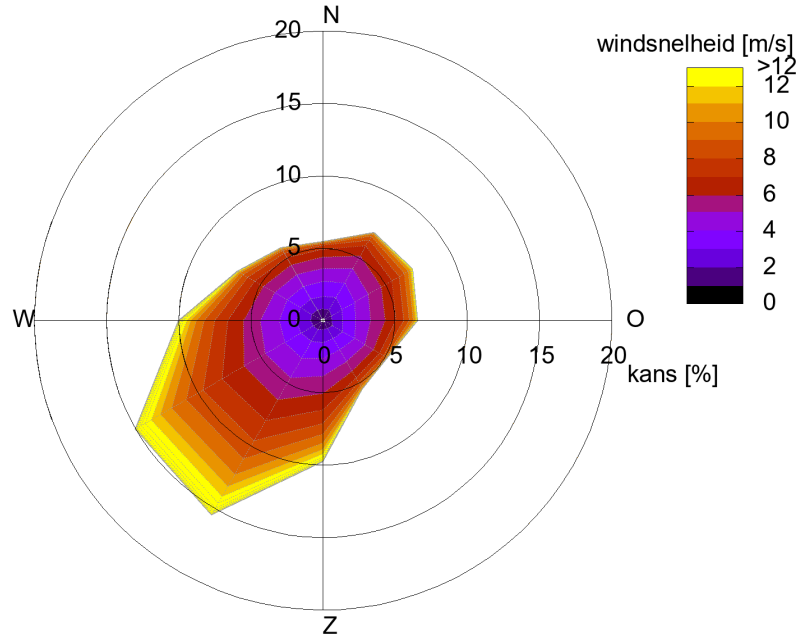
f2.1 Terreinruwheid tot 6 km afstand volgens NPR 6097



In figuur 2.2 is de op basis van de NPR 6097 berekende windroos op 60 meter hoogte boven de betreffende locatie weergegeven. In de windroos wordt de kans op het voorkomen van wind uit een bepaalde richting weergegeven alsmede de verdeling van windsnelheden binnen de betreffende richtingen. Uit de windroos en onderstaande windstatistiek (tabel 2.3) blijkt dat op de planlocatie met name bij wind uit het zuiden tot westen de hoogste windsnelheden optreden en dat de wind relatief vaak uit het zuidwesten (210° en 240°) komt. De zuidwesten wind is hiermee voor een groot deel bepalend voor het windklimaat op de planlocatie.

f2.2 Windroos betreffende locatie volgens NPR 6097

Windroos voor locatie X081376 Y450301.



t2.3 Windstatistiek van de betreffende locatie volgens NPR 6097

Distributief overzicht windsnelheden 60 meter op basis van NPR 6097 in uren per jaar											
Positie X081376 Y450301											
Jaar 1963-2002											
Wind	totaal aantal uren: 8767.3										
snelheid	gemiddelde windsnelheid (m/s): 5.7										
	Noord	30°	60°	Oost	120°	150°	Zuid	210°	240°	West	330°
0.0 - 0.9	16.9	16.9	13.7	14.4	17.3	13.6	12.3	14.4	17.3	18.5	17.9
1.0 - 1.9	56.5	58.4	46.6	41.8	49.7	43.8	43.0	50.2	52.8	58.5	62.5
2.0 - 2.9	75.6	86.5	75.3	63.7	73.7	68.7	78.3	84.1	84.6	87.7	80.7
3.0 - 3.9	90.8	102.7	88.8	79.9	82.9	81.7	96.7	114.6	115.1	104.4	91.9
4.0 - 4.9	79.5	101.8	96.2	91.3	72.0	81.1	106.8	138.9	136.6	113.3	89.3
5.0 - 5.9	68.0	88.7	88.8	87.1	60.5	67.6	106.1	154.1	150.9	102.4	75.2
6.0 - 6.9	45.1	67.8	73.9	65.3	43.0	44.8	97.8	143.8	152.2	94.6	64.7
7.0 - 7.9	24.3	41.2	50.5	46.8	28.5	33.0	81.7	140.8	134.6	81.0	46.2
8.0 - 8.9	11.6	27.0	39.1	35.1	15.4	20.9	67.2	127.1	116.9	63.8	30.6
9.0 - 9.9	6.4	14.1	25.6	22.7	5.3	12.3	53.7	108.0	101.9	46.8	20.1
10.0 - 10.9	2.8	7.7	14.9	13.2	2.5	8.0	35.5	85.1	78.9	33.3	11.4
11.0 - 11.9	1.8	3.1	9.1	7.9	1.0	3.1	28.4	68.6	62.2	25.8	6.6
12.0 - 12.9	0.7	1.9	5.7	4.5	0.2	1.4	18.8	48.0	43.6	18.0	2.7
13.0 - 13.9	0.1	0.5	1.6	1.7	0.3	0.4	11.2	33.7	27.6	12.8	1.1
14.0 - 14.9		0.2	0.4	1.0		0.3	7.7	21.1	18.2	7.6	0.8
15.0 - 15.9			0.1	0.4		0.1	4.2	12.4	12.1	4.5	0.3
16.0 - 16.9			0.1	0.1			1.9	7.7	5.8	2.5	0.2
17.0 - 17.9							1.1	4.2	2.9	2.1	0.1
18.0 - 18.9							0.4	2.1	2.0	0.7	
19.0 - 19.9							0.4	1.5	1.1	0.6	
20.0 - 20.9							0.3	1.0	0.5	0.2	
21.0 - 21.9							0.1	0.2	0.3	0.1	0.1
22.0 - 22.9								0.1	0.2	0.1	
23.0 - 23.9									0.1		
24.0 - 24.9										0.1	
25.0 - 25.9											
26.0 - 26.9									0.1		
27.0 - 27.9											
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											
aantal uren	480.1	618.5	630.4	576.9	452.3	480.8	853.6	1361.7	1318.5	879.4	602.4
gemiddelde snelheid	4.2	4.7	5.2	5.2	4.3	4.7	6.3	7.2	7.0	6.0	4.9

2.4 Simulatie windsnelheden met CFD

Voor het uitvoeren van een windklimaatonderzoek beschikt Peutz over een eigen windtunnel. Als het gaat om relatief eenvoudige bebouwingssituaties, of bebouwingssituaties waar op voorhand van wordt verwacht dat geen grote windproblemen op gaan treden, kan worden volstaan met een numerieke simulatie met Computational Fluid Dynamics (CFD). In deze situatie is van deze onderzoeksmethode uitgegaan. De rekenmethode is aan de hand van eerder uitgevoerde windtunnelprojecten gevalideerd.

De grenslaagstroming die in de praktijk (bij neutrale stabiliteit ten aanzien van het temperatuurprofiel) aanwezig is wordt aan de rand van het CFD-model opgewekt zodat het juiste windprofiel (afhankelijk van de terreinruwheid) wordt gesimuleerd. Verfijning van de lokale windsituatie vindt plaats door de direct omliggende bebouwing en begroeiing mee te modelleren.

De windsnelheden rondom het project worden met het CFD-model voor 12 windrichtingen berekend. Met behulp van de windstatistiek voor de bouwlocatie, zoals berekend in navolging van de NPR 6097, wordt vervolgens per windrichting de overschrijdingskans voor de kritische uurgemiddelde windsnelheden van 5 en 15 m/s voor respectievelijk windhinder en windgevaar bepaald. De totale overschrijdingskans is de som van de overschrijdingskansen per windrichting, ook wel de hinderkans en de gevaarkans genoemd. Deze worden vervolgens getoetst aan de NEN 8100 om het lokale windklimaat te kunnen beoordelen.

In bijlage 1 is het technisch inlegvel, conform de NEN 8100, opgenomen. Het technisch inlegvel bevat een aantal rubrieken en aandachtspunten die een kort, schetsmatig overzicht geven van de relevante zaken van de CFD-berekeningen.

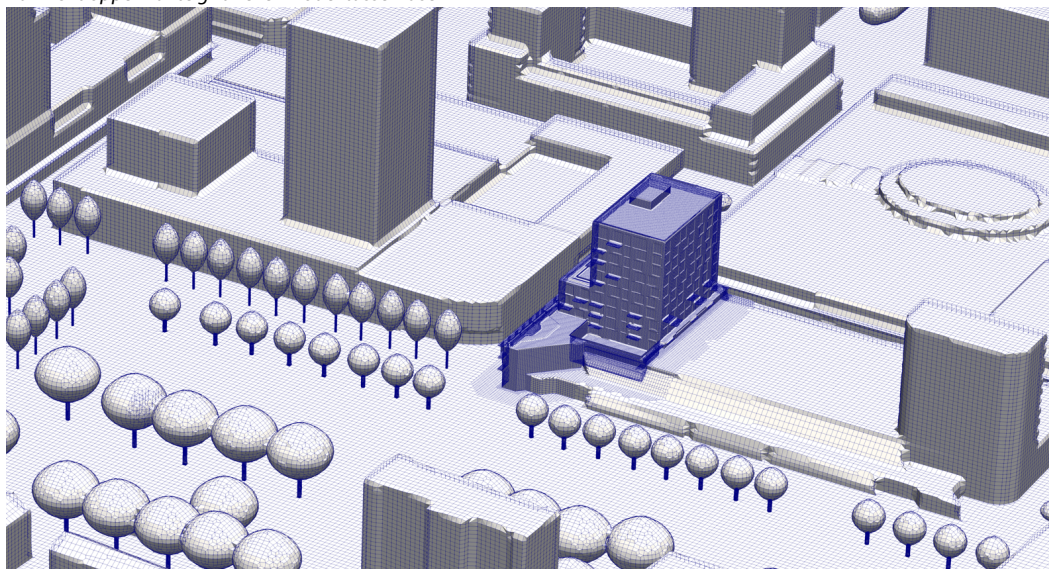
3 Rekenresultaten

Het windklimaat wordt beoordeeld op basis van de uitgevoerde CFD-berekeningen, de windstatistiek van de betreffende locatie en de grenswaarden zoals beschreven in de paragrafen 2.2.1 en 2.2.2 betreffende windhinder en windgevaar. In de volgende paragrafen worden de windklimaat resultaten voor de geplande bebouwingssituaties gepresenteerd en ten slotte vergeleken met het resultaat van het reeds vastgestelde masterplan.

3.1 Tussenfase (fase 2B+C van het masterplan)

In figuur 3.1 is een aanzicht gegeven van het rekengrid ter plaatse van de geplande woningen bij de tussenfase van het stedenbouwkundig plan.

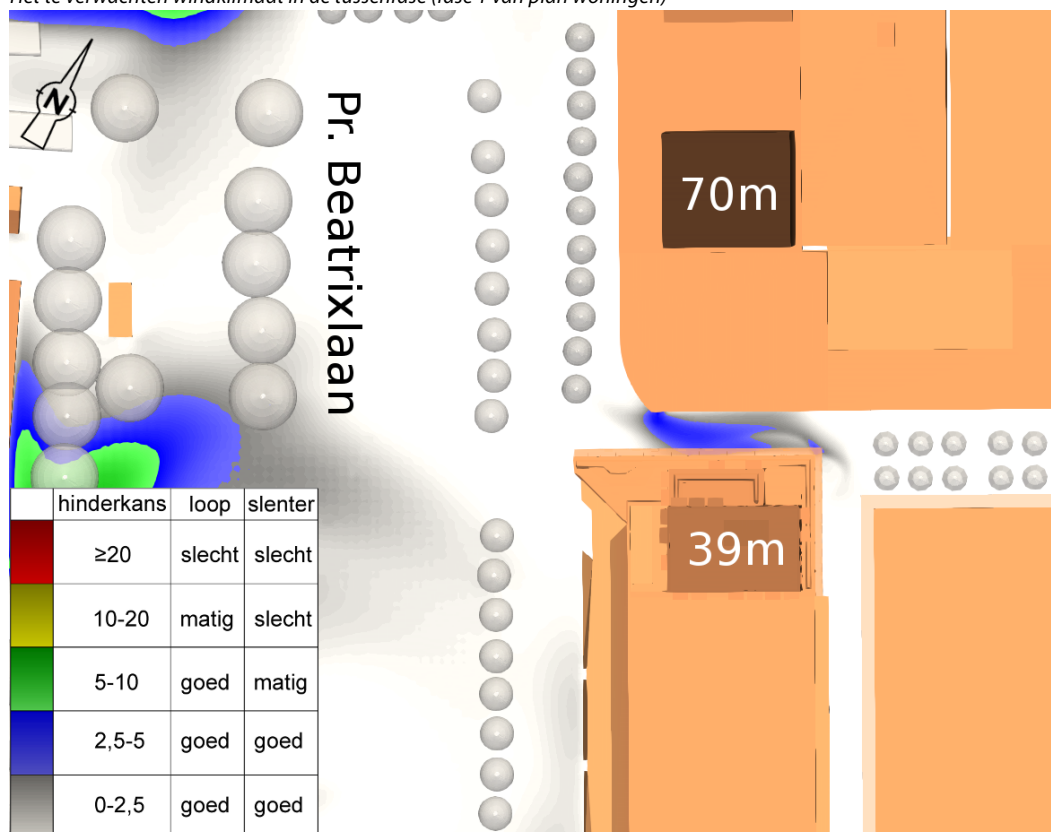
f3.1 Aanzicht oppervlakte grid rekenmodel tussenfase



In figuur 3.2 wordt in een horizontale doorsnede op hoofdhoogte (1,75 meter boven plaatselijk maaiveldniveau) de berekende hinderkans met kleurcontouren voor de geplande bebouwingssituatie weergegeven. De kleuren zijn afgestemd op de beoordelingscriteria uit de NEN 8100. Bij de beoordeling van het windklimaat wordt onderscheid gemaakt tussen de categorieën doorlopen en slenteren. Het criterium voor slenteren is van toepassing bij de gebouwentrees, verder wordt het criterium voor doorlopen gehanteerd. In slentergebieden wordt een hinderkans van minder dan 5%, overeenkomend met een beoordeling goed, nagestreefd. Het criterium voor langdurig zitten is niet toegepast.

Het aspect windgevaar wordt alleen tekstueel beoordeeld.

f3.2 Het te verwachten windklimaat in de tussenfase (fase 1 van plan woningen)



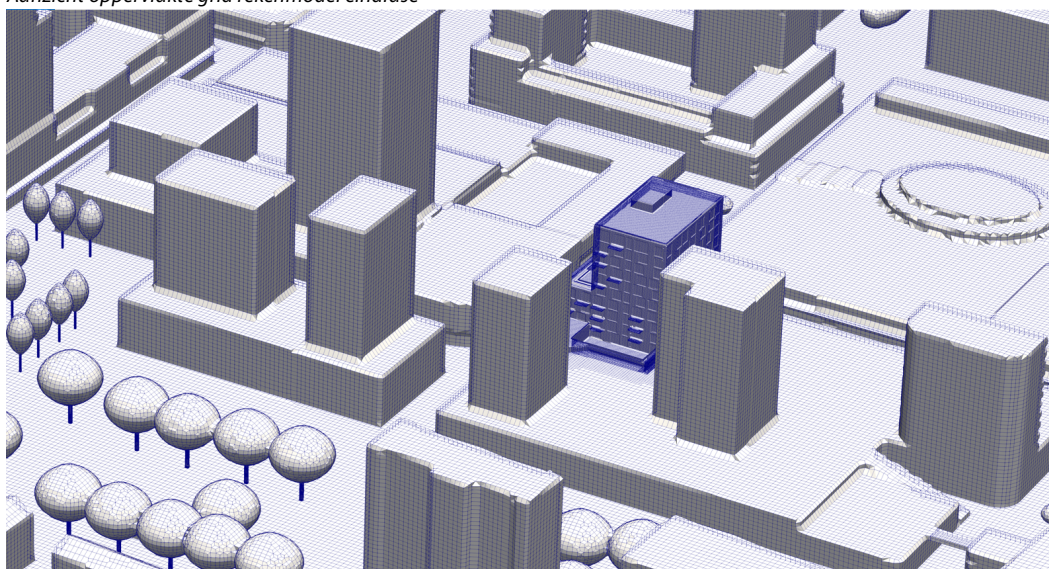
Uit de resultaten kan worden opgemaakt dat in de directe omgeving van het plan het windklimaat naar verwachting goed zal zijn voor zowel de activiteit doorlopen als slenteren.

Rondom het plan is tevens geen overschrijding van het criterium voor windgevaar of een beperkt risico hierop vastgesteld.

3.2 Eindfase (fase 3 van het masterplan)

In figuur 3.3 is een aanzicht gegeven van het rekengrid ter plaatse van de geplande woningen bij de eindfase van het masterplan.

f3.3 Aanzicht oppervlakte grid rekenmodel eindfase



Het verwachte windklimaat is getoond in figuur 3.4. Ter vergelijking is het resultaat van eerder onderzoek voor het vastgestelde masterplan getoond in figuur 3.5. Dit onderzoek is vastgelegd in Peutz rapportage O 16169-6-RA d.d. 16 december 2019.

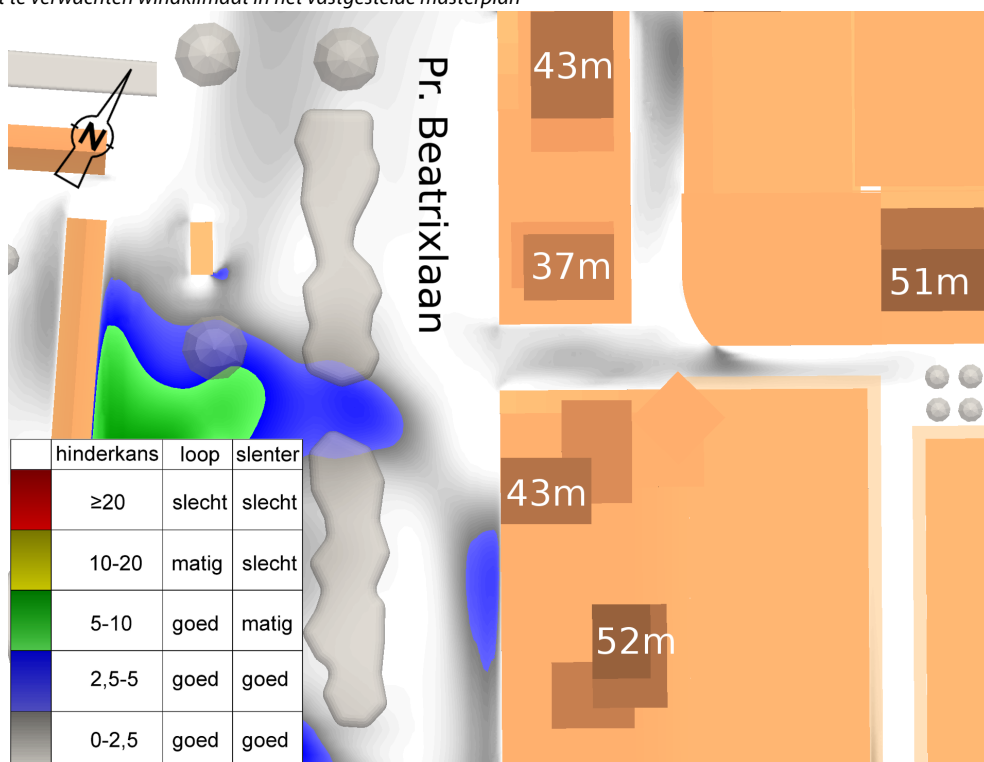
Uit figuur 3.4 kan worden opgemaakt dat in de eindfase het windklimaat bij het plan naar verwachting goed zal zijn voor zowel doorlopen als slenteren. Dit komt binnen beperkte marges overeen met de uitkomsten van de originele berekening voor het masterplan.

Rondom het plan is geen overschrijding van het criterium voor windgevaar of een beperkt risico hierop vastgesteld.

f3.4 Het te verwachten windklimaat bij woningen in de eindfase



f3.5 Het te verwachten windklimaat in het vastgestelde masterplan

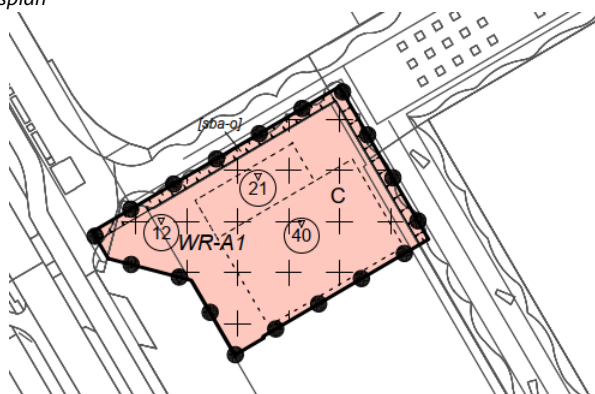


4 Bestemmingsplan

In het bestemmingsplan worden wat ruimere bouw mogelijkheden aangegeven dan het onderzochte bouwplan. Het hoge deel van de bebouwing krijgt een maximale bouwhoogte van 40 meter in het bestemmingsplan, waar het getoetste bouwplan 39 meter hoog is.

Aan de hand van de onderzoeksresultaten is vastgesteld dat dit geen noemenswaardig effect heeft op het te verwachten windklimaat.

f4.1 Verbeelding bestemmingsplan



5 Samenvatting en conclusies

In opdracht van Mulderblauw Architecten is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande woningen fase 1 in het plangebied Bogaard te Rijswijk.

Het doel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het te verwachten windklimaat in de directe omgeving van de geplande woningen in de tussenfase en eindfase van het masterplan, alsmede dit te vergelijken met de eerdere resultaten van het windklimaatonderzoek voor het masterplan.

Voor de opzet van het onderzoek en de beoordeling van het windklimaat is uitgegaan van de Nederlandse norm NEN 8100:2006 *Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving*.

Uit de resultaten van het onderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- In zowel de tussenfase als eindfase zal het windklimaat bij de geplande woningen en directe omgeving naar verwachting goed zijn voor zowel de activiteit doorlopen als slenteren. Het gevaarcriterium wordt niet overschreden.
- De geplande bebouwing voor woningen heeft geen noemenswaardige wijziging van het windklimaat tot gevolg ten opzichte van de oorspronkelijke masterplansituatie.

Mook,



Dit rapport bevat 16 pagina's en 1 bijlage.

Bijlage 1: Technisch inlegvel numerieke simulatie

Bijlage 1 Technisch inlegvel numerieke simulatie

Project	Projectgegevens			
Projectnaam	Herontwikkeling woningen Bogaard te Rijswijk			
Opdrachtgever	Mulderblauw Architecten			
Projectleider	O.E. Otten			
Datum	23 februari 2022			
Model	Algemene gegevens van het model			
Omvang gemodelleerd gebied	1220 x 1290 meter			
Kerngebied	het gebied rondom de geplande woningen			
Omgeving	bebouwing/begroeiing			
Afmetingen model	1320 x 1390 x 500 meter			
Blokkeringsgraad	<10%			
Gemodelleerd groen	jaargemiddelde situatie			
Onderzochte windrichtingen	12 (rondom in stappen van 30 graden)			
Onderzochte configuraties	geplande bebouwingssituaties fase 2B+C en fase 3			
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur			
Programmatuur	OpenFOAM 6			
	✓	FVM (eindige volume methode)		
	—	FEM (eindige elementen methode)		
	—	anders		
Algemeen	✓	drie-dimensionaal	—	twee-dimensionaal
	✓	tijd-onafhankelijk	—	tijd-afhankelijk
	✓	isothermisch	—	thermisch
	—	passieve scalairs	—	actieve scalairs
Rekenrooster	circa 13 miljoen cellen; verfijning t.p.v. de geplande bebouwing			
Turbulentiemodellering	k-ε-RNG-turbulentiemodel			
Convectieve differentieschema's	snelheidscomponenten: Gauss			
	turbulentie grootheden: Gauss			
	scalaire variabelen: -			
Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden			
Instroomprofiel	logaritmisch snelheidsprofiel, z ₀ =0.7 m en bijbehorende profielen voor k en ε			
Uitlaat	constante druk			
Boven-/zijwanden	gesloten, wrijvingsloos			
Gegevensverwerking en -beoordeling	Informatie voor locatie en beoordeling windklimaat			
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X = 81376 Y = 450301			
Toegepaste eisen	V _{DR} [m/s]	Gewenste kwaliteitsklasse	Overschrijdingskans [%]	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	Geen correctie			
Voor gevaar			p(V _{LOK} > v _{DR,G})	
	15	n.v.t.	0,05 < p < 0,30	beperkt risico
	15	n.v.t.	p ≥ 0,30	gevaarlijk
Gepresenteerde resultaten		windhinder: figuren met p (V _{LOK} > v _{DR,H})-waarden, gevaar: tekstuele beoordeling		
Opmerkingen				