



CFD Windklimaat onderzoek

Ontwikkeling Senzora

Deventer

P39523717e100

26 juli 2023

Revisie 1

Project	Ontwikkeling Senzora
Locatie	Deventer
Onderwerp	CFD Windklimaat onderzoek
Document	P39523717e100
Revisie	0
Datum	26 juli 2023
Status	Definitief
Opdrachtgever	BPD Bouwfonds Gebiedsontwikkeling
	T.a.v. Mevrouw P. Schuldink
	Postbus 1
	3800 AA Amersfoort
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:	100	Uitgifte datum:	26/07/2023
	Auteur:	Gecontroleerd door:	Reden voor uitgave:
Naam:	Pieter Bügel	Arti Flinkerbusch	Eerste uitgave

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

1	INLEIDING	5
1.1	Beoordelingsmethodiek	6
2	UITGANGSPUNTEN EN AANNAMEN	7
2.1	Geometrie	7
2.2	Omgeving	10
2.3	Bomen	10
2.4	Weerdata	11
2.5	Windprofiel	11
2.6	CFD-modellering	13
3	RESULTATEN VAN DE SIMULATIES	14
3.1	Windhinder	14
3.2	Windgevaar	16
4	CONCLUSIE	17
4.1	Windhinder	17
4.2	Windgevaar	17
5	VERWIJZINGEN	18
A.	TECHNISCH INLEGVEL NUMERIEKE SIMULATIE	19

1 Inleiding

Op verzoek van BPD | Bouwfonds Gebiedsontwikkeling is een windklimaatonderzoek uitgevoerd voor de ontwikkeling Senzora aan de Bergsingel in Deventer. De ontwikkeling bestaat uit tien gebouwblokken. De bouwhoogte binnen het plan is tussen de 6m en 34m.

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.

Aan de hand van de NEN8100 wordt inzicht verschaft in het windklimaat op straatniveau.

Een goed windklimaat wordt door verschillende gemeenten in Nederland gezien indien ten minste 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 men geen overmatige windhinder. In een situatie zonder overmatige windhinder heeft het merendeel van het publiek 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.

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 met regelmatig overmatige windhinder.

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

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

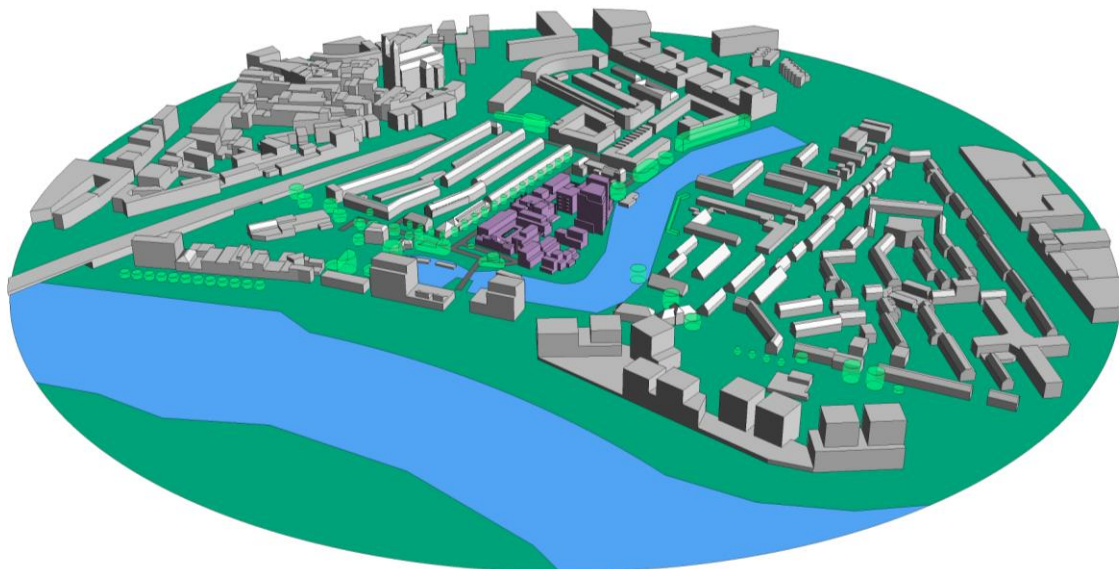
Het 3-dimensionale CFD-model is gebaseerd op het toekomstige ontwerp van de ontwikkeling.

Het totale ontwikkelingsplan heeft een lengte van 126m en breedte van ongeveer 82m. De maximale hoogte van het huidige ontwerp is 31m.

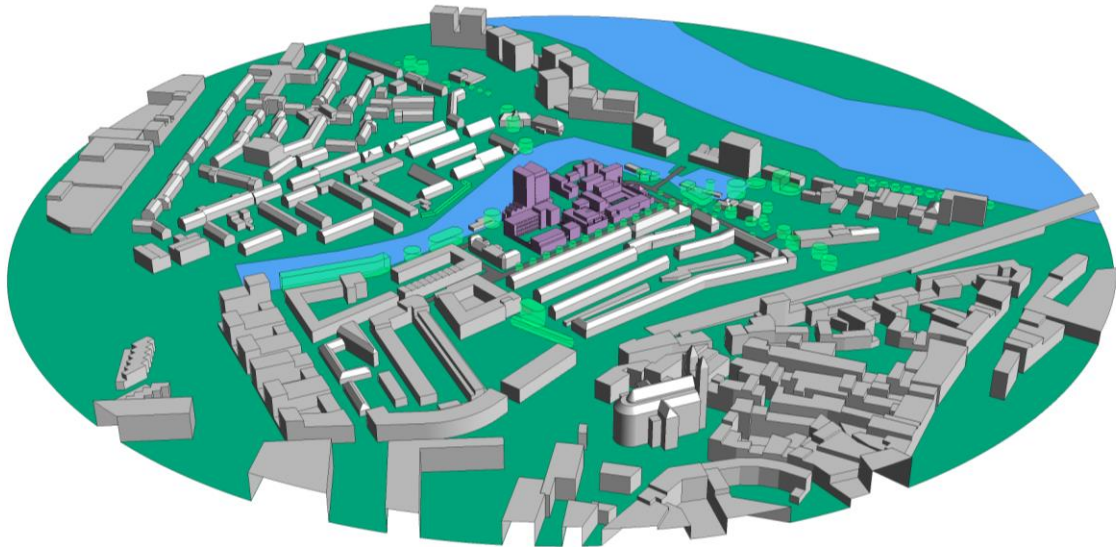
Binnen het ontwikkelingsplan heeft één woontoren de maximale bouwhoogte. De andere gebouwen hebben een maximale bouwhoogte van 15,5m. op twee plaatsen van binnen het ontwikkelingsplan zijn parkeerplaatsen gelegen die (gedeeltelijk) worden overkapt.

De omgeving is geconstrueerd aan de hand van Google Earth, AHN-Viewer en CadMapper. Hierin is de omgeving binnen een straal van 300m van de ontwikkeling meegenomen.

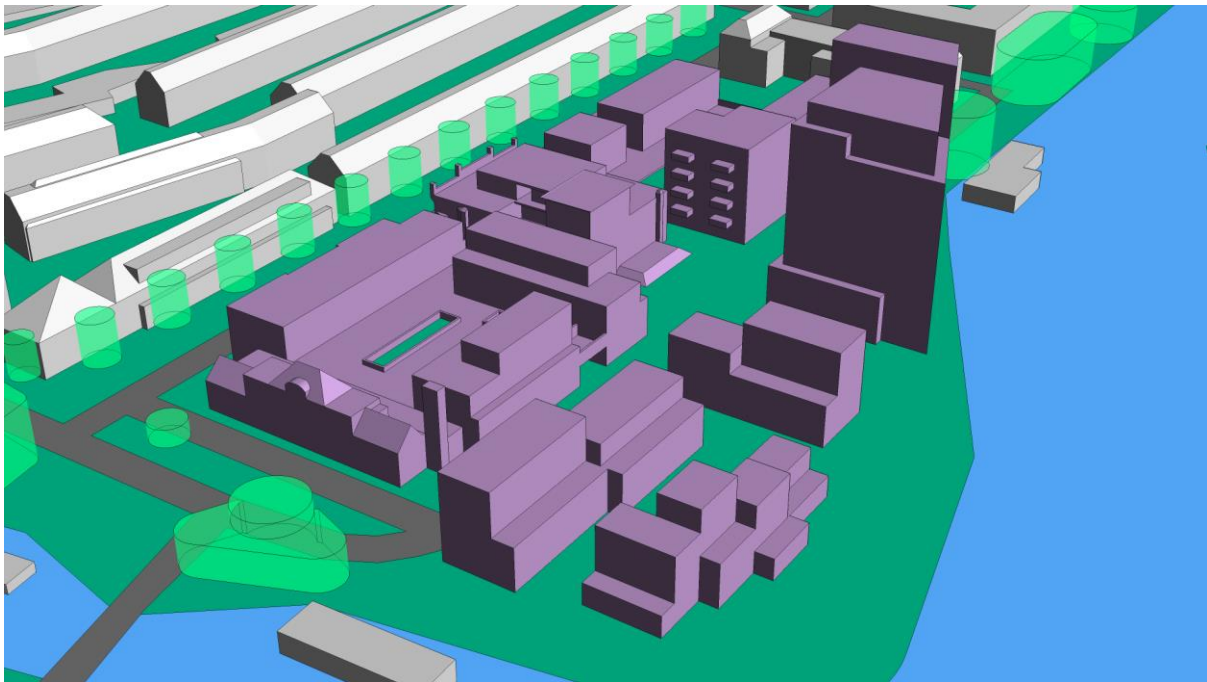
Figuur 1 en Figuur 2 tonen een overzicht van het volledige 3D simulatiemodel uit verschillende richtingen. Figuur 3 en Figuur 4 een detail van het betreffende ontwikkelingsplan.



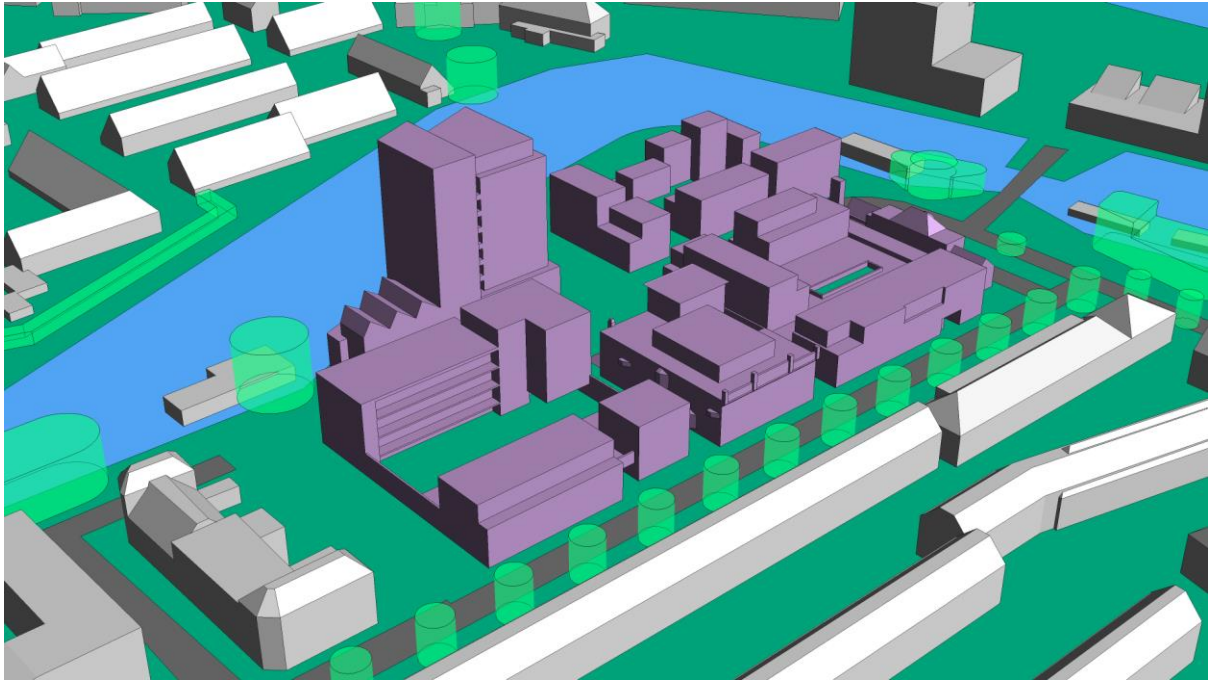
Figuur 1: 3D CFD-model, aanzicht vanuit het zuidwesten



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



Figuur 3: 3D CFD model Sensora, detail aanzicht 1.



Figuur 4: 3D CFD model Senzora, detail aangezicht 2.

2.2 Omgeving

Het plangebied is gelegen aan de Bergsingel in Deventer. Daarnaast grenzen de Raamstraat, Raamdwarstraat en de Sluisterstraat aan het ontwikkelingsplan. Alle genoemde wegen zijn begaanbaar voor fietsers en wandelaars.

De omgeving van het ontwikkeling bestaat voor een deel uit woningen en bedrijven. Daarnaast ligt in de zuidoost- tot westelijke windrichting de IJssel. De minimale afstand tussen de ontwikkeling en de IJssel is 150m.

Het overgrote deel van de hoogte van de omliggende gebouwen bestaat uit 3-4 laags woningen. De hoogte van deze woningen ligt tussen de 8m en 12m. De laagbouw binnen de ontwikkeling steekt iets boven deze bebouwing uit. De woontoren is 2 tot 3 keer hoger dan deze bebouwing.

In zuid- tot zuidwestelijke windrichting staan meer hoge gebouwen met een hoogte tussen 15m en 32m. Deze hoogte is vergelijkbaar met de woontoren in het plan.

Een luchtfoto van het gebied is weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5: Luchtfoto locatie Senzora, Deventer.

2.3 Bomen

In de omgeving van de ontwikkeling staan verschillende bomen. Voor de volledigheid van het resultaat zijn de bomen in de omgeving van de ontwikkeling meegenomen in het rekenmodel. De bomen worden ook weergegeven in Figuur 1 tot Figuur 4.

In de huidige situatie staan er 7 bomen in de zuidhoek van het ontwikkelingsgebied. In de toekomstige situatie worden deze bomen eventueel gekapt. Om inzicht te geven in het effect van deze bomen zijn de bomen in deze eerste berekening niet meegenomen.

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.

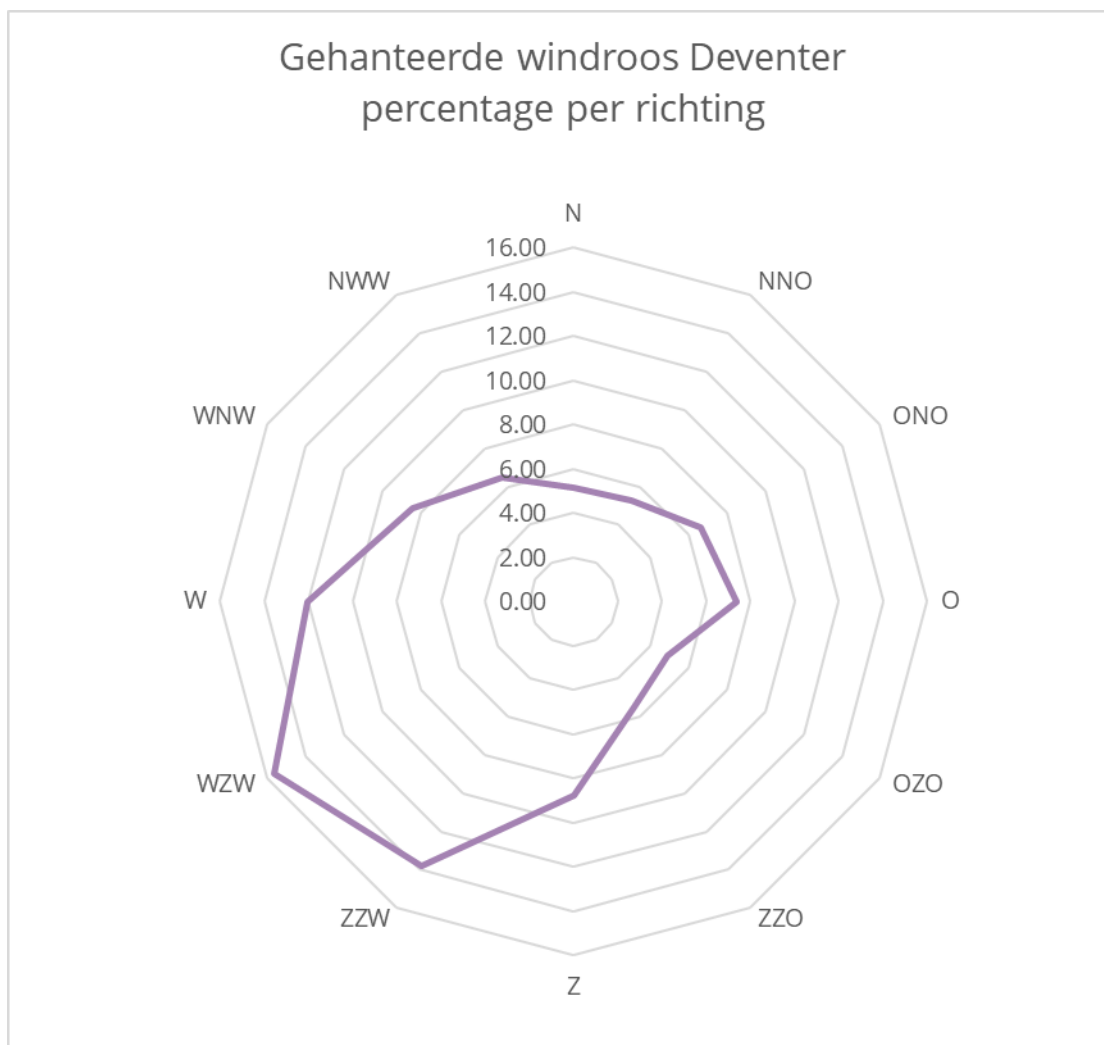
De bomen worden gesimuleerd als een poreus medium en de doorlaatbaarheid van de bomen is bepaald a.d.h.v. het jaargemiddelde van bladdragende bomen.

2.4 Weerdata

Voor de analyse is gebruik gemaakt van winddata van Meteoblue voor Deventer. In het windhinderonderzoek is de data gebruikt van 12-2001 t/m 12-2021.

De windroos toont dat wind 50% van het jaar uit de zuidelijke tot westelijke richting komt.

De gehanteerde windroos is weergegeven in Figuur 6.



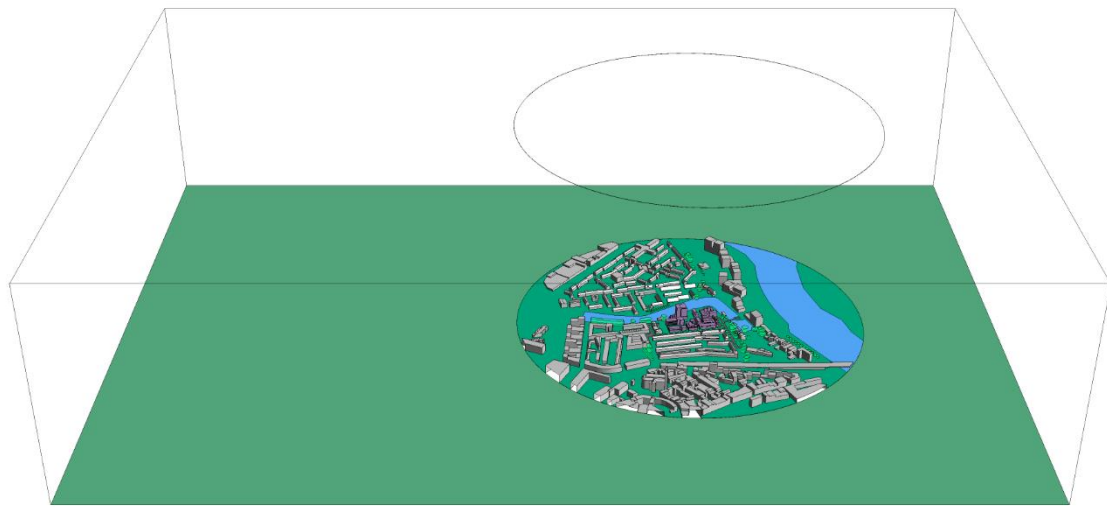
Figuur 6: Gehanteerde windroos.

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 0,8m. 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 de onderstaande logaritmische vergelijking.

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

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 is in ruime mate gevalideerd.

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

Parameter	Beschrijving
Celtype	Hybride, combinatie van hexaëders, tetraëders, piramides en prismalagen
Celgrootte	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	27,8 miljoen
Simulatietype	Steady state
Convergentiecriteria	RMS maximaal $1 \cdot 10^{-4}$
Tijdstap	Variërend tussen de 0,5 s en 2,5 s
Aantal iteraties	500
Fluide	Lucht met constante eigenschappen
Turbulentiemodel	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

Het ontwikkelingsplan ligt in een bebouwde omgeving waarbij de IJssel in zuidoost- tot westelijke windrichting is gelegen op een minimale afstand van 150m.

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. Vooral de 31m hoge toren steekt boven de omliggende bebouwing uit.

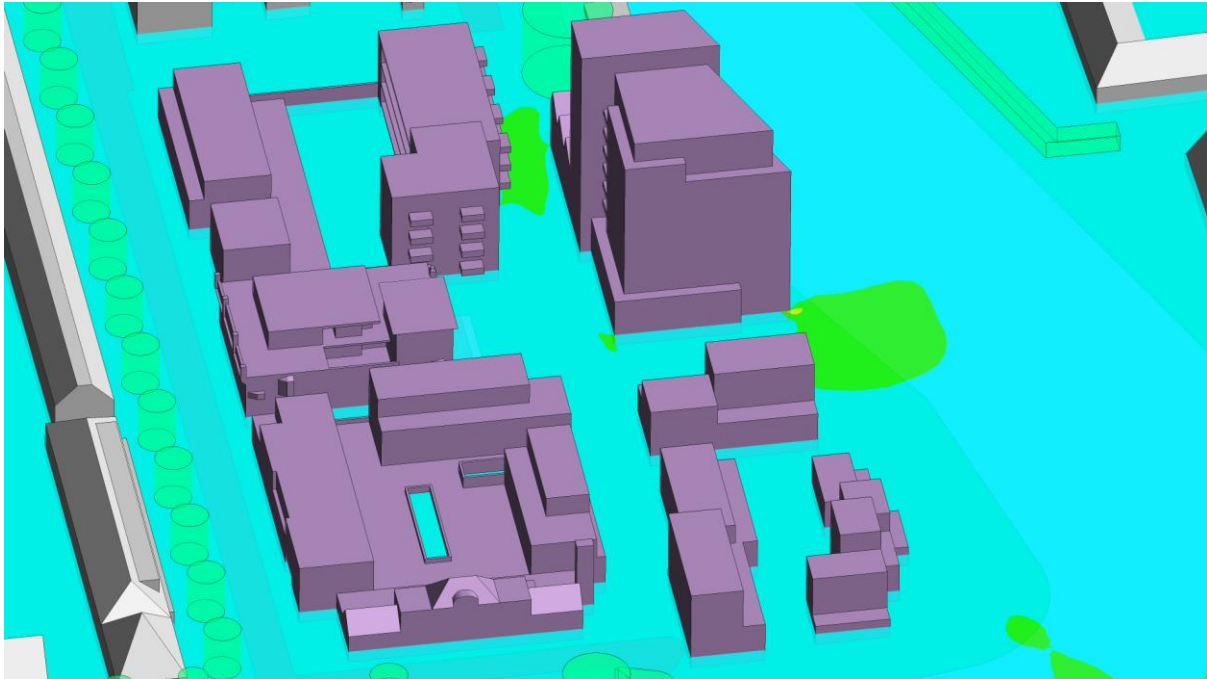
In Figuur 8 en Figuur 9 worden de kwaliteitsklassen rond het ontwikkelingsplan weergegeven. Alle fiets- en wandelpaden voldoen aan de gestelde kwaliteitsklasse voor de doorloop-functie.

Hiermee kan gesteld worden dat de ontwikkeling Senzora geen windhinder zal veroorzaken op de omliggende paden en wegen. Dit geeft tevens aan dat met het verwijderen van de bomen ten zuiden van de ontwikkeling geen windhinder ontstaat.



Figuur 8: Acceptabele kwaliteitsklassen in de omgeving voor betreffende functie, bovenaanzicht.

Activiteit
Langdurig zitten
Slenteren
Doorlopen
Oncomfortabel



Figuur 9: Acceptabele kwaliteitsklassen in de omgeving voor betreffende functie, 3D aanzicht.

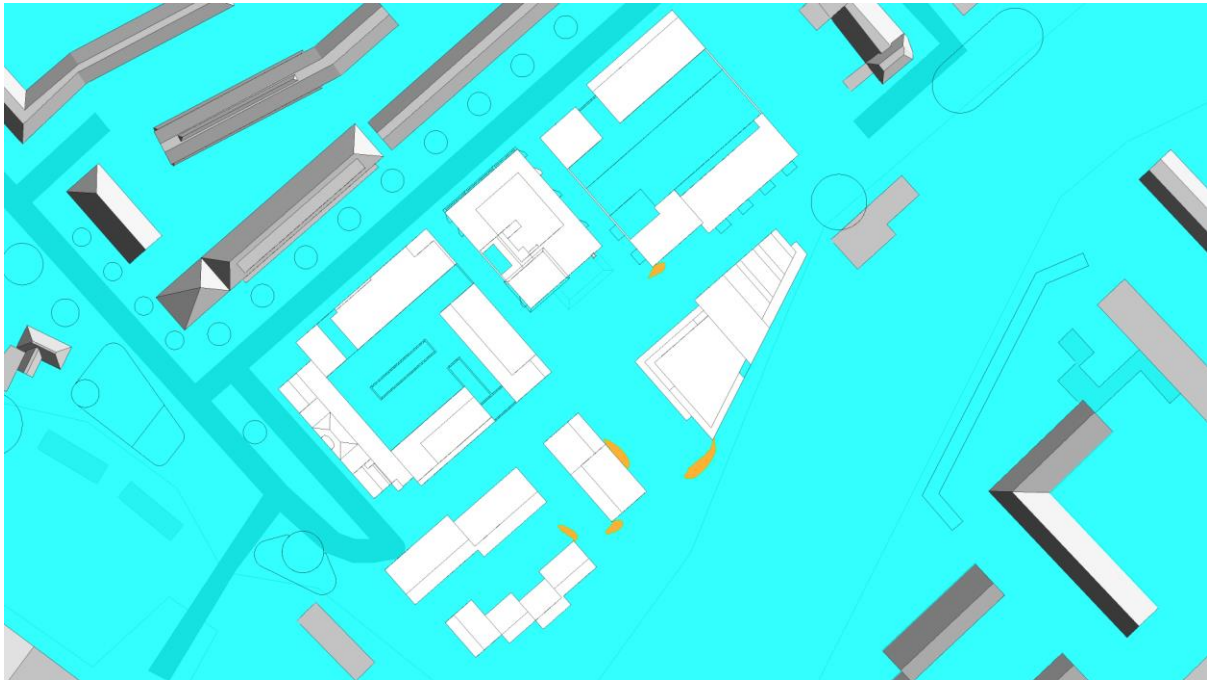
Activiteit
Langdurig zitten
Slenteren
Doorlopen
Oncomfortabel

3.2 Windgevaar

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

Figuur 10 toont dat er rondom het ontwikkelingsgebied geen windgevaar optreedt. Op sommige locaties in het plan treedt wel een beperkt risico op, maar dit is toegestaan.

Hiermee kan gesteld worden dat ontwikkeling Senzora geen windgevaar zal veroorzaken op de omliggende paden en wegen.



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

Kwalificatie
Geen risico
Beperkt risico
Gevaarlijk

4 Conclusie

Op verzoek van BPD | Bouwfonds Gebiedsontwikkeling is een windklimaatonderzoek uitgevoerd voor de ontwikkeling Sensora aan de Bergsingel in Deventer. De ontwikkeling bestaat uit tien gebouwblokken. De bouwhoogte binnen het plan is tussen de 6m en 34m.

Het plangebied is gelegen aan de Bergsingel in Deventer. Daarnaast grenzen de Raamstraat, Raamdwaarsstraat en de Sluisterstraat aan het ontwikkelingsplan. Alle genoemde wegen zijn begaanbaar voor fietsers en wandelaars.

De omgeving van het ontwikkeling bestaat voor een deel uit woningen en bedrijven. Daarnaast ligt in zuidoost- tot westelijke windrichting de IJssel. De minimale afstand tussen de ontwikkeling en de IJssel is 150m.

4.1 Windhinder

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

4.2 Windgevaar

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

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	Senzora
Opdrachtgever	BPD Bouwfonds Gebiedsontwikkeling
Projectleider	Pieter Bügel
Datum	26 juli 2023
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen 300m om de randen van de ontwikkeling
Kerngebied	Laagstedelijke bebouwing
Omgeving	Omliggende gebouwen in detail meegenomen
Afmetingen model	Intern: diameter 800m, hoogte 500m Extern: lengte 2000m, breedte 1400m
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 basismodel
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	<input checked="" type="checkbox"/> FVM (eindige volume methode) <input type="checkbox"/> FEM (eindige elementen methode) <input type="checkbox"/> Anders Programmatuur: Ansys CFX Versie: 2019 R3
Algemeen	<input checked="" type="checkbox"/> drie-dimensionaal <input checked="" type="checkbox"/> tijd-onafhankelijk <input checked="" type="checkbox"/> isothermisch <input type="checkbox"/> passieve scalars <input type="checkbox"/> twee-dimensionaal <input type="checkbox"/> tijd-afhankelijk <input type="checkbox"/> thermisch <input type="checkbox"/> 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: 26,8 milj. (intern), 1,0 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: 208062, Y: 473801
Gepresenteerde resultaten	Contouren van windhinder en windgevaar.
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang	