



CFD windklimaat onderzoek

Masterplan Havezate - Kwartier Zwolle

Zwolle

P35922547e200

30 mei 2024

Revisie 0

Project	Havezate - Kwartier Zwolle
Locatie	Zwolle
Onderwerp	CFD windklimaat onderzoek
Document	P35922547e200
Revisie	0
Datum	29 maart 2023
Status	Definitief
Opdrachtgever	BJZ.nu
	Dr Van Wiechenweg 2 8025 BZ, Zwolle
CFD-expert	SIMSTUDIO International Consultants
	Baron de Coubertinlaan 6 2719 EL Zoetermeer info@simstudio-ic.com www.simstudio-ic.com

Huidige versie			
Uitgifte nummer:	100	Uitgifte datum:	29/03/2023
	Auteur:	Gecontroleerd door:	Reden voor uitgave:
Naam:	Martin Eimermann	Bob Ligtvoet	Eerste versie

Vorige versies				
Uitgifte nr.:	Datum:	Auteur:	Controle:	Reden voor uitgave

1	INLEIDING	4
1.1	Masterplan Havezate - Kwartier Zwolle	4
1.2	Onderzoeksdoel	4
1.3	NEN8100 beslismodel	5
1.4	NEN8100 Beoordelingsmethodiek	5
2	ALGEMENE INFORMATIE	6
3	UITGANGSPUNTEN EN AANNAMEN	8
3.1	Huidige situatie	8
3.2	Toekomstige situatie	9
3.3	CFD model	14
3.4	Winddata	15
3.5	Windprofiel	16
3.6	CFD-modellering	17
4	RESULTATEN VAN DE SIMULATIES	18
4.1	Windhinder	18
4.2	Windgevaar	21
5	CONCLUSIE	22
5.1	Windhinder	22
5.2	Windgevaar	22
6	BIJLAGE – WINDKLIMAAT PRINCIPES TOEGELICHT	23
6.1	Wanneer windhinder	23
6.2	Fenomenen	23
6.3	Effect van gebouwen op de wind	24

1 Inleiding

1.1 Masterplan Havezate - Kwartier Zwolle

Voor het masterplan Havezate - Kwartier in Zwolle is een CFD windklimaat onderzoek uitgevoerd. Het ontwikkelingsgebied ligt ten noordwesten van de stadskern en is omgeven door de Gomberstraat, Middelweg, het Zwartewaterallee en de Monteverdilaan. Langs alle genoemde wegen lopen fiets en wandelpaden.

Het voorgestelde ontwikkelingsplan bestaat deels uit de verbouwing van de bestaande bebouwing en deels uit nieuwbouw. In totaal telt het plan 7 gebouwen met een hoogte tussen de drie en veertien bouwlagen. De maximale hoogte van het bouwplan is 43m.

In de huidige situatie bestaat de bebouwing uit een aantal aan elkaar gelinkte gebouwen. De hoogte van de huidige situatie ligt tussen de 4m en 18m. De huidige parkeergelegenheden blijven in de toekomstige situatie ook aanwezig.

Figuur 1 geeft de locatie en de omgeving weer van het toekomstige bouwplan.



Figuur 1: Impressie van locatie en omgeving Havezate - Kwartier Zwolle, aanzicht noordwest.

1.2 Onderzoeksdoel

Een CFD windklimaat onderzoek is uitgevoerd om inzicht te geven in het te verwachten windklimaat in en rond de gebiedsontwikkeling. Het masterplan wordt beoordeeld op basis van de methodiek als omschreven in de NEN8100.

1.3 NEN8100 beslismodel

De NEN8100 geeft een beslismodel om te bepalen of en wat voor type windklimaatonderzoek noodzakelijk is. In het voorgelegde plan zijn gebouwen opgenomen met hoogte tot 43m, de NEN8100 zegt hier het volgende over:

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- CFD-onderzoek noodzakelijk is.

Voor gebouwen met een hoogte vanaf 30 m is nader onderzoek met CFD- of Windtunnelsimulatie noodzakelijk.

Op basis van het beslismodel wordt een CFD windklimaat onderzoek uitgevoerd.

1.4 NEN8100 Beoordelingsmethodiek

In de NEN8100 worden 5 kwaliteitsklassen gegeven waarbij windhinder als **goed**, **matig** of **slecht** wordt geclassificeerd voor een drietal activiteiten. Deze omschrijving staat voor:

- Bij een **goed** windklimaat ervaart men *geen tot weinig* overmatige windhinder.
- Bij een **matig** windklimaat ervaart men *af en toe* overmatige windhinder.
- Bij een **slecht** windklimaat ervaart men regelmatig overmatige windhinder.

Een zo omschreven **matig** windklimaat past bij de algemene ervaring van het windklimaat in Nederland.

De kwaliteitsklasse is afhankelijk van het aantal uren dat de windhinder (overlast) drempelwaarde van 5 m/s naar verwachting wordt overschreden. Deze waardering is weergegeven in Tabel 1 met in groen acceptabele kwaliteitsklasse.

De drempelwaarde voor windgevaar is 15 m/s (NEN8100) en wordt gekwalificeerd als aangegeven in Tabel 2.

Overschrijdingskans In procenten van het aantal uren per jaar	Kwaliteitsklasse	Activiteiten		
		Doorlopen	Slenteren	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

Tabel 1: Classificatie windklimaat conform NEN8100.

Overschrijdingskans In procenten van het aantal uren per jaar	Kwalificatie
0,05 < 0,30	Beperkt risico
> 0,30	Gevaarlijk

Tabel 2: Kwalificatie tabel windgevaar conform NEN8100.

2 Algemene informatie

Conform de NEN8100 wordt het windklimaat beoordeeld op basis van de overschrijdingskans van de windsnelheid drempelwaarde van 5 m/s. Daarnaast kan wind als hinderlijk ervaren worden als er fluctuaties in snelheid en richting plaats vinden. In een normaal windklimaat zonder invloed van bebouwing wordt in basis niet gesproken van overmatige windhinder. In de bebouwde omgeving treden windversnellingen en vertragingen op door de obstructie van gebouwen.

Denk aan hinder bij windsnelheden boven circa 5 m/s die worden ondervonden aan: 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). Figuur 2 toont de schaal van Beaufort met de benaming, snelheden en uitwerkingen.

Voor elke bestemming behoort te worden nagegaan welke activiteit zal overheersen. Een parkeerterrein behoort bijvoorbeeld tot activiteit I: doorlopen. Slenteren doet men bijvoorbeeld in een winkelstraat, onoverdekt winkelcentrum of park en rond een entree. Bij langdurig zitten valt te denken aan zitten op een bankje in een park.

Gebouwen die tussen andere gebouwen staan van ongeveer dezelfde hoogte veroorzaken geen overmatige windhinder. Dit is het geval indien de verhouding tussen de hoogte van het gebouw en de hoogte van ieder ander gebouw in de omgeving kleiner is dan 1,5.

Hoge bouwwerken vereisen altijd een windhinderonderzoek. Gebouwen die tweemaal hoger zijn dan de andere gebouwen binnen de invloedsfeer veroorzaken vrijwel altijd een verslechtering van het windklimaat.

In de NEN8100 worden bovenstaande condities ondergebracht in de categorieën van beschutte en onbeschutte ligging. Wanneer een bouwplan beschut ligt zal waarschijnlijk geen windhinder optreden. Landelijk gezien zal verreweg het grootste deel van de bouwplannen in deze categorie vallen. Bij een onbeschutte ligging van het bouwplan is de kans op een windklimaat met een lage graad van comfort aanmerkelijk groter.

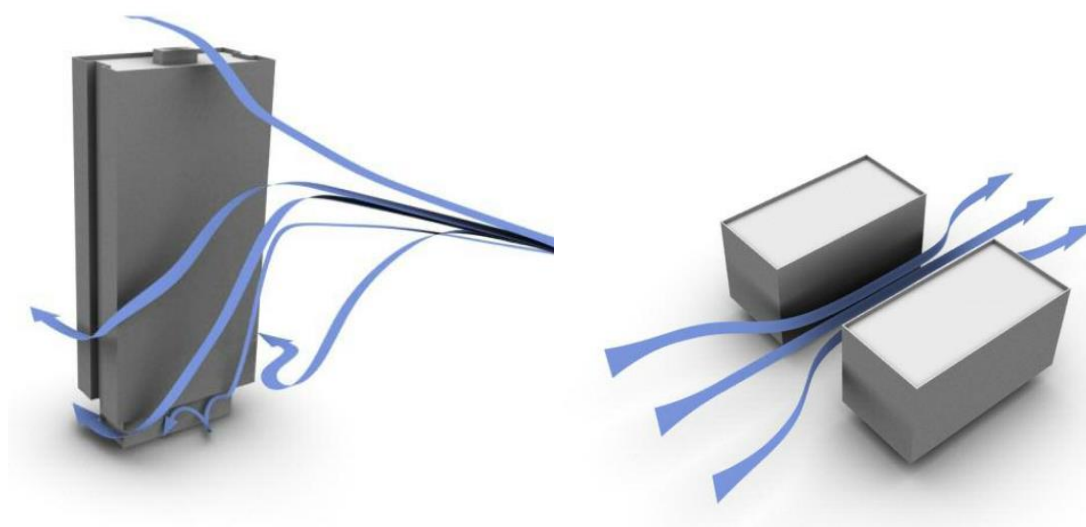
Van de wind die tegen een gebouw aanstroomt gaat circa 2/3 naar beneden, dit komt door de druk van de atmosfeer. Dit deel van de wind stroomt grotendeels op straatniveau om de hoeken van dat gebouw verder in de windrichting. De volumestroom lucht neemt daardoor naast het gebouw toe waardoor de wind relatief harder stroomt dan als het gebouw hier niet zou hebben gestaan. Deze windversnellingen kunnen leiden tot windhinder. Achter het gebouw ontstaat door de relatieve onderdruk een zog, waarbinnen lucht terug naar het gebouw stroomt (in tegengestelde richting van de wind). Figuur 3 toont een aantal basisprincipes.

De lengte waarover het gebouw effect heeft op het lokale windklimaat is afhankelijk van de breedte, hoogte en lengte. Als er twee hoge gebouwen naast elkaar staan wordt het effect versterkt.

Tussen gebouwen welke op korte afstand van elkaar staan kan ook een luwte ontstaan wanneer de wind er overheen scheert. Hierdoor wordt een beter windklimaat dan in het open veld gerealiseerd.

SCHAAL VAN BEAUFORT				
kracht	benaming	wind gemiddelde snelheid over 10 minuten		uitwerking boven land en bij mens
		km/h	m/s	
0	stil	0-1	0-0,2	rook stijgt recht of bijna recht omhoog
1	zwak	1-5	0,3-1,5	windrichting goed af te leiden uit rookpluimen
2	zwak	6-11	1,6-3,3	wind merkbaar in gezicht
3	matig	12-19	3,4-5,4	stof waait op
4	matig	20-28	5,5-7,9	haar in de war; kleding flappert
5	vrij krachtig	29-38	8,0-10,7	opwaaiend stof hinderlijk voor de ogen; gekuifde golven op meren en kanalen; vuilcontainers waaien om
6	krachtig	39-49	10,8-13,8	paraplu's met moeite vast te houden
7	hard	50-61	13,9-17,1	het is lastig tegen de wind in te lopen of te fietsen
8	stormachtig	62-74	17,2-20,7	voortbewegen zeer moeilijk
9	storm	75-88	20,8-24,4	schoorsteenkappen en dakpannen waaien weg; kinderen waaien om
10	zware storm	89-102	24,5-28,4	grote schade aan gebouwen; volwassenen waaien om
11	zeer zware storm	103-117	28,5-32,6	enorme schade aan bossen
12	orkaan	>117	>32,6	verwoestingen

Figuur 2: Schaal van Beaufort.



Figuur 3: Voorbeeld basisprincipes wind om gebouwen.

3 Uitgangspunten en aannamen

3.1 Huidige situatie

Het ontwikkelingsgebied ligt ten noordwesten van de stadskern en is omgeven door de Gomberstraat, Middelweg, het Zwartewaterallee en de Monteverdilaan. Langs alle genoemde wegen lopen fiets en wandelpaden.

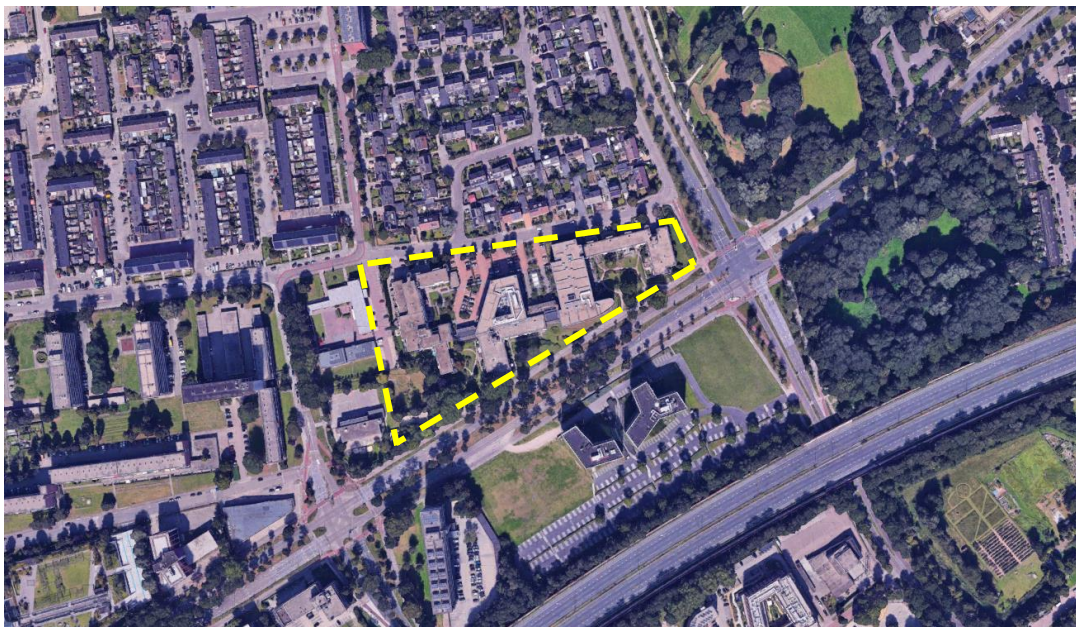
In de huidige situatie bestaat de bebouwing uit een aantal aan elkaar gelinkte gebouwen. De hoogte van de huidige situatie ligt tussen de 4m en 18m. De huidige parkeergelegenheden blijven in de toekomstige situatie ook aanwezig.

De omgeving van de bouwlocatie bestaat voornamelijk uit 3 laags woningen en meerdere laags flats en bedrijfscomplexen. Ten noorden van de locatie heeft de bebouwing een gemiddelde hoogte van 8m. Ten oosten van de locatie is een park gelegen met vrij dichte bebossing. De hoogte van de bomen ligt tussen de 15m en 30m.

De zuidzijde van het plan is deels bebouwd en deels onbebouwd. De bebouwing langs deze zijde bestaat uit twee gebouwen van 23m en één van 34m. Op 170m van het bouwplan ligt de A28. Het wegdek ligt 5m boven het maaiveld van de locatie en is omringt door bomen met een gemiddelde hoogte van 15m. De bouwhoogte ten zuidwesten van de bouwlocatie ligt tussen de 2m en 20m.

De bebouwing ten westen van de ontwikkeling bestaat uit meerdere hoge flatgebouwen. De hoogte hiervan ligt tussen de 14m en 40m. Ook in deze windrichting staan vrij veel bomen. De hoogte van de bomen is ongeveer 15m.

De ligging van het ontwikkelingsgebied is aangegeven op Figuur 4.



Figuur 4: Ligging ontwikkelingsplan Havezate - Kwartier Zwolle, geel gestippelde lijn, Google Earth.

3.2 Toekomstige situatie

Het voorgestelde ontwikkelingsplan bestaat deels uit de verbouwing van de bestaande bebouwing en deels uit nieuwbouw. In totaal telt het plan 7 gebouwen met een hoogte tussen de drie en veertien bouwlagen. De maximale hoogte binnen het bouwplan is 43m.

Figuur 5 geeft de gebouwnummers aan van de verschillende bouwblokken. Figuur 6 geeft de bouwhoogtes aan binnen het plan en Figuur 7 geeft de locatie weer van de verschillende entrees.

Voor een overzichtelijk uitleg van het bouwplan, en het geschatte windklimaat, is het plan voor dit rapport in drie delen opgedeeld:

- Gebouwen oostzijde: 3a en 3b
- Gebouwen midden: 1a, 1b, 2 en 4
- Gebouwen westzijde: 5, 6 en 7



Figuur 5: Bouwblok nummer van de verschillende gebouwen, Havezate - Kwartier Zwolle.



Figuur 6: Hoogte van de verschillende gebouwen, Havezate - Kwartier Zwolle.



Figuur 7: Entrees locaties aangegeven met rode ruiten, Havezate - Kwartier Zwolle.

3.2.1 Gebouwen oostzijde

Aan de oostzijde van het plan staan de gebouwen 3a en 3b. De hoogte van gebouw 3a wordt 19,5m en van gebouw 3b 9,8m. De twee gebouwen zijn verbonden met een brug op de eerste en tweede verdieping.

Aan de noordzijde van 3b is 8m van de begane grond niet bebouwd, wat zorgt voor een overbouw. In de ontstane open ruimte is een deel van de parkeerplaatsen gesitueerd. Ook zijn er parkeerplaatsen langs de Gomberstraat gesitueerd.

Langs de noord, oost en zuidzijde van de gebouwen staan verschillende bomen. De hoogte van de bomen ligt tussen de 6m en 21m. De hoofdentree voor gebouw 3a is gelegen aan de westzijde van het gebouw op de begane grond. Verder zijn er nog twee andere entrees om gebouw 3a binnen te komen. De vier entrees voor gebouw 3b zijn gesitueerd onder de overbouw.



Figuur 8: Bouwblok 3a en 3b, aanzicht zuidwest.

3.2.2 Gebouwen midden

In het midden van het bouwplan liggen de gebouwen 1a, 1b, 2 en 4. Binnen dit cluster van gebouwen is alleen gebouw 4 nieuwbouw. De andere drie gebouwen zijn onderdeel van de huidige situatie.

De hoogte van de gebouwen 1a, 1b en 2 is ongeveer 16m. De hoogte van gebouw 4 is 12,6m en 15,7m. Tussen dit gebouwcluster in ligt een daktuin en ontmoetingsplaats. De daktuin is gelegen op een gebouw van twee bouwlagen. De daktuin is te bereiken via de verschillende gebouwen, maar ook middels twee trappen aan de westzijde.

De entrees voor het gebouwcluster in het midden van het bouwplan zijn voornamelijk gesitueerd op de begane grond. De bovenste twee bouwlagen van gebouw 4 hebben hen entree aan de daktuin grenzen of zijn via een brug bereikbaar.

Een groot deel van de parkeergelegenheid binnen het Havezate-kwartier ligt rond om gebouw 1a en 1b. Alle parkeerplaatsen zijn ook aanwezig in de huidige situatie.



Figuur 9: Bouwblok 1a, 1b, 2 en 4, aanzicht zuidoost.

3.2.3 Gebouwen westzijde

Aan de westzijde van Havezate-kwartier liggen de gebouwen 5,6 en 7. Gebouw 7 heeft aan de oostzijde een hoogte van 43m en aan de westzijde een hoogte van 40m. Dit is het hoogste gebouw binnen het Havezate-kwartier. De hoogte van de overige gebouwen ligt tussen de 13m en 19m.

De twee hoofdentrees voor gebouw nummer 7 liggen aan de noord- en zuidzijde van het gebouw, beide in een overbouw. Gezien de hoogte van het gebouw en het gewenste windklimaat rond een entree hebben beide overbouwen een gunstige werking op het verwachte windklimaat.

Tussen gebouw 6 en 7 is een kleine doorgang gesitueerd. De doorgang is ongeveer 7m breed en bestaat uit een wandelpad en verschillende terrassen. De oriëntatie van de doorgang is van noord- naar zuidelijke richting, daarbij is de zuidelijke windrichting onderdeel van de meest voorkomende windrichtingen. De doorgang wordt echter in zuidelijke windrichting afgeschermd door 18m hoge bomen.

Tussen gebouw 5 en 7 is een tweede doorgang gesitueerd. De doorgang is ongeveer 5m breed. De oriëntatie van de doorgang is van oost- naar westelijke richting, daarbij is de westelijke windrichting onderdeel van de meest voorkomende windrichtingen.

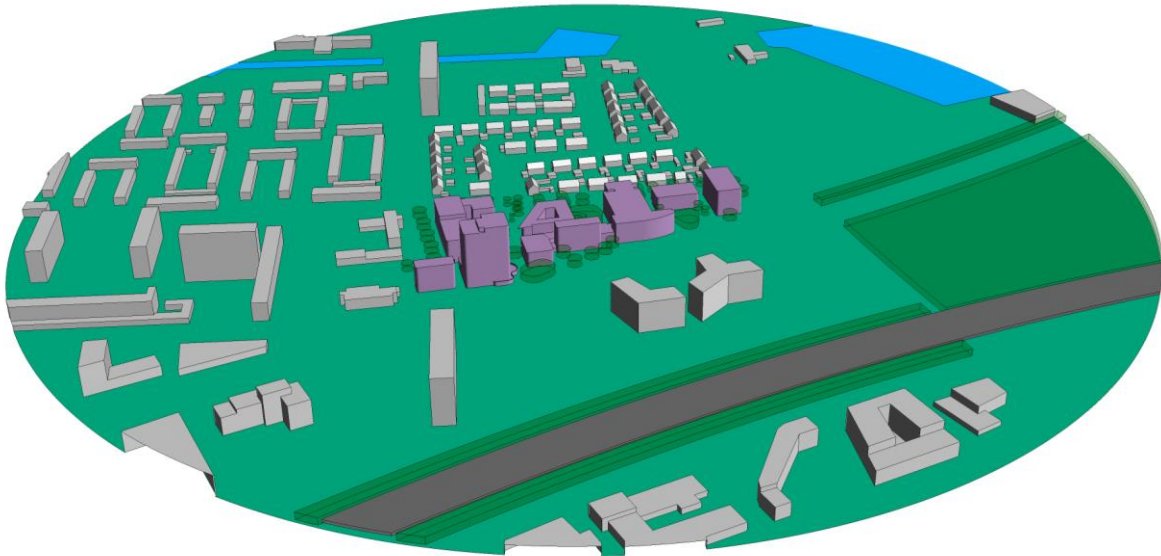
Gebouw 5 bestaat uit een hoogte van 13m, 16m en 19m. Net als bij gebouw 3b heeft gebouw 5 aan de noord- en westzijde een overbouw met daaronder parkeergelegenheden. Ook zijn er entrees gelegen in de onderbouw.



Figuur 10: Bouwblok 5, 6 en 7, aanzicht west.

3.3 CFD model

Een 3D CFD model is gemaakt van de ontwikkeling en de bebouwing tot op ten minsten 300m van de rand van de ontwikkeling. In het model is de voorgestelde landschapsindeling met betrekking tot bomen en hagen opgenomen. Ook de bomen langs de A28 en de bomen in het park ten oosten van de ontwikkeling zijn meegenomen. Overige bomen in de omgeving zijn niet meegenomen in het model.



Figuur 11: 3D CFD-model, aanzicht vanuit het zuiden



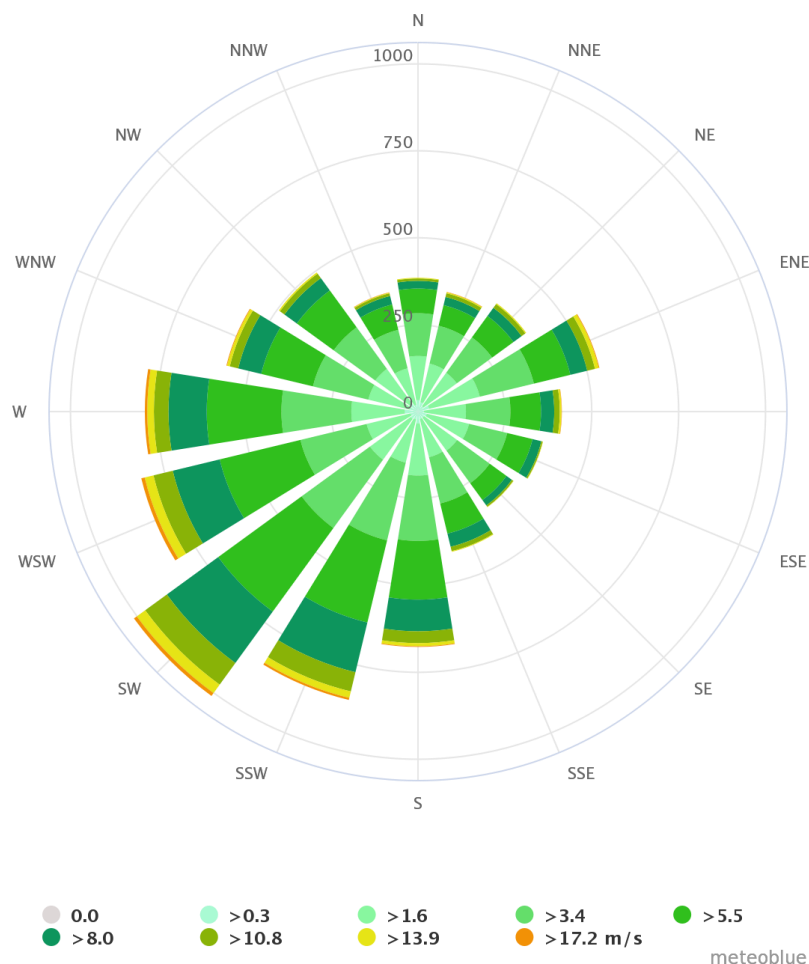
Figuur 12: 3D CFD model ingezoomd op de ontwikkeling.

3.4 Winddata

Voor de analyse is gebruik gemaakt van winddata van Meteoblue voor Zwolle.

Figuur 13 toont de windroos met windsnelheden in kilometer per uur. De snelheidscategorieën in deze windroos zijn gebaseerd op de schaal van Beaufort (bft). Wind tussen 1 en 5 km/h is gelijk aan 1bft, daarboven per categorie 1bft hoger. De windroos is opgebouwd 16 windrichtingen.

Zoals de windroos toont komt de wind overwegend uit zuidwestelijke richting, van zuidelijke tot westelijke wind. Deze windrichtingen vinden bijna 47% van het jaar plaats en zijn daarmee bepalend voor het te ervaren windklimaat. De gemiddelde windsnelheid is 16,2 km/h (windkracht 3).

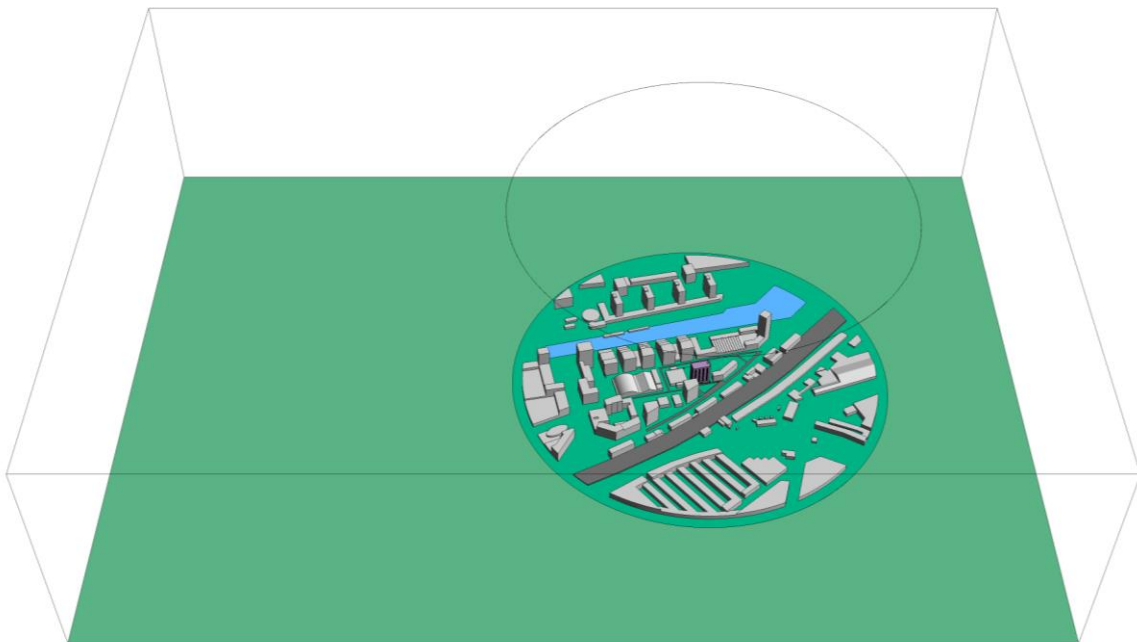


Figuur 13: Windroos geconstrueerd door Meteoblue voor Zwolle.

3.5 Windprofiel

Het simulatiemodel is aan de randen, van waaruit de wind het model instroomt, voorzien van een windprofiel. De windsnelheid is dicht bij het maaiveld lager, door de invloed van bijvoorbeeld bebouwing en begroeiing. De mate van invloed wordt beschreven door de ruwheidslengte (Troen & Petersen, 1991). De ruwheidslengte voor het gebied rondom de ontwikkeling is vastgesteld op 1,4m. Bij het definiëren van het windprofiel is rekening gehouden met de verandering van de omgeving van het weerstation naar het gebied van interesse.

Om de windstroom realistisch te kunnen simuleren is om de gemodelleerde bebouwing een box geplaatst, waar ook lucht doorheen kan stromen. De afmetingen van de box worden bepaald op basis van de hoogte (H) van het hoogste gebouw. De randen van de box bevinden zich tenminste op 5H vanaf de rand van het gemodelleerde gebied en de hoogte van de box is 6H. Stroomopwaarts is de box eveneens 5H lang en stroomafwaarts 15H. De box om het gemodelleerde gebied heen is weergegeven in Figuur 14. De box kan gezien worden als een digitale windtunnel.



Figuur 14: Box om het gemodelleerde gebied heen, ten behoeve van het windprofiel (digitale windtunnel).

Aan de hand van de referentiewindsnelheid, referentiehoogte en ruwheidslengte kan het windprofiel worden opgesteld. Het windprofiel wordt berekend met onderstaande logaritmische vergelijking.

$$v_{wind}(z) = v_{ref} \cdot \left(\frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_0}\right)} \right)$$

Waar,

v_{wind}	Windsnelheid	[m/s]
v_{ref}	Referentiesnelheid	[m/s]
z	Hoogte boven de grond	[m]
z_0	Ruwheidslengte	[m]
z_{ref}	Referentiehoogte	[m]

3.6 CFD-modellering

De simulatie is uitgevoerd met behulp van het softwarepakket ANSYS CFX. Dit softwarepakket is geschikt voor vele toepassingen en in ruime mate gevalideerd.

Het 3D CFD-model is opgedeeld in een grote hoeveelheid rekencellen. De standaard differentiaalvergelijkingen voor de stroming van fluïda worden voor elke cel opgelost. In Tabel 3 staan de belangrijkste toegepaste randvoorwaarden beschreven.

Parameter	Beschrijving
Cel type	Hybride, combinatie van tetraëders en prismalagen
Cel grootte	Dynamisch, variërend tussen 0,025 tot 2,0 m in de omgeving (vlakken) groeiend met een factor 1,05 tot maximaal 15 m in het vrije volume
Aantal cellen	34,2 miljoen
Simulatie type	Steady state
Convergentie criteria	RMS maximaal $1 \cdot 10^{-4}$
Tijdstap	Variabele grootte, tussen 2.5s en 0.5s
Aantal iteraties	400
Fluïde	Lucht met constante eigenschappen
Turbulentie model	Shear Stress Transport model RANS
Wanden gebouwen	Glad met stilstaande lucht (no slip)
Grondvlak	Ruw met stilstaande lucht (no slip)
Inlaat	Snelheids- en turbulentieprofiel

Tabel 3: CFD-modellering eigenschappen.

4 Resultaten van de simulaties

4.1 Windhinder

Wanneer een gebouw aangestroomd wordt door wind, stroomt 2/3 van de hoogte naar beneden, de zogeheten downwash. Dit deel van de wind ontsluit vervolgens op maaiveldniveau om de hoeken van dat gebouw. Hierdoor kan een windversnelling op straatniveau optreden, welke tot hinder kan leiden.

Binnen het plan wordt grotendeels aan windklimaatklasse voor langdurig zitten voldaan. Er zijn een aantal locaties waar de windklimaatklasse voor slenteren en doorlopen optreden. Figuur 15 toont de windklimaatklassen binnen en rondom de ontwikkeling.

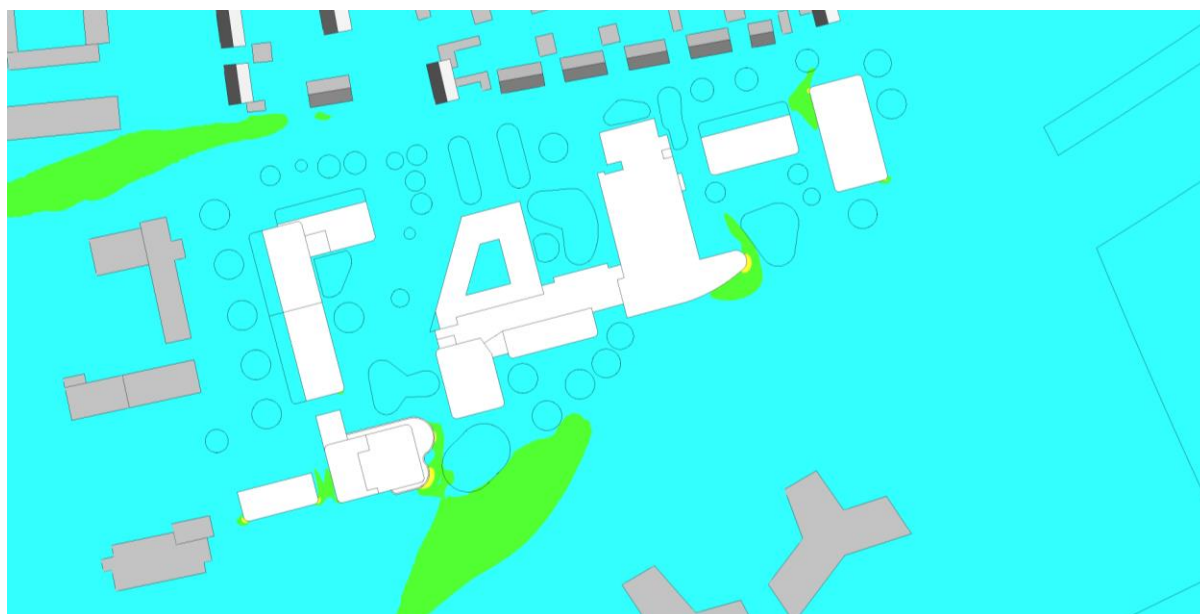
Rondom en tussen gebouwen 6 en 7 zijn verschillende locaties met windklimaatklasse voor slenteren en voor doorlopen.

Figuur 16 toont het resultaat ingezoomd op deze locaties. Op de ronde zuidoost en zuidwest hoek van gebouw 6 zijn kleine plekken waar de windklasse voor doorlopen wordt ervaren. Hier zijn geen entrees voorzien en ook bevinden zich hier geen voet- of fietspaden. Tussen gebouw 6 en 7 treedt een lichte windversnelling op waardoor de windklasse voor slenteren wordt behaald. In dit gebied bevindt zich een voetpad en verschillende terrassen. Voor de beoogde functie wordt het behaalde windklimaatklasse voldoende geacht. Indien het wenselijk wordt geacht het windklimaat te verbeteren kan de haag die het terras afscheid worden verhoogd. Let op dat de resultaten op 1,75m worden getoond, op zithoogte is er meer beschutting achter de haag. Verder is aan de oostkant van gebouw 7 een gebied waar de klimaatklasse slenteren wordt aangetroffen, dit is voldoende voor het wandelpad dat hierdoorheen loopt.

De gebieden rondom gebouwen 2, 3a en 3b waar de windklimaatklasse voor doorlopen geldt, bevinden zich geen entrees, voet- of fietspaden.

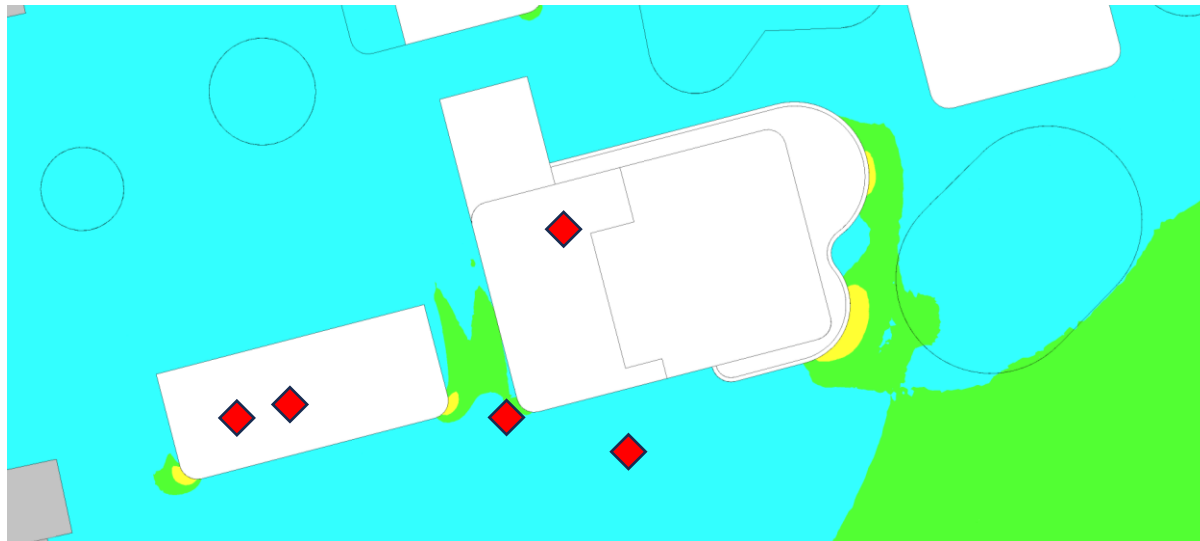
Figuur 17 toont het resultaat ingezoomd op deze locaties. Bij gebouw 3a zijn twee entrees voorzien in het gebied waar voldaan wordt aan kwaliteitsklasse slenteren, dit wordt als een voldoende kwaliteitsklasse gezien voor entree gebieden.

Er kan gesteld worden dat de ontwikkeling geen windhinder zal veroorzaken op de omliggende paden en wegen. Tevens wordt rondom de entrees voldaan aan het gewenste windklimaat.



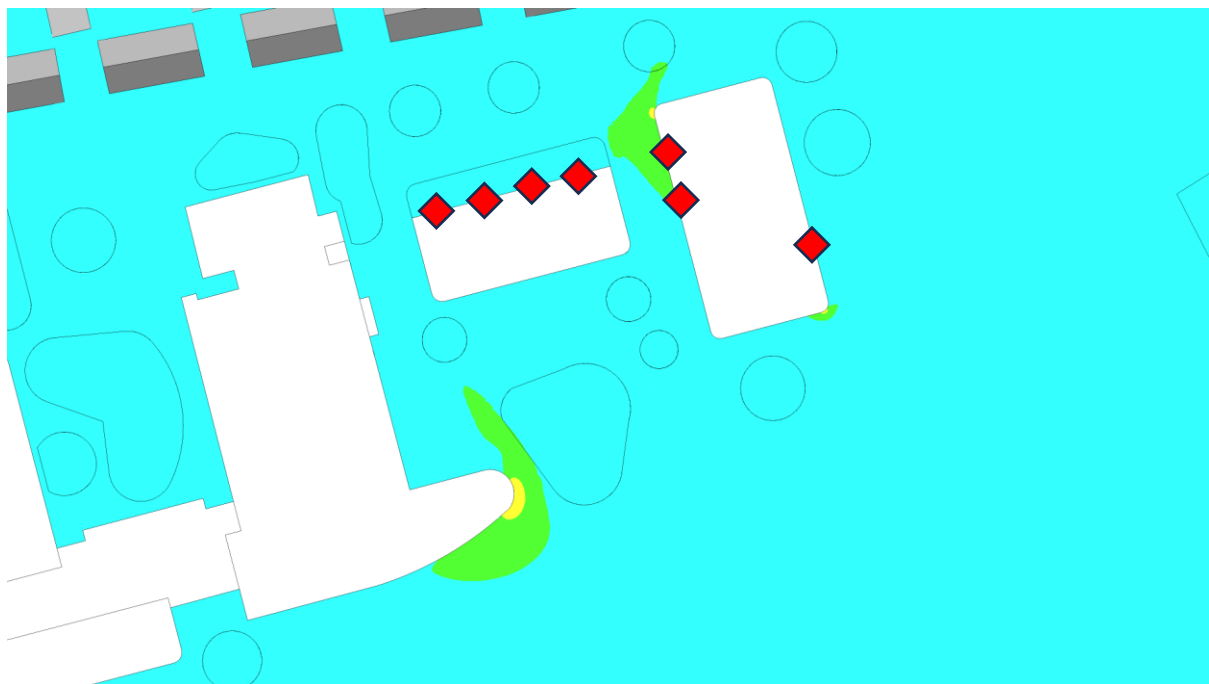
Activiteit
Langdurig zitten
Slenteren
Doorlopen
Oncomfortabel

Figuur 15: Berekende kwaliteitsklasse windhinder in de omgeving van de ontwikkeling, bovenaanzicht.



Activiteit
Langdurig zitten
Slenteren
Doorlopen
Oncomfortabel

Figuur 16: Berekende kwaliteitsklasse windhinder, bovenaanzicht gebouwen 6 en 7.



Activiteit
Langdurig zitten
Slenteren
Doorlopen
Oncomfortabel

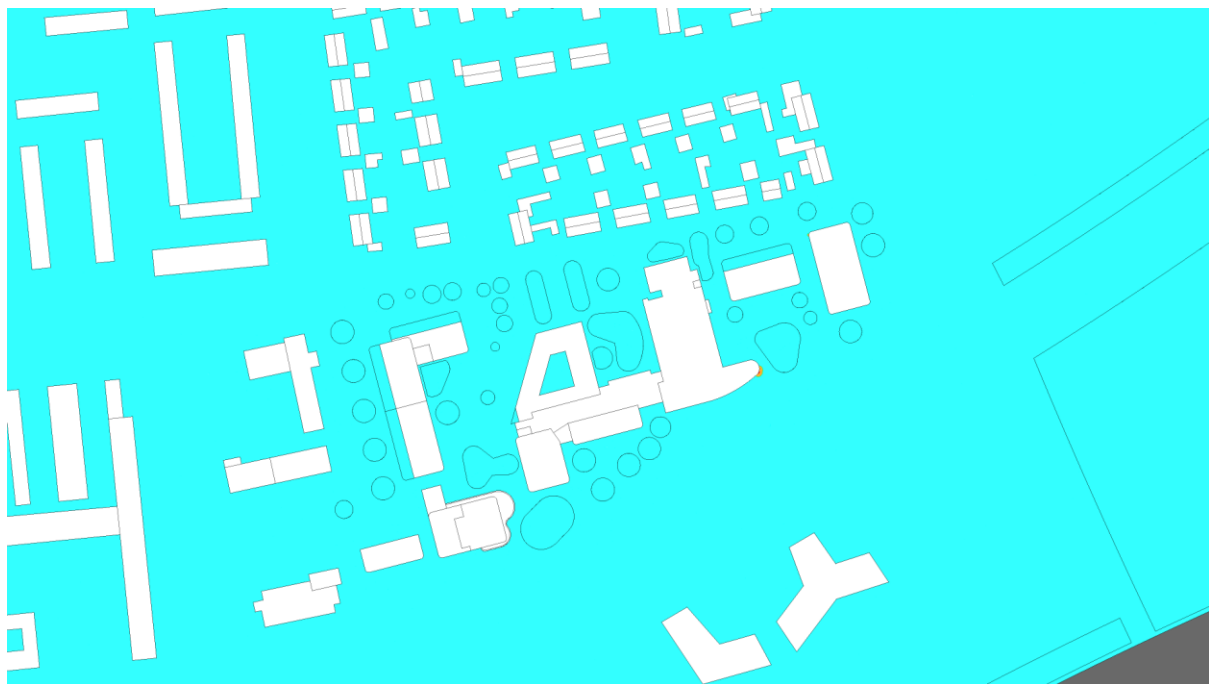
Figuur 17: Berekende kwaliteitsklasse windhinder, bovenaanzicht gebouwen 2, 3a en 3b.

4.2 Windgevaar

Er wordt over windgevaar gesproken als de overschrijdingskans van lokale windsnelheden hoger dan 15 m/s boven de 0,3% is.

Figuur 18 toont dat er rondom het ontwikkelingsgebied geen windgevaar optreedt. Hiermee kan gesteld worden dat de ontwikkeling geen windgevaar zal veroorzaken op de omliggende paden en wegen.

Wel is er een klein gebied ten oosten van gebouw 2 waar beperkt risico en windgevaar optreedt. Binnen dit kleine gebied bevinden zich geen voet- of wandelpaden.



Kwalificatie
Geen risico
Beperkt risico
Gevaarlijk

Figuur 18: Risico op windgevaar in de omgeving, bovenaanzicht.

5 Conclusie

Voor het masterplan Havezate - Kwartier in Zwolle is een CFD windklimaat onderzoek uitgevoerd. Het ontwikkelingsgebied ligt ten noordwesten van de stadskern en is omgeven door de Gomberstraat, Middelweg, het Zwartewaterallee en de Monteverdilaan. Langs alle genoemde wegen lopen fiets en wandelpaden.

Het voorgestelde ontwikkelingsplan bestaat deels uit de verbouwing van de bestaande bebouwing en deels uit nieuwbouw. In totaal telt het plan 7 gebouwen met een hoogte tussen de drie en veertien bouwlagen. De maximale hoogte van het bouwplan is 43m.

5.1 Windhinder

Binnen het plan wordt grotendeels aan windklimaatklasse voor langdurig zitten voldaan. Er zijn een aantal locaties waar de windklimaatklasse voor slenteren en doorlopen optreden.

Er kan gesteld worden dat de ontwikkeling geen windhinder zal veroorzaken op de omliggende paden en wegen. Tevens wordt rondom de entrees voldaan aan het gewenste windklimaat.

5.2 Windgevaar

Het windklimaat is op alle paden in en rondom het nieuwbouwplan vrij van de categorie 'gevaarlijk'. Hiermee kan gesteld worden dat de ontwikkeling geen windgevaar veroorzaakt.

6 Bijlage – windklimaat principes toegelicht

6.1 Wanneer windhinder

Als een effect waarbij windversnelling optreedt, optreedt bij de veel voorkomende windrichtingen. Hierdoor neemt het aantal uren dat de drempelwaarde voor windhinder wordt overschreden toe en kan het windklimaat tot een andere klasse gaan behoren.

6.2 Fenomenen

6.2.1 Wind

Wind is een natuurlijke luchtbeweging van de atmosfeer. Deze ontstaat door horizontale luchtdrukverschillen. Hierbij stroomt lucht altijd van een hoogdrukgebied naar een laagdrukgebied (Wikipedia, n.d.). Het heersende windklimaat in het onderste gedeelte van de atmosfeer, waar in wij leven, wordt beïnvloed door de ruwheid (steden, bomen, bergen etc.) van het aardoppervlak. Ondanks deze ruwheid stroomt de wind altijd van A naar B. Dit betekent dat als er een stad of gebouw staat, de wind tegen of om het gebouw heen stroomt waarna het zich in de heersende windrichting zal vervolgen. De wind stopt dus niet met stromen.

Doordat wind altijd een uitweg zoekt om in de heersende windrichting verder te stromen zorgt dat in steden voor plekken met relatief meer wind. Hoe hoger het gebouw des te meer wind op grondniveau. Echter is de oorzaak van windhinder vaak niet eenduidig, maar een combinatie van verschillende oorzaken. Deze oorzaken zijn de reden waarom de wind in een bepaalde manier beweegt.

In de onderstaand hoofdstukken worden een aantal basisprincipes van wind, het effect van gebouwen op het lokale windklimaat en oplossingen voor het verminderen van slecht windklimaat besproken.

6.2.2 Atmosferische druk

Bebouwing heeft effect op het windklimaat in het onderste gedeelte van de atmosfeer. Het bewoonbare gedeelte van de atmosfeer heeft maar een geringe hoogte in vergelijking met de totale atmosfeer. Alle bovengelige luchtlagen liggen als het ware op de onderste luchtlag. Dit zorgt voor een grote drukkende kracht op de onderste luchtlag. Wanneer wind tegen hoogbouw aan stroomt kan de wind daardoor niet (geheel) naar boven weg stromen. De wind wordt daardoor naar beneden geduwd.

6.2.3 Snelheidsprofiel

Wind stroomt met een snelheidsprofiel. Dit houdt in dat wind dicht bij het maaiveld minder snel stroomt dan op 60m hoog.

Dit snelheidsprofiel is afhankelijk van de ruwheid (bijv. gebouwen) op de grond. Een toename in ruwheid zorgt voor een verlaging van de snelheid op grondniveau. De mate van invloed op het snelheidsprofiel wordt beschreven door de ruwheidlengte (Troen & Petersen, 1991)

6.2.4 Zog

Bij het aanstromen van wind op een object is aan de voorzijde veel wind en aan de achterkant weinig wind (lijzijde). Wind stroomt om het object heen, waarnaar het de originele windrichting weer aanneemt. Achter het gebouw ontstaat daardoor een gebied met weinig wind (lage druk).

Dit heet een zog. Het zog achter het gebouw is afhankelijk van de afmetingen van het gebouw, maar ook afhankelijk van het dak en eventuele doorgangen.

6.3 Effect van gebouwen op de wind

6.3.1 Downwash

Van downwash wordt gesproken wanneer wind tegen bijv. hoogbouw aanstroomt en een gedeelte van de wind, door de atmosferische druk, naar beneden wordt gedrukt. Bij hoogbouw stroomt de wind tot $\frac{2}{3}$ van de hoogte (H) naar beneden. Alle wind daarboven stroomt over het gebouw heen. Als de downwash bij de grond aankomt wordt het omgezet in een rollende golf. Deze golf stroomt dan langs de gevel in de richting van de hoeken van het gebouw. Hierna stroomt de wind weer in de originele windrichting. Alle wind die van boven komt stroomt weg langs de hoeken van het gebouw. Hierdoor is er op deze locatie een toename van wind.

Naast dat de hoeveelheid lucht toeneemt, neemt ook de snelheid van de lucht toe bij een downwash. Dit wordt veroorzaakt doordat wind van een hogere hoogte naar beneden stroomt. Wind op straatniveau heeft hierdoor een grotere kans om de 5 m/s te overschrijven.

6.3.2 Afstand gebouwen in windrichting

Het windklimaat tussen twee of meerdere gebouwen in is afhankelijk van de afstand tussen de gebouwen in. Bij een grote afstand tussen de gebouwen in (15 tot 20 keer de gebouwhoogte (H)), is het zog achter het gebouw als het waren opgelost. Wind van een hoger luchtlaag rijkt hierbij weer tot de grond. Ook heeft het daarmee effect op het volgende gebouw.

Bij een afstand van 5H tot 15H mengen het zog en de hogere luchtlagen zich in het tussengelegen gebied. De ongestoorde lucht heeft maar deels effect op het volgende gebouw.

Wanneer de afstand tussen de twee gebouwen kleiner is dan 5H stroomt de wind over de gebouwen heen. Hierbij hebben hogere luchtlagen weinig tot geen effect op het windklimaat tussen de gebouwen. In deze situatie wordt er gesproken van een stedelijk dek.

Bij een tussenliggende afstand die kleiner is dan 2H ontstaat er, aerodynamisch gezien, een aaneengesloten gebouw.

6.3.3 Hoogte naastgelegen bebouwing

De hoogte van naastgelegen gebouwen heeft effect op het heersende windklimaat. Gebouwen die tussen andere gebouwen staan van ongeveer dezelfde hoogte veroorzaken geen overmatige windhinder. Dit is het geval indien de verhouding tussen de hoogte van het gebouw en de hoogte van ieder ander gebouw in de omgeving kleiner is dan 1,5. Gebouwen die tweemaal hoger zijn dan de andere gebouwen binnen de invloedssfeer veroorzaken vrijwel altijd een verslechtering van het windklimaat. Onderzocht dient te worden of dit ook hinderlijk is.

6.3.4 Lengte van gevel

Ongestoorde wind heeft de mogelijkheid om te versnellen. In stedelijk gebied heeft dit voornamelijk effect op lange opeenvolgende gevels. De snelheid langs deze gevels neemt daarmee toe.

6.3.5 Doorgangen naast hoogbouw

Kleine doorgangen of straten die gelegen zijn naast hoogbouw, hebben vaak een verslechterd windklimaat. Doordat hier meer wind op straatniveau is door een downwash, stroomt de wind deels weg via doorgangen. Kleine doorstroom oppervlaktes zorgen dan voor hogere snelheden.

6.3.6 Onderdoorgangen

Onderdoorgangen kunnen positieve of negatieve werking hebben op het windklimaat. Wanneer een lange gevel is uitgerust met één doorgang dan wordt heel veel wind door deze doorgang geduwd. Rond de hoeken treden windversnellingen op en het heeft een slecht windklimaat. Bij meerdere doorgangen in één gevel wordt de wind verdeeld over verschillende doorgangen. Wind stroomt dan niet alleen meer om de hoeken van het gebouw. Hiermee kan het windklimaat verbeterd worden. Bouwtechnisch is dit wel een grote ingreep.

6.3.7 Open straten/groenstroken

Ongestoorde wind heeft de mogelijkheid om te versnellen. Bij open straten of grote groenstroken zijn dan ook hogere windsnelheden te verwachten. In vergelijking met een minder brede straten kan dit een windklimaatklasse verschelen.

6.3.8 Vegetatie

Bomen en struiken hebben een dempende werking op de wind. Het plaatsen van vegetatie heeft daarom vaak een positieve werking op het windklimaat. Extra vegetatie kan als oplossing dienen voor gebieden met windhinder. Bij het optreden van (veel) windgevaar is vegetatie geen gewenste oplossing dan wordt aangeraden om naar bouwkundige oplossingen te zoeken.

6.3.9 Pleinen en parkeerplaatsen

Pleinen die omgeven zijn met dichte bouwstroken hebben over het algemeen een rustig windklimaat. Door het grote doorstroom oppervlakte zijn er geen grote snelheidsverschillen. Wanneer straten met (veel) hoogbouw uitkomen op een plein kan men wel hogere snelheden verwachten.

6.3.10 Trechter vorming

Bij taps toelopende doorgangen zijn hogere snelheden te verwachten. Het doorstroom oppervlakte van dit soort doorgangen neemt af en de snelheid neemt daarmee toe. Dit komt doordat de massastroom gelijk blijft over de doorgang. Trechter vorming verslechtert het windklimaat t.o.v. een normale doorgang.

6.3.11 Beschut

Volgens de NEN8100 wordt gesteld dat beschutting van een gebouw afhangt van de volgende twee punten:

- Het oppervlak dat obstakels als bomen en gebouwen beslaan, bedraagt 20% of meer van het totale oppervlak binnen een straal van 300m
- Het bouwwerk steekt niet meer dan 50% uit boven de gemiddelde hoogte (h) van de obstakels binnen een straal van 300m

Ondanks de grote reikwijdte die de NEN8100 stelt, wordt er extra gekeken naar de naastgelegen gebouwen in de meest voorkomende windrichtingen. Deze kunnen ondanks het gemiddelde voor 300m een groot effect hebben op het heersende windklimaat.

In Nederland houdt dit in dat het overgrote gedeelte van de gebouwen in steden beschut liggen.

6.3.12 Onbeschut

Van een onbeschut gebouw wordt gesproken wanneer het niet voldoet aan de eisen van beschutte bebouwing, zoals besproken in paragraaf 6.3.11.

Langs de kust en bij open water kan het beduidend harder waaien. Daardoor vragen deze bouwplannen een nadere toetsing

6.3.13 Luifel of podium

voldoet.

Door een downwash kan er op grondniveau een duidelijke verandering in het windklimaat ontstaan. Een luifel heeft de werking om een entree gebied of wandelpad te beschermen van een downwash. De downwash stroomt dan op de luifel en niet tot de grond. Hiermee wordt de downwash niet geheel voorkomen, maar wordt eerder verplaatst. Bij deze verplaatsing is het niet gewenst dat de downwash dan alsnog op een wandelpad of fietspad uitkomt. Door de diepte van de luifel aan te passen kan de downwash vergenoeg verplaatst worden. Daarmee zijn de afmetingen van een luifel erg afhankelijk van de situatie. Richtlijnen voor de diepte zijn tussen de 5m en 10m.

Een podium is de vergrotende trap van de luifel. Wanneer de gebouwhoogte ervoor zorgt dat er een zeer grote kans op windgevaar is wordt het aangeraden om een podium te plaatsen. Net als de luifel zijn de afmetingen erg afhankelijk van de situatie. Richtlijnen voor de diepte van een podium liggen tussen de 5m en 15m

6.3.14 Terrasvormige gevel

Wanneer een gevel is opgebouwd uit verschillende niveaus, kan de wind die tegen de hoogste gevel aanstroomt niet tot de grond rijken. Hierbij heeft deze wind geen effect op het windklimaat op straatniveau. Deze toepassing heeft het beste effect als de gevels met een oriëntatie in de richting van de meest voorkomende windrichtingen, zo worden uitgevoerd.

6.3.15 Het verspringen van gevels

Lange straten met opeenvolgende (en vlakke) gevels zorgen ervoor dat de wind gemakkelijk kan versnellen. Door meer ruwheid in de doorsnede van de straat toe te voegen neemt het versnellen van de wind af. Hierin wordt aangeraden om gevels naar achter te leggen i.p.v. naar voren. Het is namelijk niet te bedoeling dat de doorsnede van de straat kleiner wordt. Hierdoor versnelt de wind alleen maar meer.

6.3.16 Straten opdelen met doorgangen

Naast het laten verspringen van gevels is het ook aan te raden om lange straten op te delen met tussen liggende doorgangen. Zo worden de gevels onderbroken en kan de wind via de doorgang 'ontsnappen'.

6.3.17 Draaien van een gebouw

De oorzaak van een verslechterd windklimaat komt vaak doordat hoge gevels loodrecht staan op de meest voorkomende windrichting. Door het gebouw te draaien ligt niet de gevel maar de punt van het gebouw in de meest voorkomende windrichting. De wind stroomt dan niet naar beneden, maar langs de twee gevels van het gebouw. Echter is dit een zeer grote ingreep wat ook effect heeft op andere aspecten van een gebouw.