



De Koopvaardij Tilburg

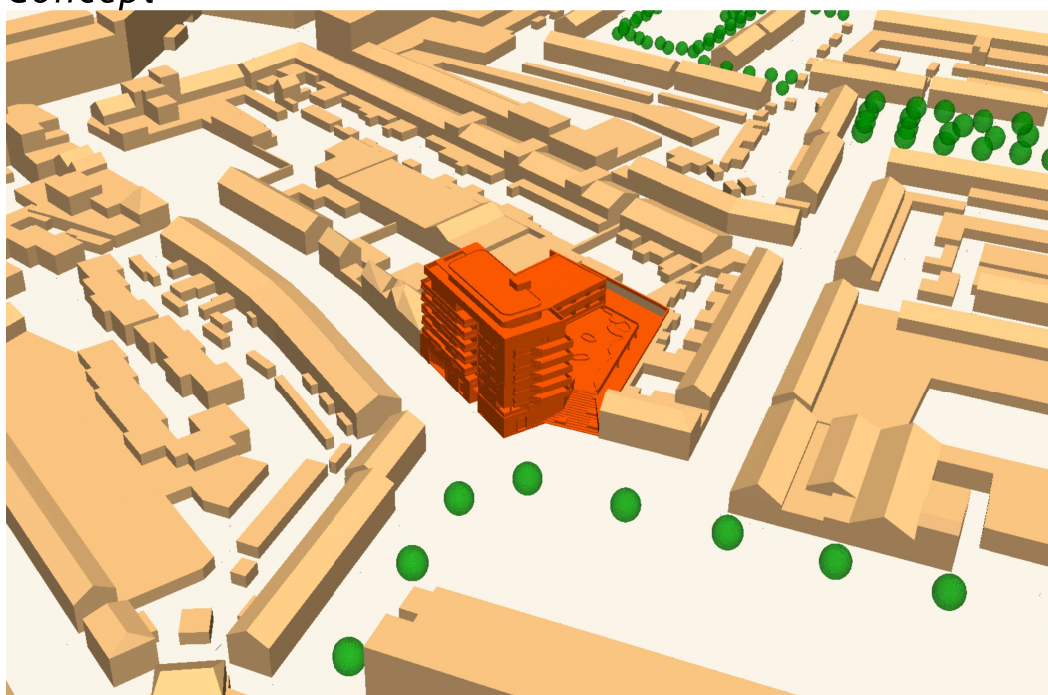
Windklimaatonderzoek met behulp van CFD

Concept

De Koopvaardij Tilburg

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD

Concept



opdrachtgever W&L De Koopvaardij BV
rapportnummer O 15927-1-RA
datum 31 oktober 2017
referentie OO/JA//O 15927-1-RA
verantwoordelijke O.E. Otten
opsteller ir. J.T. Akhnoukh
+31 24 3579425
j.akhnoukh@peutz.nl

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 24 357 07 07, 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 – berlijn – leuven – parijs – lyon

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	12

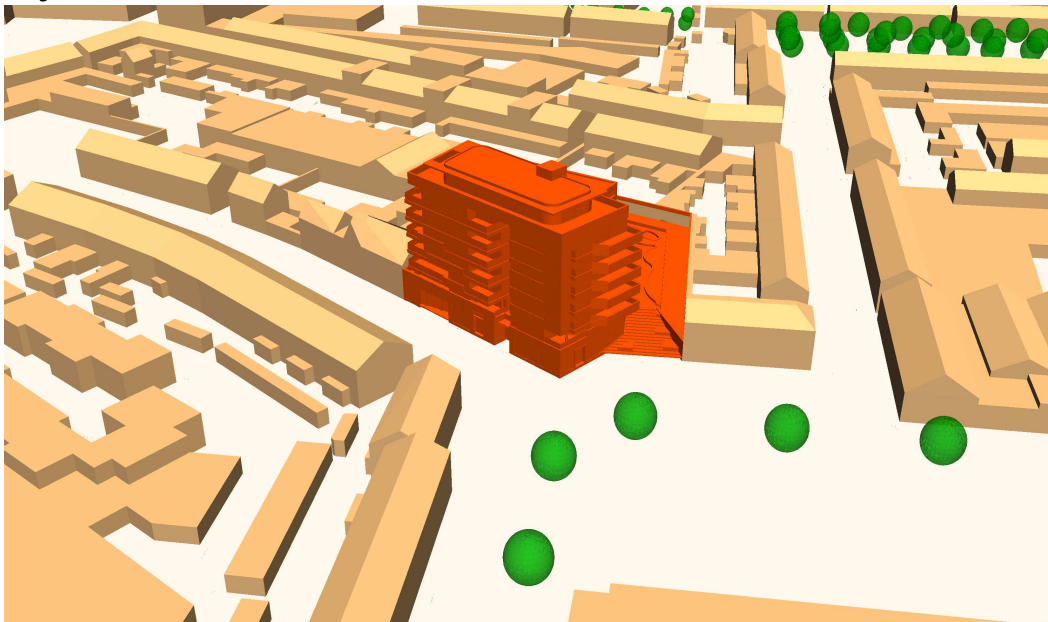
1 Inleiding

In opdracht van W&L De Koopvaardij BV is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de windklimaatssituatie bij de Piushaven te Tilburg ten gevolge van de ontwikkeling van de geplande nieuwbouw De Koopvaardij, zie het oranje gebouw in figuur 1.1.

Voor het vervaardigen van het CFD-model is onder meer gebruik gemaakt van een door de opdrachtgever aangeleverde 3D model van het geplande woongebouw. De verdere stedenbouwkundige omgeving en de begroeiing is meegenomen aan de hand van gegevens uit openbare bronnen. In totaal is een gebied gemodelleerd is van circa 630 bij 550 meter.

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*



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 een windtunnel noodzakelijk geacht. De geplande bouwhoogte bedraagt circa 28 meter en ligt derhalve onder de gestelde grenshoogte van de NEN 8100. In dit geval heeft echter de gemeente Tilburg beleid voor bouwhoogten vanaf 15 meter (Handreiking Hoogbouw 2017). Hierin wordt geeist het aspect windhinder te beoordelen.

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 activiteitsklassen. 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 e.d.

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

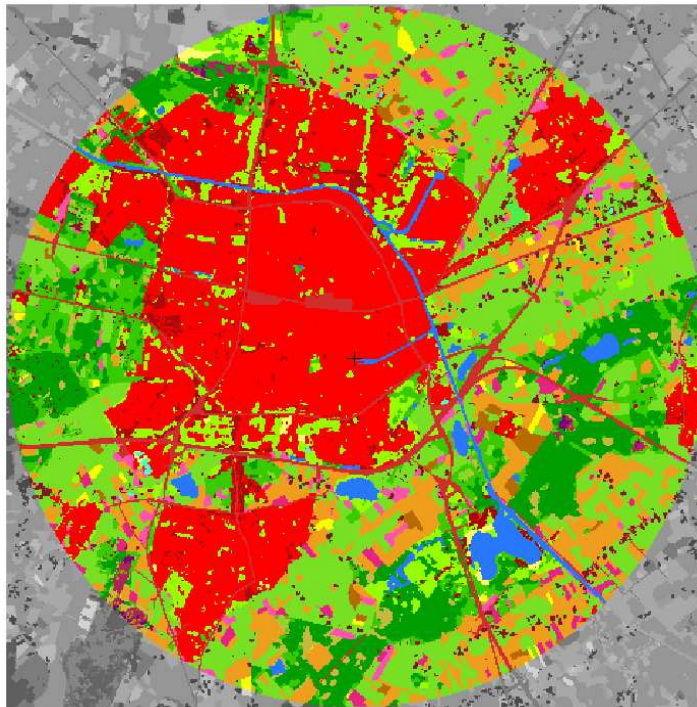
De norm stelt: "Situaties waarvoor een overschrijdingskans geldt van $0,05 < p < 0,30$ mogen alleen worden geaccepteerd als deze vallen binnen activiteiten klasse I (doorlopen). Voor activiteiten klasse II en III geldt de eis $p \leq 0,05$.

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 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 deze locatie. 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.

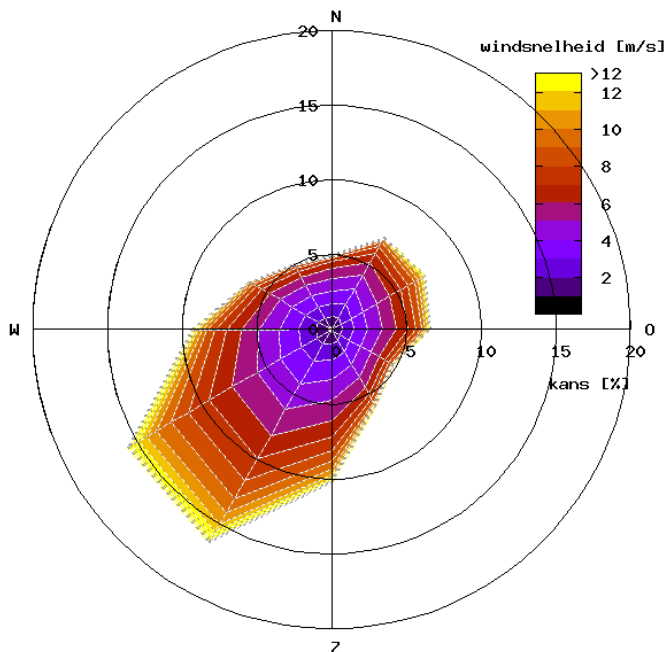
f2.1 *Terreinruwheid tot 6 km afstand volgens NPR 6097*



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 deze locatie met name bij wind uit het zuiden tot westen de hoogste windsnelheden optreden en dat de wind relatief vaak uit het uit het zuidwesten (210° en 240°) komt. De zuidwesten wind is hiermee het meest bepalend voor het lokale windklimaat.

f2.2 Windroos betreffende locatie volgens NPR 6097

Windroos voor locatie X134580 Y396036.



t2.3 Windstatistiek van de betreffende locatie volgens NPR 6097

Distributief overzicht windsnelheden 60 meter op basis van NPR 6097 in uren per jaar												totaal aantal uren: 8786,4		
Positie X134580 Y396036 Jaar 1963-2002												gemiddelde windsnelheid (m/s): 5,4		
wind snelheid	30°	60°	Oost 90°	120°	150°	Zuid 180°	210°	240°	West 270°	300°	330°	Noord 360°		
0.0 - 0.9	19.9	14.6	15.9	14.8	17.3	18.0	21.8	22.7	22.3	21.7	19.2	19.0		
1.0 - 1.9	61.7	47.8	47.0	43.1	53.8	63.0	74.0	73.5	71.2	66.0	57.5	57.6		
2.0 - 2.9	89.6	69.8	66.9	65.5	77.7	98.7	118.7	110.7	100.3	85.4	74.6	74.5		
3.0 - 3.9	102.9	82.3	82.8	73.5	89.6	113.7	154.3	136.9	114.8	95.0	81.0	77.1		
4.0 - 4.9	96.1	91.6	87.1	67.7	87.4	123.5	173.3	160.0	120.1	82.6	68.5	71.2		
5.0 - 5.9	84.0	88.3	81.1	55.5	67.9	115.7	173.1	168.7	99.8	68.8	53.0	57.6		
6.0 - 6.9	65.8	72.2	64.7	39.2	45.3	96.9	158.8	156.8	86.6	54.4	37.1	41.0		
7.0 - 7.9	44.7	53.9	46.5	27.4	31.6	79.9	143.9	144.0	66.9	37.0	24.2	20.9		
8.0 - 8.9	26.6	42.2	35.6	17.4	21.9	62.3	126.7	117.5	47.0	23.1	15.6	11.3		
9.0 - 9.9	16.4	27.6	24.0	7.1	11.6	46.0	95.5	95.2	33.0	14.0	7.3	6.0		
10.0 - 10.9	8.6	19.3	14.0	3.3	7.2	32.5	74.4	68.8	22.1	8.6	3.8	3.7		
11.0 - 11.9	3.1	12.8	8.1	1.6	3.4	20.5	50.9	52.7	14.5	3.4	2.1	1.6		
12.0 - 12.9	1.9	7.4	4.5	0.4	1.3	12.6	32.0	30.5	9.0	1.4	1.0	0.7		
13.0 - 13.9	0.6	4.2	2.8	0.2	0.4	7.5	19.6	20.1	5.1	0.9	0.4	0.1		
14.0 - 14.9	0.1	1.5	0.9	0.2	0.4	4.0	11.3	12.0	3.0	0.3	0.2	0.0		
15.0 - 15.9	0.0	0.3	0.5	0.0	0.0	1.9	6.0	6.7	1.6	0.3	0.0	0.0		
16.0 - 16.9	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.8	3.3	3.2	1.3	0.1	0.0	0.0		
17.0 - 17.9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	1.8	1.9	0.3	0.1	0.0	0.0		
18.0 - 18.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.0	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0		
19.0 - 19.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0		
20.0 - 20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0		
21.0 - 21.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0		
22.0 - 22.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0		
23.0 - 23.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
24.0 - 24.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
25.0 - 25.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
26.0 - 26.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
27.0 - 27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
28.0 - 28.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
29.0 - 29.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
30.0 - 30.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
31.0 - 31.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
32.0 - 32.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
33.0 - 33.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
34.0 - 34.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
35.0 - 35.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
36.0 - 36.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
37.0 - 37.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
38.0 - 38.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
39.0 - 39.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
aantal uren	622.0	636.1	582.6	416.9	516.8	898.8	1440.9	1382.1	819.3	563.1	445.5	442.3		
gemiddelde snelheid	4,6	5,4	5,2	4,4	4,5	5,7	6,4	6,4	5,3	4,5	4,2	4,1		

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.

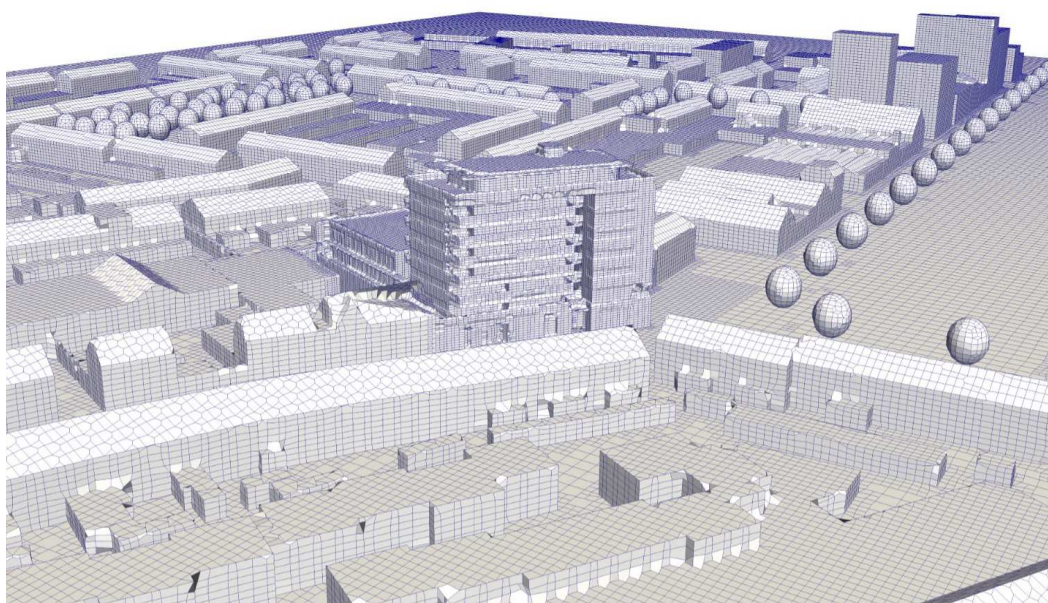
De windsnelheden rondom het project worden met het CFD-model voor 12 windrichtingen berekend. Met behulp van de windstatistiek voor de locatie, zoals berekend in navolging van de NPR 6097, wordt vervolgens per windrichting de overschrijdingskans voor de kritische uurgemiddelde windsnelheden van 5 en 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

In figuur 3.1 is een aanzicht gegeven van het rekengrid.

f3.1 Aanzicht oppervlakte grid rekenmodel



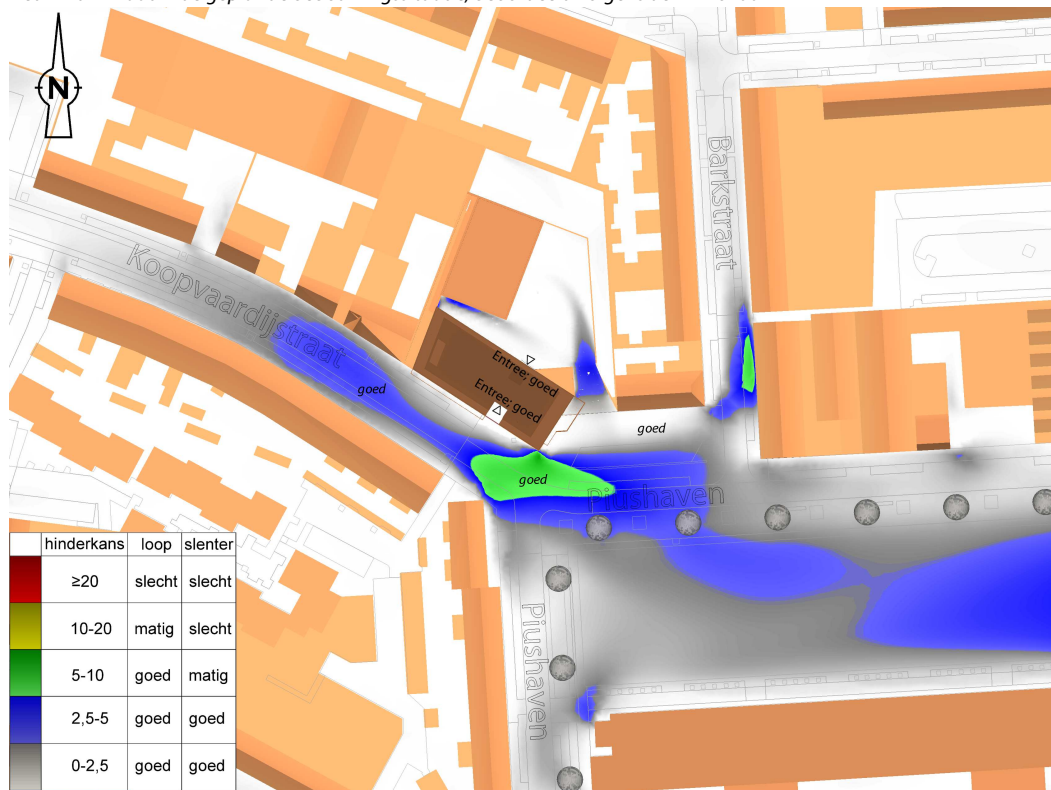
Het windklimaat wordt beoordeeld op basis van de uitgevoerde CFD-berekeningen, de windstatistiek van de betreffende locatie en de grenswaarden zoals beschreven in de paragrafen 2.2.1 en 2.2.2 betreffende windhinder en windgevaar.

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

Het aspect windgevaar wordt alleen tekstueel beoordeeld.

De hoogbouw is in figuur 3.2 aangegeven met een donkerdere kleur dan de laagbouw.

f3.2 Het windklimaat in de geplande bebouwingssituatie, beoordeeld volgens de NEN 8100



Uit figuur 3.2 blijkt dat overall in de omgeving van het plan een goed windklimaat voor doorlopen wordt verwacht. Bij de zuidelijke gebouwhoek van het plan is de verwachte overschrijdingskans ten gevolge van de geplande nieuwbouw wat hoger (groene gebied). Desalniettemin blijft het windklimaat hier goed voor doorlopen.

In de Barkstraat is lokaal de overschrijdingskans wat hoger. Het windklimaat – beoordeeld voor slenteren – is voor entrees hier matig, voor doorlopen goed. Het is niet evident of dit komt door het plan of dat dit in de huidige situatie ook al is.

De Koopvaardij heeft een entree aan de noordkant en een wat naar binnen gelegen entree aan de zuidkant voor naar de appartementen. Het verwachte windklimaat is voor beide entrees goed.

Het gevaarcriterium wordt nergens in het onderzoeksgebied overschreden.

4 Samenvatting en conclusies

In opdracht van W&L De Koopvaardij BV is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de windklimaatssituatie bij de Piushaven te Tilburg. Het hoofddoel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het windklimaat rondom het geplande woongebouw De Koopvaardij (bouwhoogte circa 28 meter).

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".

Bij de beoordeling van de onderzoeksresultaten wordt onderscheid gemaakt tussen de functies doorlopen en slenteren. De laatst genoemde is onder meer van toepassing bij de gebouwentrees. Voor de straten rondom het geplande woongebouw is van het criterium voor lopen uitgegaan. Voor beide functiegebieden wordt een beoordeling goed nagestreefd.

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

- In de nabije omgeving van het geplande woongebouw wordt overal een goed windklimaat voor doorlopen verwacht.
- In de toekomstige situatie is het windklimaat lokaal in de Barkstraat matig bij entrees.
- Uit de berekeningen volgt dat bij de noordelijke en zuidelijke entrees naar De Koopvaardij een goed windklimaat zal heersen (beoordeeld als slenteren).
- Het gevaarcriterium wordt nergens in het onderzoeksgebied overschreden.

De geplande nieuwbouw heeft geen grote invloed op het windklimaat in de omgeving.

Mook,

Dit rapport bevat 12 pagina's

Bijlage 1: Technisch inlegvel numerieke simulatie.

Bijlage 1 Technisch inlegvel numerieke simulatie

Project	Projectgegevens			
Projectnaam	De Koopvaardij Tilburg			
Opdrachtgever	W&L De Koopvaardij BV			
Projectleider	J. Akhnoukh			
Datum	31 oktober 2017			
Model	Algemene gegevens van het model			
Omvang gemodelleerd gebied	630 x 550 meter			
Kerngebied	het gebied rondom de geplande nieuwbouw			
Omgeving	bebouwing/begroeiing			
Afmetingen model	730 x 650 x 220 meter			
Blokkeringsgraad	<10%			
Gemodelleerd groen	jaargemiddelde situatie			
Onderzochte windrichtingen	12 (rondom in stappen van 30 graden)			
Onderzochte configuraties	bestaande bebouwingssituatie (inclusief vervangende laagbouw)			
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur			
Programmatuur	OpenFOAM 3.0.x			
	✓	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 3.8 miljoen cellen; verfijning t.p.v. de hoogbouw			
Turbulentiemodellering	k-ε-RNG-turbulentiemodel			
Convectieve differentieschema's	snelheidscomponenten: Gauss			
	turbulentie grootheden: Gauss			
	scalaire variabelen: -			
Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden			
Instroombprofiel	voor alle windrichtingen $z_0=0.7$ m			
Uitlaat	constante druk			
Boven-/zijwanden	gesloten, wrijvingsloos			
Gegevensverwerking en -beoordeling	Informatie voor locatie en beoordeling windklimaat			
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X = 134580			
	Y = 396037			
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	$p \geq 0,30$	gevaarlijk
Gepresenteerde resultaten		windhinder: figuren met $p(V_{LOK} > V_{DR,H})$ -waarden, gevaar: tekstuele beoordeling		
Opmerkingen				