

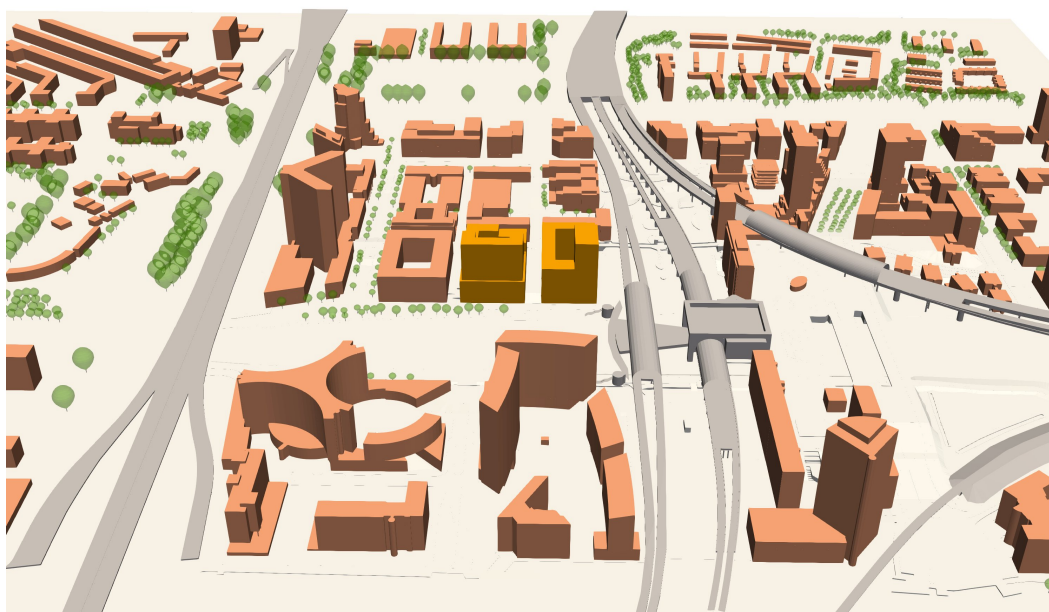


Kavels L-Midden en L-West te Amsterdam Sloterdijk-Centrum

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD

Kavels L-Midden en L-West te Amsterdam Sloterdijk-Centrum

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD



opdrachtgever	Gemeente Amsterdam
rapportnummer	O 16405-2-RA-001
datum	22 april 2020
referentie	OO/JA//O 16405-2-RA-001
verantwoordelijke	O.E. Otten
opsteller	ir. J.T. Akhnoukh +31 858228676 j.akhnoukh@peutz.nl

Inhoudsopgave

1 Inleiding	4
2 Normstelling en uitgangspunten	5
2.1 Beslismodel NEN 8100	5
2.2 Windhinder en windgevaar volgens NEN 8100	5
2.2.1 Windhinder	5
2.2.2 Windgevaar	6
2.3 Windklimaat op de locatie	7
2.4 Simulatie windsnelheden met CFD	9
3 Rekenresultaten	10
4 Samenvatting en conclusies	13

1 Inleiding

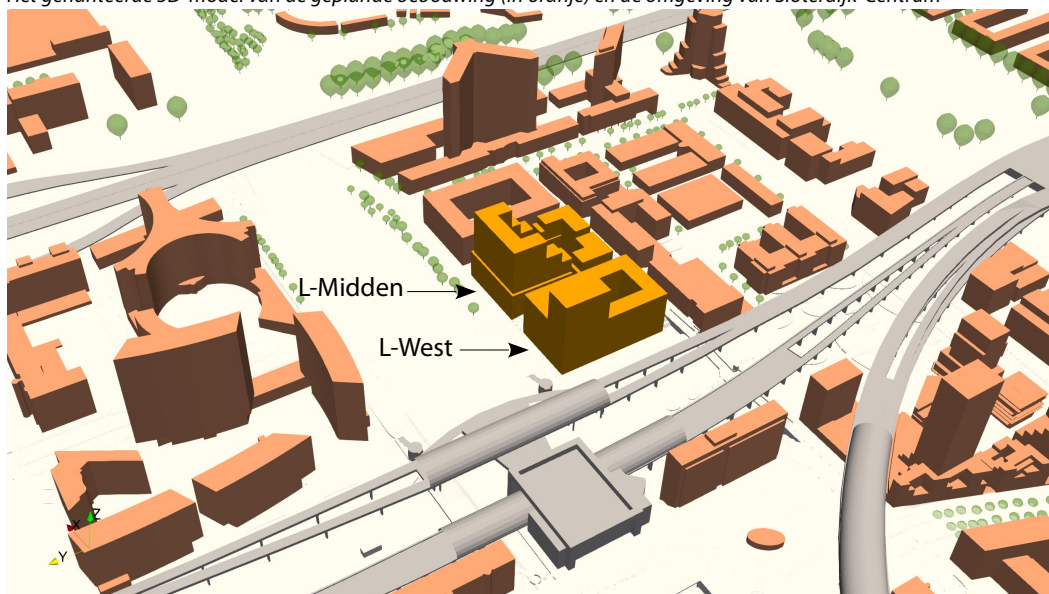
In opdracht van de Gemeente Amsterdam is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande bebouwing op de kavels L-Midden en L-West te Amsterdam Sloterdijk-Centrum.

Voor het vervaardigen van het CFD model is onder meer gebruik gemaakt van een door de Gemeente Amsterdam aangeleverd 3D model van de te onderzoeken bebouwing en de omliggende bebouwing. Waar nodig is het model aangevuld en er is begroeiing aan toegevoegd aan de hand van gegevens uit openbare bronnen. In totaal is een gebied gemodelleerd van 1400 bij 1400 meter. Een aanzicht op een deel van het model is getoond in figuur 1.1.

Het doel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het te verwachten windklimaat in de directe omgeving van de geplande bebouwing. In verband met fasering is zowel de situatie onderzocht waarbij alleen de bebouwing op kavel L-Midden gerealiseerd is als de situatie met zowel bebouwing op zowel kavel L-Midden als op kavel L-West.

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*.

f1.1 Het gehanteerde 3D-model van de geplande bebouwing (in oranje) en de omgeving van Sloterdijk-Centrum



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.

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 geplande bouwhoogte van circa 60 meter, 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.

Activiteitenklasse 'langdurig zitten' is dusdanig kritisch dat deze met terughoudendheid wordt toegepast.

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

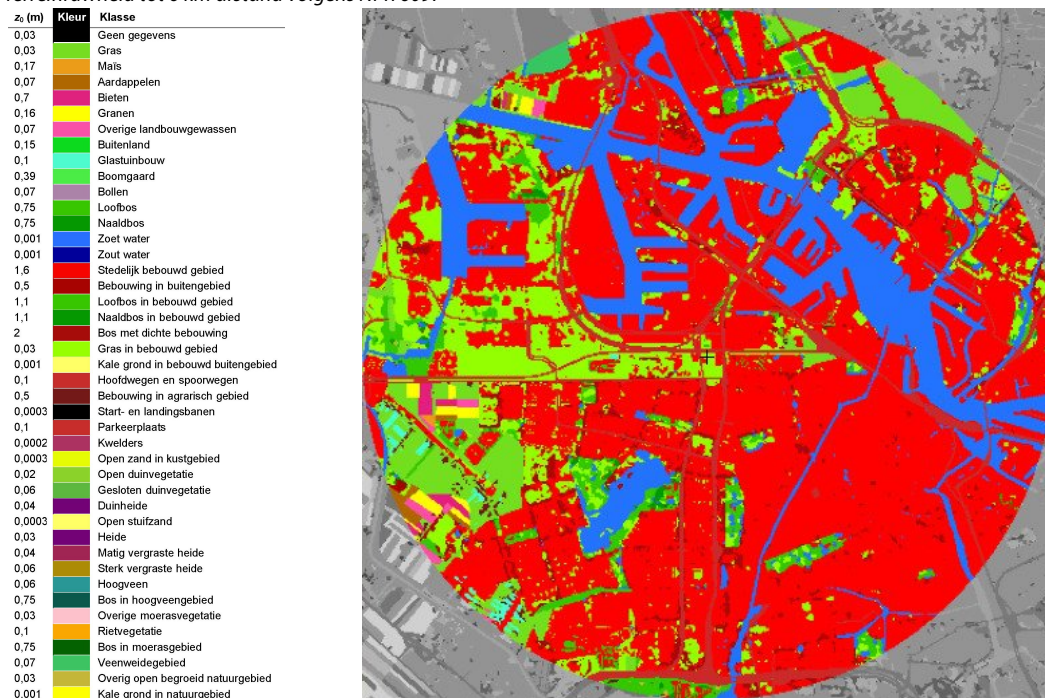
De norm stelt: "Situaties waarvoor een overschrijdingskans geldt van $0,05 < p < 0,30$ mogen alleen worden geaccepteerd als deze vallen binnen activiteiten klasse I (doorlopen). Voor activiteiten klasse II en III geldt de eis $p \leq 0,05$.

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 meteorologische gegevens 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 meteorologische gegevens van een groot aantal meteorologische stations 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.

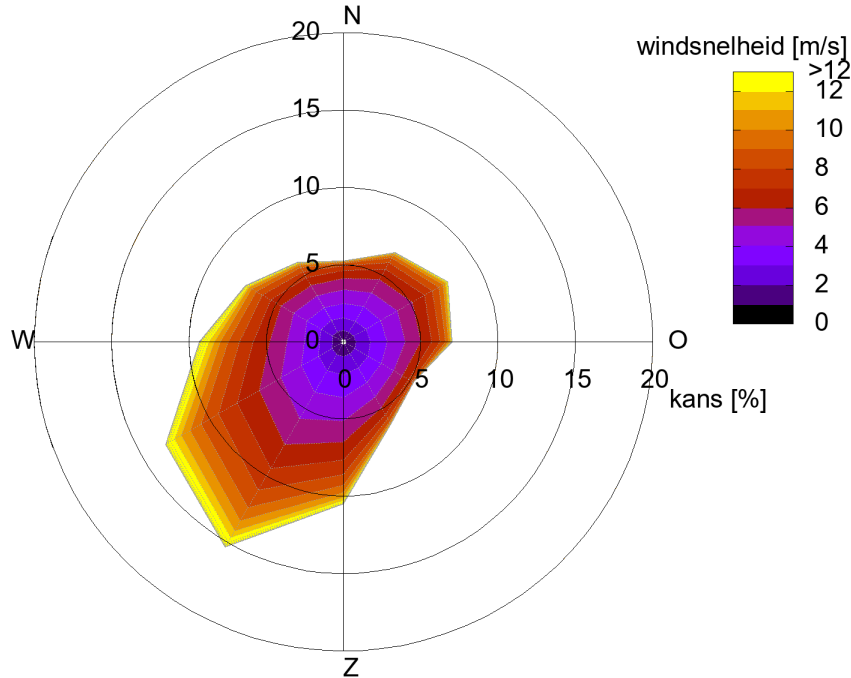
f2.1 Terreinruwheid tot 6 km afstand volgens NPR 6097



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 noordwesten 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 X117787 Y489076.



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 X117787 Y489076 Jaar 1963-2002												
totaal aantal uren: 8766.5												
gemiddelde windsnelheid (m/s): 5.4												
wind snelheid	Noord 0°	30°	60°	Oost 90°	120°	150°	Zuid 180°	210°	240°	West 270°	300°	330°
0.0 - 0.9	15.2	14.3	16.1	18.3	19.7	18.9	18.0	18.7	17.4	14.0	16.8	17.2
1.0 - 1.9	52.0	51.0	53.3	55.3	57.0	60.2	66.8	63.8	60.1	49.9	55.7	52.6
2.0 - 2.9	71.4	71.5	79.7	81.1	86.5	91.3	105.4	108.7	88.0	73.2	76.9	72.6
3.0 - 3.9	81.8	96.3	96.8	96.0	87.3	99.8	127.1	140.1	112.8	87.2	91.2	83.1
4.0 - 4.9	76.4	91.0	109.8	101.3	80.6	93.5	134.6	171.2	133.4	98.3	89.8	77.6
5.0 - 5.9	63.8	84.7	98.1	89.0	57.0	68.7	118.4	170.1	141.4	99.5	81.9	66.2
6.0 - 6.9	44.5	66.7	76.9	61.8	39.5	43.9	100.2	157.1	143.0	89.4	67.5	54.1
7.0 - 7.9	28.6	45.5	53.4	45.0	22.1	29.5	82.3	140.8	122.8	80.6	53.8	37.2
8.0 - 8.9	14.0	28.8	41.1	31.6	7.7	17.6	60.7	113.7	112.7	62.3	40.5	26.0
9.0 - 9.9	7.1	18.2	26.8	17.6	3.0	9.4	41.6	88.2	75.2	46.3	27.8	16.6
10.0 - 10.9	3.7	9.8	15.8	9.4	0.9	4.0	28.1	65.0	58.7	34.7	16.9	8.9
11.0 - 11.9	1.8	4.4	9.8	6.4	0.4	1.4	16.9	45.2	41.4	27.8	10.2	5.1
12.0 - 12.9	1.5	2.2	5.7	2.3	0.2	0.6	9.4	30.3	25.6	19.0	6.9	2.7
13.0 - 13.9	0.4	1.5	1.5	0.9		0.4	4.6	16.0	15.8	13.0	3.1	1.4
14.0 - 14.9		0.4	0.6	0.4			1.8	8.4	8.4	9.6	1.4	0.6
15.0 - 15.9		0.1	0.2	0.1			1.1	4.4	4.9	6.2	0.9	0.3
16.0 - 16.9			0.1				0.6	2.3	2.3	3.3	0.4	0.2
17.0 - 17.9							0.3	1.2	1.6	2.4	0.1	
18.0 - 18.9								0.6	0.8	1.1	0.2	
19.0 - 19.9								0.1	0.2	0.6	0.2	
20.0 - 20.9									0.2	0.4	0.1	
21.0 - 21.9									0.1	0.1		
22.0 - 22.9									0.1	0.1		
23.0 - 23.9									0.1			
24.0 - 24.9												
25.0 - 25.9										0.1		
26.0 - 26.9												
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	462.2	586.4	685.7	616.5	461.9	539.2	917.9	1345.9	1167.0	819.1	642.3	522.4
gemiddelde snelheid	4.4	4.9	5.2	4.8	4.0	4.3	5.4	6.3	6.5	6.3	5.3	4.8

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 in overleg met de opdrachtgever 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.

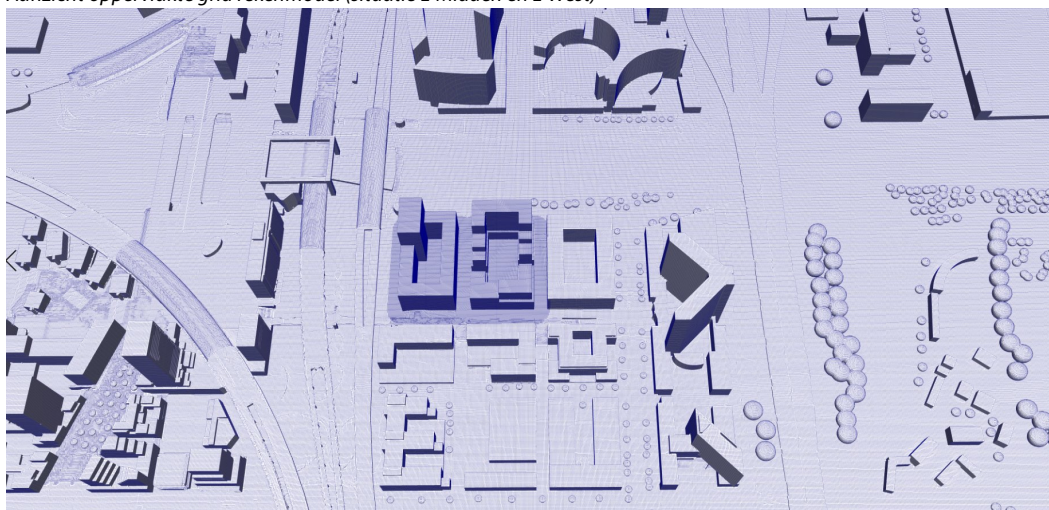
De windsnelheden rondom het project worden met het CFD-model voor 12 windrichtingen berekend. Met behulp van de windstatistiek voor de bouwlocatie, zoals berekend in navolging van de NPR 6097, wordt vervolgens per windrichting de overschrijdingskansen voor de kritische uurgemiddelde windsnelheden van 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

In figuur 3.1 is een aanzicht gegeven van het rekengrid ter plaatse van de geplande bebouwing op de kavels L-Midden en L-West.

f3.1 Aanzicht oppervlakte grid rekenmodel (situatie L-Midden en L-West)

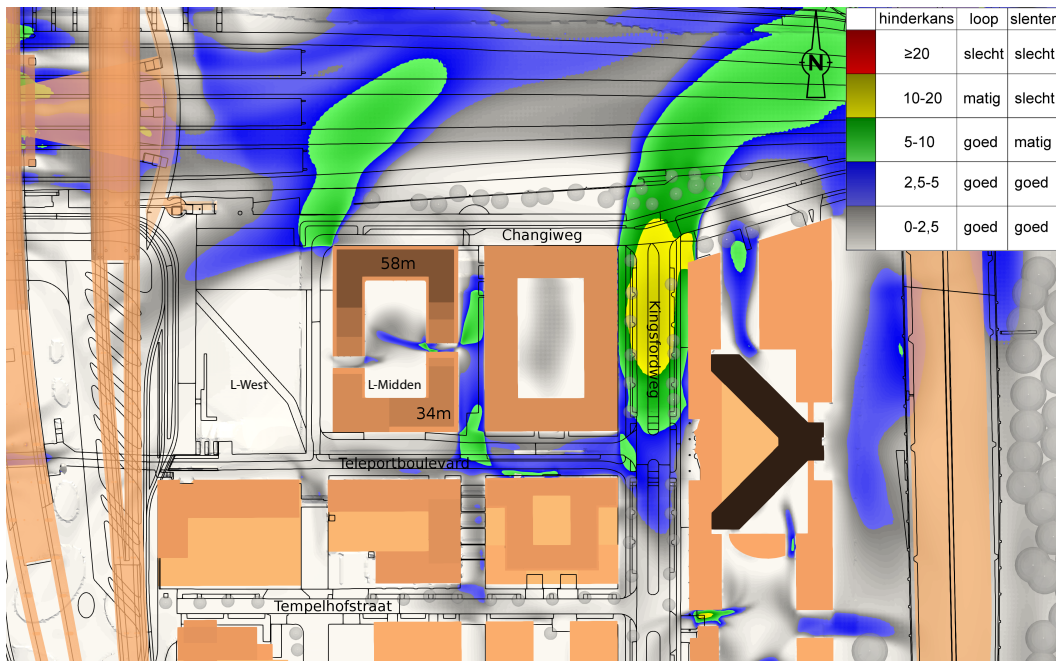


Het toekomstige windklimaat wordt beoordeeld op basis van de uitgevoerde CFD-berekeningen, de windstatistiek van de betreffende locatie en de grenswaarden zoals beschreven in de paragrafen 2.2.1 en 2.2.2 betreffende windhinder en windgevaar.

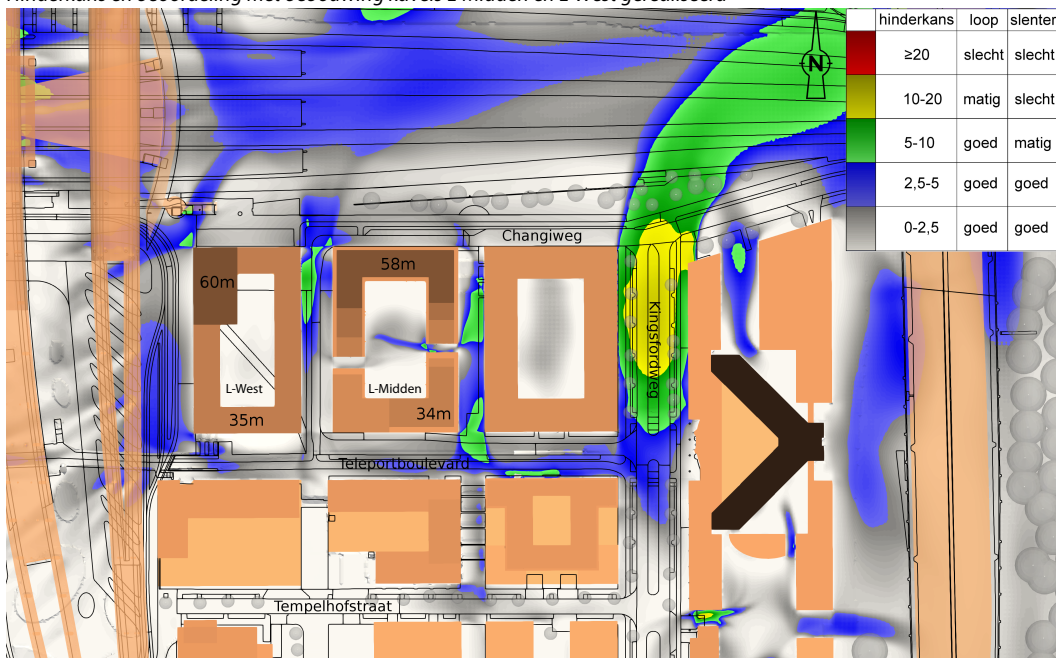
In figuur 3.2 wordt in een horizontale doorsnede op hoofdhoogte (1,75 meter boven plaatselijk maaiveldniveau) de berekende hinderkans met kleurcontouren voor de geplande bebouwingssituatie met alleen bebouwing op kavel L-Midden gerealiseerd weergegeven. In figuur 3.3 is eenzelfde doorsnede getoond voor de situatie waarbij zowel de bebouwing op de kavel L-Midden als L-West is gerealiseerd. De kleuren in deze figuren 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 Hinderkans en beoordeling met alleen bebouwing kavel L-Midden gerealiseerd



13.3 Hinderkans en beoordeling met bebouwing kavels L-Midden en L-West gerealiseerd



Uit de rekenresultaten in de figuren 3.2 en 3.3 kan het volgende worden opgemaakt:

- In de geplande situatie met alleen de bebouwing op kavel L-Midden wordt in de directe omgeving een goed windklimaat voor de functie doorlopen verwacht (grijs, blauw en groen in figuur 3.2). Voor zover windgevoelige functies als gebouwentrees of buitenruimten aanwezig of gepland zijn in de gebieden met de kleur groen, is er sprake van een beoordeling matig met het strengere criterium voor slenteren. In de huidige situatie blijken dergelijke functies zich hier niet te bevinden. Op de onbebouwde kavel L-West is sprake van een lage hinderkans.
- Als ook kavel L-West bebouwd is, blijft overal in het plangebied een goed windklimaat voor doorlopen te verwachten. In de straat tussen L-Midden en L-West is voor de gevel van de bebouwing van L-west plaatselijk sprake van een matig windklimaat, beoordeeld met het criterium voor slenteren (groen in figuur 3.3). Dit maakt deze positie op voorhand minder geschikt voor windgevoelige functies als gebouwentrees.
- Op de Kingsfordweg is plaatselijk een hogere hinderkans vastgesteld, te beoordelen als matig voor de functie doorlopen (geel). Dit wordt niet veroorzaakt door de geplande bebouwing maar is het directe gevolg van de bestaande hoogbouw.
- Nergens in het onderzoeksgebied is een slecht windklimaat op basis van het criterium voor doorlopen of een overschrijding van het gevaarcriterium vastgesteld.

4 Samenvatting en conclusies

In opdracht van de Gemeente Amsterdam is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimatsituatie rondom de geplande bebouwing op de kavels L-Midden en L-West te Amsterdam Sloterdijk-Centrum. Doel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het te verwachten windklimaat in de directe omgeving van de geplande bebouwing. In verband met fasering is zowel de situatie onderzocht waarbij alleen de bebouwing op kavel L-Midden gerealiseerd is als de situatie met zowel bebouwing op zowel kavel L-Midden als op kavel L-West.

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 situatie met alleen bebouwing op kavel L-Midden als in de situatie met ook bebouwing op kavel L-West, wordt overal in het plangebied een goed windklimaat voor doorlopen verwacht. Dit is op de meeste plekken tevens het geval voor het strengere criterium voor slenteren.
- Bij de positionering van de toekomstige gebouwentrees of andere windgevoelige functies dienen enkele plekken waar volgens de berekeningen een matig windklimaat met het criterium voor slenteren optreedt te worden vermeden.
- Nergens in het plangebied is sprake van een beoordeling slecht of een overschrijding van het gevaarcriterium.

Mook,



Dit rapport bevat 13 pagina's

Bijlage 1: Technisch inlegvel numerieke simulatie

Bijlage 1 Technisch inlegvel numerieke simulatie

Project	Projectgegevens			
Projectnaam	Kavels L-Midden en L-West te Amsterdam Sloterdijk-Centrum			
Opdrachtgever	Gemeente Amsterdam			
Projectleider	ir. J.T. Akhnoukh / O.E. Otten			
Datum	22 april 2020			
Model	Algemene gegevens van het model			
Omvang gemodelleerd gebied	1330 x 1290 meter			
Kerngebied	het gebied rondom de geplande nieuwbouw			
Omgeving	bebouwing/begroeiing			
Afmetingen model	1430 x 1390 x 500 meter			
Blokkeringsgraad	<10%			
Gemodelleerd groen	jaargemiddelde situatie			
Onderzochte windrichtingen	12 (rondom in stappen van 30 graden)			
Onderzochte configuraties	geplande bebouwingssituaties met alleen L-midden gerealiseerd en zowel L-midden als L-rechts gerealiseerd			
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur			
Programmatuur	OpenFoam 6			
Algemeen	✓	FVM (eindige volume methode)		
	—	FEM (eindige elementen methode)		
	—	anders		
	✓	drie-dimensionaal	—	twee-dimensionaal
	✓	tijd-onafhankelijk	—	tijd-afhankelijk
	✓	isothermisch	—	thermisch
	—	passieve scalairs	—	actieve scalairs
Rekenrooster	circa 27 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, windrichtingen 90° t/m 240°: z ₀ =0.7 m; overige windrichtingen z ₀ =0.5 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 = 117787 Y = 489076			
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				