

Projectplan Hoge Wiek te Rotterdam CFD-onderzoek naar windklimaat op loopniveau

Projectgegevens

Project **Projectplan Hoge Wiek te Rotterdam**
Onderdeel **CFD-onderzoek naar windklimaat op loopniveau**
Code 2200079
Datum 14 december 2023

Samengesteld door de heer ir. D.P.J van Deijzen

Eindverantwoording ABT bv
Delftechpark 12
Postbus 458 2600 AL Delft

Geautoriseerd door

Paraaf

datum	versie	omschrijving
30-06-2023	1.1	Windhinder rapportage
20-07-2023	1.2	Aanpassing opmerkingen
23-10-2023	1.3	Aanpassing opmerkingen 2
12-12-2023	1.4	Aanpassing ontw havenmeester

Inhoudsopgave

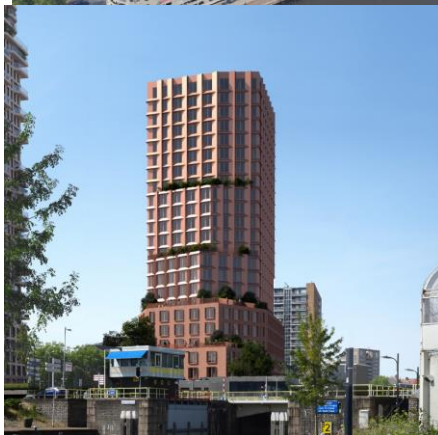
1.	Inleiding	7
2.	Toetsingskader en eisen	9
2.1.	Toetsingskader	9
2.2.	Criterium windhinder	9
2.3.	Criterium windgevaar	10
2.4.	Windstatistiek	11
3.	Rekenmethode en uitgangspunten	12
3.1.	Toegepast rekenraster (meshing)	13
3.2.	Windprofiel	14
3.3.	Betrouwbaarheid van de resultaten	15
4.	Resultaten	16
4.1.	Beoordeling windkwaliteitsklasse: integraal	18
4.2.	Beoordeling windgevaar	21
4.3.	Beoordeling windkwaliteitsklasse inclusief herontw. havenziekenhuis	22
5.	Conclusie	23
Bijlage 1	Technisch inlegvel numerieke simulatie	24
Bijlage 2	Toegepaste windstatistiek	25
Bijlage 3	Beaufort windschaal	26
Bijlage 4	Resulterende windplot per windrichting	27

1.**Inleiding**

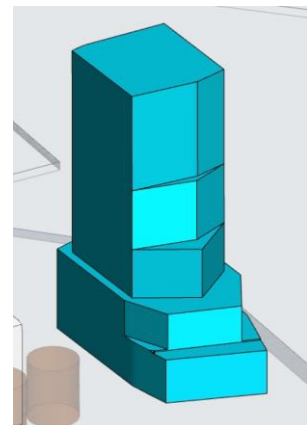
Dit rapport bevat een windhinderonderzoek ter zake van het projectplan de Hoge Wiek te Rotterdam. Een dergelijk windhinderonderzoek wordt uitgevoerd wanneer het gebouw zelf een hoogte van 30 meter of meer bedraagt. In dat geval kan er lokaal windhinder of windgevaar optreden.

Met windhinder wordt volgens de NEN 8100 het lokaal ervaren windklimaat op voetgangersniveau bedoeld waarvan de maximale windsnelheid slechts een maximaal aantal uur per jaar overschreden mag worden.

Dat windhinder soms optreedt is acceptabel, zo stormt het nu eenmaal af en toe. Bij een "goed" windklimaat zal men daarom wel af en toe windhinder ervaren, maar geen overmatige windhinder. In een situatie zonder overmatige windhinder heeft het merendeel van het publiek geen last van windhinder. ,ABT past CFD (Computational Fluid Dynamics) toe als toetsingsmiddel om de windkarakteristiek in en rondom het gebouw in kaart te brengen. Hierin zijn de toetsingseisen en voorschriften van de NEN 8100:2006 (windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving) en bijbehorende NPR 6097 (toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland) toegepast.



Figuur 1.1 gebouwde omgeving



Figuur 1.2 resulterend CFD model (geometrie)

Het CFD-model bevat de omliggende gebouwen binnen een straal van 950 meter. In figuur 1.1 & 1.2 is de omgeving en ruimtelijke weergave van het gebouw weergegeven. Dit onderzoek betreft een CFD onderzoek inclusief het bestaand bomenplan. Op locaties waar water of dichte bebouwing plaats vindt is dit meegenomen in het lokale ruwheidsprofiel. Voor zowel de windhinder als de windgevaar studie zijn twaalf windrichtingen gesimuleerd.

Het gebouw op maaiveldniveau is omringt aan drie zijden met looproutes. Deze zones worden op de hoofdfunctie van voetgangersfunctie "Doorloop kwaliteit" beoordeeld (NEN 8100:2006 kwaliteitsnormering). Bij een dergelijk onderzoek dient voor de **hoofdfunctie** van het gebruik de beoordeling plaats te vinden. Aan de oost kant van het gebouw aangrenzend aan water is het gebied voor slenteren / langdurig zitten bedoeld. Dit deel wordt dan ook op deze hoofdfunctie beoordeeld.

De resultaten van het uitgevoerde CFD onderzoek en de lokaal geldende windstatistiek (NPR 6097) worden gebruikt om een jaarlijkse windhinderoverschrijding te berekenen (lokaal). De NEN 8100 vertaalt deze windhinderoverschrijding naar een vastgestelde kwaliteitsnormering. De verkregen windhinder resultaten rondom het gebouw wordt getoond en toegelicht.

2. Toetsingskader en eisen

2.1. *Toetsingskader*

De beoordeling van het windklimaat vindt plaats op basis van de NEN 8100 geldend voor voetgangers. Deze norm maakt onderscheid tussen hinder en gevaar voor personen als gevolg van wind. Daarnaast wordt onderscheid gemaakt tussen een aantal activiteiten-niveaus. Dit onderzoek vergelijkt het windklimaat met het bestaand bomenplan, echter zonder het geplande bomenplan dichtbij het gebouw. Dit was tijdens het uitvoeren van het onderzoek nog niet bekend.

2.2. *Criterium windhinder*

Het criterium voor de beoordeling van windhinder is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

1. Bij de beoordeling van windhinder wordt er voor de wind een drempelsnelheid gehanteerd van 5 m/s.

Het blijkt dat bij windsnelheden boven de 5 m/s mechanische effecten een rol gaan spelen bij de ervaring van het windklimaat. Voorbeelden hiervan zijn het verwaaien van haar en kleding, het omslaan van paraplu's of het dichtwaaien van ramen en deuren.

2. Een overschrijdingskans van de drempelsnelheid.

Hoe vaker de drempelsnelheid van 5 m/s overschreden wordt, hoe slechter men het windklimaat ervaart. Aan de overschrijdingskans van de drempelsnelheid zijn in de NEN 8100 vijf kwaliteitsklassen gekoppeld, aangeduid met klasse A tot en met klasse E. Klasse A staat voor de hoogste kwaliteitsklasse en klasse E voor het laagste kwaliteitsniveau.

3. De windhindergevoeligheid van de activiteit die men onderneemt.

Bij de beoordeling van het windklimaat ten aanzien van windhinder wordt er rekening mee gehouden dat de gevoeligheid van personen voor windhinder afhankelijk is van de activiteit die men onderneemt. Bij een laag activiteitsniveau, zoals stilstaan of zitten, wordt wind bij een lagere snelheid als hinderlijker ervaren dan bij een hoog activiteitsniveau. De nog als acceptabel geachte overschrijdingskans van de drempelsnelheid is daarom afhankelijk van de activiteit die men onderneemt. Bij de beoordeling van windhinder worden er drie 'activiteiten' onderscheiden:

1. Doorlopen: Deze activiteit is het minst gevoelig voor windhinder, zoals lopen over een parkeerterrein of trottoir.
2. Slenteren: Deze activiteit kan in sommige situaties wel gevoelig zijn voor windhinder, bijvoorbeeld in een winkelstraat.
3. Langdurig zitten: Dit is de meest gevoelige activiteit voor windhinder, zoals het zitten op een bankje.

Afhankelijk van de soort activiteit kan het lokale windklimaat op loop- of verblijfsniveau, bij de gegeven kwaliteitsklasse, worden beoordeeld als goed, matig of slecht. De criteria voor windhinder zijn samengevat in tabel 2.1.

Tabel 2.1 Criteria voor windhinder.

Overschrijdingskans drempelsnelheid (5 m/s) als percentage van aantal uren per jaar	Kwaliteitsklasse	Activiteit en beoordeling van het windklimaat		
		1. Doorlopen	2. Slenteren	3. 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

Het functiegebied van de gebouwen worden hoofdzakelijk als doorvoer paden gebruikt. Activiteiten als 'langdurig zitten' en 'slenteren' is in dit onderzoek niet primair van toepassing. Volgens de NEN 8100 moet het windklimaat op de hoofdfunctie van de paden worden beoordeeld. Het windklimaat voor het gebouw wordt daarom hoofdzakelijk beoordeeld op basis van de activiteit "doorlopen". Het gebied aan de oostkant wordt op "slenteren" en "langdurig zitten" beoordeeld. Dit gebied ligt aan het water en heeft een recreatieve functie.

2.3.

Criterium windgevaar

Het criterium uit de NEN 8100 voor de beoordeling van windgevaar is op een vergelijkbare wijze opgebouwd als het criterium voor windhinder. Voor windgevaar wordt als drempelsnelheid een uurgemiddelde windsnelheid van 15 m/s aangehouden.

Bij windgevaar is de windsnelheid zodanig hoog dat ernstige problemen worden ervaren tijdens het lopen, vooral op het moment dat er een windvlaag optreedt. Tijdens een windvlaag neemt de windsnelheid in korte tijd toe tot ruim 1,5 maal de uurgemiddelde windsnelheid. Voor het beoordelen van windgevaar wordt de in tabel 2.2 weergegeven indeling aangehouden.

Tabel 2.2 Criteria voor windgevaar.

Overschrijdingskans drempelsnelheid (15 m/s) als percentage van aantal uren per jaar	Beoordeling
< 0,05%	Geen gevaar
0,05 – 0,3%	Beperkt risico
> 0,3%	Gevaarlijk

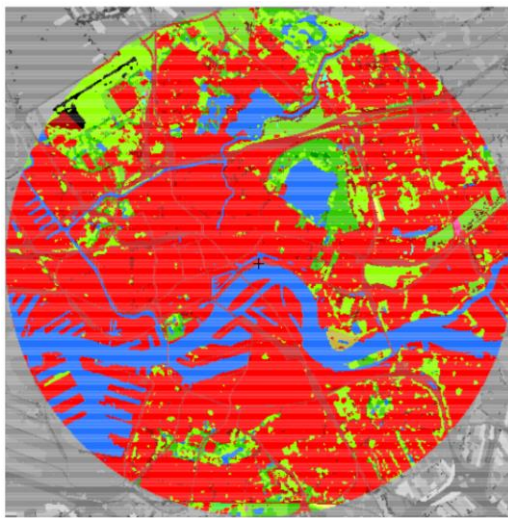
Een beperkt risico is slechts acceptabel bij niet-windhindergevoelig gebruik, dat wil zeggen alleen activiteiten die vallen binnen de klasse 'doorlopen'. Voor activiteiten buiten deze klasse is een beperkt risico op gevaar niet acceptabel.

De NEN 8100 stelt "Situaties met een overschrijdingskans van groter dan 0,30 % van de tijd zijn evident gevaarlijk en behoren te allen tijde te worden vermeden; het publiek mag hier niet aan worden blootgesteld."

2.4.

Windstatistiek

Voor het bepalen van de lokale windstatistiek is er gebruik gemaakt van NPR 6097. Figuur 2.1a geeft een overzicht van de terreinruwheid in de omgeving van de projectlocatie volgens de NPR 6097. Deze ruwheid bepaalt het te gebruiken windprofiel voor de CFD simulatie. Het gebouw ligt in het gebied te Rotterdam en heeft de volgende coördinaten (deze zijn gelijk aan de zogenaamde Amersfoortse coördinaten): $x = 093895$ $y = 437208$. De terreinruwheid is hoofdzakelijk geclassificeerd als "stedelijk bebouwd gebied" (een ruwheidslengte van $z_0 = 1,6$ meter) met een duidelijk water gebied ($z_0 = 0,001$). Per windrichting wordt hier in het windprofiel rekening mee gehouden en is fysiek gemodelleerd (zie figuur 2.1b).

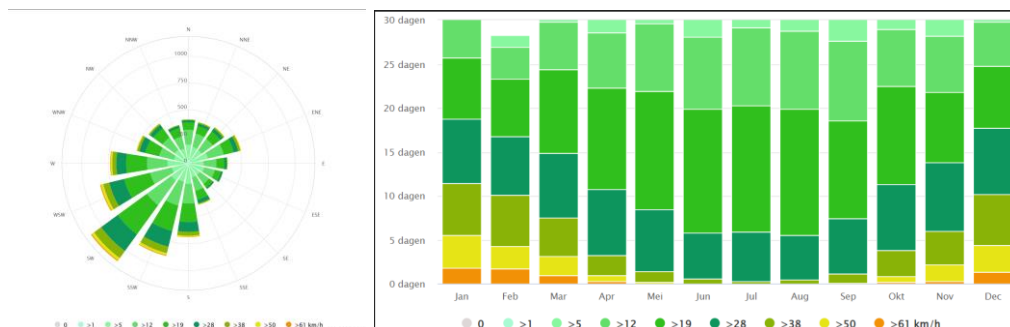


Figuur 2.1a: terreinruwheid in de omgeving.



Figuur 2.1b: terreinruwheid water, stad en locatie bestaand bomenplan.

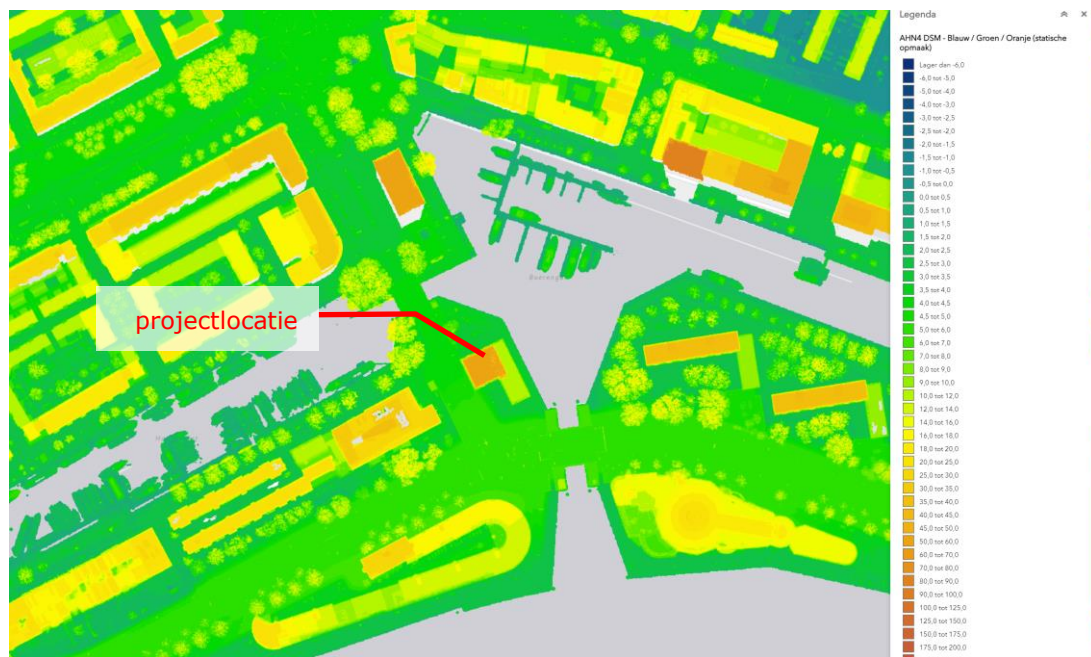
Figuur 2.2 toont in grafiekvorm de lokale windstatistiek per windrichting. Bijlage 2 toont de verkregen windstatistiek en de vertaling naar de twaalf windrichtingen.



Figuur 2.2: windstatistiek te Rotterdam

3. Rekenmethode en uitgangspunten

Het windstromingsveld voor het te realiseren gebouw is bepaald middels toepassing van Computational Fluid Design (CFD). De toegepaste software is STAR CCM+ 2023.2. De belangrijkste aspecten van het rekenmodel en de opgelegde randvoorwaarden worden in dit hoofdstuk per deelaspect toegelicht. Verder wordt aangegeven hoe de verschillende modelaspecten effect kunnen hebben op de betrouwbaarheid van de resultaten. In bijlage 1 is een technisch rekenvel bijgevoegd als vereist volgens NEN8100 waarin de uitgangspunten, gebruikte modellen en resultaten is samengebracht.

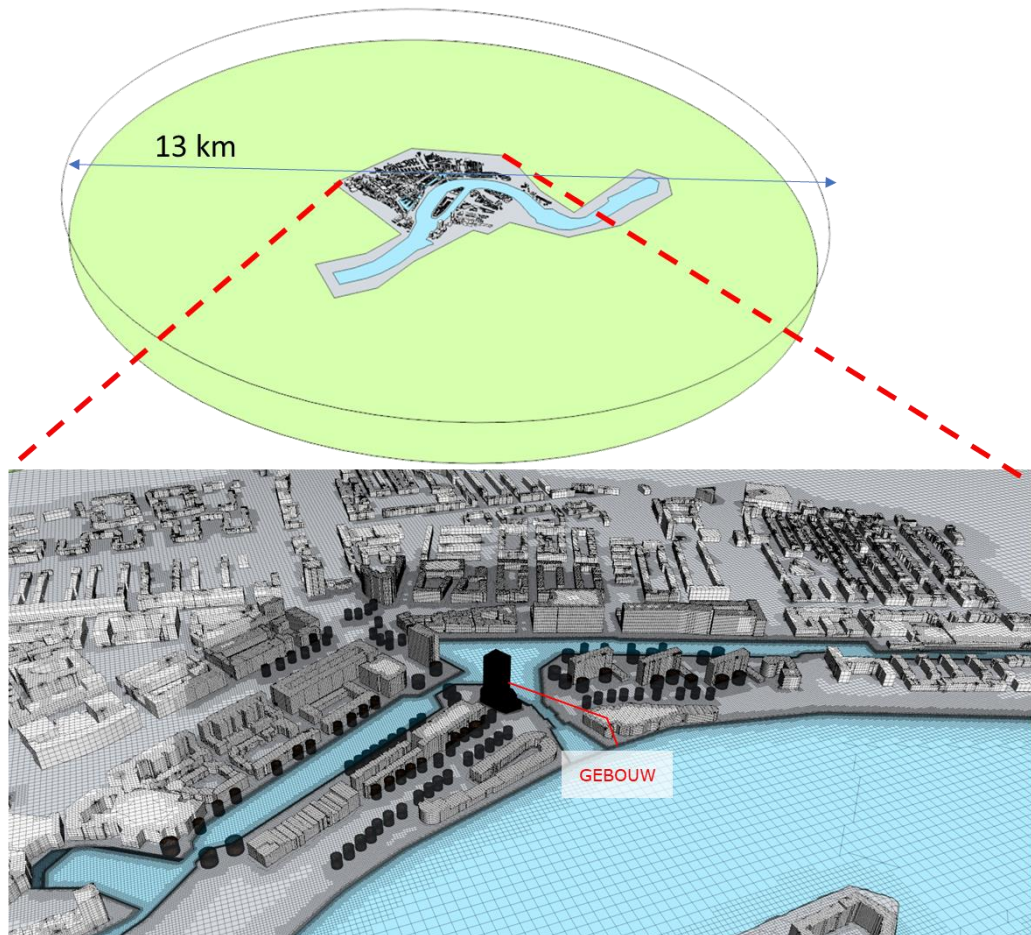


Figuur 3.1: actuele hoogtebestand ter inspectie bebouwing

3.1.

Toegepast rekenraster (meshing)

Het rekenraster is opgebouwd volgens COST Action 732 guidelines (Best practice Guideline For The CFD Simulation of Flow In The Urban Environment) waarin de aanstromende (upwind) en afstromende (wake) wind zich volledig kan ontwikkelen. Ter plaatse van het gebouw en na bijliggende gebouwen (binnen straal van 950 meter) ondergaat het rekenraster een verfijning (celgrootte = 0,5 meter, curve control 0,25 meter) en prism layer met 6 lagen onder de 1,75 meter vanaf maaiveld. Tevens is de meshing in de z-as anisotroop met hoge dichtheid rekencellen geplaatst op maaiveld niveau. Tevens zijn er prism-layers toegepast op de grond. In totaal bevat het model 21,3 miljoen rekencellen. In figuur 3.2 is de opbouw van het rekenraster weergegeven. Per windoriëntatie wordt het rekenraster gedraaid. Er is een aanzienlijk domein (radius 6.5 km) gemodelleerd zodat de wind zich goed kan ontwikkelen voordat het de locatie van interesse beïnvloedt.



Figuur 3.2 Rekenraster met de toegepaste mesh. BOVEN: volledig domein ONDER: ingezoomd op gebied

3.3.

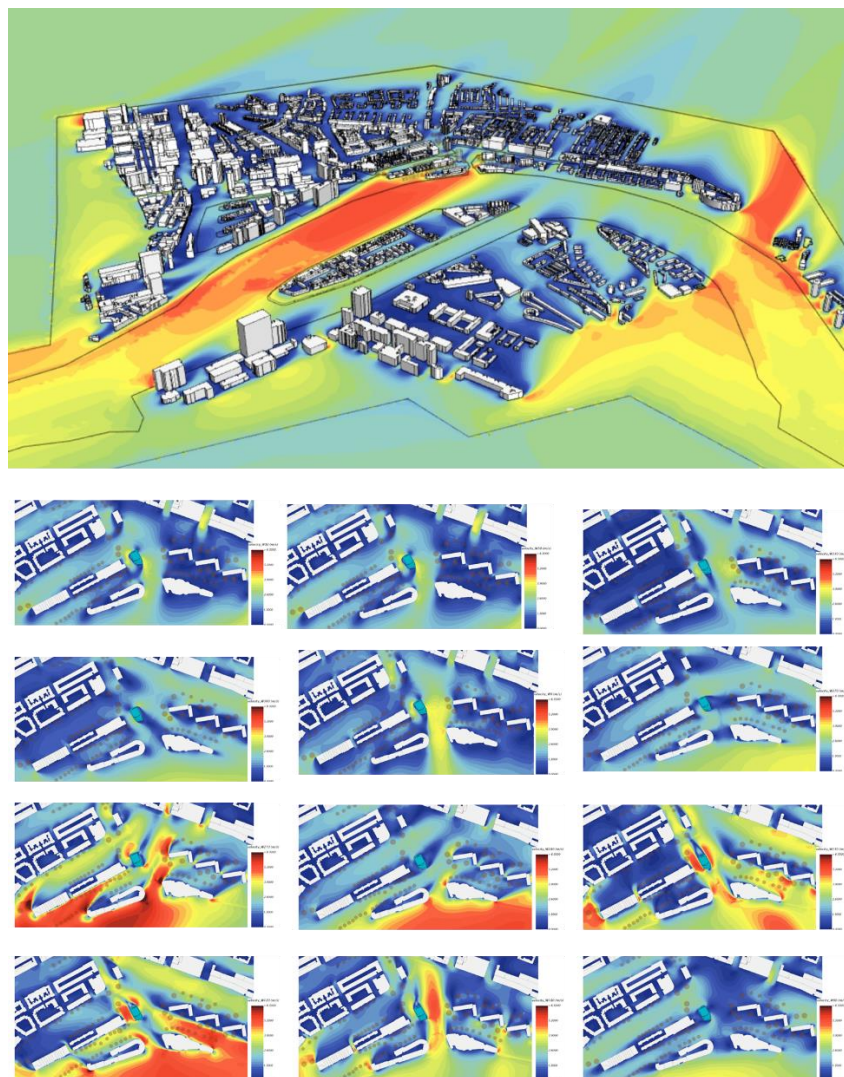
Betrouwbaarheid van de resultaten

Alle voorgaande beschreven aspecten hebben invloed op de betrouwbaarheid van de rekenresultaten. Door het invoeren van vereenvoudigingen van de omgeving en de gebouwen kan het berekende windstromingspatroon verschillen van de werkelijkheid. Verder zal de werkelijk optredende windstroming verschillen van de beschrijving door relatief eenvoudige wetmatigheden gebaseerd op windhinderstatistieken. Dit kan lokaal leiden tot een onder- of overschatting van de windsnelheid op loophoogte (1,75 meter boven maaiveld). Dit geldt voor zowel CFD-onderzoeken als voor wind-tunnelonderzoeken.

4.

Resultaten

Het te verwachten windklimaat is bepaald door twaalf windrichtingen te simuleren. Voor elke windrichting wordt de lokale statistiek (te verwachten windoverschrijding) toegepast en vergeleken. Vervolgens worden de resultaten opgeteld waarin per positie op maaiveldniveau de overschrijdingen van alle windrichtingen opgeteld worden. Zo wordt per locatie het te verwachten percentage overschrijding jaarlijks vastgesteld. Bij een overschrijding van de maximaal toelaatbare jaarlijkse overschrijding wordt de locatie als "matig" tot "slecht" beoordeeld. De toelaatbare overschrijding hangt af van de hoofdfunctie van het gebied (zitten, doorlopen, slenteren) en het gewenste comfortniveau. In dit onderzoek betreft het de voetgangersgebieden met de activiteit "DOOLOPEN" met kwaliteitsniveau van ten minste "MATIG".

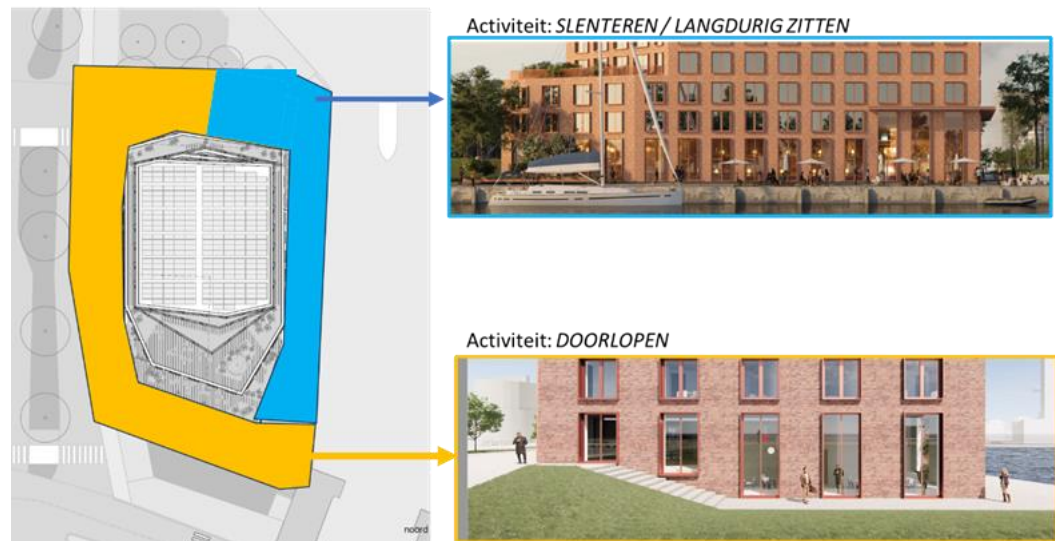


Figuur 4.1: optredende lokale uurgemiddelde windsnelheden voor alle twaalf windrichtingen.

Figuur 4.1 toont het resulterende windprofiel per windrichting op maaiveldniveau waarin de kleurmarkeringen de lokaal optredende windsnelheden weergeeft voor elk van de twaalf windrichtingen (zie bijlage 4 voor alle windrichtingen). Vervolgens wordt de gegevensverwerking uitgevoerd om het jaarlijks te verwachten windklimaat vast te stellen.

Beoordeling

Een gebied moet op één hoofdfunctie beoordeeld worden (hoofdbestemming gedurende het gehele jaar). Een voetgangersgebied bestemd voor wandelen is bestemd voor "Doorlopen" en dient als zodanig getoetst te worden daar dit gedurende het jaar de toepassing is (primaire toepassing). Dit betekent **niet** dat de functie niet geschikt zou zijn voor andere functies. De Hoge Wiek onderscheidt zich in twee hoofdfuncties (zie onderstaand figuur). Het gele gebied wordt op "DOORLOPEN" beoordeeld met ten minste windkwaliteitsklasse D. Het blauwe gebied wordt op "SLENTEREN" en "LANGDURIG ZITTEN" beoordeeld met tenminste windkwaliteitsklasse B.



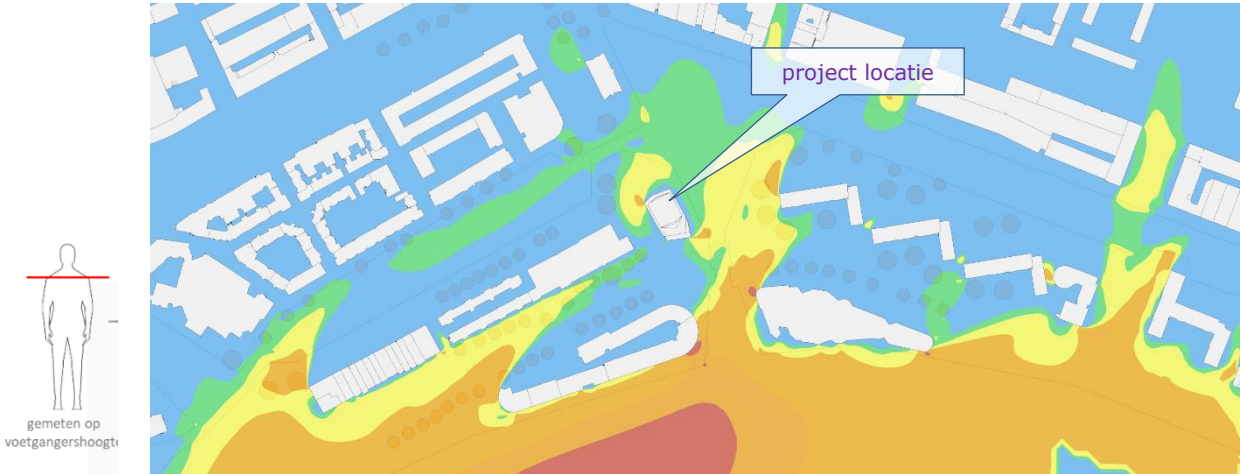
Figuur 4.2: kleurmarkering voor hoofdfuncties

Een goed windklimaat op een terras zonder lokale afscherming is niet mogelijk. Dit staat dan ook expliciet in de NEN 8100 omschreven. Indien een goed windklimaat dient te worden gerealiseerd zal altijd lokale oplossingen voorzien moeten te worden (activiteit: verblijven met windklasse A). Dit is projectonafhankelijk en ongeacht welke gebouwsituatie dan ook.

- 4.1.
- Beoordeling windkwaliteitsklasse: integraal
- Voor het gebied aan de waterkant wordt er getoetst op de meest gevoelige beoordeling "kwaliteitsklasse A". Tabel 4.2 en figuur 4.4a tonen de beoordelingscriteria voor deze activiteit. De groene en blauwe gebieden zijn geschikt voor "VERBLIJVEN". Figuur 4.4b & 4.4c zijn ingezoomd op gebouwniveau zelf om de resulterende windklimaatklasse direct om het gebouw te duiden. Voor de volledigheid toont 4.4d het vergelijk tussen de bestaande en de nieuwe situatie.

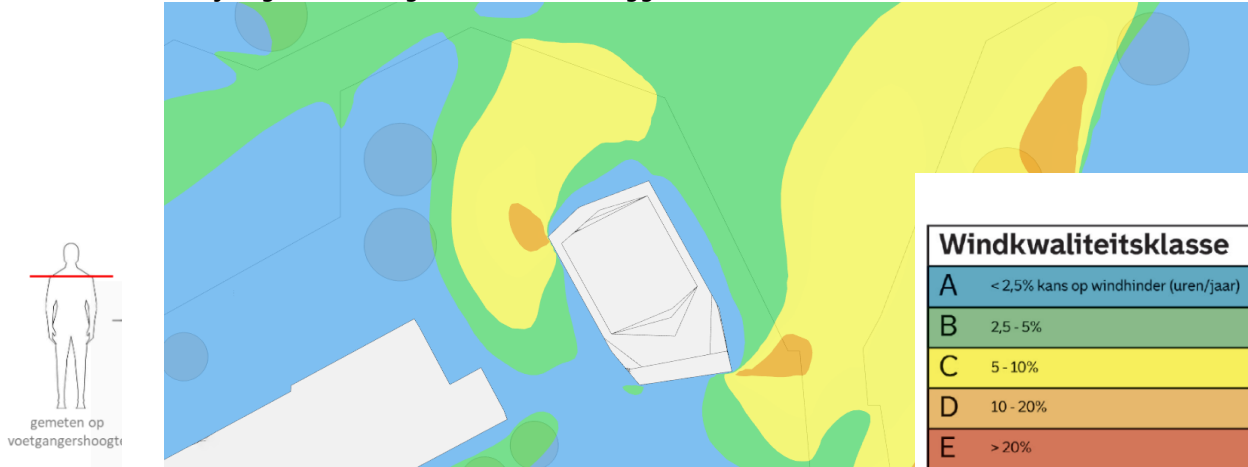
Windkwaliteitsklasse	Activiteit		
	Doorlopen	Slenteren	Verblijven
A < 2,5% kans op windhinder (uren/jaar)	Goed	Goed	Goed
B 2,5 - 5%	Goed	Goed	Matig
C 5 - 10%	Goed	Matig	Slecht
D 10 - 20%	Matig	Slecht	Slecht
E > 20%	Slecht	Slecht	Slecht

Tabel 4.2 Criteria voor windhinder te hanteren bij figuur 4.4a t/m 4.4d.



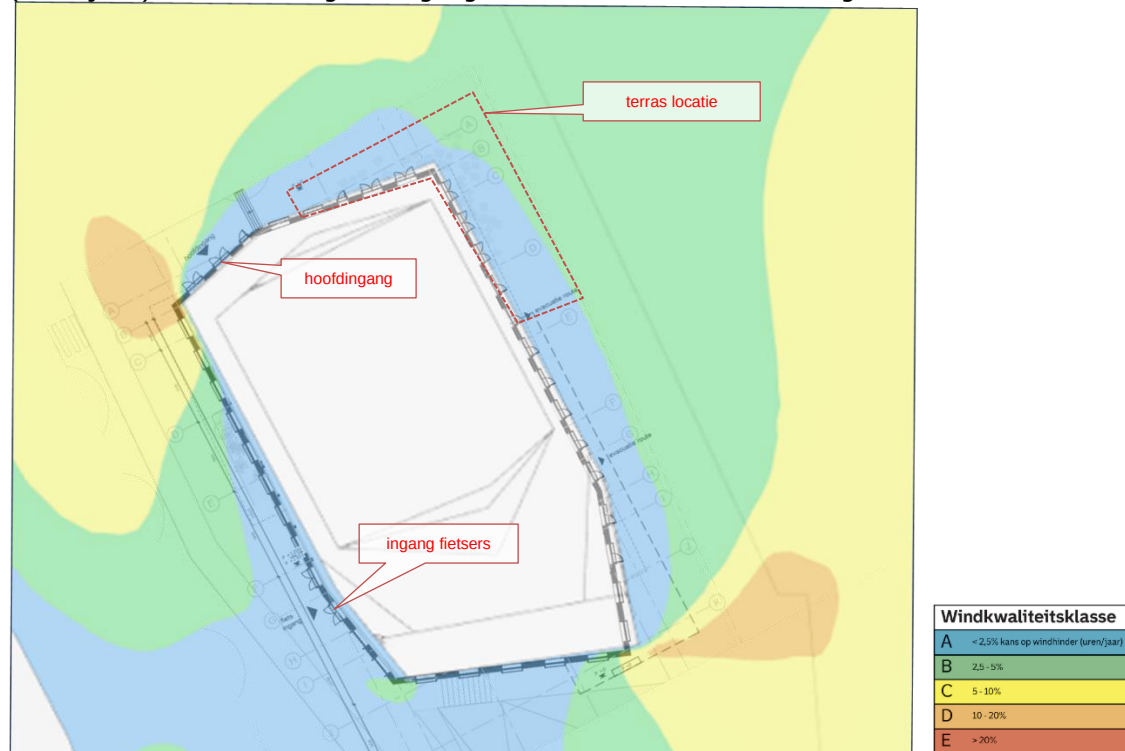
Figuur 4.4a: integrale kleurmarkering ten behoeve van beoordelingscriteria windklimaatklassen

Figuur 4.4b tonen de integrale beoordelingscriteria voor direct nabij het gebouw inclusief omlijning van watergebied als onderlegger.



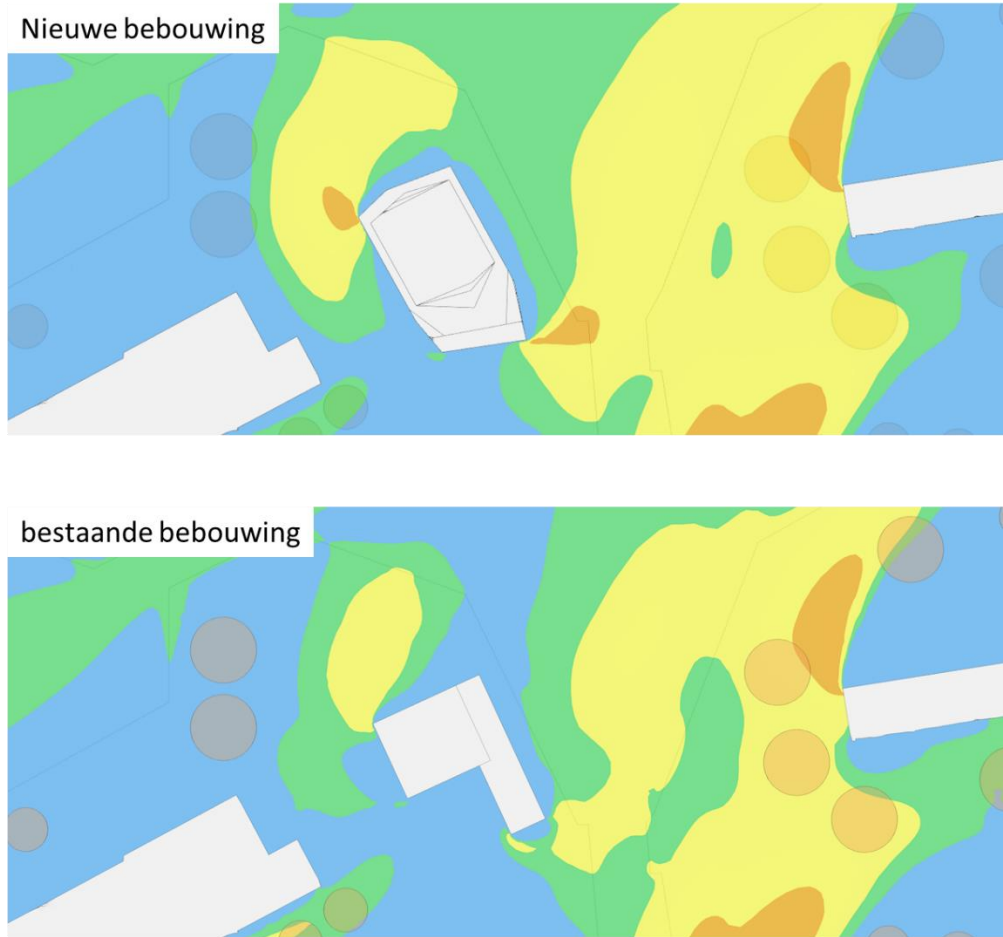
Figuur 4.4b: kleurmarkering beoordelingscriteria windklimaatklasse

Figuur 4.4c toont de onderlegger waarbij de ingangen en het gebied van de terras locatie is af te lezen. De terras locatie heeft klasse "A" & "B", dit is voor de gewenste activiteit (Verblijven) Goed tot Matig. De ingangen bevinden zich in windluwe gebiedslocaties



Figuur 4.4c: kleurmarkering beoordelingscriteria windklimaatklasse

Figuur 4.4d toont een vergelijk van de oude en nieuwe situatie. Er is een kleine klasse verandering op de hoeken (noordwest en zuidoost) op te merken van "C" naar "D". Deze gebieden zijn op hoofdfunctie "Doorlopen" beoordeeld . Waarbij op deze delen de Activiteit van "Goed" naar "Matig" presteert. Op geen enkele locatie is er kwaliteitsklasse "E"



Windkwaliteitsklasse	Activiteit		
	Doorlopen	Slenteren	Verblijven
A < 2.5% kans op windhinder (uren/jaar)	Goed	Goed	Goed
B 2,5 - 5%	Goed	Goed	Matig
C 5 - 10%	Goed	Matig	Slecht
D 10 - 20%	Matig	Slecht	Slecht
E > 20%	Slecht	Slecht	Slecht

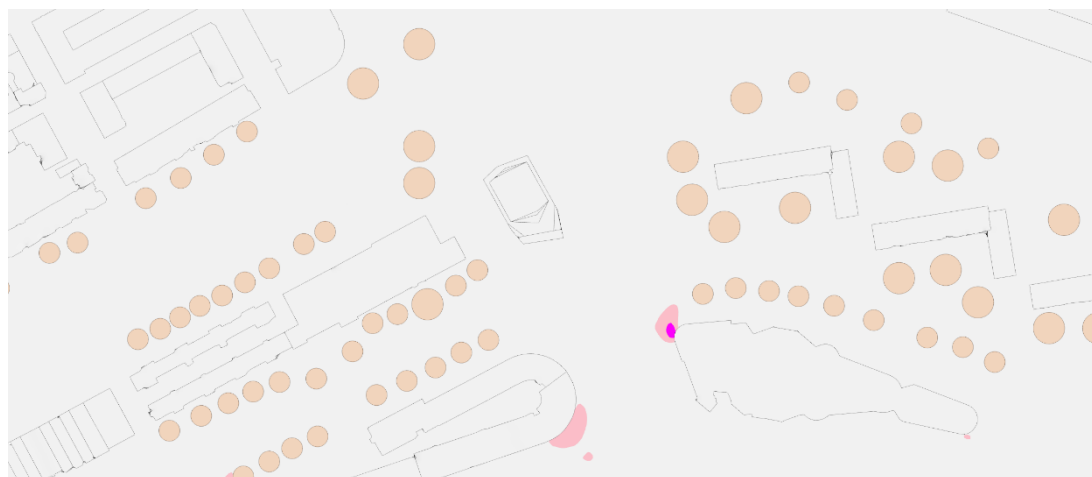
Figuur 4.4d: kleurmarkering beoordelingscriteria windklimaatklasse

4.2.

Beoordeling windgevaar

De gevolgde methodologie voor windgevaar is hetzelfde als voor windhinder met als aanpassing de te hanteren drempelsnelheid van 15 m/s op 60 meter hoogte. Tevens zijn de beoordelingscriteria als gemeld in paragraaf 2.3 anders. Bij een overschrijding van de drempelsnelheid van meer dan 0,05% is er een beperkt risico en bij 0,3% overschrijding is er sprake van windgevaar.

Rondom en nabij het gebouw is er géén sprake van een gevaarlijk windklimaat. Figuur 4.5 toont de plot waarin het resultaat voor windgevaar is geplot (wit= geen windgevaar). Er zijn enkele paarse markaties op te merken ver van de projectlocatie zelf. Dit is echter ook in de bestaande situatie het geval en niet veroorzaakt door de Hoge Wiek zelf.

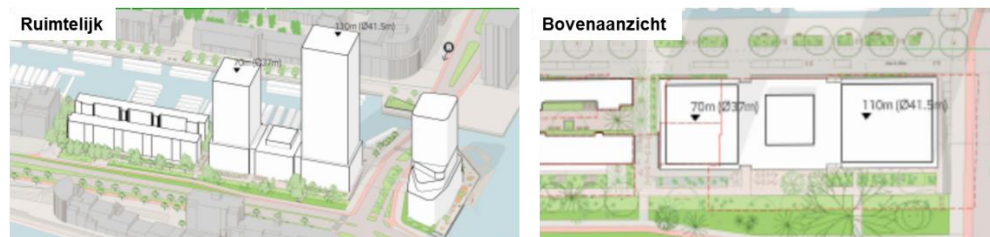


	Beoordeling
< 0,05% kans op windgevaar (uren/jaar)	Goed
0,05 - 0,3%	Beperkt risico
> 0,3%	Gevaarlijk

Figuur 4.5: kleurcontour markatie ter duiding van potentieel windgevaar

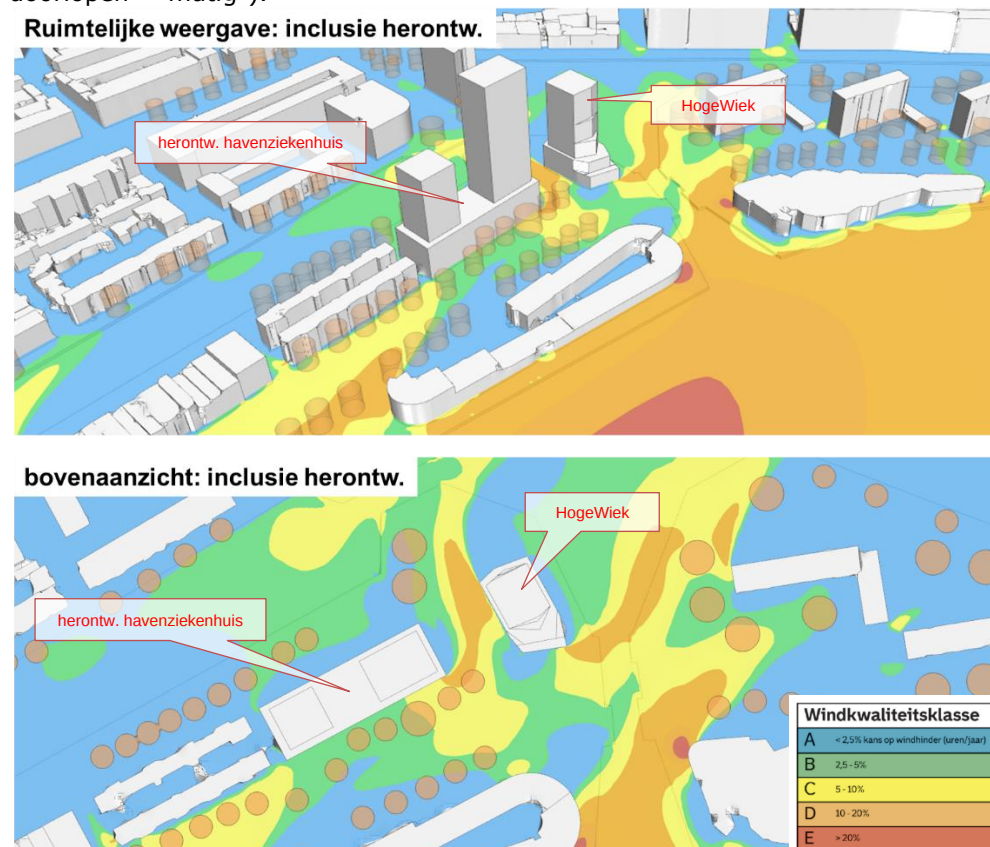
4.3.

Beoordeling windkwaliteitsklasse inclusief herontw. havenziekenhuis
Naast de Hoge Wiek is er een herontwikkeling gaande van het naastliggende Havenziekenhuis (figuur 4.6). Om de significantie op het verwachte windklimaat van deze herontwikkeling te duiden ten opzichte van de Hoge Wiek is deze situatie tevens gesimuleerd voor alle windrichtingen conform NEN8100 methodiek.



Figuur 4.6: maatvoering herontwikkeling havenziekenhuis

Het resulterende windklimaat (figuur 4.7) heeft een significant effect op het windklimaat in het gebied tussen de Hoge Wiek en het voormalig havenziekenhuis in. Er treedt op sommige plekken een klasseverslechtering op echter maximaal naar Klasse D (doorlopen = "matig").



Figuur 4.7: windklimaatklasse bij beschouwing toekomstige herontwikkeling havenziekenhuis.

5. Conclusie

Dit windhinderonderzoek omtrent het projectplan de Hoge Wiek te Rotterdam is uitgevoerd om potentiële windhinder en windgevaar condities te duiden. Met behulp van Computational Fluid Dynamics is dit windklimaat-onderzoek uitgevoerd volgens de bepalingsmethoden en beoordeling beschreven in de NEN 8100 normering en methodiek.

Het windklimaat rond het gebouw op maaiveldniveau is beoordeeld op basis van het hoofdgebruik activiteitsniveau 'DOORLOPEN'. Het gemeentelijk beleid schrijft een kwaliteitsniveau van ten minste "MATIG" te behalen (klasse D). Er is een beschouwing met bestaand bomenplan uitgevoerd. De implementatie van het bomenplan dichtbij het gebouw is niet mee genomen, aangezien dit niet bekend was ten tijde van het onderzoek. Hierbij is een conservatieve benadering gekozen daar er wel een lokaal bomenplan in de toekomst voorzien wordt. Aan de oostkant (waterkant) is het gebied beoordeeld op "VERBLIJVEN" (zie figuur 4.2, markering hoofdfuncties) met kwaliteitsklasse B. Dit is de meest gevoelige beoordelingscriteria daar deze locatie voor recreatieve doeleinden bestemd is.

Het gebied kenmerkt zich aan waterpartijen rondom, echter ook beschutting door bebouwing aan de meest kritische windrichtingen (Zuid en Zuidwest).

Uit het onderzoek naar het te verwachten windklimaat op maaiveld rondom het gebouw is te concluderen dat:

- Rond het gebouw op de beoordelingsactiviteit "DOORLOPEN" een "GOED" tot "MATIG" windklimaat vastgesteld is (windklasse "A" t/m "D") welke dan ook voldoet aan het gemeentelijk beleid welke een kwaliteitsklasse voorschrijft van ten minste "MATIG" aan de hoofdfunctie.
- De noordoostkant heeft een recreatieve functie en is op beoordelingsactiviteit "VERBLIJVEN" beoordeeld, welke als "GOED" tot "MATIG" is beoordeeld (windklasse "A" & "B").
Een goed windklimaat op een terras zonder lokale afscherming is niet mogelijk. Dit staat dan ook expliciet in de NEN 8100 omschreven. Indien een goed windklimaat dient te worden gerealiseerd zal altijd lokale oplossingen voorzien moeten te worden (activiteit: verblijven met windklasse A). Dit is projectonafhankelijk en ongeacht welke gebouwsituatie dan ook.
- Op géén enkele locatie vindt een overschrijding met kwaliteitsklasse "SLECHT" plaats. Aan de voor het gemeentelijk beleid te realiseren minimale comfortklasse "MATIG" wordt dan ook voldaan.
- Er treedt "geen" windgevaar bij en nabij het gebouw of de omliggende omgeving op.
- In de situatie waar tevens de toekomstige herontwikkeling van het voormalig havenziekenhuis is meegenomen is het resulterende effect dat tussen de beide gebouwen er een significante verslechtering optreedt. De verslechtering overschrijdt niet de maximaal toelaatbare klasse D (doorlopen "matig") gehanteerd door het gemeentelijk beleid.

Bijlage 1 Technisch inlegvel numerieke simulatie

Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gebied	Gebouwen binnen een gebied van radius = 950 m
Kerngebied	Rotterdam centrum aan de Maas
Omgeving	Stedelijk bebouwd in alle richtingen, omringend water gebied meegenomen
Afmetingen model	Radius van 6.5km x hoogte van 950 meter
Gemodelleerd groen, bruggen, wegen	Lokale bomen of kleine objecten zijn mee genomen, aanzienlijke waterpartijen en-of bebouwing is mee genomen in model.
Onderzochte windrichtingen	12 windrichtingen in stappen van 30 booggraden rondom de windroos
Onderzochte configuraties	geplande situatie en huidige situatie
Computerinstelling	Specifieke gegevens gebruikte programmatuur
Programmatuur	Star CCM+ versie 2023.1
Algemeen	Driedimensionaal, tijdonafhankelijk, isothermisch
Rekenrooster	mesh dicht bij gebouw 0.5meter (in X & Y richting) mesh semi-dichtbij 1-2 meter (in X & Y richting) mesh ver weg 10-20 meter (in X & Y richting) mesh z- as eerste 5 meter 0.2 tot 0.5 meter (groeierende prism layers) mesh z-as 5- 30 meter 1 tot 5 meter mesh z-as 30- 550 5 tot 10 meter Totaal aantal rekencellen: 21.3 miljoen
Turbulentiemodellering	k-epsilon turbulentiemodel
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: MINMOD, turbulente grootheden: UPWIND, scalaire grootheden: UPWIND
Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden
Instroomprofiel	Logaritmisch snelheidsprofiel, windprofiel voor stedelijke bebouwing ($z_0 = 1,6$ m) en omringende waterpartij (0.001) ruwheidsprofiel volgens Richards and Hoxey
Uitlaat	Constance druk
Boven- en zijwanden	Gesloten en wrijvingsloos
Gegevensverwerking en -beoordeling	Informatie voor locatie en beoordeling windklimaat
coördinaten	x= 93895 y= 437208
Drempelsnelheid windhinder	Het lokaal ervaren windklimaat op maaiveld niveau is beoordeeld op "Doorlopen" & oostdeel op "Langdurig zitten"
Drempelsnelheid windgevaar	Het Windgevaar is beoordeeld als "Geen gevaar" voor alle betrokken locaties
Beoordeling	Het windklimaat is beoordeeld als "goed" tot "matig" rondom het gebouw voor alle geldende hoofdfuncties Er treedt geen windgevaar op in de naburigheid van het gebouw.
Gepresenteerde resultaten	Hinder: tekstueel + grafische weergave van behaalde kwaliteitsbeoordeling Gevaar: tekstueel + grafische weergave van behaalde kwaliteitsbeoordeling

Bijlage 2 Toegepaste windstatistiek

FREQUENTIETABEL VAN DE 60 METER WINDSNELHEID DISTRIBUTIEF RELATIEF													
X093895 Y437208							Jaar 1963-2002						
Windsnelheid (m/s)	Windrichting (*10 graden)												Cum.
	35-01	02-04	05-07	08-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-25	26-28	29-31	32-34	
	Distributief in percentages												
0,0 - 0,9	0.17	0.18	0.23	0.19	0.15	0.22	0.19	0.15	0.24	0.24	0.21	0.19	2.33
1,0 - 1,9	0.57	0.66	0.70	0.53	0.43	0.67	0.68	0.55	0.75	0.74	0.71	0.58	7.56
2,0 - 2,9	0.83	0.95	1.07	0.77	0.68	1.01	1.13	0.90	1.22	1.04	0.89	0.81	11.31
3,0 - 3,9	0.89	1.18	1.20	0.95	0.78	1.18	1.35	1.20	1.53	1.26	1.05	0.90	13.48
4,0 - 4,9	0.85	1.15	1.36	1.03	0.73	1.11	1.41	1.48	1.75	1.35	0.98	0.91	14.10
5,0 - 5,9	0.76	1.01	1.16	0.85	0.66	0.95	1.34	1.60	2.05	1.15	0.79	0.72	13.04
6,0 - 6,9	0.55	0.79	0.87	0.58	0.46	0.58	1.14	1.49	1.83	1.02	0.68	0.55	10.54
7,0 - 7,9	0.34	0.59	0.62	0.42	0.35	0.42	0.93	1.41	1.82	0.76	0.49	0.38	8.51
8,0 - 8,9	0.17	0.36	0.43	0.26	0.22	0.27	0.70	1.27	1.48	0.57	0.31	0.23	6.24
9,0 - 9,9	0.09	0.23	0.25	0.14	0.09	0.16	0.49	1.04	1.17	0.39	0.21	0.13	4.39
10,0 - 10,9	0.05	0.13	0.16	0.07	0.04	0.08	0.33	0.90	1.00	0.27	0.12	0.07	3.21
11,0 - 11,9	0.02	0.06	0.08	0.03	0.02	0.04	0.20	0.57	0.73	0.19	0.06	0.04	2.03
12,0 - 12,9	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.12	0.44	0.51	0.12	0.02	0.02	1.33
13,0 - 13,9	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.06	0.32	0.32	0.06	0.01	0.01	0.83
14,0 - 14,9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.18	0.22	0.04	0.01	0.01	0.49
15,0 - 15,9	-	0.00	0.00	-	-	-	0.01	0.11	0.14	0.02	0.00	0.00	0.29
16,0 - 16,9	-	-	-	-	-	-	0.01	0.06	0.08	0.01	0.00	-	0.15
17,0 - 17,9	-	-	-	-	-	-	0.01	0.03	0.04	0.00	0.00	-	0.08
18,0 - 18,9	-	-	-	-	-	-	0.00	0.02	0.02	0.00	-	-	0.04
19,0 - 19,9	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.01	0.00	0.00	-	0.03
20,0 - 20,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.01	0.00	0.00	-	0.01
21,0 - 21,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.01
22,0 - 22,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-	-	0.00
23,0 - 23,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-	-	0.00
24,0 - 24,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	-	0.00
25,0 - 25,9	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	-	-	0.00
26,0 - 26,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-	-	0.00
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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40,0 en hoger	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bijlage 3 **Beaufort windschaal**
Beaufort windschaal relateert empirisch bepaalde wind snelheden aan door de mens fysisch waarneembare aspecten. Er is een kolom bijgevoegd waarin indicatief de kwaliteitservaring is toegevoegd volgens de NEN8100:2006.

Beaufort schaal	wind snelheid [op 1.75 m hoogte]	beschrijving	effect	ervaren kwaliteit gerelateerd aan NEN8100 [indicatief]
0	0-0.1 m/s	kalm	geen wind	als niet storend ervaren
1	0.2-1.0 m/s	zwake wind	geen waarneembare wind	
2	1.1-2.3 m/s	matige wind	wind merkbaar op gezicht	
3	2.4-3.8 m/s	lichte bries	haar wapperd, kledde wapperd, lastig een krant te lezen	
4	3.9-5.5 m/s	bries	los papier verwaaid en stof, haar verwaaid een beetje	potentie tot windhinder
5	5.6-7.5 m/s	frisse bries	wind is merkbaar op lichaam, kan uit balans raken wanneer in een windrijke zone	windhinder wordt ervaren
6	7.6-9.7 m/s	sterke bries	lastig een paraplu te bedienen, lastig rechtlijnig te lopen, oren hoort onprettig	
7	9.8-12 m/s	harde wind	lopen voelt onprettig	
8	12.1-14.5 m/s	stormachtige wind	lastig voorruit te komen, bij vlagen moeilijk balans te houden	
9	14.6 - 17.1 m/s	storm	mensen worden omver gewaaid	

Bijlage 4 **Resulterende windplot per windrichting**
 Voor de twaalf windrichtingen zijn de windplots op 1,75 meter hoogte boven maaiveld
 Voor de volledigheid hier bijgevoegd.

