



Amsteloever Amsterdam

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD

Amsteloever Amsterdam

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD



opdrachtgever	Gemeente Amsterdam
rapportnummer	OA 16099-2-RA-001
datum	6 oktober 2021
referentie	OO/JA//OA 16099-2-RA-001
verantwoordelijke	O.E. Otten
opsteller	ir. J.T. Akhnoukh +31 858228676 j.akhnoukh@peutz.nl

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 85 822 86 00, mook@peutz.nl, www.peutz.nl
kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2008

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

Inhoudsopgave

1 Inleiding	4
2 Normstelling en uitgangspunten	7
2.1 Beslismodel NEN 8100	7
2.2 Windhinder en windgevaar volgens NEN 8100	7
2.2.1 Windhinder	7
2.2.2 Windgevaar	8
2.3 Windklimaat op de locatie	9
2.4 Simulatie windsnelheden met CFD	11
3 Rekenresultaten	12
3.1 Huidige situatie	12
3.2 Geplande situatie met gehandhaafde bomen	15
3.3 Geplande situatie met gehandhaafde en geplande bomen	20
4 Samenvatting en conclusies	24

1 Inleiding

In opdracht van Gemeente Amsterdam is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatsituatie in het plangebied Amsteloever in Amsterdam.

Voor het vervaardigen van het CFD model is onder meer gebruik gemaakt van door de Gemeente Amsterdam aangeleverde 3D-model "20201217_Amsteloever_Openbare ruimte.skp" ontvangen per mail op 17 december 2020. Hierin is ook te handhaven bestaande begroeiing en geplande begroeiing in opgenomen. Doordat het onderzoek in stappen is uitgevoerd over een lange periode zijn bij enkele bestaande gebouwen in het plangebied kleine verschillen ontstaan. Dit heeft geen wezenlijke invloed op de resultaten. De verdere stedenbouwkundige omgeving en omliggende bestaande begroeiing is meegenomen aan de hand van gegevens uit openbare bronnen. In totaal is een gebied gemodelleerd van circa 2250 bij 1600 meter. Het windklimaat is voor de volgende drie bebouwingssituaties uitgerekend:

- de geplande situatie met de te handhaven begroeiing in het plangebied;
- de geplande situatie met de te handhaven én geplande begroeiing in het plangebied;
- de huidige situatie (ter referentie).

In figuren 1.1 t/m 1.3 zijn aanzichten op de betreffende rekenmodellen getoond. Het Tooropgebouw heeft een overstek met aan een zijde een gesloten windscherm, zie figuur 1.4.

Het doel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het te verwachten windklimaat op het maaiveld rondom de geplande bebouwing.

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

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

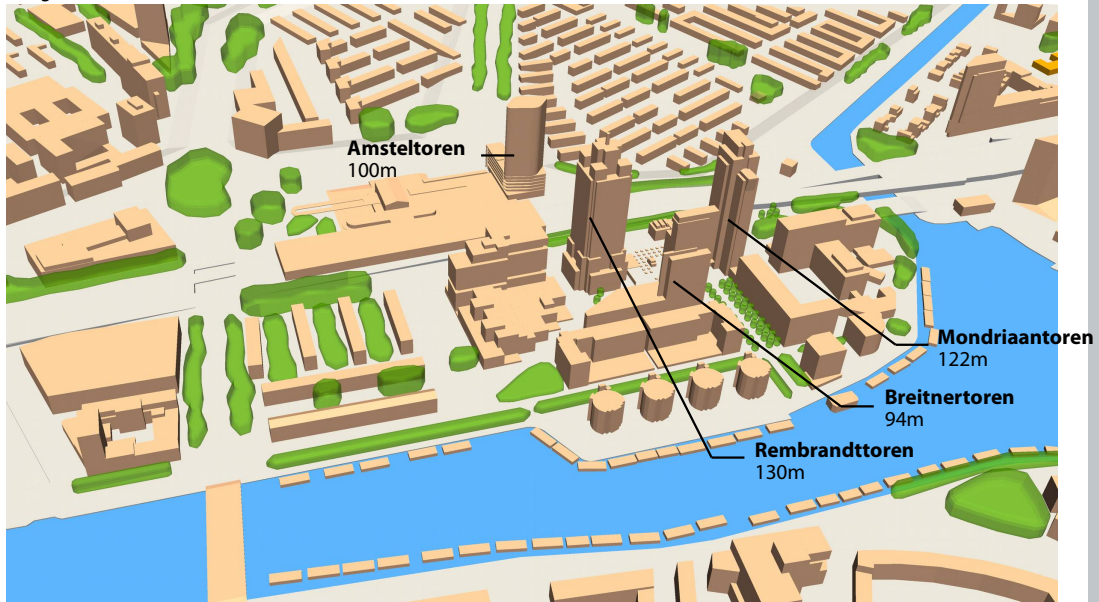
f1.1 Het gehanteerde 3D-model in de geplande situatie met gehandhaafde bomen



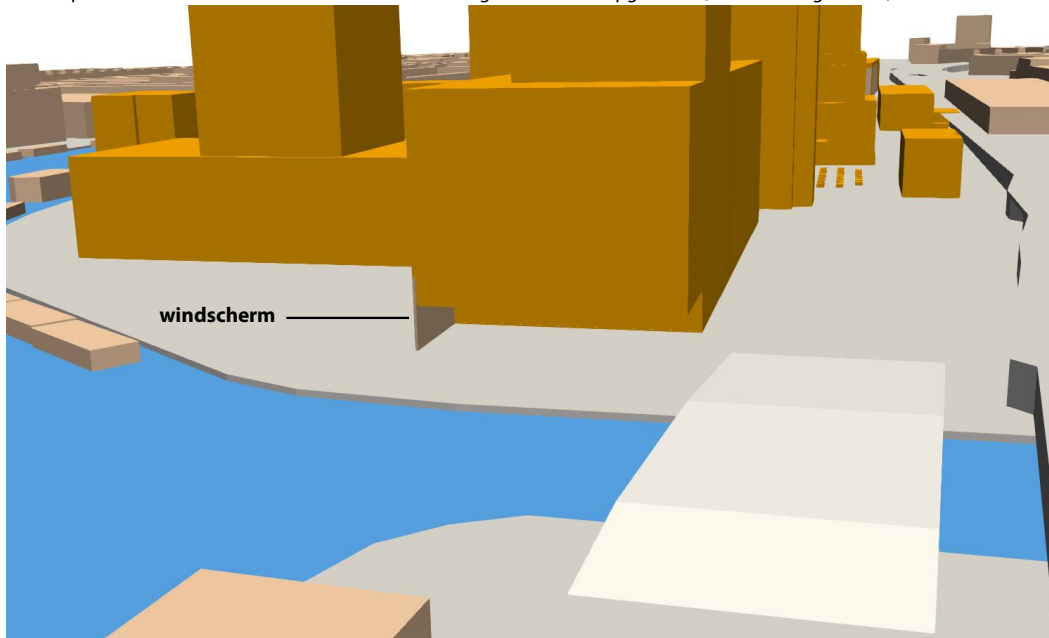
f1.2 Het gehanteerde 3D-model in de geplande situatie met gehandhaafde en geplande bomen



f1.3 Het gehanteerde 3D-model in de bestaande situatie



f1.4 Close-up van het windscherm onder de herontwikkeling van het Tooropgebouw (bomen niet getoond)



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 meer dan 100 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

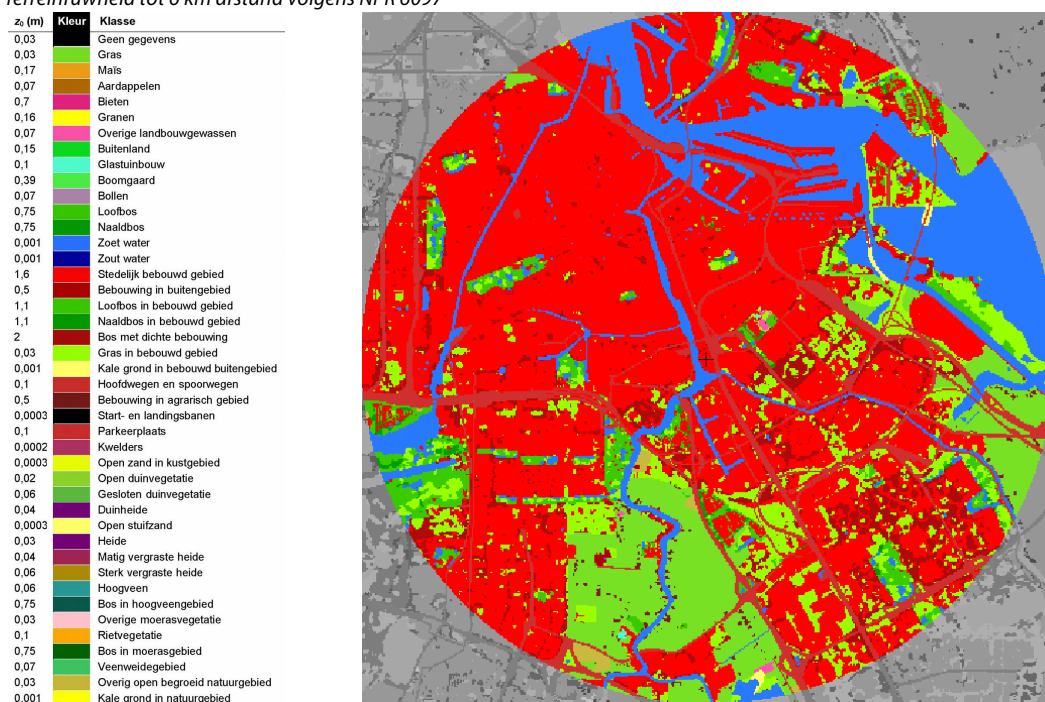
De norm stelt: "Situaties waarvoor een overschrijdingskans geldt van $0,05 < p < 0,30$ mogen alleen worden geaccepteerd als deze vallen binnen activiteiten klasse I (doorlopen). Voor activiteiten klasse II en III geldt de eis $p \leq 0,05$.

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.

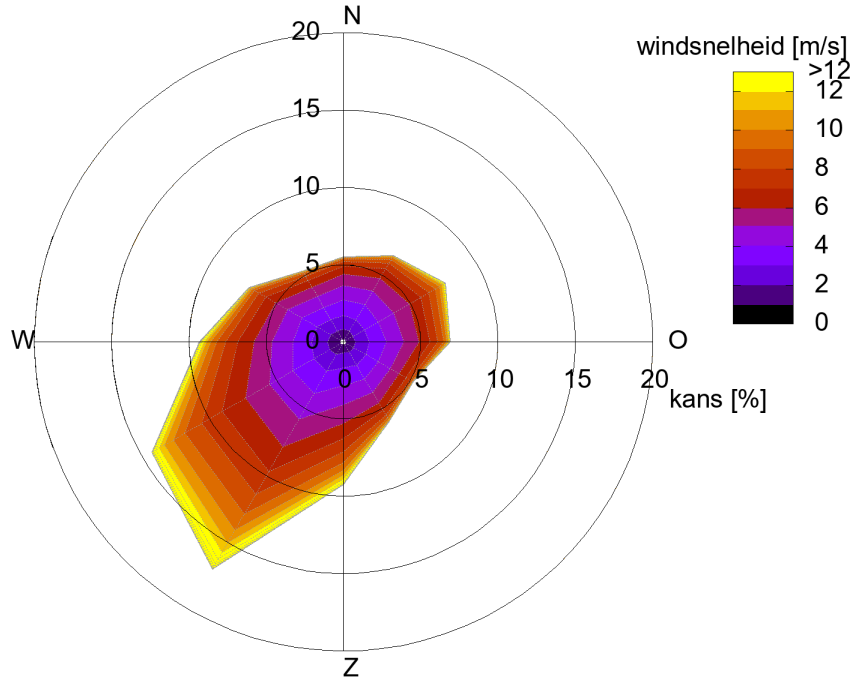
f2.1 Terreinruwheid tot 6 km afstand volgens NPR 6097



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 westen de hoogste windsnelheden optreden en dat de wind relatief vaak uit het zuidwesten (210° en 240°) komt. De zuidwesten wind is hiermee voor een groot deel bepalend voor het windklimaat op de planlocatie.

f2.2 Windroos van de betreffende locatie volgens NPR 6097

Windroos voor locatie X122921 Y484209.



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 X122921 Y484209 Jaar 1963-2002												
totaal aantal uren: 8765.9												
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	16.4	15.9	14.6	17.0	18.1	16.8	12.8	19.1	22.0	20.7	20.5	18.3
1.0 - 1.9	56.8	55.2	49.4	52.8	51.5	53.7	49.9	64.6	72.6	68.5	66.4	55.1
2.0 - 2.9	79.2	76.1	73.3	79.0	79.9	83.5	84.7	112.5	102.4	92.6	88.7	72.1
3.0 - 3.9	88.7	98.3	90.6	98.9	79.4	89.3	101.5	143.8	134.6	107.0	99.3	80.1
4.0 - 4.9	80.3	88.5	104.3	97.7	77.5	89.4	111.0	166.5	152.9	117.9	94.3	73.6
5.0 - 5.9	65.7	82.2	99.7	84.7	59.3	70.7	104.3	183.9	159.2	102.8	77.6	60.3
6.0 - 6.9	43.8	64.1	76.4	62.0	42.3	47.7	86.2	160.1	151.1	90.3	63.5	43.9
7.0 - 7.9	26.3	36.5	50.5	44.6	27.9	31.0	74.5	148.4	136.4	69.4	45.2	27.8
8.0 - 8.9	12.9	24.6	42.2	32.3	12.3	19.6	59.7	127.7	107.8	49.5	29.1	17.7
9.0 - 9.9	6.7	13.9	29.4	18.1	5.1	11.8	44.1	106.6	75.6	33.8	16.4	8.6
10.0 - 10.9	3.1	6.5	16.2	9.4	1.9	5.1	28.9	82.0	57.5	25.0	9.6	4.6
11.0 - 11.9	1.6	3.0	11.1	6.2	0.6	2.7	22.5	63.3	36.2	15.6	4.9	2.5
12.0 - 12.9	1.2	1.6	7.2	2.3	0.3	0.8	14.1	45.1	21.5	11.4	1.8	1.1
13.0 - 13.9	0.3	0.6	2.5	0.9	0.1	0.5	7.8	28.9	12.9	5.9	1.1	0.5
14.0 - 14.9		0.1	0.9	0.5		0.2	5.0	16.3	6.3	3.4	0.4	0.2
15.0 - 15.9			0.2	0.1			2.7	9.2	3.2	1.9	0.2	
16.0 - 16.9			0.1				1.0	5.8	2.1	1.0	0.1	
17.0 - 17.9							0.5	2.9	0.9	0.3	0.1	
18.0 - 18.9							0.5	2.0	0.5	0.2	0.1	
19.0 - 19.9							0.4	1.0	0.1		0.1	
20.0 - 20.9							0.1	0.4	0.2	0.1		
21.0 - 21.9								0.1	0.1			
22.0 - 22.9												
23.0 - 23.9								0.1				
24.0 - 24.9												
25.0 - 25.9												
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	483.0	567.1	668.6	606.5	456.2	522.8	812.2	1490.3	1256.1	817.3	619.4	466.4
gemiddelde snelheid	4.2	4.7	5.3	4.8	4.2	4.5	5.9	6.7	6.1	5.4	4.7	4.4

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.

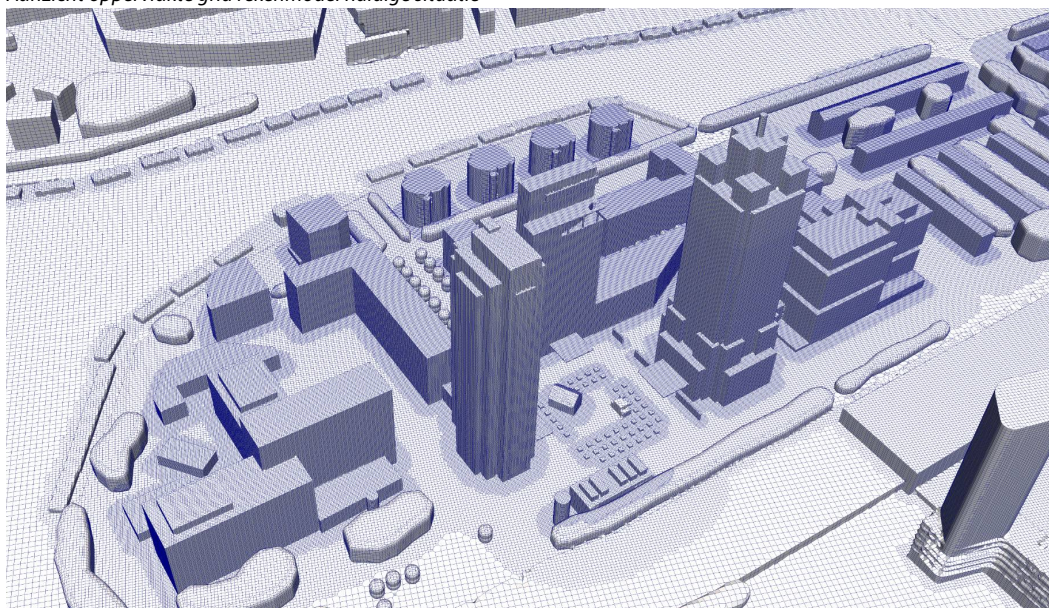
3 Rekenresultaten

In de volgende paragrafen worden de rekenresultaten van de huidige en geplande situatie gepresenteerd. 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.

3.1 Huidige situatie

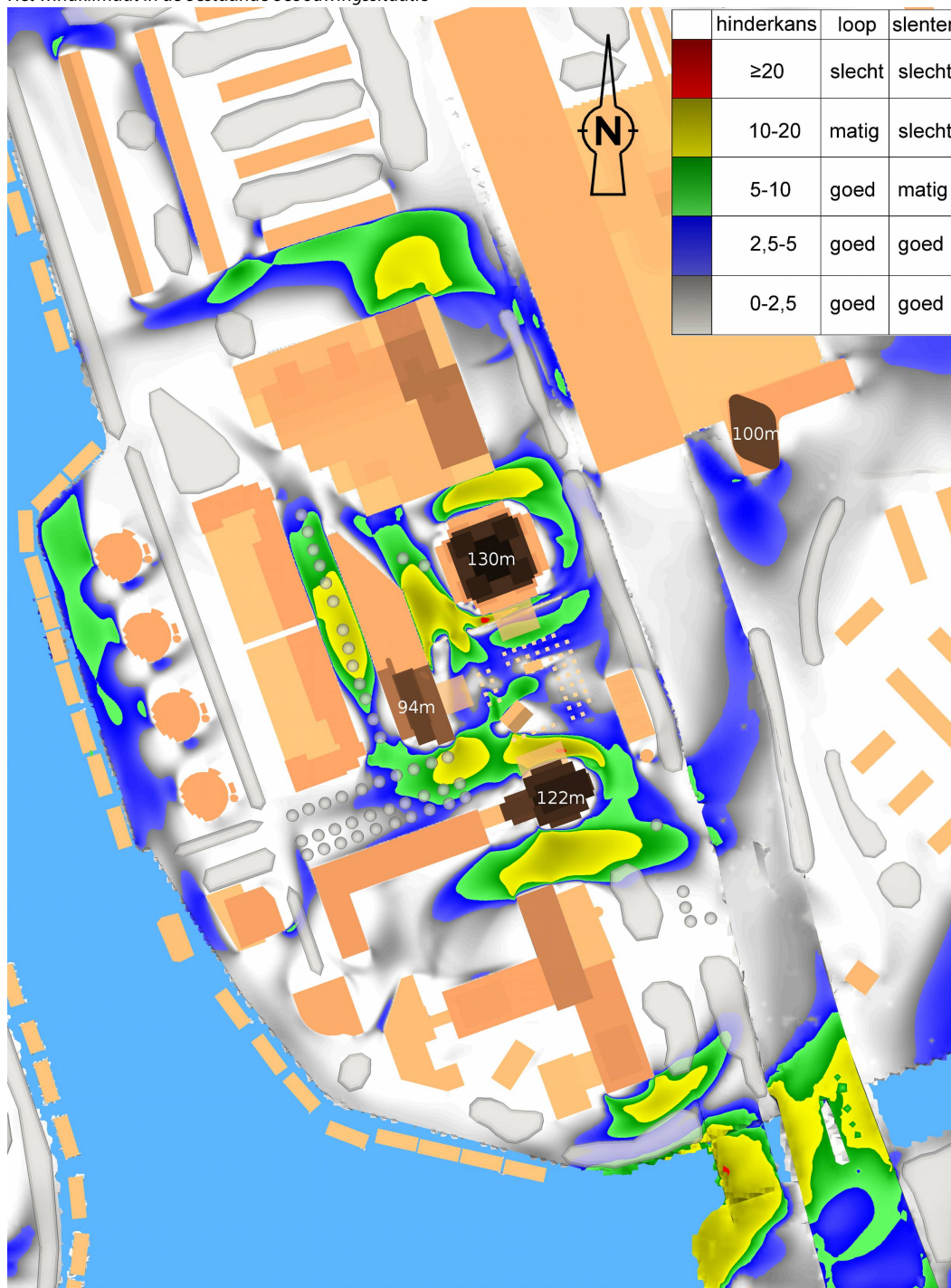
In figuur 3.1 is een aanzicht gegeven van het rekengrid van de bestaande situatie.

f3.1 Aanzicht oppervlakte grid rekenmodel huidige situatie

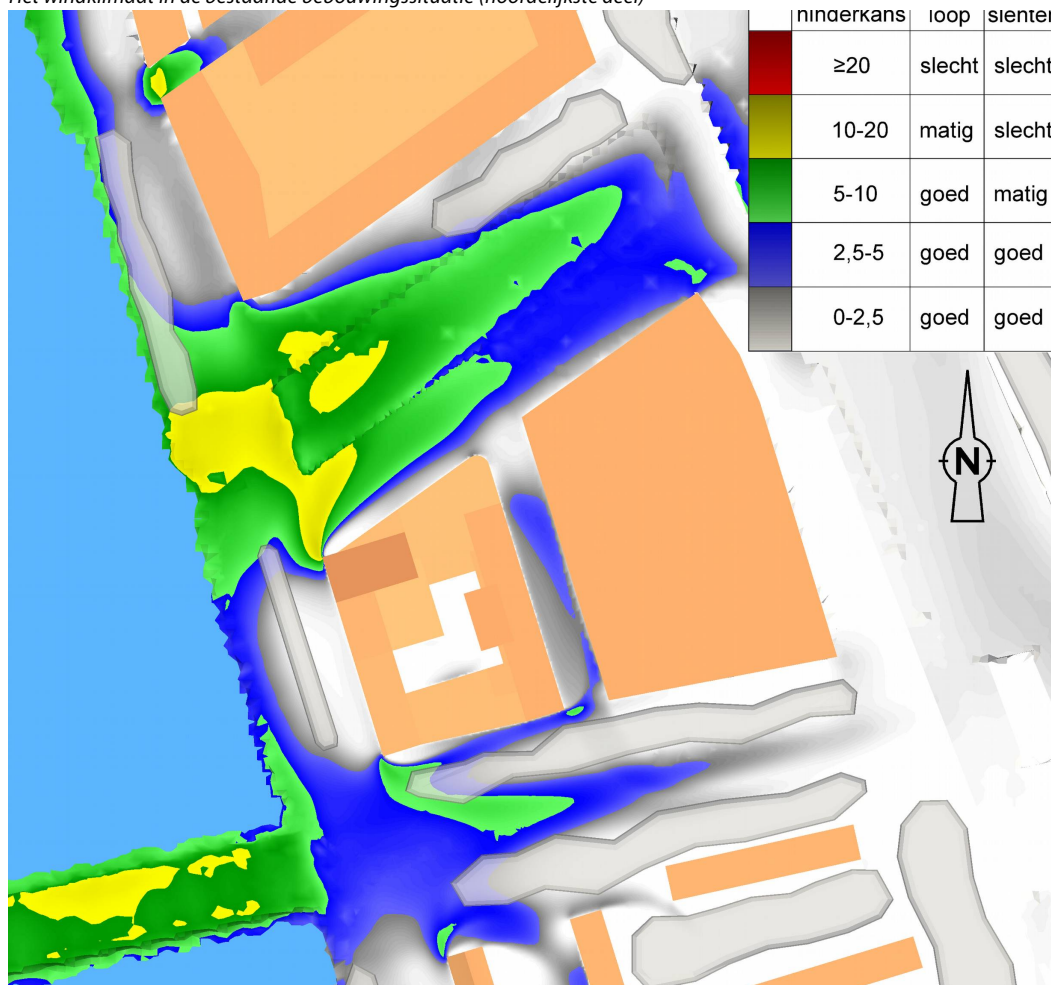


In figuur 3.2 wordt in een horizontale doorsnede op hoofdhoogte (1,75 meter boven plaatselijk maaiveldniveau) de berekende hinderkans met kleurcontouren voor de huidige bebouwingssituatie weergegeven. Het noordelijke deel van het plangebied is separaat weergegeven in figuur 3.3. De kleuren in de afbeeldingen 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.

f3.2 Het windklimaat in de bestaande bebouwingssituatie



f3.3 Het windklimaat in de bestaande bebouwingssituatie (noordelijkste deel)

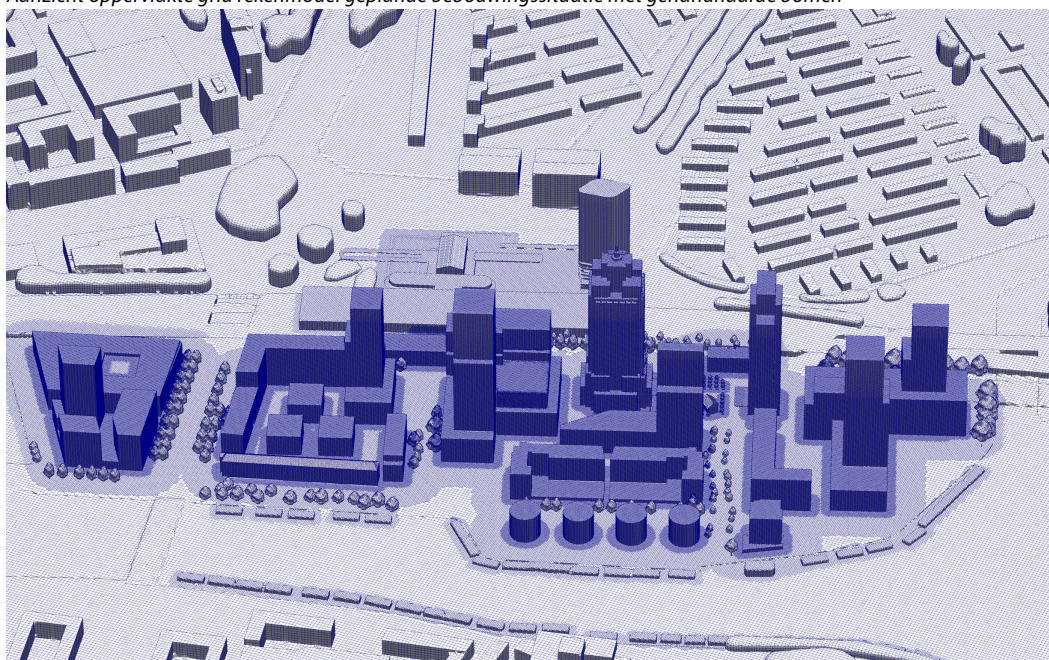


Uit de resultaten kan worden opgemaakt dat in de bestaande situatie er een aantal grote gebieden zijn met een matig windklimaat voor doorlopen, met name rond de drie torens gelegen aan het Amstelplein (de Rembrandttoren, Mondriaantoren en Breitnertoren). Plaatselijk is het windklimaat slecht (rood) of liggen de waarden voor de windhinderkans op de grens tussen matig en slecht voor doorlopen, zie de donkergele tint van sommige gebieden zoals bijvoorbeeld de doorgang tussen de Breitnertoren en de Rembrandttoren waar een fietspad en voetpad ligt. Hier staan windschermen die door een plaatselijke vernauwing voor een versnelling van de wind zorgen. Op de Omvalbrug aan de Spaklerweg is met dit model ook een matig windklimaat verwacht. Hierbij dient echter op te worden gemerkt dat deze brug en de wal aan de zuidkant vereenvoudigd in het rekenmodel zijn opgenomen (geen borstweringen, geen hijsconstructie en geen begroeiing aan de wal). Tevens is het zo dat het windklimaat typisch anders/minder hinderlijk wordt ervaren op plekken waar men zich op voorhand op stevige wind instelt, zoals bij een brug over het water. Dit in tegenstelling tot de locatie bij het Amstelplein waar een plotselinge overgang van een goed naar matig windklimaat als hinderlijker zal worden ervaren. Er is geen windgevaar vastgesteld in de bestaande situatie.

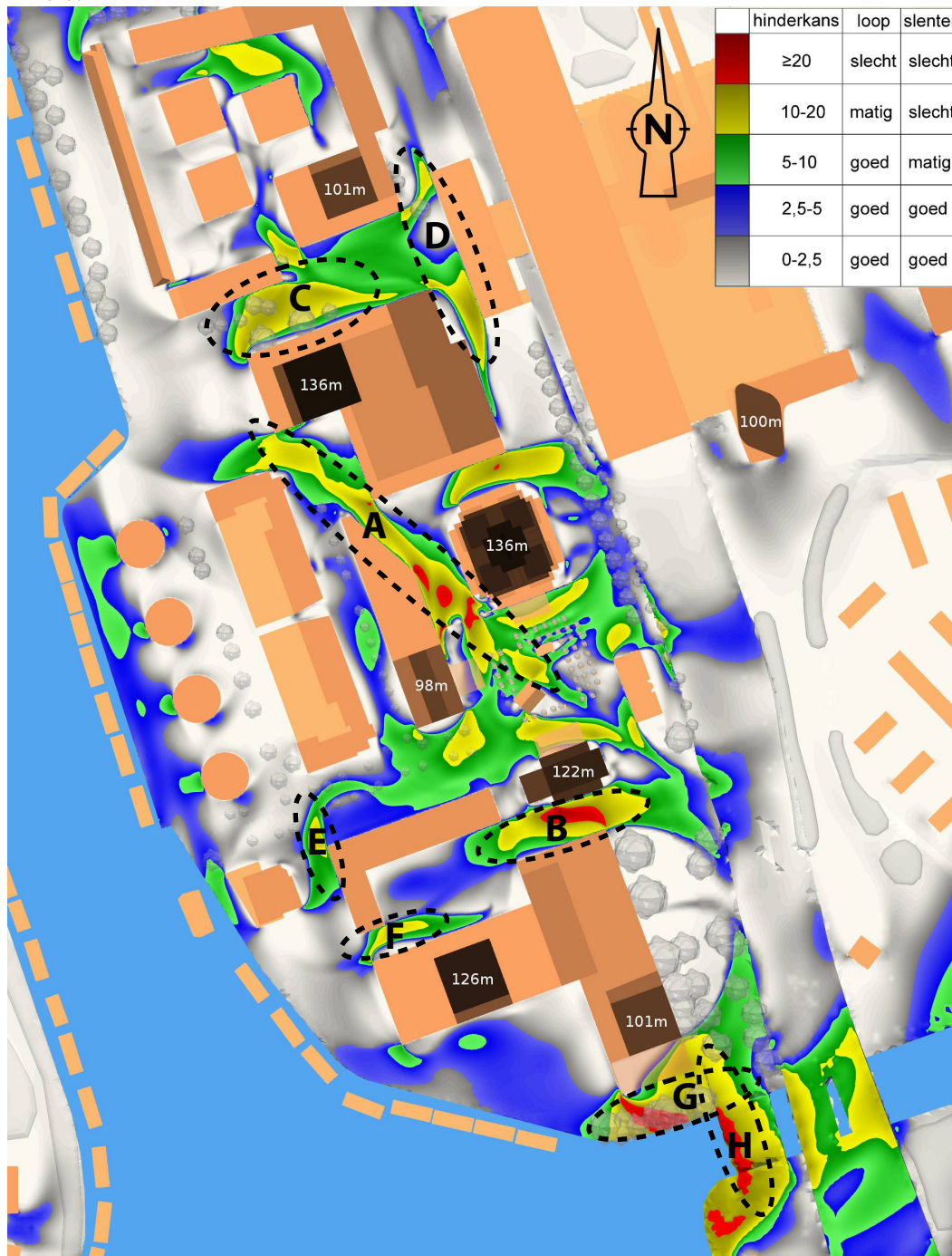
3.2 Geplande situatie met gehandhaafde bomen

In figuur 3.4 is het rekengrid van de geplande situatie met alleen gehandhaafde bestaande bomen in het Amsteloever plangebied weergegeven. In figuren 3.5 t/m 3.7 zijn de rekenresultaten getoond.

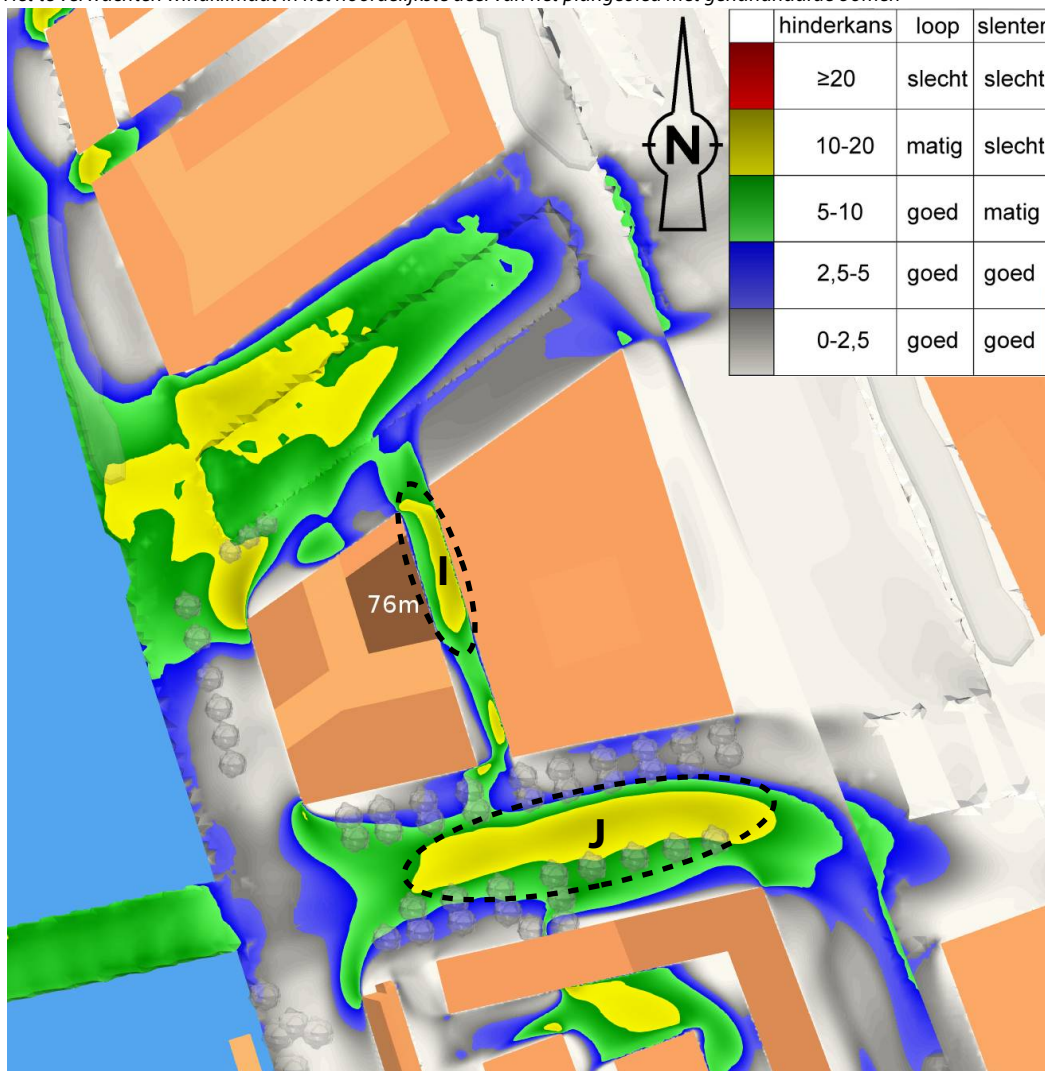
f3.4 Aanzicht oppervlakte grid rekenmodel geplande bebouwingssituatie met gehandhaafde bomen



f3.5 Het te verwachten windklimaat in de geplande bebouwingssituatie met gehandhaafde bomen, beoordeeld volgens de NEN 8100



f3.6 Het te verwachten windklimaat in het noordelijkste deel van het plangebied met gehandhaafde bomen



In de bovenstaande figuren zijn de gebieden met de voornaamste verandering van het windklimaat ten opzichte van de bestaande situatie omcirkeld en voorzien van een letter.

- Het windklimaat in gebied A, bij onder meer de Rembrandttoren, verslechtert ten opzichte van de bestaande situatie en is matig tot slecht voor doorlopen. De oorzaak is tweeledig: ten eerste zorgt de 136 m hoge Leeuwenburgtoren voor een plaatselijke verslechtering van het windklimaat en meer wind op maaiveldniveau die ergens naar toe zal moeten waaien. Deze wind blijkt vanwege drukverschillen de route door het gebied A te kiezen. Bij de letter A wordt een vernauwing/trechter gevormd door twee laagbouwdelen. Deze doorgang is smaller dan in de huidige situatie (vergelijk met figuur 3.2). Dit zorgt voor hogere windsnelheden en deze wind waait uiteindelijk richting het gebied tussen de Rembrandttoren en Breitnertoren. Merk op dat er in de geplande situatie een duidelijke afname is van

de windhinder in de straat direct ten westen van de Breitnertoren. Dit komt dus doordat een deel van de wind in de geplande situatie via het fietspad stroomt.

- Gebied B ligt ten zuiden van de Mondriaantoren. Hier treedt een verslechtering op van het windklimaat. Het verwachte windklimaat is hier slecht, terwijl het matig was in de bestaande situatie. Dit komt deels doordat de afstand tot de ten zuiden gelegen laagbouw van de ontwikkeling Toorop kleiner is dan in het 3D-model van de bestaande situatie (de straatbreedte bij B is kleiner), alsmede door een toename van de bouwhoogte op de Tooroplocatie. Bovendien is gedurende het gebiedsonderzoek de detaillering van het model verbeterd, waardoor het mogelijk is dat het berekende windklimaat in de huidige situatie als te gunstig is vastgesteld (bijvoorbeeld door de wijze waarop begroeiing is meegenomen, het ontbreken van de colonnade en de inrit).
- Gebied C op de Stationsloper ontstaat in eerste plaats door de toevoeging van de Leeuwenburgtoren, maar ook door de geplande 101 m hoge van der Kunbuurttoren. In de bestaande situatie is op de Stationsloper op kortere afstand van het station een matig windklimaat aanwezig. Het matige windklimaat verschuift en intensiveert.
- Gebied D bij de nieuwe stationsentree ontstaat door een combinatie van de volgende factoren: 1) de toevoeging van der Kunbuurttoren 2) de extra wind die op maaiveldniveau is beland door de Leeuwenburgtoren en 3) doordat er tevens laagbouw is toegevoegd tegen het station waardoor de straten smaller worden. In de bestaande situatie is reeds sprake van een matig windklimaat in een deel van het gebied.
- Gebied E. Het zeer plaatselijk matige windklimaat voor lopen is ten gevolge van de meer open ligging door het weghalen van laagbouw aan de Amsteloever (zie de bestaande situatie).
- Gebied F. Het verwachte windklimaat is matig en komt door een toename van de gebouwhoogte van de herontwikkeling van het Tooropgebouw.
- In gebied G, ten zuiden van de ontwikkeling Toorop, is een als matig tot plaatselijk slecht windklimaat te verwachten in deze situatie. De gemeente en de ontwikkelende partij hebben gezamenlijk aanvullend een separaat windtunnelonderzoek laten verrichten ten einde de mate van windklimaat op deze locatie te beperken. In dit onderzoek is tevens het windklimaat op de Omvalbrug onderzocht.
- In gebied H op de Omvalbrug wordt volgens de berekeningen een matig tot slecht windklimaat verwacht. Dit is een verslechtering ten opzichte van de bestaande situatie waar een matig windklimaat is berekend. Zoals reeds opgemerkt is, ontbreken er in dit rekenkundig gebiedsonderzoek echter enkele details bij de brug. In het aanvullende onderzoek is meer detaillering in het model aangebracht bij onder andere de brug. Daarmee is het windklimaat bij de brug beter dan is vastgesteld in dit rekenkundig onderzoek en is plaatselijk sprake van een beoordeling matig in plaats van slecht.
- Ten slotte zijn in het noordelijke deel van het plangebied twee gebieden (I en J) vastgesteld waar naar verwachting een matig windklimaat voor doorlopen zal heersen (wat in de huidige situatie niet het geval is). Het gebied I raakt de gevel van

het naast het plan gelegen gebouw. Doordat hier echter geen entrees liggen is het criterium slenteren niet van toepassing.

In figuur 3.7 zijn de gevaarkans contouren voor de geplande situatie met gehandhaafde bomen weergegeven. Hieruit blijkt dat er enkele plekken worden verwacht met een beperkt risico op windgevaar. Er is geen sprake van een overschrijding van het gevaarcriterium in het plangebied. In het noordelijke deel van het plangebied is voor deze situatie geen sprake van een overschrijding van het criterium voor windgevaar, noch is er een beperkt risico op windgevaar vastgesteld.

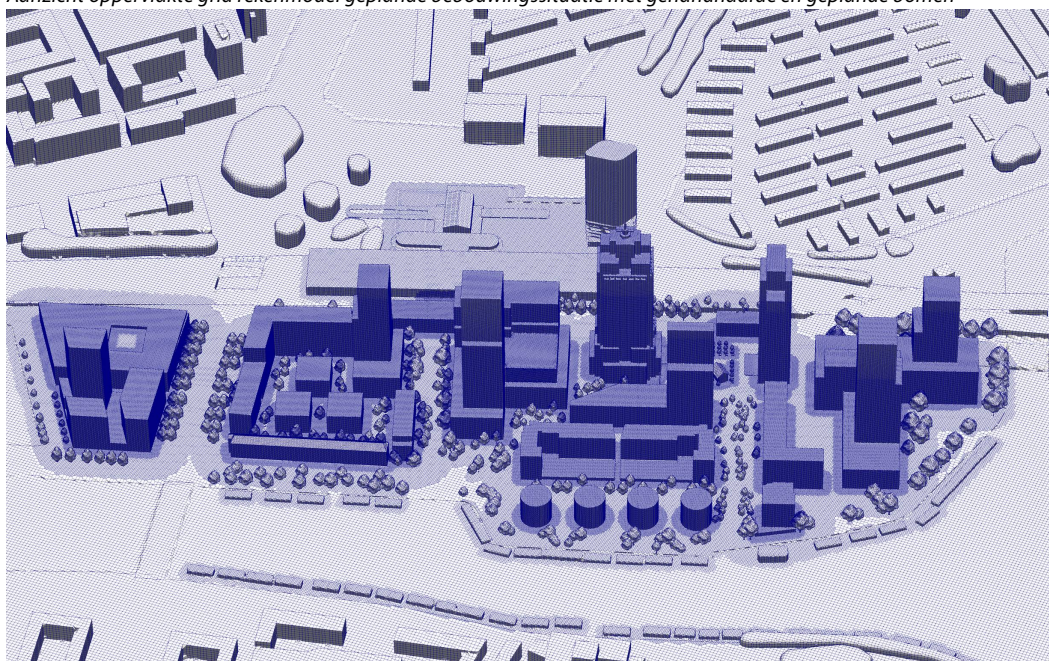
f3.7 Windgevaarkans in de geplande bebouwingssituatie met gehandhaafde bomen, beoordeeld volgens de NEN 8100



3.3 Geplande situatie met gehandhaafde en geplande bomen

In figuur 3.8 is het rekengrid van de geplande situatie met gehandhaafde en geplande bomen in het Amsteloever plangebied weergegeven. In figuren 3.9 t/m 3.11 zijn de rekenresultaten getoond.

f3.8 Aanzicht oppervlakte grid rekenmodel geplande bebouwingssituatie met gehandhaafde en geplande bomen



Vastgesteld is dat de toevoeging van toekomstige bomen over het algemeen een positief effect heeft op het windklimaat.

In gebied A wijzigt een plaatselijke beoordeling slecht ter hoogte van de Rembrandttoren grotendeels naar matig. Zeer plaatselijk blijft een slecht windklimaat te verwachten en een beperkt risico op windgevaar. De verbetering kan worden versterkt door meer begroeiing toe te voegen.

Op de Stationsloper neemt de omvang van het gebied met een matig windklimaat duidelijk af (gebieden C en D), en is voor de nieuwe stationsentree sprake van een goed windklimaat.

In gebied G, ten zuiden van de ontwikkeling Toorop, is nu sprake van een matig in plaats van slecht windklimaat. Het gebied met een beperkt risico is in deze situatie kleiner. Zoals eerder vermeld wordt hier separaat nader onderzoek naar verricht.

Daarin zal ook het windklimaat op de Omvalbrug gunstiger zijn dan hetgeen wegens de vereenvoudigde modellering in dit model is vastgesteld (gebied H). Dan is sprake van een matig in plaats van slecht windklimaat.

f3.9 Het te verwachten windklimaat in de geplande bebouwingssituatie met gehandhaafde en geplande bomen, beoordeeld volgens de NEN 8100



f3.10 Het te verwachten windklimaat in het noordelijkste deel van het plangebied met gehandhaafde en geplande bomen



f3.11 Windgevaarkans in de geplande bebouwingssituatie met gehandhaafde en geplande bomen, beoordeeld volgens de NEN 8100



4 Samenvatting en conclusies

In opdracht van Gemeente Amsterdam is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie in het plangebied Amsteloevers in Amsterdam. Het doel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het te verwachten windklimaat rondom de geplande bebouwing.

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 gebiedsonderzoek kan het volgende worden geconcludeerd:

- In de huidige situatie is het windklimaat op een groot aantal plekken in het plangebied matig voor de functie doorlopen, waaronder nabij de aanwezige torens, op de Stationsloper, aan de zuidzijde van het Tooropgebouw en op de Omvalbrug. Reden hiervoor is zowel de aanwezigheid van hoogbouw als de relatief onbeschutte ligging van het gebied voor de belangrijke zuidelijke tot westelijke windrichtingen. Er is in de huidige situatie geen sprake van een overschrijding van het gevaarcriterium of een beperkt risico hierop.
- Aangezien in dit onderzoek is gerekend met stedenbouwkundige volumes en er dus nog geen concrete locaties van gebouwentrees en andere functies bekend waren, is voor de beoordeling overall in het plangebied uitgegaan van de functie doorlopen. In de uitwerking van de gebouwentwerpen en het bepalen van (hoofd-)entrees dient rekening te worden gehouden met de resultaten. Voor de entrees kan middels het strengere criterium slenteren uit de figuren de beoordeling worden afgelezen.
- Het windklimaat in het plangebied zal als gevolg van een toename van hoogbouw en de kap van begroeiing op een aantal plaatsen ongunstiger worden dan in de huidige situatie. Als het windafschermende effect van toekomstige begroeiing (conform het stedenbouwkundige plan) wordt meegenomen dan zal een deel van de toename van windhinder worden geneutraliseerd of dusdanig worden beperkt dat een beoordeling slecht grotendeels kan worden voorkomen. De navolgende aandachtspunten zijn te benoemen.
- Op het voet-/fietspad ten westen van de Rembrandttoren is zeer plaatselijk een slecht windklimaat en een beperkt risico op windgevaar vastgesteld. Op deze plaats was geen extra begroeiing voorzien. Een verbetering van de windsituatie is mogelijk door de toevoeging van extra begroeiing in dit gebied.
- De vormgeving van de zuidzijde van de herontwikkeling van het Tooropgebouw is nog onderwerp van nadere (nog lopende) studie van de gemeente en de ontwikkelende partij. Daarbij worden ook maatregelen onderzocht ten behoeve van een verbetering van een als matig tot slecht te beoordelen windklimaat aan de zuidzijde van de Mondriaantoren. Daarnaast is in dat onderzoek reeds vastgesteld dat het windklimaat op de Omvalbrug gunstiger zal zijn dan nu weergegeven. Bij een meer gedetailleerde modellering van de brug, met aanwezige obstakels en naastgelegen begroeiing, is sprake van een matig in plaats van slecht windklimaat.

Mook,

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Mook', with a long horizontal stroke extending to the right.

Dit rapport bevat 25 pagina's
Bijlage 1: Technisch inlegvel numerieke simulatie

Bijlage 1

Technisch inlegvel numerieke simulatie

Project	Projectgegevens			
Projectnaam	Amsteloever Amsterdam			
Opdrachtgever	Gemeente Amsterdam			
Projectleider	ir. J.T. Akhnoukh / O. E. Otten			
Datum	6 oktober 2021			
Model	Algemene gegevens van het model			
Omvang gemodelleerd gebied	2150 x 1500 meter			
Kerngebied	het gebied rondom de geplande nieuwbouw			
Omgeving	bebouwing/begroeiing			
Afmetingen model	2250 x 1600 x 500 meter			
Blokkeringsgraad	<10%			
Gemodelleerd groen	jaargemiddelde situatie			
Onderzochte windrichtingen	12 (rondom in stappen van 30 graden)			
Onderzochte configuraties	1) bestaande situatie 2) geplande bebouwingssituatie met gehandhaafde bomen en 3) geplande bebouwingssituatie met gehandhaafde en geplande bomen			
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur			
Programmatuur	OpenFOAM 6			
	✓ FVM (eindige volume methode) — FEM (eindige elementen methode) — anders			
Algemeen	✓ drie-dimensionaal — twee-dimensionaal ✓ tijd-onafhankelijk — tijd-afhankelijk ✓ isothermisch — thermisch — passieve scalars — actieve scalars			
Rekenrooster	bestaand: circa 25 miljoen cellen, gepland: circa 30 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			
Instroomprijs	logaritmisch snelheidsprofiel, windrichtingen 180° t/m 210°: $z_0=0.5$ m; overige windrichtingen $z_0=0.7$ m en bijbehorende profielen voor k en ε			
Uitlaat	constante druk			
Boven-/zijwanden	gesloten, wrijvingsloos			
Gegevensverwerking en -beoordeling	Informatie voor locatie en beoordeling windklimaat			
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X = 122921 Y = 484209			
Toegepaste eisen	V_{DR} [m/s]	Gewenste kwaliteitsklasse	Overschrijdskans [%]	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: figuren met $p(V_{LOK} > V_{DR,G})$ -waarden		