



CFD Windklimaat onderzoek

Ontwikkeling Croy

Eindhoven

P36423671e102

23 november 2023

Revisie 2

Project Locatie	Ontwikkeling Croy Eindhoven
Onderwerp Document Revisie Datum Status	CFD Windklimaat onderzoek P36423671e102 2 23 november 2023 Definitief
Opdrachtgever	VDG Property Development bv T.a.v. [REDACTED] Industrieweg 46 5422 VK Gemert
Stromingsleer expert	Windsafe Projects Poeldonkweg 5 5216 JX 's-Hertogenbosch sales@windsafe.nl www.windsafe.nl
CFD expert	SIMSTUDIO International Consultants Baron de Coubertinlaan 6 2719 EL Zoetermeer info@simstudio-ic.com www.simstudio-ic.com

Huidige versie			
Uitgifte nummer:	102	Uitgifte datum:	23/11/2023
	Auteur:	Gecontroleerd door:	Reden voor uitgave:
Naam:			Het toevoegen van de lokaal gestelde eisen van de Gemeente Eindhoven, voor de beoordeling van de openbare ruimte.

Vorige versies				
Uitgifte nr.:	Datum:	Auteur:	Controle:	Reden voor uitgave:
101	20/06/2023			Twee balustrades aan de westzijde van het daklandschap toegevoegd aan het windklimaat onderzoek
100	19/06/2023			Eerste uitgave

1	INLEIDING	5
1.1	Beoordelingsmethodiek	6
2	UITGANGSPUNTEN EN AANNAMEN	7
2.1	Geometrie	7
2.2	Bomen	9
2.3	Omgeving	9
2.4	Weerdata	10
2.5	Windprofiel	11
2.6	CFD-modellering	12
3	RESULTATEN VAN DE SIMULATIES	13
3.1	Windhinder straatniveau	13
3.2	Windgevaar straatniveau	15
3.3	Windklimaat daklandschap	16
4	CONCLUSIE	19
4.1	Windhinder op straatniveau	19
4.2	Windgevaar op straatniveau	19
4.3	Windklimaat daklandschap	19
5	VERWIJZINGEN	20
A.	TECHNISCH INLEGVEL NUMERIEKE SIMULATIE	21

1 Inleiding

Op verzoek van VDG Property Development bv is een windklimaatonderzoek uitgevoerd voor de ontwikkeling aan Croy 19-25 in Eindhoven. Het ontwerp van het gebouw bestaat uit vier torens van maximaal 43m hoog. De ontwikkeling heeft op 12m hoogte een daklandschap waar verschillende verblijfslocaties gesitueerd moeten worden.

In het kader van een goede ruimtelijke ordening is het windklimaat op straatniveau voor de beoogde ontwikkeling inzichtelijk gemaakt aan de hand van de NEN8100.

Een goed windklimaat wordt door verschillende gemeenten in Nederland gezien indien tenminste wordt voldaan aan de NEN8100 classificatie 'matig' voor de betreffende activiteit. Voor doorgaande wegen, wandelpaden en fietspaden betreft dit de classificatie 'doorlopen'. Voor onder andere winkelgebieden, horeca en bezienswaardigheden de classificatie 'slenteren'. Slechts voor uitzonderlijke situaties betreft dit 'langdurig zitten'. Voor wat betreft windgevaar dient de categorie 'gevaarlijk' te worden voorkomen.

Bij een goed windklimaat ondervindt het merendeel van het publiek geen windhinder. Bij een matig windklimaat ervaart men af en toe overmatige windhinder. In een slecht windklimaat ervaart het merendeel van het publiek regelmatig overmatige windhinder.

Het windklimaat wordt berekend met Computational Fluid Dynamics (CFD) simulaties en inzichtelijk gemaakt met de in de NEN8100 (NEN 8100 Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving, 2006) omschreven methodiek, samengevat in 1.1.

1.1 Beoordelingsmethodiek

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

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

De Gemeente Eindhoven heeft op 26 mei 2020 vastgesteld dat in de openbare ruimte een **goed** windklimaat moet optreden.

In overeenstemming met de opdrachtgever is vastgesteld dat een **matig** windklimaat voldoende is voor de daktuin.

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

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

Er worden 12 windrichtingen gesimuleerd waarvan de som van het aantal uren dat de drempelwaarde wordt overschreden de kwaliteitsklasse bepaald. De beoordeling wordt uitgevoerd op 1,75 m boven maaiveld.

Ter plaatse van alle fiets- en wandelpaden in de omgeving en het plangebied is sprake van de activiteit doorlopen. Om te voldoen aan de drempelwaarden die gelden voor een dergelijke activiteit mogen alle paden maximaal kwaliteitsklasse D hebben. Rondom entrees van gebouwen is een kwaliteitsklasse C vereist.

Van windgevaar wordt gesproken wanneer de kwalificatie 'gevaarlijk' optreedt. Op alle fiets- en wandelpaden in en rondom het plangebied is de maximaal toegestane kwalificatie 'beperkt risico'.

Overschrijdingskans In procenten van het aantal uren per jaar	Kwaliteitsklasse	Activiteiten		
		Doorlopen	Slenteren	Langdurig zitten
<2.5	A	Goed	Goed	Goed
2.5 – 5	B	Goed	Goed	Matig
5 – 10	C	Goed	Matig	Slecht
10 – 20	D	Matig	Slecht	Slecht
>20	E	Slecht	Slecht	Slecht

Tabel 1: Classificatie windklimaat conform NEN8100.

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

Tabel 2: Kwalificatie tabel windgevaar conform NEN8100.

2 Uitgangspunten en aannamen

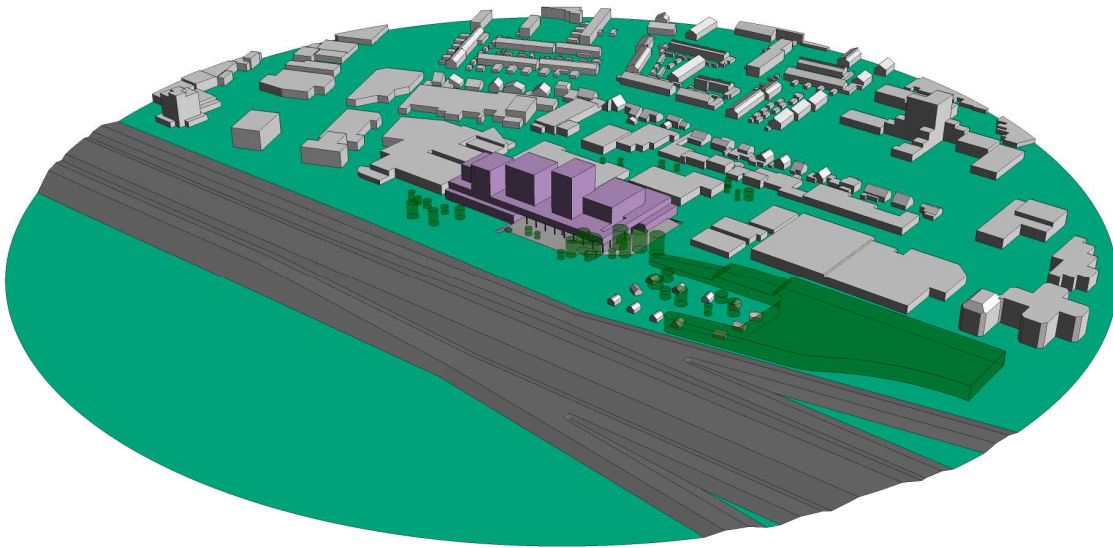
2.1 Geometrie

Het 3-dimensionale CFD-model is gebaseerd op het toekomstige ontwerp van de ontwikkeling.

Het totale ontwikkelingsplan heeft een lengte van ongeveer 151,5m en een breedte van ongeveer 98,0m. De maximale hoogte is 43,0m.

De omgeving is geconstrueerd aan de hand van Google Earth, AHN-Viewer en Cadmapper. Hierin is de omgeving binnen een straal van 350m van de ontwikkeling meegenomen.

Figuur 1 en Figuur 2 tonen een overzicht van het volledige 3D simulatiemodel uit verschillende richtingen. Figuur 3 en Figuur 4 tonen een detail van het betreffende ontwikkelingsplan.



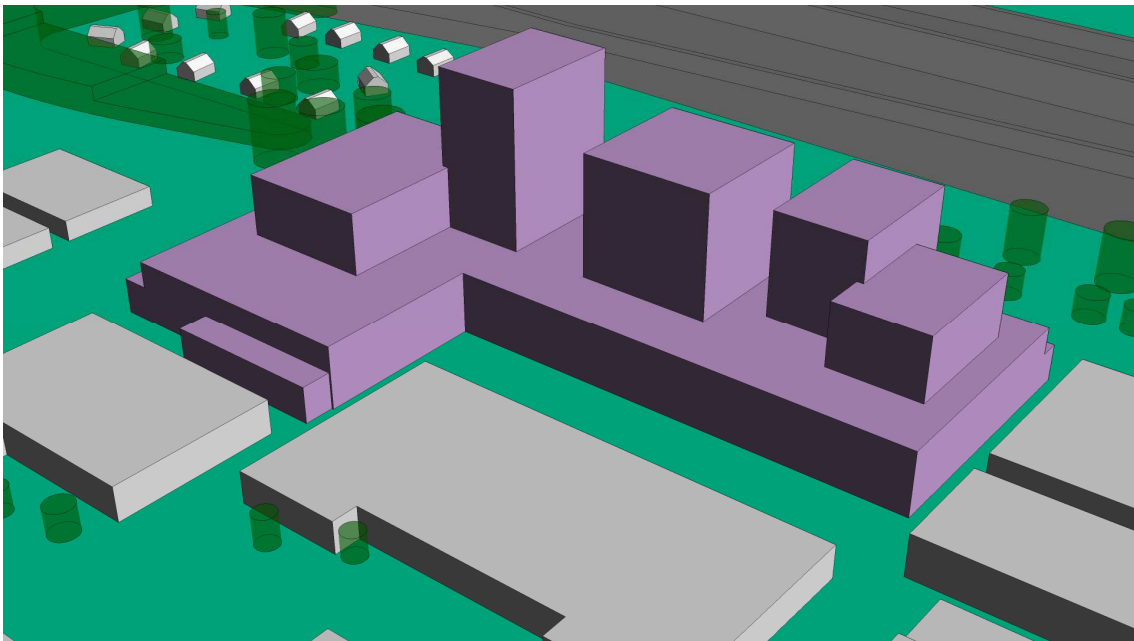
Figuur 1: 3D CFD-model, aanzicht vanuit het zuidwesten



Figuur 2: 3D CFD-model, aanzicht vanuit het noordoosten



Figuur 3: 3D CFD-model Croy, detailaanzicht 1.



Figuur 4: 3D CFD-model Croy, detailaanzicht 2.

2.2 Bomen

In de omgeving van de ontwikkeling zijn enkele bomen gesitueerd. Voor de volledigheid van het resultaat zijn deze bomen meegenomen in het rekenmodel. De bomen zijn ook weergegeven in Figuur 1 t/m Figuur 4.

De geometrie en hoogte van de bomen zijn bepaald a.d.h.v. Google Earth, AHN-Viewer en op basis van de aangeleverde tekeningen. De geometrie van aangrenzende bomen is in sommige situaties iets versimpeld.

De bomen worden gesimuleerd als een poreus medium en de doorlaatbaarheid van de bomen is bepaald a.d.h.v. het jaargemiddelde van bladdragende bomen.

2.3 Omgeving

Het plangebied is gelegen aan de straat Croy in een bedrijventerrein in Eindhoven, omringd door aangrenzende bedrijvenpanden. De straat Croy is bereikbaar voor voetgangers, fietsers en automobilisten. Ongeveer 70m ten westen van de ontwikkeling bevinden zich meerdere banen van een snelweg. De hoogte van de snelweg is maximaal 6m. Aan de zijkant van de snelweg loopt een talud.

De gebouwen van het omliggende bedrijventerrein zijn bijna allemaal lager dan de ontwikkeling en rond de 10 meter in hoogte. De twee hoogste gebouwen in de omgeving liggen aan de rand van het omgevingsmodel. Ten noorden staat een toren van bijna 25m en ten zuidoosten staat een toren van 34m.

Ten westen van de snelweg is geen bebouwing meegenomen. Op een afstand van 400m staat er in deze windrichting wel weer bebouwing. Doordat de snelweg tussen de ontwikkeling en deze bebouwing inligt is het niet erg dat er te westen van het omgevingsmodel geen bebouwing is.

Een luchtfoto van het gebied is weergegeven in Figuur 5.

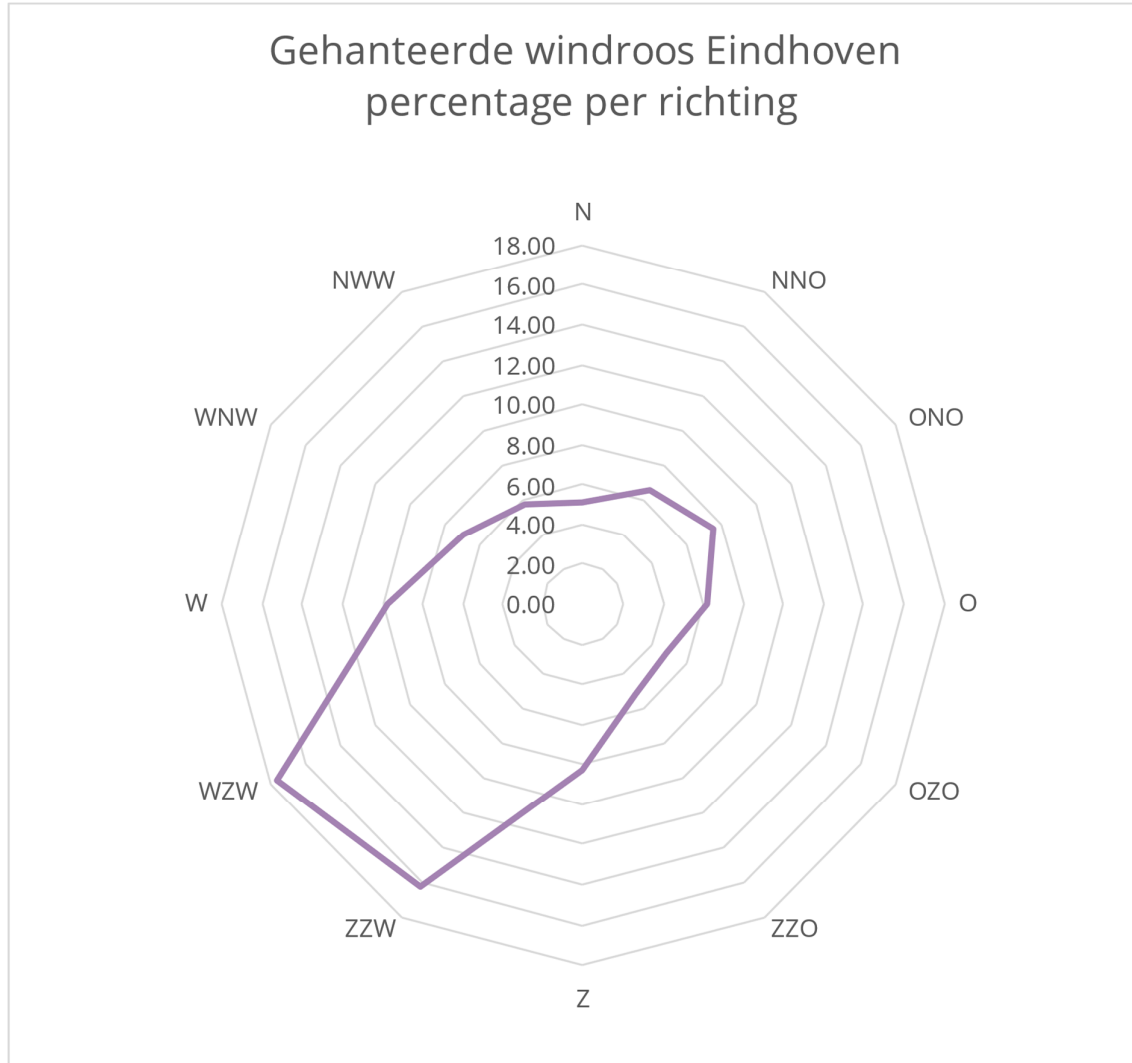


Figuur 5: Luchtfoto locatie Croy, Eindhoven.

2.4 Weerdata

Voor de analyse is gebruik gemaakt van winddata van Meteoblue voor Eindhoven. In het windhinderonderzoek is data gebruikt van mei 2003 t/m mei 2023.

De gehanteerde windroos is weergegeven in Figuur 6. Deze toont aan dat wind 52% van het jaar uit de zuidelijke tot westelijke richting komt.

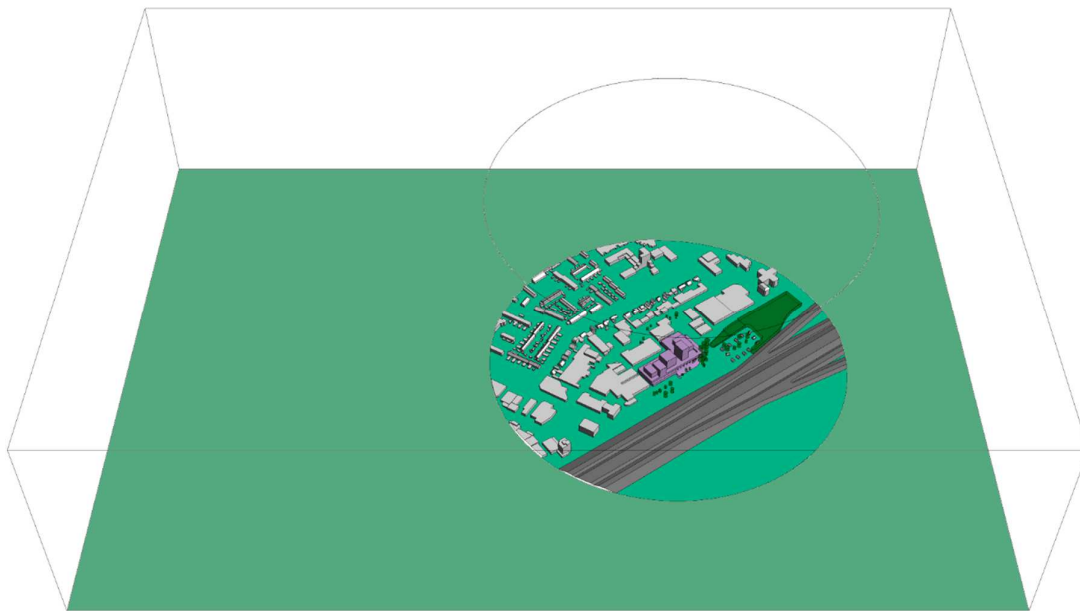


Figuur 6: Gehanteerde windroos.

2.5 Windprofiel

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

Om de windstroom realistisch te kunnen simuleren is om de gemodelleerde bebouwing een box geplaatst, waar ook lucht doorheen kan stromen. De afmetingen van de box worden bepaald op basis van de hoogte (H) van het hoogste gebouw. De randen van de box bevinden zich tenminste op 5H vanaf de rand van het gemodelleerde gebied en de hoogte van de box is 6H. Stroomopwaarts is de box eveneens 5H lang en stroomafwaarts 15H. De box om het gemodelleerde gebied heen is weergegeven in Figuur 7. De box kan gezien worden als een digitale windtunnel.



Figuur 7: Box om het gemodelleerde gebied heen, ten behoeve van het windprofiel (digitale windtunnel).

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

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

Waar,

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

2.6 CFD-modellering

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

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

Parameter	Beschrijving
Cel type	Hybride, combinatie van tetraëders en prismalagen
Cel grootte	Dynamisch, variërend tussen 0,025 tot 2,0 m in de omgeving (vlakken) groeiend met een factor 1,05 tot maximaal 15 m in het vrije volume
Aantal cellen	58,0 miljoen
Simulatie type	Steady state
Convergentie criteria	RMS maximaal $1 \cdot 10^{-5}$
Tijdstap	Variabele grootte, tussen 2.5s en 1.0s
Aantal iteraties	350
Fluide	Lucht met constante eigenschappen
Turbulentie model	Shear Stress Transport model RANS
Wanden gebouwen	Glad met stilstaande lucht (no slip)
Grondvlak	Ruw met stilstaande lucht (no slip)
Inlaat	Snelheids- en turbulentieprofiel

Tabel 3: CFD-modellering eigenschappen.

3 Resultaten van de simulaties

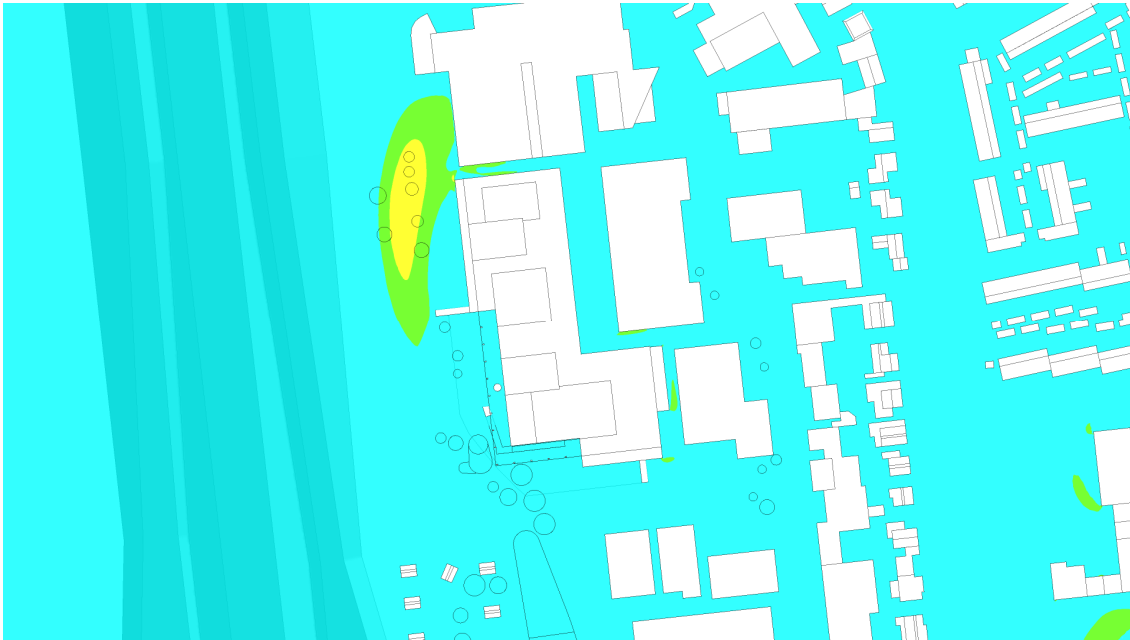
3.1 Windhinder straatniveau

Het ontwikkelingsplan ligt in een stedelijk gebied. Aan elke zijde van het plangebied is bebouwing gelegen. Het hoogste gebouw binnen het ontwikkelingsplan is ongeveer 50% hoger dan de gemiddelde bebouwing in de nabije omgeving. Wanneer een gebouw aangestroomd wordt door wind, stroomt 2/3 van de hoogte naar beneden, de zogeheten downwash. Dit deel van de wind ontsluit vervolgens op maaiveldniveau om de hoeken van dat gebouw. Hierdoor kan een windversnelling op straatniveau optreden, welke tot hinder kan leiden.

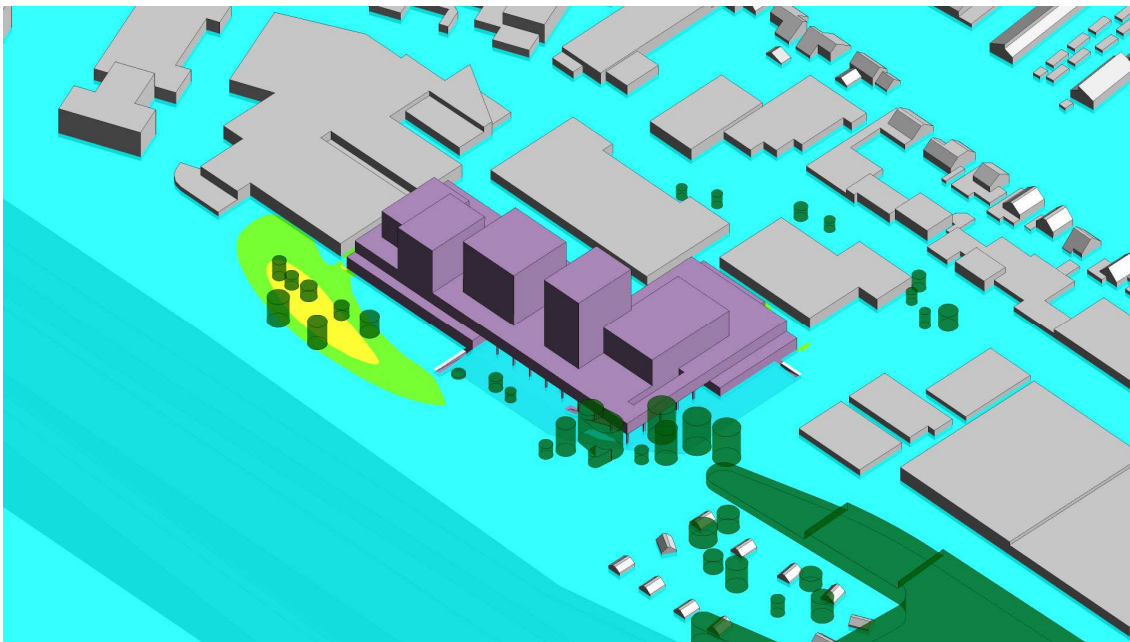
In Figuur 8 en Figuur 9 worden de windhinderclassificaties rond het ontwikkelingsplan weergegeven. In Figuur 8 zijn de gebouwen doorzichtig gemaakt om de windhinder onder de overkapping te kunnen tonen.

Zoals aangegeven in hoofdstuk 1.1 stelt de gemeente Eindhoven dat het windklimaat moet voldoen aan een goed windklimaat. Dit houdt in dat Klasse A acceptabel is voor 'Langdurig zitten', klasse B acceptabel is voor 'Slenteren' en klasse C acceptabel is voor 'Doorlopen'. Windklimaat klasse D & E worden geclassificeerd als 'oncomfortabel'. Dit is doorvertaald naar de 4 kleuren legenda van Figuur 8 en Figuur 9.

Bijna het hele gebied voldoet aan de classificatie 'langdurig zitten'. Daarnaast ontstaat er rondom de bomenpartij ten noordwesten van de ontwikkeling een klimaat voor deels 'slenteren' en deels 'doorlopen'. Er treedt geen oncomfortabel windklimaat op en daarmee ook geen windhinder.



Figuur 8: Acceptabele kwaliteitsklasse in de omgeving voor windhinder, bovenaanzicht.



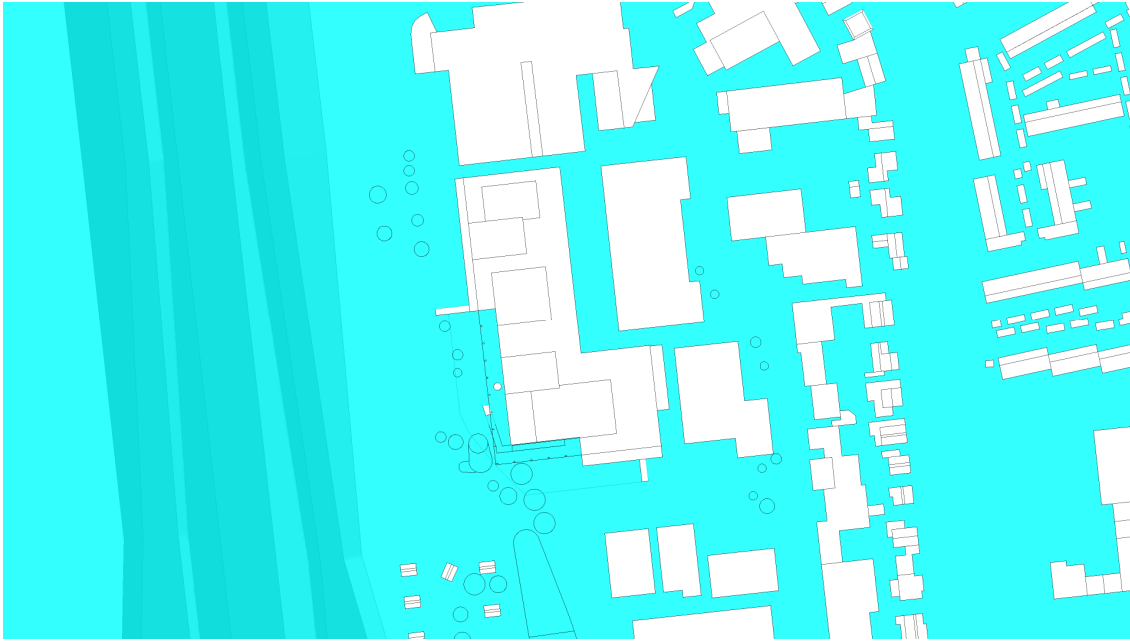
Figuur 9: Acceptabele kwaliteitsklasse in de omgeving voor windhinder, 3D aanzicht.

Klasse	Activiteit
A	Langdurig zitten
B	Slenteren
C	Doorlopen
D	Oncomfortabel
E	

3.2 Windgevaar straatniveau

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

Figuur 10 toont aan dat er rondom het ontwikkelingsgebied geen windgevaar optreedt. Hiermee kan gesteld worden dat de ontwikkeling aan Croy geen windgevaar zal veroorzaken voor de omgeving of het daklandschap.



Figuur 10: Risico op windgevaar in de omgeving, bovenaanzicht.

Kwalificatie
Geen risico
Beperkt risico
Gevaarlijk

3.3 Windklimaat daklandschap

Voor de indeling van het daklandschap is een analyse gemaakt voor het windklimaat op het daklandschap. De indeling van het daklandschap staat nog niet vast. Het doel van deze analyse is dan ook om richtlijnen te geven voor het indelen van het daklandschap.

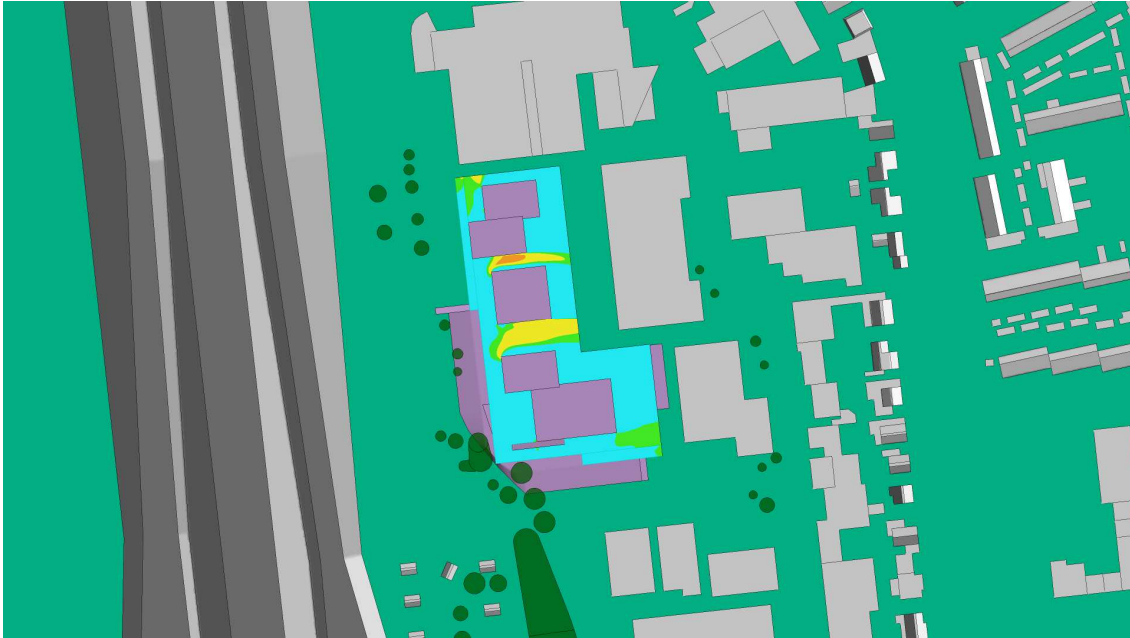
Figuur 11 geeft de kwaliteitsklassen voor windhinder op het daklandschap weer. Figuur 12 geeft de kans op windgevaar weer op het daklandschap.

Zoals aangegeven in hoofdstuk 1.1 stelt de gemeente Eindhoven dat het windklimaat moet voldoen aan een goed windklimaat. Dit houdt in dat klasse A & B acceptabel zijn voor 'Langdurig zitten', klasse C acceptabel is voor 'Slenteren' en klasse D acceptabel is voor 'Doorlopen'. Windklimaatklasse E wordt geclassificeerd als 'oncomfortabel'. Dit is door vertaald naar de 4 kleuren legenda van Figuur 11.

Doordat het daklandschap op 12m hoogte is gelegen is het windklimaat anders dan op straatniveau. Dit komt door de minder beschutte ligging van het daklandschap. Over het algemeen heeft het daklandschap een goed windklimaat om verschillende zitlocaties te situeren. Op de twee verlaagde balustrades aan de west- en de zuidkant is 'langdurig zitten' over bijna de gehele lengte mogelijk. Wanneer er zit- of verblijflocaaties gewenst zijn tussen de verschillende torens dan wordt er aangeraden om een (hogere) dichte wand langs de dakrand te plaatsen of bomen langs de westzijde van het daklandschap te plaatsen. Met deze maatregelen stroomt de wind hoger door de doorgangen en wordt er minder hinder ervaren.

Daarnaast wordt er aangeraden om bij zitplaatsen begroeiing of glasplaten te plaatsen. Dit zorgt voor luwten met daarachter een prettig windklimaat voor zitlocaties.

Het daklandschap is vrij van kans op windgevaar.



Figuur 11: Kwaliteitsklassen op het terras voor windhinder, bovenaanzicht

Klasse	Activiteit
A	Langdurig zitten
B	
C	Slenteren
D	Doorlopen
E	Oncomfortabel



Figuur 12: Risico op windgevaar op het daklandschap, bovenaanzicht.

Kwalificatie
Geen risico
Beperkt risico
Gevaarlijk

4 Conclusie

Op verzoek van VDG Property Development bv is een windklimaatonderzoek uitgevoerd voor de ontwikkeling aan de straat Croy in Eindhoven. Het ontwerp van het gebouw bestaat uit vier torens van maximaal 43m hoog. De ontwikkeling heeft op 12m hoogte een daklandschap waar verschillende verblijfslocaties gesitueerd moeten worden.

Het plangebied is gelegen aan de straat Croy in een bedrijventerrein in Eindhoven, omringd door aangrenzende bedrijvenpanden. De straat Croy is bereikbaar voor voetgangers, fietsers en automobilisten. Ongeveer 70m ten westen van de ontwikkeling bevinden zich meerdere banen van een snelweg, enkel begaanbaar voor automobilisten.

Voor de beoordeling van het windklimaat in de openbare ruimte heeft de gemeente Eindhoven gesteld dat de classificatie van het windklimaat 'goed' moet zijn. Dit houdt in dat Klasse A acceptabel is voor 'Langdurig zitten', klasse B acceptabel is voor 'Slenteren' en klasse C acceptabel is voor 'Doorlopen'. Windklimaat klasse D & E worden geclassificeerd als 'oncomfortabel'.

Voor de beoordeling van het windklimaat op het daklandschap heeft de opdrachtgever gesteld dat de classificatie van het windklimaat 'matig' mag zijn. Dit houdt in dat klasse A & B acceptabel zijn voor 'Langdurig zitten', klasse C acceptabel is voor 'Slenteren' en klasse D acceptabel is voor 'Doorlopen'. Windklimaatklasse E wordt geclassificeerd als 'oncomfortabel'.

4.1 Windhinder op straatniveau

Het windklimaat op alle paden en wegen rondom de ontwikkeling voldoen aan de gestelde kwaliteitsklasse 'doorlopen'. Daarmee kan gesteld worden dat de ontwikkeling geen windhinder veroorzaakt op de omliggende wegen.

4.2 Windgevaar op straatniveau

Het windklimaat op alle paden en wegen rondom de ontwikkeling zijn vrij van de categorie 'gevaarlijk'. Daarmee kan gesteld worden dat de ontwikkeling geen windgevaar veroorzaakt op de omliggende wegen.

4.3 Windklimaat daklandschap

De indeling van het daklandschap staat nog niet vast en de resultaten van de analyse zijn daarom richtlijnen voor de indeling. Een groot gedeelte van het daklandschap voldoet aan de windklimaatklasse 'langdurig zitten'. Het windklimaat tussen de torens in voldoet niet aan het windklimaat voor zit- of slenteractiviteiten.

Door een verhoogde dichte dakrand te situeren rondom het daklandschap en door bomen te plaatsen langs de westzijde van het daklandschap kan er een gunstig windklimaat gecreëerd worden voor zit- en slenteractiviteiten.

Het daklandschap is vrij van kans op windgevaar.

5 Verwijzingen

[NL], K. (. (sd). Opgehaald van <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/uurgegevens>

NEN 8100 Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving. (2006, februari). Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.

Troen, I., & Petersen, E. L. (1991). *Roughness Classes and Roughness Length Table in "European Wind Atlas"*. Risoe , Denmark: Risoe National Laboratory.

A. Technisch inlegvel numerieke simulatie

Project	Projectgegevens
Projectnaam	Croy
Opdrachtgever	VDG Property Development bv
Projectleider	Arti Flinkerbusch
Datum	20 juni 2023
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen 300m om de randen van de ontwikkeling
Kerngebied	Hoogbouwtorens
Omgeving	Omliggende gebouwen in detail meegenomen
Afmetingen model	Intern: diameter 743m, hoogte 450m Extern: lengte 1443m, breedte 1093m
Blokkeringsgraad	Maximaal 4,0%
Gemodelleerd groen	Vegetatie (doorlaatbaarheid op basis van jaargemiddelde)
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	1 situatie, 12 windrichtingen
Onderzochte configuraties	Toekomstige situatie basis model
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM (eindige volume methode) ☐ FEM (eindige elementen methode) ☐ Anders Programmatuur: Ansys CFX Versie: 2019 R3
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Dynamisch, variërend tussen 0,025 tot 2,0 m in de omgeving (vlakken) groeiend met een factor 1,05 tot maximaal 15 m in het vrije volume. Totaal aantal cellen: 56,7 milj. (intern), 1,3 milj. (extern)
Turbulentiemodellering	Shear Stress Transport (SST) model RANS
Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden
Instroomprofiel	Logaritmische snelheids- en turbulentieprofiel
Uitlaat	Druk-uitlaat
Boven-/zijwanden	Logaritmisch snelheids- en turbulentieprofiel
Vloer/bodem	Ruw met stilstaande lucht (no slip)
Overige	-
Gegevensverwerking en -beoordeling	Informatie voor locatie en berekening windklimaat
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X: 158052, Y: 381266
Gepresenteerde resultaten	Contouren van windhinder en windgevaar. Windhinder per windrichting
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang	