

2 februari 2022

Lomanlaan

Onderzoek windklimaat

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van de opdrachtgever. Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de DNR 2011, en naar de betreffende ter zake tussen partijen gesloten overeenkomst.

Lomanlaan

Onderzoek windklimaat

Dr. ir. [REDACTED]
Senior specialist

Contact

[REDACTED]@deerns.com

Deerns Nederland B.V.

Den Haag, 2 februari 2022

Projectnr. RNL160.05740.01.0001

160-05740 Lomanlaan onderzoek windklimaat 20220202.docx

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Uitgangspunten	6
2.1	Algemene uitgangspunten	6
2.2	Het bouwplan	6
2.3	Omgeving plangebied	7
2.4	Windstatistiek	9
3	Rekenmodel	10
3.1	Algemene methodiek	10
3.2	Modellering van de bebouwing	10
3.3	Modellering van bomen en groen	11
3.4	Windsnelheidsprofiel	13
4	Beoordelingsmethodiek	14
4.1	Windhinder	14
4.2	Windgevaar	15
5	Ambitieniveau	16
6	Beoordeling windklimaat	18
6.1	Windhinder	18
6.1.1	Doorloopgebieden	20
6.1.2	Slentergebieden	21
6.1.3	Gebieden voor langdurig zitten	22
6.2	Windgevaar	23
7	Conclusies en aanbevelingen	24
7.1	Conclusies	24
7.2	Aanbevelingen	24
8	Bronnen	26
	Bijlage 1 Windstroming om gebouwen	27
	Bijlage 2 Technisch inlegvel	29

1 Inleiding

Nieuwbouwplan Lomanlaan wordt gerealiseerd in het park Transwijk te Utrecht. De nieuwbouw is ontworpen door DeZwarteHond en biedt ruimte aan ca. 215 woningen en horeca. Het plan bestaat uit 2 woontorens van 14 en 16 bouwlagen. Een goed windklimaat is belangrijk om de functionaliteit van het plangebied en de omgeving te waarborgen. Door de hoogte van de geplande bebouwing (ca. 50 m) bestaat er een mogelijk risico op windhinder.

Dit rapport beschrijft een onderzoek naar het windklimaat rond nieuwbouwplan Lomanlaan inclusief verschillende oplossingen om het windklimaat te verbeteren. Het onderzoek is uitgevoerd aan de hand van de NEN 8100 normering ('Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving'). Volgens deze normering, kan een windhinderonderzoek worden uitgevoerd met een schaalmodel in een windtunnel of met behulp van computersimulaties (CFD, Computational Fluid Dynamics). Dit onderzoek maakt gebruik van deze laatste methode. Het onderzoek richt zich op het windklimaat op loopniveau. Bij de modellering van de bebouwing in dit gebied is gebruik gemaakt van aangeleverd 3D-modellen.

De opbouw van deze rapportage is als volgt:

- Hoofdstuk 2 – Uitgangspunten
- Hoofdstuk 3 – Rekenmodel
- Hoofdstuk 4 – Beoordelingsmethodiek
- Hoofdstuk 5 – Ambitieniveau
- Hoofdstuk 6 – Beoordeling windklimaat
- Hoofdstuk 7 – Conclusies en aanbevelingen

In bijlage 1 is algemene achtergrondinformatie opgenomen over windklimaat in de gebouwde omgeving.

Met bijlage 2 is een technisch inlegvel toegevoegd met de voornaamste uitgangspunten voor de CFD-modellering.

2 Uitgangspunten

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten gegeven die zijn gehanteerd bij dit onderzoek.

2.1 Algemene uitgangspunten

- De beoordeling is uitgevoerd aan de hand van de normering: NEN 8100 'Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving'. Deze normering en de bijbehorende toetsingscriteria worden in hoofdstuk 3 toegelicht.
- Conform de NEN 8100 wordt de NPR 6097:2006 gebruikt om de windstatistiek ter plaatse van het onderzoeksgebied te bepalen (zie paragraaf 2.4).
- Het gebouw en de omgeving van het gebouw zijn gemodelleerd op basis van een aangeleverde 3D-model nieuwbouw (d.d. 18-2-2021).
- Het landschap in de directe omgeving van het plangebied is gemodelleerd op basis van een aanleverde tekening (d.d. 13-12-2021) en verdere afstemming. Het landschap in de ruimere omgeving is gemodelleerd op basis van publiek beschikbare informatie.

2.2 Het bouwplan

De planlocatie ligt in het park Transwijk te Utrecht. Figuur 2-1 toont een schematische weergave van het plan zien. Het bouwplan omvat 2 woontorens van 14 bouwlagen (ca. 45 m hoog) en 16 bouwlagen (ca. 50 m hoog).



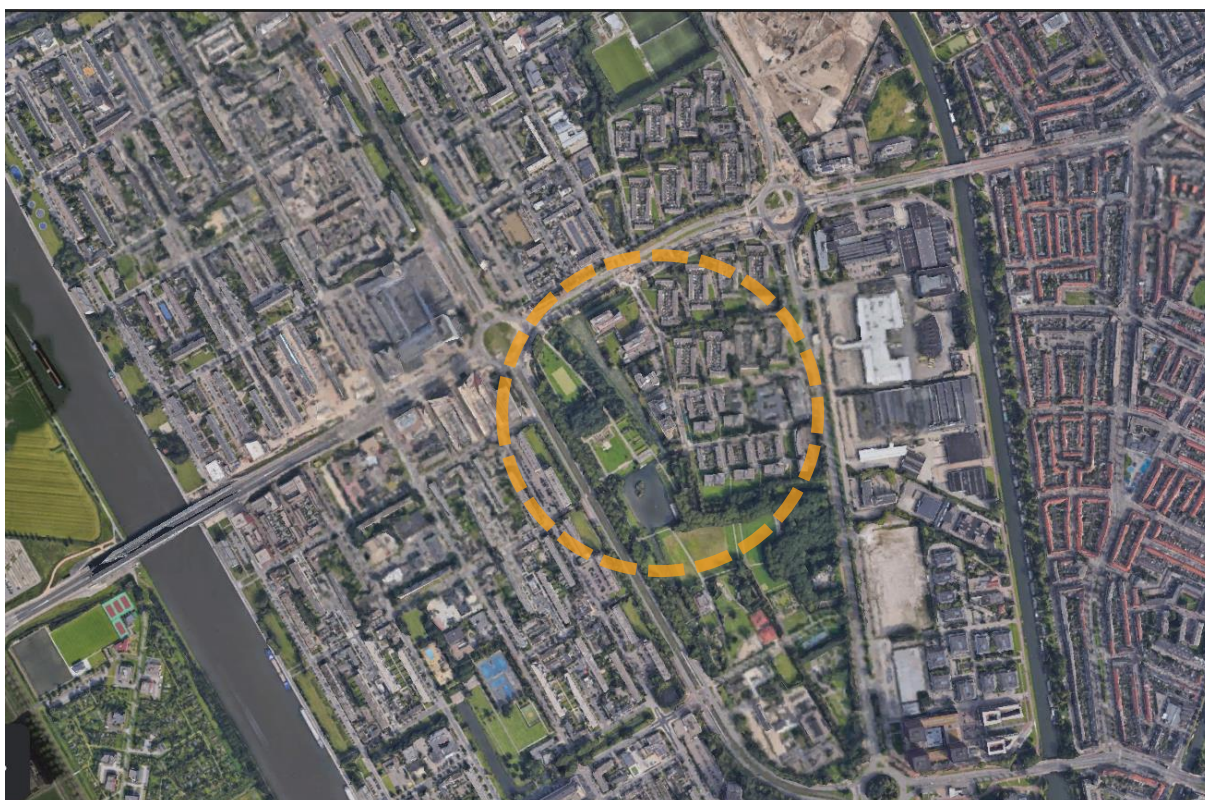
Figuur 2-1. Schematische weergave van het bouwplan en omliggende bebouwing

2.3 Omgeving plangebied

Gebouwen en bomen in de wijdere omgeving om het gebouw hebben invloed op het windklimaat. Ze beïnvloeden het verticale snelheidsprofiel van de aanstromende wind. Zo waait het bij een gelijke windsnelheid aan de rand van de stad harder dan op gelijke hoogte in een stedelijke omgeving.

Figuur 2-2 laat een satellietbeeld zien van de omgeving van het plangebied. Een oranje cirkel geeft het gebied weer binnen een straal van 300 meter van het plangebied. Gebouwen in dit gebied zijn expliciet opgenomen in het rekenmodel.

Figuur 2-3 laat een satellietbeeld zien van de wijdere omgeving van het plangebied met twaalf windrichtingen. Figuur 2-4 geeft een overzicht van het landgebruik met informatie over de ruwheid van het terrein (LGN, 2020). De figuren laten zien dat wind uit alle richtingen aanstroomt over overwegend bebouwd gebied. Voor windrichtingen 210° t/m 270° is het terrein op een afstand van 2 km – 2,5 km van het bouwplan vlak of bebouwd met laagbouw.



Figuur 2-2. Situatie bouwplan (bron: Google Earth); Oranje cirkel geeft het kerngebied aan binnen een straal van 300 m rondom het plangebied.



Figuur 2-3. Wijdere omgeving bouwplan (bron: Google Earth); Oranje cirkel geeft het kerngebied aan binnen een straal van 300 m rondom het plangebied. Gele pijlen geven windrichtingen aan.



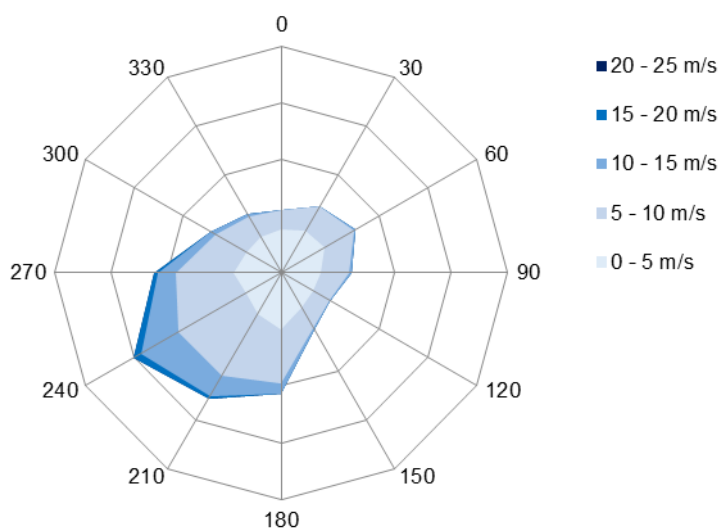
Kleur	Klasse	z ₀ (m)
	Geen gegevens	0,03
	Gras	0,03
	Mais	0,17
	Aardappelen	0,07
	Bielen	0,7
	Granen	0,16
	Overige landbouwgewassen	0,07
	Buitenland	0,15
	Glastuinbouw	0,1
	Boomgaard	0,39
	Bollen	0,07
	Loofbos	0,75
	Naaldbos	0,75
	Zoet water	0,001
	Zout water	0,001
	Stedelijk bebouwd gebied	1,6
	Bebouwing in buitengebied	0,5
	Loofbos in bebouwd gebied	1,1
	Naaldbos in bebouwd gebied	1,1
	Bos met dichte bebouwing	2
	Gras in bebouwd gebied	0,03
	Kale grond in bebouwd buitengebied	0,001
	Hoofdwegen en spoorwegen	0,1
	Bebouwing in agrarisch gebied	0,5
	Start- en landingsbanen	0,0003
	Parkeerplaats	0,1
	Kwelders	0,0002
	Open zand in kustgebied	0,0003
	Open duinvegetatie	0,02
	Gesloten duinvegetatie	0,06
	Duinheide	0,04
	Open stuifzand	0,0003
	Heide	0,03
	Matig vergraste heide	0,04
	Sterk vergraste heide	0,06
	Hoogveen	0,06
	Bos in hoogveengebied	0,75
	Overige moerasvegetatie	0,03
	Rietvegetatie	0,1
	Bos in moerasgebied	0,75
	Veenweidegebied	0,07
	Overig open begroeid natuurgebied	0,03
	Kale grond in natuurgebied	0,001

Figuur 2-4. Landgebruikkaart met ruwheidsinformatie (LGN, 2020)

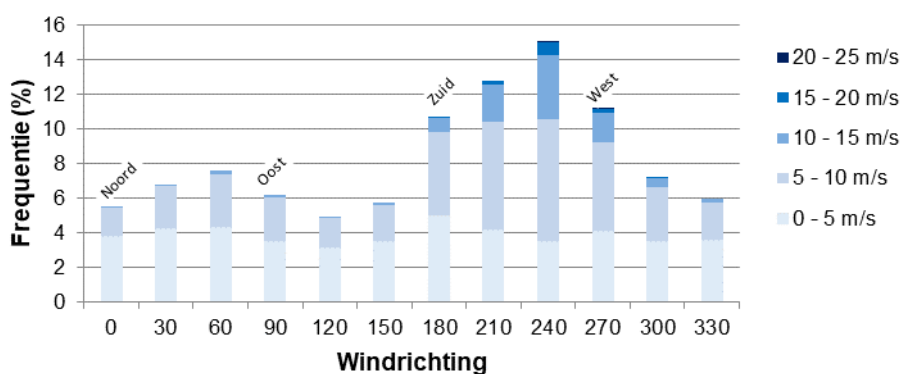
2.4 Windstatistiek

De aanstromende wind naar een gebouw is van grote invloed op het windklimaat op loopniveau. Zo waait het aan de kust harder dan in het binnenland, waardoor de windsnelheid op loophoogte bij gebouwen aan de kust groter zullen zijn dan bij vergelijkbare gebouwen in het binnenland.

Zoals voorgeschreven in de NEN 8100 is de lokale windstatistiek voor de locatie bepaald volgens de NPR 6097. De NPR 6097 geeft de windstatistiek op 60 meter hoogte voor twaalf windrichtingen (in stappen van 30°). Uit de windstatistiek (Figuur 2-5 en Figuur 2-6) blijkt dat de windrichtingen uit het zuidwesten overheersend. Ongeveer 50% van de tijd komt de wind uit de richtingen tussen zuid en west. Ook de hoogste windsnelheden komen bij deze windrichtingen voor. Deze windrichtingen (zuid tot west) beïnvloeden daarom in grote mate het windklimaat op de locatie bepalen. Dit betekent niet dat wind uit een andere richtingen effect heeft.



Figuur 2-5. Windroos van de windstatistiek op 60 m hoogte de locatie van het plangebied.



Figuur 2-6. Staafdiagram van de windstatistiek op 60 m hoogte de locatie van het plangebied.

3 Rekenmodel

Computational fluid dynamics (CFD), of numerieke stromingsleer in het Nederlands, refereert naar een groep rekenmethodieken voor het oplossen van stromingsvergelijkingen. Kenmerkend aan deze methodieken is dat de stroming wordt opgedeeld in kleine cellen die samen het rekenrooster ('mesh' of 'grid') vormen. Voor elke cel worden vergelijkingen opgesteld voor het behoud van massa, momentum, en, afhankelijk van het model, energie. Voor alle cellen samen ontstaat zo een groot stelsel van vergelijkingen dat iteratief wordt opgelost.

In dit hoofdstuk worden de specifieke uitgangspunten en rekenmethodes van de gebruikte CFD-methodiek geschreven. Een overzicht wordt ook gegeven in het ingevulde inlegvel uit de NEN 8100:2006 in bijlage 2.

3.1 Algemene methodiek

Voor het huidige onderzoek is gebruik van software van SimScale, dat specifiek is ontwikkeld voor het uitvoeren van windstudies. Afzonderlijke simulaties zijn uitgevoerd voor twaalf windrichtingen. De stroming voor elke windrichting is berekend met een Lattice-Boltzmann methode. Kleine turbulente stromingsschalen zijn gemodelleerd met een shear stress transport (SST) k- ω turbulentie model (Menter, 1994). De stroming is uitgerekend voor 337 seconde. De gemiddelde stroming is bepaald op basis van de laatste 67 seconden om de invloed van opstart-effecten te vermijden.

Het rekenmodel gebruikt een rechthoekig rekenrooster van 8,2 miljoen cellen. In het kerngebied is het rooster verfijnd tot een resolutie van 0,5 m. Het rekendomein is met 1100 m x 800 m x 200 m (L x B x H) aanzienlijk groter dan het kerngebied om ongewenste invloeden van de grenzen van het domein te voorkomen. De resultaten van de twaalf afzonderlijke simulaties zijn gewogen met de winddistributie voor de corresponderende windrichtingen (zoals bepaald met de NPR 6097, zie hoofdstuk 2). Zo is per positie een percentage van de tijd bepaald waarvoor de criteria / drempelsnelheden voor windhinder (5 m/s) en windgevaar (15 m/s) worden overschreden.

3.2 Modelleren van de bebouwing

De NEN 8100 definieert de invloedssfeer van een bouwwerk als het gebied rondom het bouwwerk met een straal van zesmaal de hoogte van het bouwwerk, met een maximum van 300 m. In het huidige onderzoek is de bebouwing binnen een afstand van 300m (het kerngebied) expliciet opgenomen in het model (zie Figuur 3-1, Figuur 3-2, Figuur 3-3 en Figuur 3-4). De bebouwing is gemodelleerd op basis van een aangeleverde 3D-model (d.d. 18 -2-2021) en gedeeltelijk op basis van de actuele hoogtebestand Nederland (AHN, <https://www.ahn.nl/en>).

Het weglaten van details aan de gevels en de daken is ondervangen door de oppervlaktes van de gebouwen een typische ruwheid te geven. Dezelfde strategie is gebruikt voor details op de bodem (wegen, stoepen, enz.).

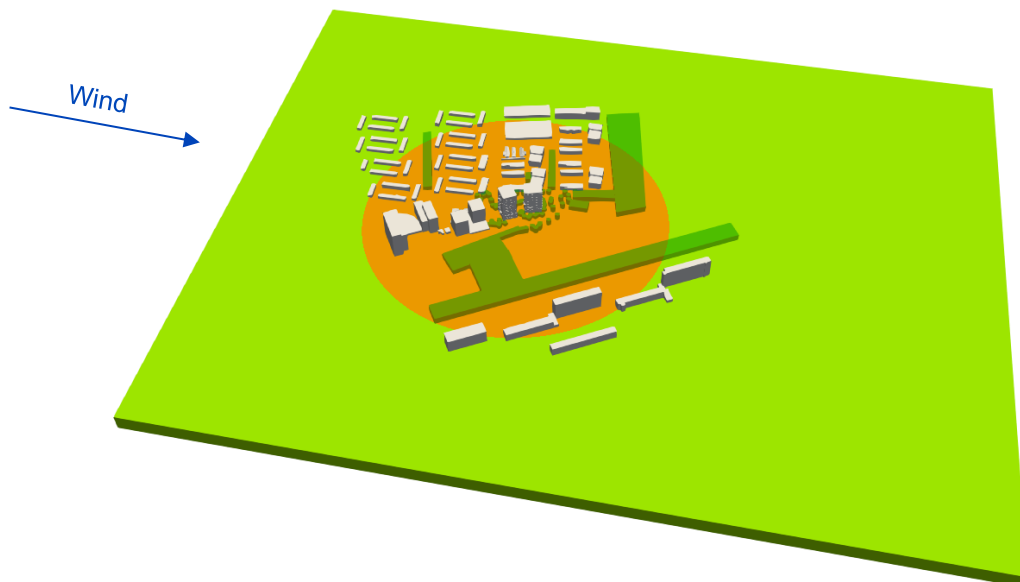
Gebouwen buiten het kerngebied zijn niet expliciet opgenomen in het model. In plaats daarvan is het effect van de bebouwing ('ruwheid') meegenomen in het snelheidsprofiel van de aanstromende wind (zie ook paragraaf 3.4).

3.3 Modelling van bomen en groen

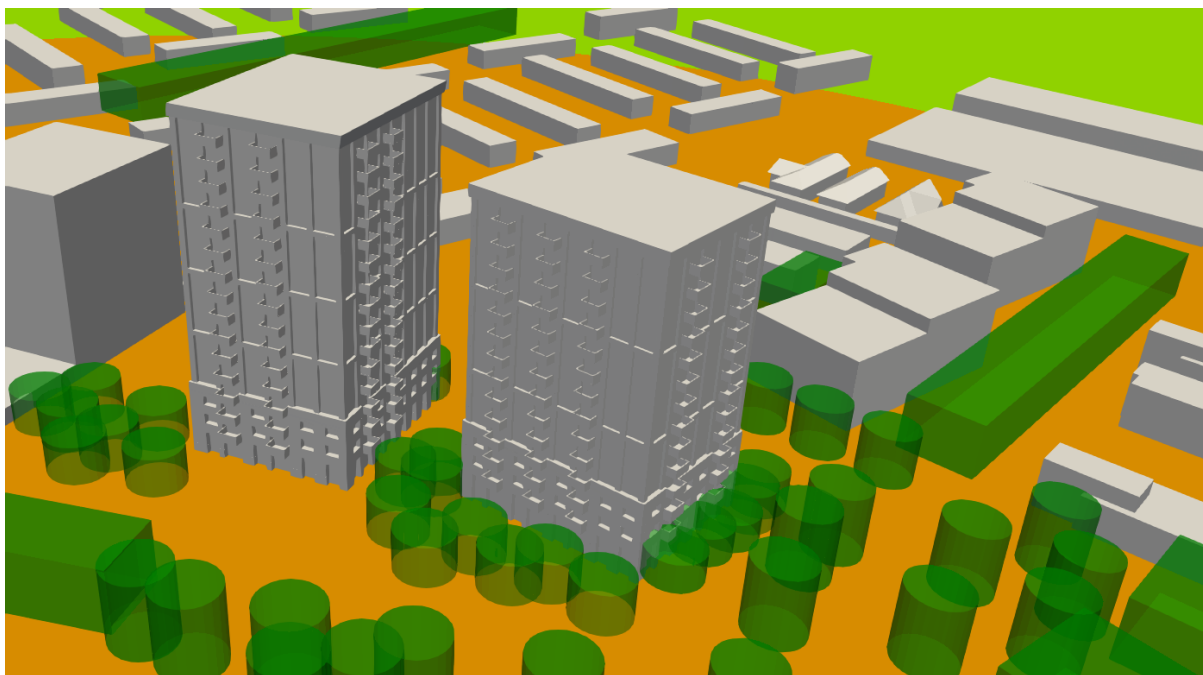
In het plangebied zijn bomen opgenomen aan het model waar deze op een aangeleverde tekening indicatief aangegeven stonden en waar deze zichtbaar waren op satellietfoto's. De hoogte is ingeschat op basis van de actuele hoogtebestand Nederland (AHN, <https://www.ahn.nl/en>).

De heesters rondom de torens hebben een hoogte van 6 m en zijn vanaf het maaiveld groen. Alleen de heesters op het terras zijn opgekroond, zodat mensen eronder kunnen lopen en zitten. De heesters hebben een bladdichtheid is $0,25 \text{ m}^2/\text{m}^3$, wat verondersteld dat de heesters het hele jaar groen te blijven. De heester-volumes hebben een weerstandcoëfficiënt van 0,2.

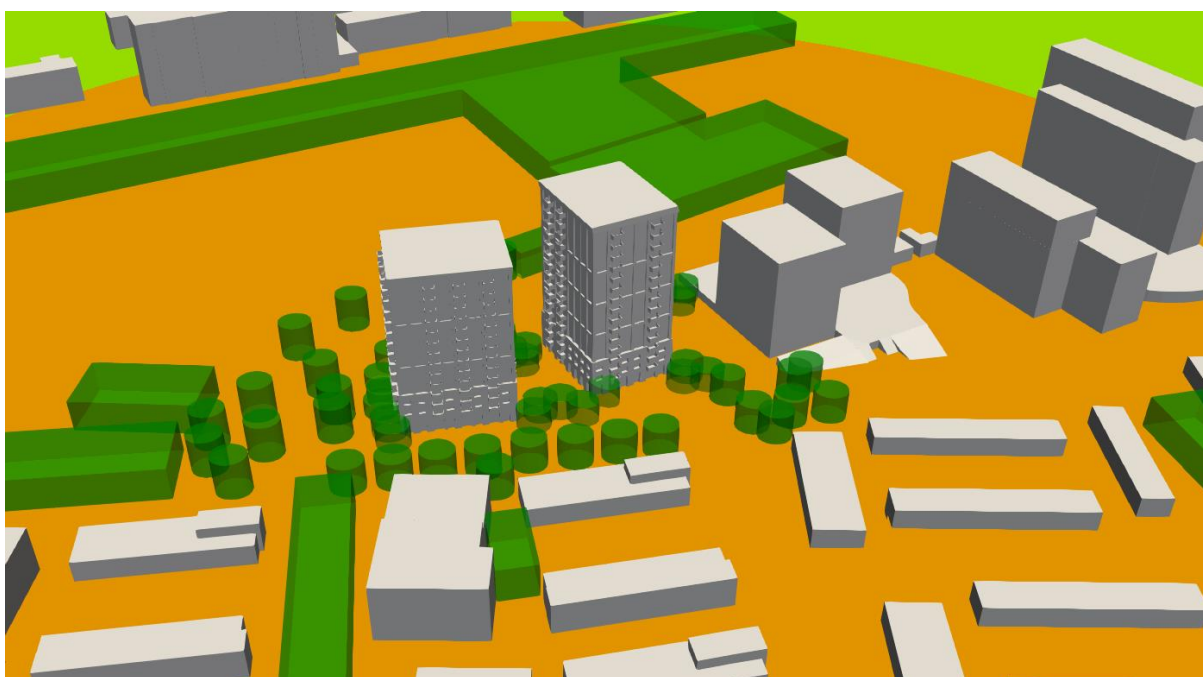
De bomen in de omgeving hebben een stam van 2 m - 2,5 m met daarboven een kruin van 8 m – 10 m hoog met een bladdichtheid van $0,13 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Deze waarde komt overeen met redelijk dunbegroeide bomen in, om zo ook rekening te houden met de seizoenen waarin de meeste bomensoorten hun blad verliezen. De boom-volumes hebben een weerstandcoëfficiënt van 0,2.



Figuur 3-1. Model van bebouwing (grijs) en bomen (transparant groen) in kerngebied (oranje) en het totale rekendomein (groen)



Figuur 3-2. Model van bebouwing en bomen gezien vanuit het westen



Figuur 3-3. Model van bebouwing en bomen gezien vanuit het oosten



Figuur 3-4. Model van bebouwing en bomen, bovenaanzicht

3.4 Windsnelheidsprofiel

Het snelheidsprofiel van de aanstromende wind ($U(z)$), oftewel het verloop van de snelheid met hoogte, is beschreven door middel van een logaritmisch windprofiel.

$$U(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln \left(\frac{z + z_0}{z_0} \right)$$

Hierbij is:

z	afstand van de grond, in meters
u_*	wrijvingssnelheid, in m/s
κ	Von Karman-constante
z_0	ruwheidslengte, in m

Op basis van het landgebruik en de ruwheidsclassificatie van Wieringa (1992) is een ruwheidslengte van 1,0 m gebruikt (gebaseerd op de methode in nationale bijlage van de NEN EN 1991-1-4 Eurocode 1, sectie 4.3.2).

4 Beoordelingsmethodiek

De beoordeling van het windklimaat is uitgevoerd aan de hand van de norm NEN 8100 'Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving'. In de norm wordt onder andere aangegeven in welke situaties windonderzoek noodzakelijk geacht wordt en worden criteria (richtlijnen) voor de beoordeling van het windklimaat gegeven.

4.1 Windhinder

De beoordeling van windhinder is uit de volgende onderdelen opgebouwd:

1. *Een drempelsnelheid van 5 m/s*
Het blijkt dat bij windsnelheden boven circa 5 m/s mechanische effecten een rol gaan spelen: het haar verwaait, kleding en paraplu's worden door de wind bewogen.
2. *Een overschrijdingskans van de drempelsnelheid*
Hoe vaker de drempelsnelheid van 5 m/s overschreden wordt, hoe slechter het windklimaat. Aan de kans dat de drempelsnelheid overschreden wordt, zijn 5 kwaliteitsklassen (A tot en met E) gekoppeld (zie Tabel 4-2). Klasse A staat voor de hoogste comfortklasse en klasse E voor het laagste kwaliteitsniveau.
3. *De activiteit die men op een locatie onderneemt*
De gevoeligheid van personen voor windhinder is afhankelijk van de activiteit die men onderneemt. Sommige activiteiten zijn meer windhindergevoelig dan andere. Er worden bij de beoordeling van windhinder drie 'activiteiten' onderscheiden, zie Tabel 4-1. In Tabel 4-2 wordt de beoordeling van het windklimaat weergegeven afhankelijk van de activiteit en de kwaliteitsklasse.

Het is gebruikelijk om een slecht windklimaat zoveel mogelijk te voorkomen, maar een matig windklimaat als 'acceptabel' te beschouwen. De eisen voor 'langdurig zitten' zijn niet bedoeld voor horeca-terrassen. Voor dergelijke terrassen zijn vrijwel altijd windschermen en/of luifels nodig om een goed windklimaat te creëren.

Naast de activiteit speelt bij de beoordeling van het windklimaat de fysieke gesteldheid van mensen een rol. Gezonde jonge mensen kunnen over het algemeen meer discomfort verdragen dan oudere of zieke mensen of jonge kinderen.

Tabel 4-1. Activiteiten voor de beoordeling van windhinder

Activiteit	Gevoeligheid voor windhinder	Voorbeelden
Doorlopen	Niet/nauwelijks gevoelig	Parkeerterrein, trottoir
Slenteren	Wel gevoelig	Entree, park, winkelstraat
Langdurig zitten	Meest gevoelig	Bankje, balkon

Tabel 4-2. Criteria voor windhinder conform NEN 8100

Kans dat de drempel-snelheid (5 m/s) overschreden wordt [% van aantal uren per jaar]	Kwaliteits-klasse	Activiteiten en beoordeling windklimaat		
		Doorlopen (niet windhinder-gevoelig)	Slenteren (wel windhinder-gevoelig)	Langdurig zitten (meest windhinder-gevoelig)
< 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

4.2 Windgevaar

Bij 'windgevaar' komen dusdanig hoge windsnelheden voor dat mensen ernstige problemen ondervinden tijdens het lopen en waarbij een windvlaag mensen kunnen doen vallen. Bij windvlagen neemt de snelheid in korte tijd toe tot ruim 1,5 maal de uurgemiddelde windsnelheid. De beoordeling van windgevaar wordt op eenzelfde manier opgebouwd als de beoordeling van windhinder. Er wordt een drempelsnelheid van 15 m/s (uurgemiddelde windsnelheid) aangehouden en een indeling zoals aangegeven in Tabel 4-3.

Tabel 4-3. Criteria voor windgevaar conform NEN 8100

Kans dat de drempelsnelheid (15 m/s) overschreden wordt [% van aantal uren per jaar]	Kwalificatie
< 0,05 %	Geen gevaar, voldoet
0,05 - 0,3 %	Beperkt risico
> 0,3 %	Gevaarlijk

Alle situaties met een overschrijdingskans van groter dan 0,30 % van de tijd zijn gevaarlijk en moeten vermeden te worden. Een 'beperkt risico' is slechts acceptabel bij niet windhindergevoelig gebruik, dat wil zeggen in doorloopgebieden of voor plekken waar geen activiteit zal plaatsvinden (geen entrees, loop of fietsroutes). Voor de activiteiten slenteren en langdurig zitten is een beperkt risico op gevaar niet acceptabel.

5 Ambitieniveau

In hoofdstuk 4 worden verschillende eisen gedefinieerd voor 'doorloopgebieden', 'slentergebieden' en gebieden voor 'langdurig zitten'. Een gebied kan een goed, matig of slecht windklimaat hebben voor de beoogde activiteit. Het is gebruikelijk om een slecht windklimaat zoveel mogelijk te voorkomen, maar een matig windklimaat als acceptabel te beschouwen. Binnen het plan zijn een aantal gebieden waarin een bepaalde kwaliteit van het windklimaat verlangd wordt.

Het windklimaat in de openbare ruimte is relevant in de context van vergunningverlening door de gemeente. Het publiek mag niet blootgesteld worden aan windgevaar en voor de openbare ruimte worden er ook eisen worden gesteld aan het windcomfort, dat wil zeggen beperking van windhinder. In niet-openbare ruimtes en op eigen terrein is het in veel gevallen niet nodig om aan de eisen voor openbare ruimtes te voldoen.

Een onderverdeling wordt gegeven in Tabel 5-1 en Figuur 5-1. Deze onderverdeling is ingeschat op basis van algemene richtlijnen.

Tabel 5-1. Ambitieniveaus op deelgebieden

Type gebied	Motivatie, ambitieniveau
Doorlopen	Op looproutes rondom het plangebied worden geen bijzondere eisen ten aanzien van het windklimaat gesteld - Ambitieniveau: C (goed); - Minimaal niveau: D (matig).
	Gebieden beoordeeld als doorloopgebied:
	1. Lomanlaan
Slenteren	In het binnenterrein tussen de hoog- en laagbouw en op de galerijen bij de laagbouw zullen mensen mogelijk rustiger lopen of even stil blijven staan. Dit is ook het geval bij de entrees van de gebouwen. Er wordt daarom gestreefd naar een goed windklimaat voor slenteren. - Ambitieniveau: B (goed); - Minimaal niveau: C (matig).
	Gebieden beoordeeld als slentergebied:
	2. Brug
	3. Entreegebied
	4. Dak van parkeergarage
	5. Waterkant
Langdurig zitten	Op locaties met terrassen en bankjes worden ten behoeve van een comfortabel, langduriger verblijf hoge eisen aan het windklimaat gesteld. - Ambitieniveau: A (goed); - Minimaal niveau: B (matig).
	Gebieden beoordeeld als 'langdurig zitten':
	6. Terras bij de toren *
	7. Terras bij waterkant *
	8. Speeltuin (windklimaat voor volwassenen; kinderen kunnen ook spelen bij een slechter windklimaat)

*De eisen voor 'langdurig zitten' zijn niet bedoeld voor horeca-terrassen. Voor dergelijke terrassen zijn vrijwel altijd windschermen en/of luifels nodig om een goed windklimaat te creëren.



Figuur 5-1. Plangebied met ambitieniveaus voor windklimaat

6 Beoordeling windklimaat

In dit hoofdstuk wordt het windklimaat gepresenteerd en beoordeeld.

6.1 Windhinder

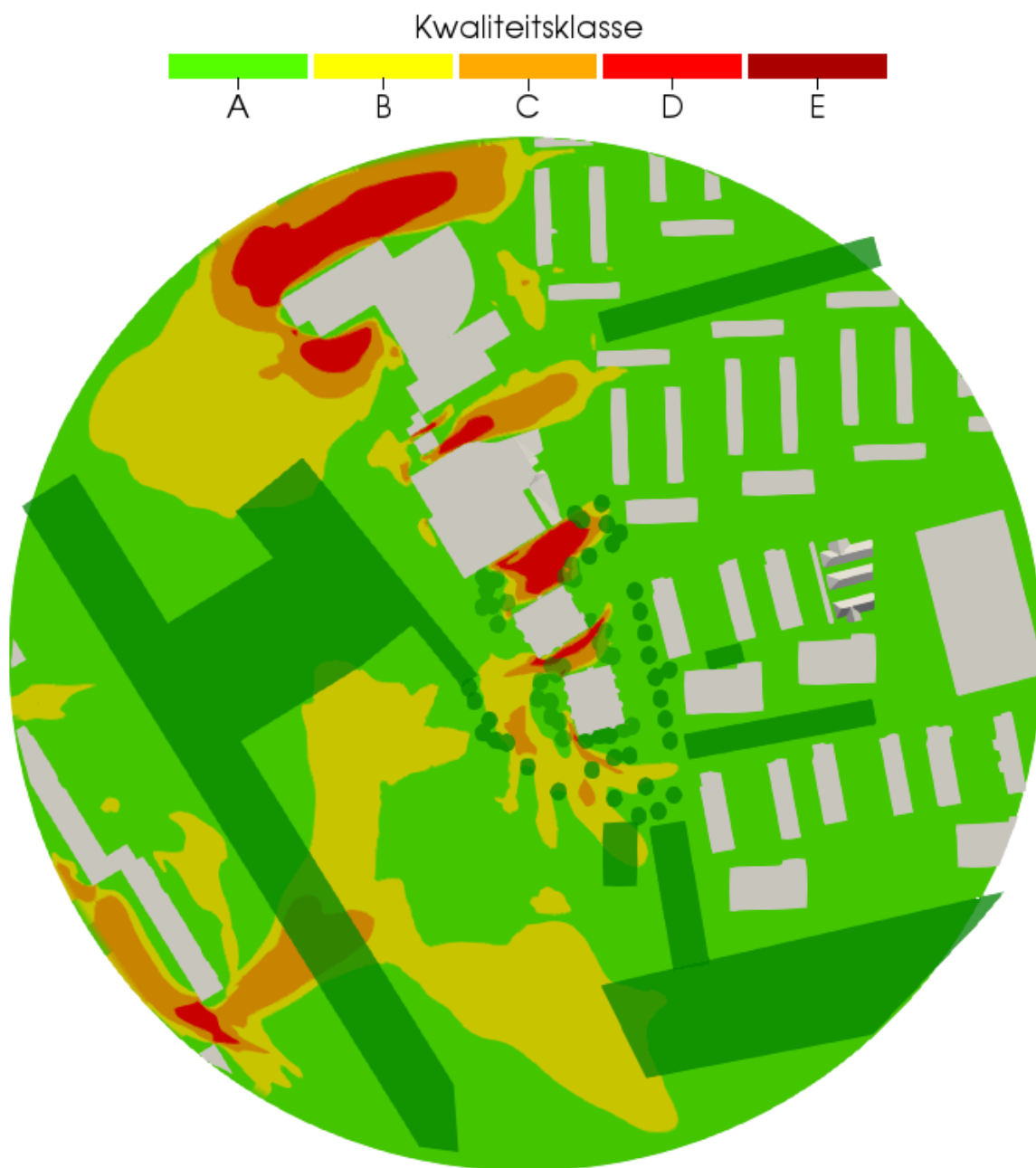
De onderstaande figuren geven de kwaliteitsklasse van het windklimaat in het plangebied op looppniveau, dat wil zeggen op 1,75 m boven het niveau van het maaiveld.

De waardering van de kwaliteitsklasse is afhankelijk van de activiteit ('doorlopen', slenteren' of 'langdurig zitten', zie Tabel 4-2) en wordt hieronder verder besproken. Over het algemeen wordt het windklimaat gedomineerd door wind uit het zuidwesten. Deze wind waait tegen de gevels van gebouwen aan, stroomt vervolgens omlaag en om gebouwhoeken heen (zie bijlage 1). Op deze manier wordt wind met een hogere snelheid van grotere hoogtes naar looppniveau gevoerd, wat nadelig is voor het windklimaat. Hoe hoger de bebouwing, hoe sterker dit effect. In het entreegebied tussen de twee woontorens is dit effect 'dubbel' aanwezig.

In de luwte van gebouwen en andere obstakels is het windklimaat vanzelfsprekend beter. Verruwing van het terrein (bomen, andersoortige begroeiing, hoogteverschillen) geeft weerstand aan de stroming en is ook gunstig voor het windklimaat



Figuur 6-1. Kwaliteit van het windklimaat op looppniveau (1,75 m hoogte).



Figuur 6-2. Kwaliteit van het windklimaat conform op loopniveau (1,75 m hoogte)

6.1.1 Doorloopgebieden

Figuur 6-3 toont de kwaliteit van het windklimaat voor de activiteit 'doorlopen'. De beoordeling is als volgt:

1. Lomanlaan

Op de Lomanlaan is het windklimaat voor doorlopen goed.



Figuur 6-3. Windklimaat voor de activiteit 'doorlopen'

6.1.2 Slentergebieden

Figuur 6-4 toont de kwaliteit van het windklimaat voor de activiteit 'slenteren'. De beoordeling is als volgt:

2. Brug

Op de brug is het windklimaat voor slenteren goed. Net voor de brug bij de torens is het windklimaat voor slenteren matig.

3. Entreegebied

In het entreegebied tussen de torens varieert het windklimaat voor slenteren van goed tot slecht, afhankelijk van de mate van beschutting door de heesters in het westen van het entreegebied (boven in het figuur).

4. Dak van parkeergarage

Op het dak van de parkeergarage is het windklimaat voor slenteren slecht.

5. Waterkant

Langs de waterkant is het windklimaat voor slenteren grotendeels goed. Ter hoogte van het entreegebied tussen de torens is het windklimaat voor slenteren matig tot slecht.



Figuur 6-4. Windklimaat voor de activiteit 'slenteren'

6.1.3 Gebieden voor langdurig zitten

Figuur 6-5 toont de beoordeling van het windklimaat voor de activiteit 'langdurig zitten'. De beoordeling is als volgt:

6. Terras bij toren

Het windklimaat voor 'langdurig zitten' is goed.¹

7. Terras bij waterkant

Het windklimaat voor 'langdurig zitten' is goed.¹

8. Speeltuin

In de speeltuin is het windklimaat voor langdurig zitten matig tot slecht.



Figuur 6-5. Windklimaat voor de activiteit 'langdurig zitten'

¹ De eisen voor 'langdurig zitten' zijn niet bedoeld voor horeca-terrassen, waar eigenlijk een nog beter windklimaat wordt verlangd. Bij terrassen zijn vrijwel altijd windschermen en/of luifels nodig om een goed windklimaat te creëren.

6.2 Windgevaar

Figuur 6-6 toont het risico op windgevaar. Er is geen significant (beperkt) risico in het plangebied en de directe omgeving daarvan.



Figuur 6-6. Windgevaar

7 Conclusies en aanbevelingen

Er zijn is een kwantitatief onderzoek uitgevoerd naar het windklimaat rondom een bouwplan voor twee woontorens aan de Lomanlaan. Het windklimaat is belangrijk voor de functionaliteit en veiligheid van een gebied. Het windklimaat is daarom ook relevant in de context van vergunningverlening door de gemeente. Het publiek mag niet blootgesteld worden aan windgevaar. Voor de openbare ruimte in het gebied worden er ook eisen worden gesteld aan het windcomfort, dat wil zeggen beperking van windhinder. In niet-openbare ruimtes en op eigen terrein is het in veel gevallen niet nodig om aan de eisen voor openbare ruimtes te voldoen.

7.1 Conclusies

De beoordeling van het windklimaat is als volgt. Het is belangrijk te onderkennen dat de beoordeling van statische aard is, terwijl het windklimaat zoals dat wordt ervaren een momentopname is, en afhankelijk is van de windrichting en snelheid.

1. **Lomanlaan.** Op de Lomanlaan is het windklimaat voor doorlopen goed.
2. **Brug.** Op de brug is het windklimaat voor slenteren goed. Net voor de brug bij de torens is het windklimaat voor slenteren matig.
3. **Entreegebied.** In het entreegebied tussen de torens varieert het windklimaat voor slenteren van goed tot slecht, afhankelijk van de mate van beschutting door de heesters in het westen van het entreegebied.
4. **Dak parkeergarage.** Op het dak van de parkeergarage ten noorden van de torens is het windklimaat voor slenteren slecht.
5. **Waterkant.** Langs de waterkant is het windklimaat voor slenteren grotendeels goed. Ter hoogte van het entreegebied tussen de torens is het windklimaat voor slenteren matig tot slecht
6. **Terras bij toren.** Het windklimaat voor 'langdurig zitten' is goed.
7. **Terras bij waterkant.** Het windklimaat voor 'langdurig zitten' is goed.
8. **Speeltuin.** In de speeltuin is het windklimaat voor langdurig zitten matig tot slecht.
9. **Windgevaar.** Er is geen significant (beperkt) risico in het plangebied en de directe omgeving daarvan.

7.2 Aanbevelingen

Het is niet te voorkomen dat het plaatsen van een hoog gebouw op een aantal locaties tot een verandering van het windklimaat leidt. Het is gebruikelijk om een slecht windklimaat zoveel mogelijk te voorkomen, maar een matig windklimaat als 'acceptabel' te beschouwen. De aanbevelingen richten zich daarom op locaties met een slecht windklimaat voor het beoogde gebruik.

De bomen in heesters in het gebied hebben een zeer positief effect op het windklimaat. Zonder de heesters zou het gebied tussen de torens zou een slecht windklimaat hebben. Het wordt daarom aanbevolen om de heesters zo te plaatsen dat ze de entrees zelf afschermen. Wanneer dit niet mogelijk is, kunnen de entrees lokaal beschut worden door een verticaal scherm, geplaatst ten westen van de entrees. De heesters zouden het hele jaar blad moeten dragen om ook in de herfst en winter effectief te blijven. Ook wordt aanbevolen de heesters niet op te kronen om juist in de eerste 2 meter vanaf het maaiveld te beschutten.

Het windklimaat in de speeltuin varieert van matig tot slecht, en van goed tot matig voor slenteren. Waar gespeeld wordt, is dit windklimaat acceptabel. Eventuele zitplekken zouden lokaal beschut kunnen worden.

Het windklimaat ten noorden van de torens op het dak van de parkeergarage is slecht voor slenteren en matig voor doorlopen. Afhankelijk van de functie van dit gebied kan worden overwogen dit te accepteren. Als het gebied een beter windklimaat vereist dan het nu heeft, dan zouden meer heesters ten noorden van de toren kunnen worden geplaatst om het windklimaat daar te verbeteren.

De eisen voor 'langdurig zitten' zijn niet bedoeld voor horeca-terrassen, waar eigenlijk een nog beter windklimaat wordt verlangd. Bij terrassen zijn vrijwel altijd windschermen/andersoortige beschutting nodig om een goed windklimaat te creëren.

8 Bronnen

AHN (2021), Actueel Hoogtebestand Nederland (geraadpleegd in april 2021)

LGN (2020) Landelijk Grondgebruik Nederland 2020, Wageningen Environmental Research

NEN EN 1991-1-4 + A1 + C2 ANB Eurocode 1 : Belastingen op constructies - Deel 1-4 : Algemene belastingen - Windbelasting - Nationale bijlage

NEN 8100:2006 Nederlandse norm. Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving, Nederlands Normalisatie-instituut

NPR 6097:2006 Nederlandse praktijkrichtlijn. Toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland, Nederlands Normalisatie-instituut.

Menter FR (1994) Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications, AIAA Journal 32(8), pp. 1598-1605.

Wieringa J (1992) Updating the Davenport roughness classification. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 41(1-3) pp. 357-368.

Bijlage 1 Windstroming om gebouwen

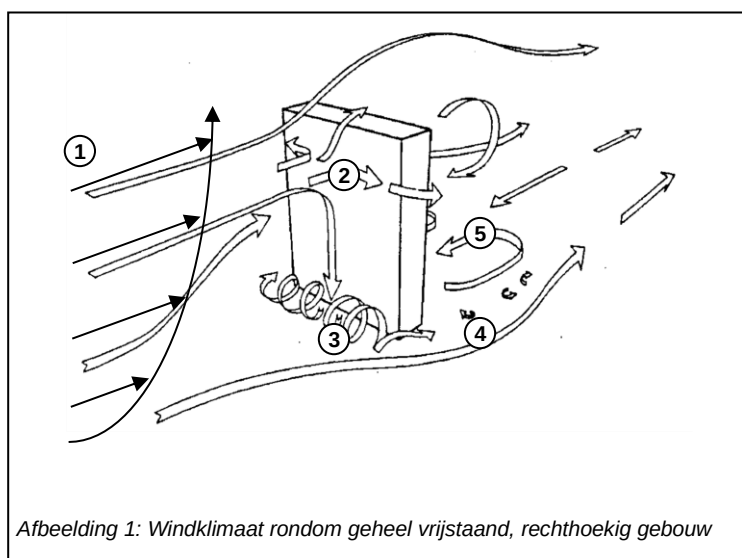
In deze rapportage zijn de criteria voor windhinder en gevaar gegeven, aan deze criteria ligt de optredende windsnelheid ten grondslag. De wind- (of lucht) snelheid op loopniveau wordt in belangrijke mate beïnvloed door de aanwezige gebouwen.

In deze bijlage worden een aantal 'algemene effecten' die optreden in de gebouwde omgeving toegelicht, aan de hand van simpele voorbeelden met één of twee gebouwen. In de praktijk zal het windklimaat nooit bepaald worden door één enkel gebouw. In de werkelijkheid zal de stedenbouwkundige situatie veel complexer zijn en zal de stroming rondom de gebouwen daarmee veel complexer zijn. De hoogtes en volumes van de gebouwen, de positionering van de gebouwen ten opzichte van elkaar en de oriëntatie ten opzichte van de overheersende windrichting bepalen gezamenlijk het windklimaat op loopniveau.

Windklimaat rondom geheel vrijstaand, rechthoekig gebouw

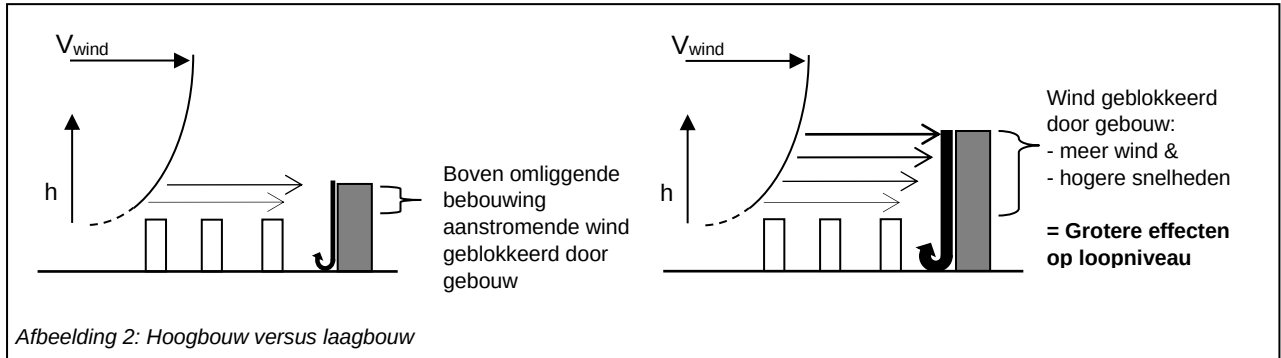
Aan de hand van afbeelding 1 wordt voor een eenvoudige situatie (geheel vrijstaand, rechthoekig gebouw) uitgelegd hoe de windsnelheden door het gebouw worden beïnvloed.

1. Op enige hoogte boven de bebouwde omgeving is de "ongestoorde" windsnelheid groter dan op loophoogte, waar de wind ten gevolge van beschutting door gebouwen wordt afgeremd.
2. De aanstromende lucht wordt door het gebouw geblokkeerd. Langs en over het gebouw ontstaan hogere luchtsnelheden, aangezien de totale hoeveelheid aanstromende lucht moet worden afgevoerd. Voor het gebouw ontstaat een stuwpunt.
3. Een deel van de, met hogere snelheid aanstromende lucht zal langs de gevel naar beneden stromen en zal juist boven de grond worden afgebogen. Aan de voet van het gebouw zullen wervels met een horizontale as ontstaan.
4. Deze wervels zullen naar de gebouwhoeken bewegen, waar wervels met een verticale as (staande wervels) ontstaan, die regelmatig van het gebouw loslaten, en zich dan van het gebouw af bewegen. In de gebieden met deze 'cornersteams' zullen verhoogde windsnelheden, met een sterk variërende windrichting optreden. Dit verschijnsel wordt als 'windhinder' ervaren.
5. Achter het gebouw ontstaat een gebied waar onderdruk heerst. Ook in dit gebied komen wervels voor, maar de windsnelheden zijn over het algemeen laag. Het is een relatief luw gebied.



Hoog versus laag

Naast de gebouwgeometrie en de stedenbouwkundige situatie is de windsnelheid op de hoogte van de dakrand bepalend voor de windhinder op loopniveau. Hoe hoger het gebouw is (ten opzichte van zijn omgeving), hoe groter de beïnvloeding van het windklimaat zal zijn. Dit wordt weergegeven in afbeelding 2.



Drukverschillen rondom doorgangen

Wanneer de wind geblokkeerd wordt door een gebouw of een aantal gebouwen, zal aan de voorzijde van de gebouwen een gebied met een hogere druk ontstaan. Aan de achterzijde van het gebouw (de beschutte, luwe zijde) ontstaat een gebied met een lagere druk.

Waar deze twee gebieden met elkaar verbonden worden, bijvoorbeeld door een onderdoorgang onder een gebouw door, zal een luchtstroom van het gebied met overdruk naar het gebied met onderdruk ontstaan: in de onderdoorgang zal het windklimaat door de verhoogde windsnelheden en turbulentie verslechteren.

Bijlage 2 Technisch inlegvel

Project	Gegevens
Projectnaam	Lomanlaan
Opdrachtgever	Mitros
Projectleider	
Datum	1-2-2022
Model	Algemene gegevens van het model
Kerngebied	Bebouwing en bomen binnen ca. 300 m rondom bouwplan
Omgeving	Bebouwing
Omvang gemodelleerd gebied	1100 m x 800 m x 200 m
Afmetingen model	300 m x 300 m x 50 m
Blokkeringsgraad	<3%
Gemodelleerd groen	Bomen (weerstandcoëfficiënt 0,2; stamhoogte van 2,0 m - 2,5 m, kruinhoogte van 8 m – 10 m, bladdichtheid van 0,13 m ² /m ³ Heesters (weerstandcoëfficiënt van 0,2; 6 m hoog, niet opgekroond, bladdichtheid van 0,25 m ² /m ³)
Onderzochte windrichtingen	12
Onderzochte configuraties	Geprojecteerde situatie
Computeropstelling	Specifieke gegevens van de gebruikte programmatuur
Programmatuur	SimScale Pedestrian Wind Comfort
Methodiek	Lattice Boltzmann method (LBM)
Algemeen	Driedimensionaal, tijdafhankelijk, isothermisch
Rekenrooster	Rechthoekige cellen, verfijnd in het kerngebied tot 0,5 m
Turbulentiemodellering	SST k- ω turbulentie model
Convectieve differentie-schema's	n.v.t. (LBM)
Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden
Instroomprofiel	Logaritmische atmosferische grenslaag, Ruwheidslengte (z_0): 1,0 m.
Uitlaat	Constante druk
Zijwanden	Gesloten (slip)
Boven	Gesloten (slip)
Vloer/bodem	Ruwe wand, no slip

Gegevensverwerking en beoordeling	Informatie voor locatie en beoordeling windklimaat			
Amersfoortse coördinaten	X = 135396, Y = 453856			
Toegepaste eisen (NEN8100)	V _{DR} m/s	Gewenste kwaliteits-klasse	Overschrijdings-kans (%)	Beoordeling
<i>Voor comfort</i>			$P(V_{LOK} > V_{DR:H})$	
Doorlopen	5,0	≤ D	< 20	
Slenteren	5,0	≤ C	< 10	
Zitten	5,0	≤ B	< 5	
Regionale correctie	Geen			
<i>Voor gevaar</i>			$P(V_{LOK} > V_{DR:G})$	
Slenteren	15,0		0,05 - 0,30	
Zitten	15,0		≤ 0,30	
Gepresenteerde resultaten	Grafische weergaven van kwaliteitsklasse voor windcomfort, windklimaat voor activiteiten en windgevaar in het plangebied.			
Opmerkingen				

Deerns Nederland B.V.

Bouwfysica & Energie

Fleminglaan 10

2289 CP Rijswijk

Postbus 1211

2280 CE Rijswijk

bouwfysica@deerns.com

www.deerns.nl