

Rapport

Project: Rabobank Matsertterrein

Locatie: Utrecht, Nederland
Onderwerp: CFD simulaties windonderzoek
Document: 51020958e200
Datum: 20 december 2024

Status	Beschrijving	Auteur	Controle	Datum
1 ^e uitgave	CFD rapport	MD	MN	20-12-2024

Project	Rabobank Matsertterrein
Locatie	Utrecht, Nederland
Onderwerp	CFD simulaties windonderzoek
Document	51020958e200
Revisie	0
Datum	20 december 2024
Status	Definitief
Auteur	██████████
Controle door	████████████████████
Opdrachtgever	Coöperatieve Rabobank U.A.
	Croeselaan 18
	3521 CB Netherlands
	Nederland
Contact	██████████
Uitgever	Sweco Nederland B.V.
	Rederijstraat 5
	3011 XR Rotterdam
	Nederland
	+31 (0)88 811 66 00
	info@sweco.nl
	www.sweco.nl

Inhoudsopgave

1	Introductie.....	4
2	Onderzoeksdoel.....	4
3	Toelichting windhinder en -gevaar.....	5
3.1	Wat merkt men bij windhinder en -gevaar?	5
3.2	Het interpreteren van de resultaten voor windhinder	6
4	Uitgangspunten	7
4.1	Geometrie	7
4.2	Windklimaat	10
4.3	Windprofiel.....	12
4.4	CFD modellering	14
5	Resultaten	15
5.1	Windhinder.....	15
5.1.1	Verhoogd gebied Noord (Promenade)	16
5.1.2	Verhoogd gebied Zuid (Binnentuin)	18
5.1.3	Foreestraat/Asselijnstraat en toegangsweg binnenplaats.....	18
5.2	Windgevaar	19
6	Samenvatting.....	21
7	Aanbevelingen	22
	Referenties	23
	Bijlage A – CFD simulatieresultaten per windrichting	24
	Bijlage B – Technisch inlegvel numerieke simulatie.....	49

1 Introductie

Nabij het centraal station van Utrecht bevindt zich aan de Croeselaan het bestuurscentrum van de Rabobank, genaamd de Verrekijker. Een deel van het Bestuurscentrum (het Matsserterrein), wordt herontwikkeld.

In 2023 en 2024 is voor verschillende conceptontwerpen een windhinderonderzoek uitgevoerd. Binnen dit onderzoek is tevens een vergelijk getrokken met de huidige situatie. De resultaten van deze onderzoeken zijn terug te lezen in de rapporten met referentie: *B123053e100.pdf* en *51020958e000.pdf*.

Op verzoek van Coöperatieve Rabobank U.A. is een extra windhinderonderzoek uitgevoerd omtrent de herontwikkeling van het bestuurscentrum. Binnen dit onderzoek wordt het lokale windklimaat rond het bestuurscentrum voor een aangepast ontwerp onderzocht.

Het windklimaat is inzichtelijk gemaakt met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) simulaties aan de hand van de methodiek die omschreven staat in de NEN 8100 (1). Er is inzicht verschaft in het windklimaat op straatniveau in de directe omgeving van de ontwikkeling.

Een CFD simulatie geeft inzicht in de te verwachten luchtstromingen, rekening houdend met verschillende fysische verschijnselen. Bij een dergelijke simulatie wordt een geometrie voorzien van een rekengrid waarbinnen de massa-, energie- en impulsbalansen worden opgelost.

2 Onderzoeksdoel

Het doel van het onderzoek is het windklimaat nabij het nieuwe deel van het bestuurscentrum van de Rabobank inzichtelijk te maken.

Het lokale windklimaat is voor alle situaties inzichtelijk gemaakt aan de hand van de methode omschreven in de NEN 8100. De NEN 8100 maakt gebruik van een classificatie tabel waarbij de boordeling van het windklimaat bij een activiteit wordt gedaan naar de frequentie dat de drempelwaarde (windsnelheid) per jaar wordt overschreden. De drempelwaarde voor windhinder is vastgesteld op 5 m/s. In Tabel 1 is deze classificatie weergegeven. De CFD simulaties zijn voor 12 windrichtingen uitgevoerd. De som van het aantal uren dat de drempelwaarde wordt overschreden, bepaalt de kwaliteitsklasse. Deze beoordeling moet worden uitgevoerd op 1,75 m boven het maaiveld.

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 windhinder conform NEN 8100.

De drempelwaarde voor windgevaar is in de NEN 8100 vastgesteld op 15 m/s. In Tabel 2 zijn de overschrijdingskans en bijbehorende kwalificaties voor windgevaar gegeven.

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

Tabel 2: Kwalificatie tabel windgevaar conform NEN 8100.

Situaties waarvoor een overschrijdingskans geldt van $0,05 < p < 0,30$ mogen alleen worden geaccepteerd als deze vallen binnen de activiteitenklasse doorlopen. Voor activiteitenklasse slenteren en langdurig zitten 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.

3 Toelichting windhinder en -gevaar

Dit hoofdstuk geeft een toelichting over de interpretatie van de resultaten. Het beantwoordt de vraag “Wat merk ik bij windhinder en -gevaar?” en het geeft een beknopte omschrijving over hoe figuren in het rapport geïnterpreteerd moeten worden.

De omschrijvingen in dit document zijn afkomstig uit/gebaseerd op de definities en teksten uit de NEN-8100 (Bron (1)).

3.1 Wat merkt men bij windhinder en -gevaar?

Een individu kan hinder ondervinden door wind. Te denken is aan wapperende kleding, verwaaide haren, gehinderd worden bij het lezen van een krant, gehinderd worden bij het lopen, enz. Het is persoonlijk of een individu wel of niet windhinder ondervindt. Een kind en een bejaarde reageren anders op wind dan een gezonde volwassene.

Bij windsnelheden boven circa 5 meter per seconde (m/s), oftewel 18 kilometer per uur (km/u) treden mechanische effecten op: het haar verwaait, kleding en paraplu's worden door de wind bewogen, en met toenemende windsnelheid heeft men steeds meer moeite om regelmatig te blijven lopen en het evenwicht te bewaren. Vanaf circa 15 m/s, oftewel 54 km/u, geldt windgevaar waarbij personen in ernstige mate problemen ondervinden bij het lopen.

Windhinder treedt dus op vanaf circa 5 m/s. Om dit in perspectief te plaatsen kan worden gekeken naar de volgende definities:

- 3 Beaufort - windkracht 3
Windsnelheid: 3,4 tot 5,4 m/s, ofwel 12 tot 19 km/u
Effect: Bladeren en twijgen bewegen voortdurend
- 4 Beaufort – windkracht 4

Windsnelheid: 5,5 tot 7,9 m/s, ofwel circa 20 tot 28 km/u
Effect: Kleine takken beginnen te bewegen en stof en papier dwarrelt op

Het ervaren van windhinder is afhankelijk van de activiteit die men op dat moment onderneemt. De kans dat bij een willekeurige windsnelheid hinder wordt ondervonden is bij stilzitten groter dan bij stevig doorlopen.

Dat windhinder soms optreedt is acceptabel; zo stormt het nu eenmaal af en toe. Bij een “goed” windklimaat zal men ook windhinder ervaren, maar geen overmatige windhinder. In een situatie zonder overmatige windhinder heeft het merendeel van het publiek geen last van windhinder.

3.2 Het interpreteren van de resultaten voor windhinder

Zoals eerder vermeld treden er vanaf een windsnelheid van 5 m/s (hetgeen neerkomt op 18 km/u) merkbare effecten door wind op. Vanaf deze windsnelheid kunnen mensen hinder ondervinden. Het ervaren van windhinder is afhankelijk van de activiteit die men op dat moment onderneemt. In de NEN 8100 wordt onderscheid gemaakt tussen drie activiteiten. Voor elke locatie rond het onderzochte gebied dient na te worden gegaan welke activiteit overheerst. De drie activiteiten en een voorbeeld van locaties zijn gegeven in Tabel 3.

Activiteit	Voorbeeld
Doorlopen	Een parkeerplaats of straten zonder winkels
Slenteren	Een winkelstraat, onoverdekt winkelcentrum of park
Langdurig zitten	Zitten op een bankje in een park of langs het water

Tabel 3: Activiteiten volgens de NEN 8100 en voorbeelden van locaties waar deze activiteiten uitgevoerd worden.

In een windhinderonderzoek wordt berekend hoeveel uur (statistisch gezien) per jaar verwacht kan worden dat de windsnelheid groter is dan de grenswaarde van 5 m/s. Dit wordt uitgedrukt in een percentage. Aan de hand van dit percentage en de activiteit wordt in de NEN 8100 een waardering aan het windklimaat gegeven, zie Tabel 1.

Dit betekent bijvoorbeeld dat:

Als uit de berekening komt dat de windsnelheid statistisch gezien 600 uur per jaar groter is dan 5 m/s, ofwel 7% van het jaar, geldt kwaliteitsklasse C (zie Tabel 1). Kwaliteitsklasse C is een goed klimaat voor de activiteit doorlopen, een matig klimaat voor slenteren en een slecht klimaat voor langdurig zitten. Stel dat deze kwaliteitsklasse berekend is voor een winkelstraat, dan is de te verwachten activiteit hier slenteren en geldt er dus een matig windklimaat. Het is goed dat men zich realiseert dat een percentage van 7% overschrijding ook betekent dat de windsnelheid 93% van het jaar, ofwel 8160 uur per jaar, lager is dan 5 m/s. Het grootste deel van het jaar wordt er dus geen windhinder ondervonden.

Opmerking: Een hoger percentage in Tabel 1 betekent niet per definitie dat het harder waait, maar dat het vaker voorkomt dat het harder waait dan 5 m/s. Dit betekent in een zeer theoretisch geval dat het ergens kwaliteitsklasse E kan zijn (meer dan 20% van het jaar een hogere snelheid dan 5 m/s) terwijl het er nooit harder waait dan bijvoorbeeld 5,1 m/s.

4 Uitgangspunten

4.1 Geometrie

Het bestuurscentrum van de Rabobank is een kantorencomplex nabij het centraal station van Utrecht. Het complex bestaat uit meerdere gebouwen met als meest in het oog springende de twee hoge met elkaar verbonden torens van circa 105 m.

Het deel dat wordt herontwikkeld, het Matsertterrein, bevindt zich aan de zuidkant van het verlengde van de van Zijstweg en zal bestaan uit kantoren en woningen met centraal gelegen twee verhoogde loopgebieden.

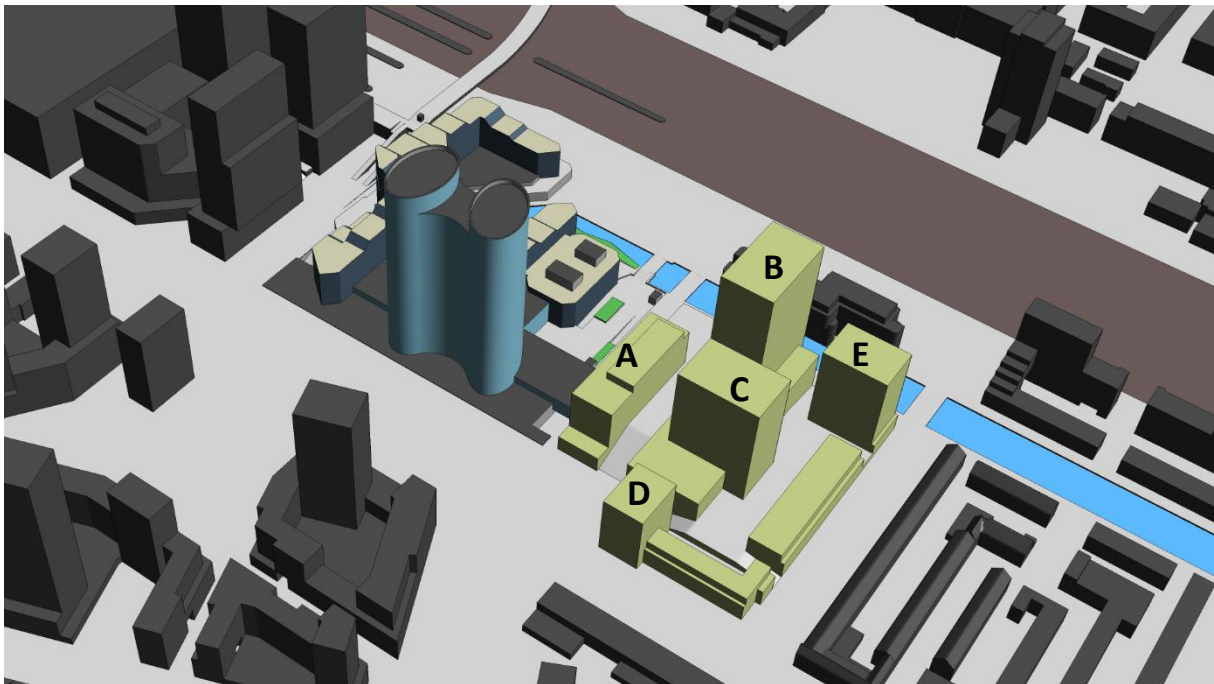
Het 3D CFD model van het onderzoek met referentie: *51020958e000.pdf* is gebruikt als uitgangspunt en aangepast op basis van de aangeleverde 3D modellen, weergegeven in Tabel 4. Naast het aangepaste Matsertterrein is ook de nabij gelegen ontwikkeling 'Kruisvaartkade' toegevoegd aan het CFD model. De omgeving gereconstrueerd aan de hand van het actueel Hoogtebestand Nederland (2) en Cadmapper (3).

3D modellen	Omschrijving	Ontvangen op
Matserterrein_TVA_Bouwkundig_KAN_R24-150woningen.ifc	3D model Matsertterrein	12-12-2024
2017-02 - 3D model Kruisvaartkade.skp	3D model Kruisvaartkade	12-12-2024

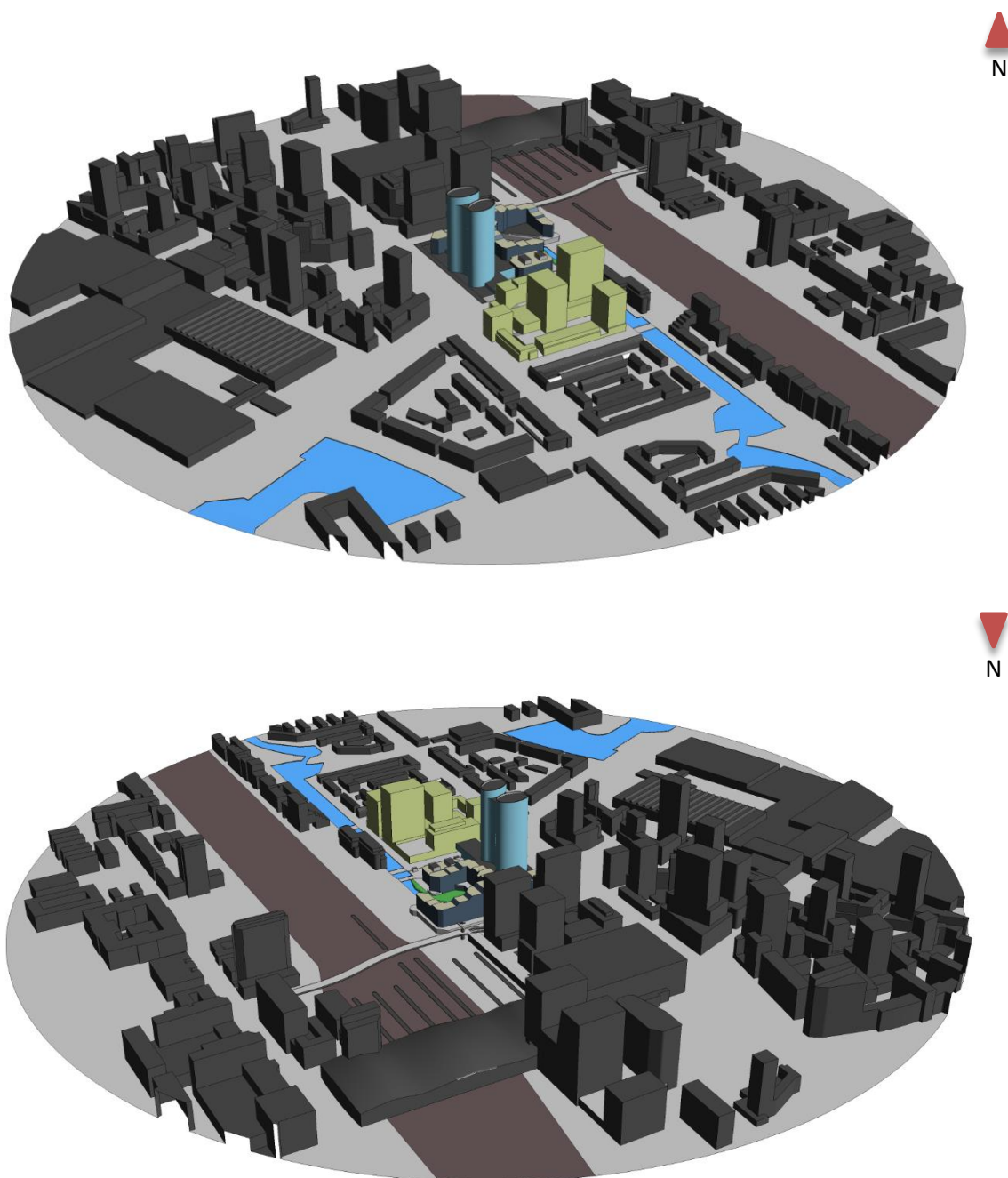
Tabel 4: Modellen/tekeningen gebruikt als basis voor het CFD model.

In Figuur 1 wordt een impressie van het 3D CFD model van het bestuurscentrum van de Rabobank weergegeven. Hierin geven de olijf gekleurde gebouwen de herontwikkeling van het bestuurscentrum aan. In het huidige plan is beoogd dat toren A en C zullen fungeren als kantoor en dat toren D en E plaats bieden voor woningen. Vooralsnog zal toren B ook gebruikt gaan worden als kantoorgebouw maar dit kan mogelijk in de toekomst nog veranderen naar functie wonen.

In Figuur 2 wordt het volledige CFD model vanuit twee perspectieven weergegeven.



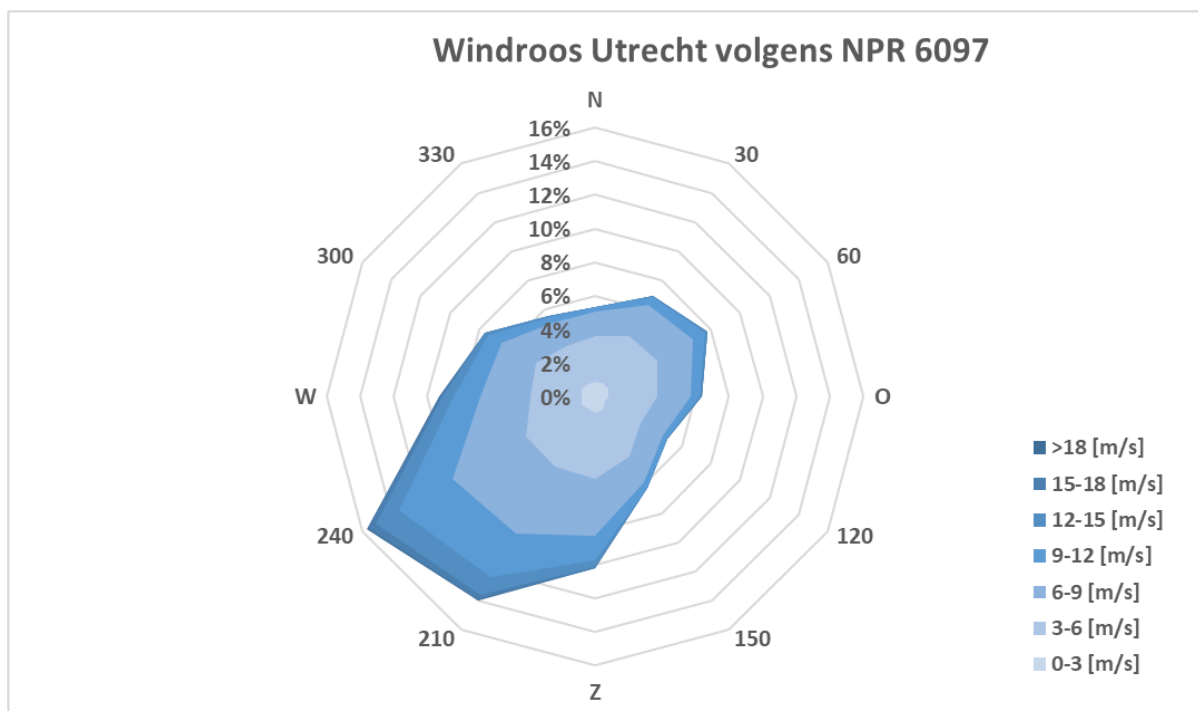
Figuur 1: 3D model van het bestuurscentrum van de Rabobank. De gebouwen gekleurd in het olijfgroen behoren tot de herontwikkeling Matsertterrein.



Figuur 2: Overzicht van het 3D CFD model. De gebouwen gekleurd in het olijfgroen behoren tot de herontwikkeling Matsertterrein.

4.2 Windklimaat

Het windklimaat is gebaseerd op de Nederlandse praktijkrichtlijn (NPR) 6097. Deze richtlijn omschrijft de toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland over de jaren 1963 – 2002. Het percentage dat een windrichting per jaar voorkomt staat weergegeven in de windroos in Figuur 3. De simulaties zijn voor 12 windrichtingen uitgevoerd.



Figuur 3: Windroos Utrecht, volgens NPR 6097.

Het aantal uren wind per windrichting en de windsnelheid hebben effect op het windklimaat. Middels de in de CFD berekende windfactor (verhouding van de lokale windsnelheid ten opzicht van een referentiewindsnelheid) wordt het lokaal aantal uren overschrijding met behulp van de windklimaat data berekend. Tabel 5 geeft de jaargemiddelde frequentie van de windsnelheid per richting over de periode 1963 – 2002.

Richting	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Snelheid [m/s]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]
0.0 – 0.9	17	18	18	18	15	20	18	15	18	17	20	18
1.0 – 1.9	58	63	61	51	45	62	67	56	60	54	62	57
2.0 – 2.9	79	84	86	75	69	91	104	91	90	75	85	74
3.0 – 3.9	84	106	99	90	76	98	121	119	113	93	96	79
4.0 – 4.9	76	96	114	93	74	93	122	141	136	102	93	74
5.0 – 5.9	62	85	97	79	59	72	115	145	153	99	83	63
6.0 – 6.9	42	65	69	55	41	45	97	135	151	86	69	46
7.0 – 7.9	24	38	51	41	29	33	81	125	142	77	55	32
8.0 – 8.9	13	25	37	26	18	20	60	106	126	60	39	20
9.0 – 9.9	6	14	21	14	7	11	42	89	109	46	26	13
10.0 – 10.9	3	7	14	8	3	5	29	67	85	32	16	6
11.0 – 11.9	2	3	8	5	1	2	18	50	60	26	11	4
12.0 – 12.9	1	2	3	2	0	1	10	34	51	17	6	2
13.0 – 13.9	0	1	1	1	0	1	6	22	31	12	3	1
14.0 – 14.9	0	0	0	0	0	0	3	14	21	8	2	0
15.0 – 15.9	0	0	0	0	0	0	1	8	14	5	1	0
16.0 – 16.9	0	0	0	0	0	0	1	4	8	3	1	0
17.0 – 17.9	0	0	0	0	0	0	1	2	5	2	0	0
18.0 – 18.9	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0
19.0 – 19.9	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0
20.0 – 20.9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
21.0 – 21.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 5: Overzicht van de jaargemiddelde frequentie van de windsnelheid per richting bij het bestuurscentrum van de Rabobank volgens de NPR 6097.

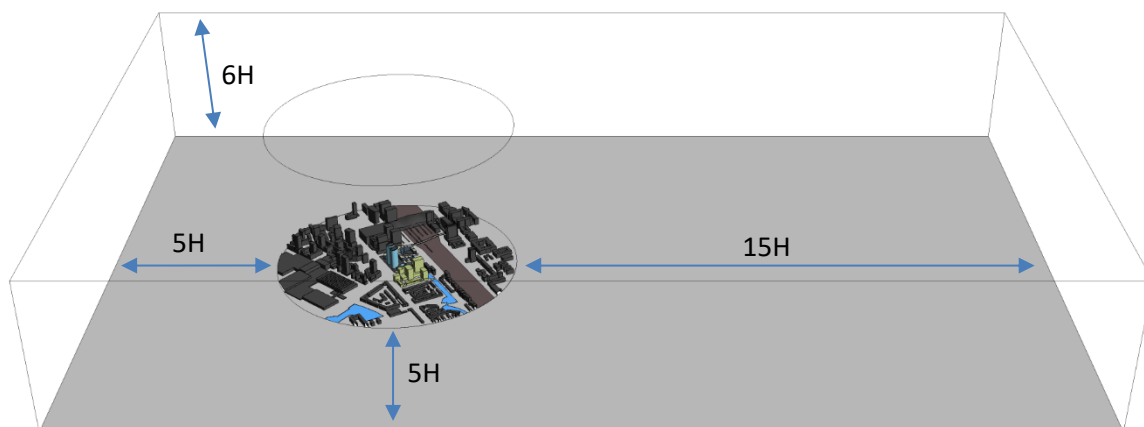
4.3 Windprofiel

De windsnelheid is afhankelijk van de hoogte boven het maaiveld. Ter hoogte van het maaiveld is de windsnelheid lager door de invloed van bebouwing en begroeiing. De mate van invloed wordt beschreven door de ruwheidslengte (4). De ruwheidslengte voor het gebied rondom het bestuurscentrum van de Rabobank is vastgesteld aan de hand van de NPR 6097 (Bron (5))¹ op 1,6 m (stedelijk gebied). Het windprofiel dat behoort bij een ruwheidslengte van 1,6 m is opgegeven aan alle buitengrenzen van het CFD model.

Rondom de gemodelleerde bebouwing is een winddomein geplaatst. Aan de randen van dit winddomein wordt het windprofiel opgegeven. In het winddomein wordt het windprofiel behouden door volumetrische bronnen van momentum en turbulentie, afgestemd op de betreffende ruwheidslengte.

Door de buitengrenzen van het CFD model op afstand van het gebied van interesse te plaatsen wordt een zo realistisch mogelijke windstroom in de stad berekend. De afmetingen van het winddomein worden bepaald op basis van de hoogte (H) van het hoogste gebouw. De randen van het winddomein bevinden zich ten minste op 5H vanaf de rand van het gemodelleerde gebied. De totale hoogte van het domein is 6H. Het effect van de buitengrens van het CFD model is stroomafwaarts van grotere invloed en is daarom op 15H geplaatst. Door bovenstaande methodiek ontstaat een realistische windstroom in het gebied van interesse.

Het winddomein om het gemodelleerde gebied heen is weergegeven in Figuur 4 en kan worden gezien als een digitale windtunnel.



Figuur 4: Winddomein om het gemodelleerde gebied heen, ten behoeve van het windprofiel (digitale windtunnel).

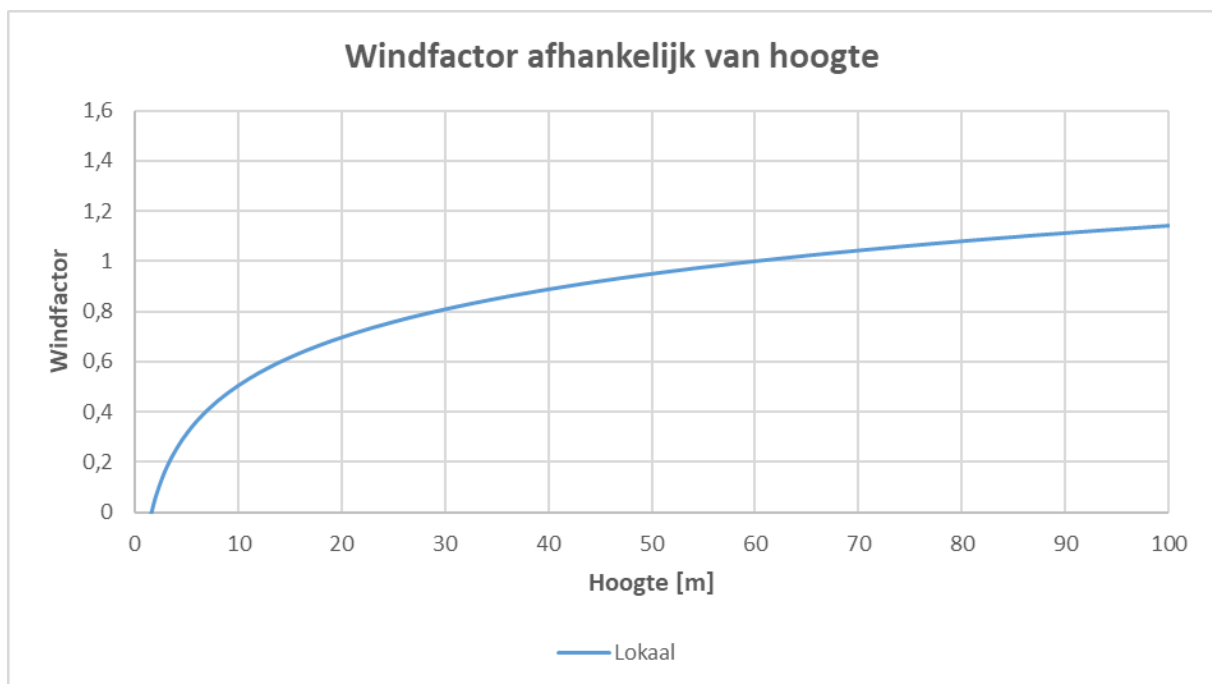
¹ Deze norm geeft een rekenmethodiek voor de bepaling van het lokale windklimaat op 60 m hoogte voor elke gewenste situatie in Nederland en is bedoeld te worden toegepast bij bouwplannen zoals hoogbouw en andere architectonische en stedenbouwkundige omgevingen. Deze norm kan worden gebruikt bij een toetsing van bouwplannen op windhinder en windgevaar.

Aan de hand van de referentiewindsnelheid, referentiehoogte en ruwheidlengte kan het windprofiel worden opgesteld. Het windprofiel wordt berekend met onderstaande logaritmische vergelijking en staat als windfactor profiel weergegeven in Figuur 5.

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

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]



Figuur 5: Toegepast windprofiel.

4.4 CFD modellering

De simulaties zijn uitgevoerd met behulp van het software pakket ANSYS CFX versie 2024 R2.

Er zijn twee nieuwe 3D modellen gecreëerd van het gebied rondom het bestuurscentrum van de Rabobank. Vervolgens is het model opgedeeld in een grote hoeveelheid rekencellen. De standaard differentiaalvergelijkingen voor de stroming van fluïda worden voor elke cel opgelost. In Tabel 6 staan de belangrijkste toegepaste randvoorwaarden beschreven. Daarnaast is het inlegvel uit de NEN 8100 bijgevoegd in Bijlage B.

Parameter	Beschrijving
Cel type	Hybride, combinatie van hexaëders, tetraëders, piramides en prisma's
Cel grootte	Dynamisch, variërend tussen 0,025 tot 1,0 m in de omgeving (vlakken) groeiend met een factor 1,2 tot maximaal 12 m in het vrije volume
Aantal cellen	60,6 miljoen
Simulatie type	Steady state
Convergentie criteria	RMS maximaal $1 \cdot 10^{-4}$
Tijdstap	2,5 s
Aantal iteraties	1000
Fluïde	Lucht met constante eigenschappen
Turbulentie model	RANS, RNG Kappa Epsilon model
Wanden	Glad met stilstaande lucht (no slip)
Grondvlak (gemodelleerd gebied)	Ruw met stilstaande lucht (no slip) - 0.050 m op straten - 0.001 m op water
Randen winddomein	Snelheids- en turbulentieprofiel
Ruwheid winddomein	Gemodelleerd door toepassing van volumetrische bronnen voor momentum en turbulentie net boven het maaiveld

Tabel 6: CFD modellering eigenschappen.

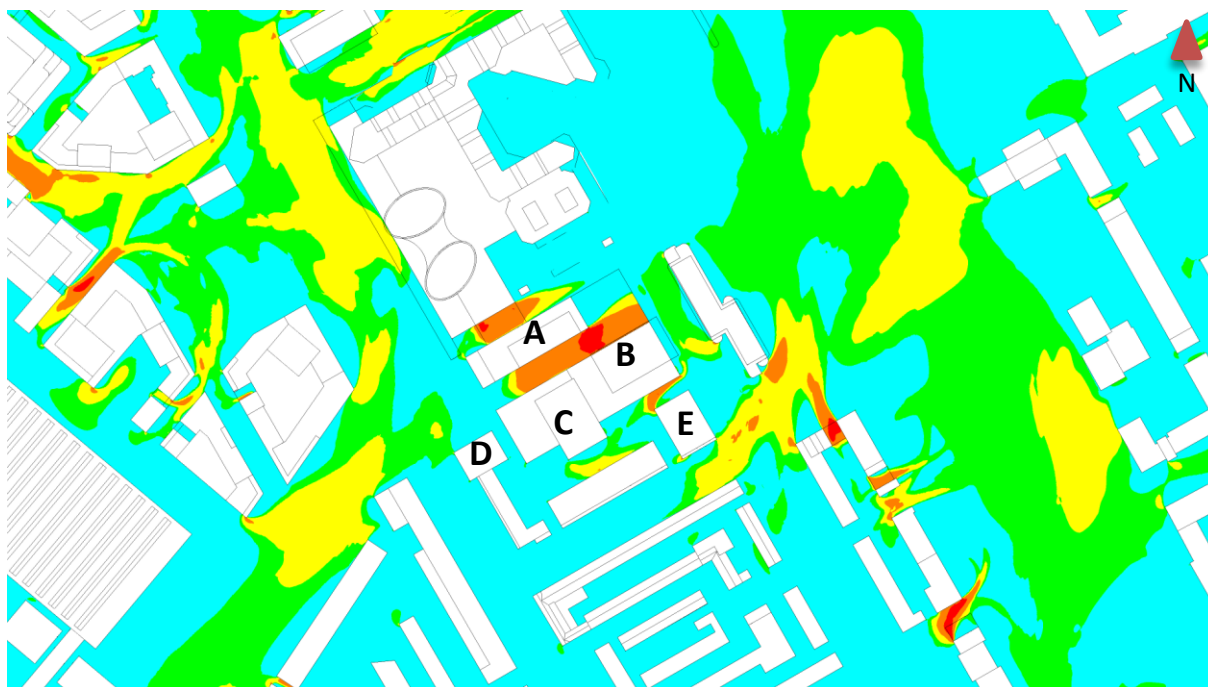
5 Resultaten

Het aantal uren overschrijding van windhinder en windgevaar is voor 12 windrichtingen berekend. Het resulterende aantal uren overschrijding is op voetgangersniveau (1,75 meter boven het grondvlak) voor alle windrichtingen gesommeerd. Met deze resultaten wordt het percentage jaarlijkse overschrijding van windhinder en windgevaar berekend. De resultaten per windrichting zijn bijgevoegd in Bijlage A.

5.1 Windhinder

In Figuur 6 wordt het percentage overschrijding van windhinder op jaarbasis weergegeven volgens de kwaliteitsklassen uit de NEN 8100 op 1,75 m boven de grond.

Zoals te zien op de figuren in de bijlage leveren windrichting 210 en 240 de grootste bijdrage aan het aantal uren overschrijding van de drempelwaarde voor windhinder. Dit komt omdat deze windrichtingen per jaar het meest voorkomen, zoals te zien in Figuur 3.



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

Figuur 6: Kwaliteitsklasse op 1,75 meter boven straatniveau volgens de NEN 8100.

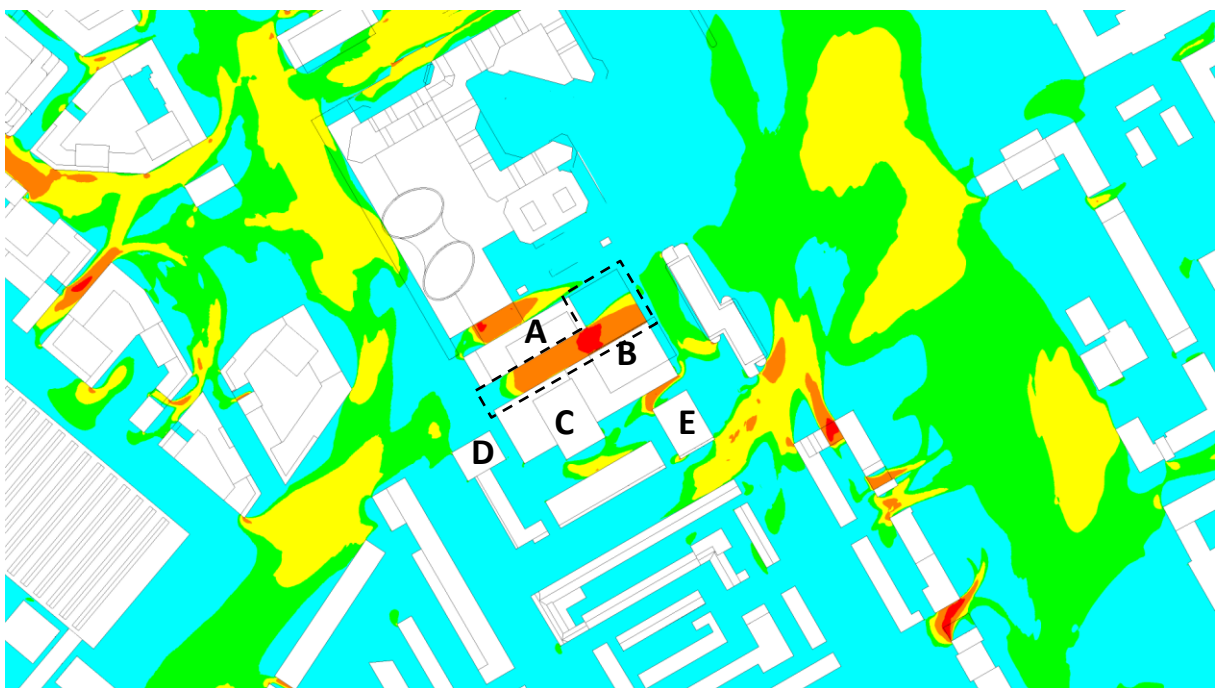
5.1.1 Verhoogd gebied Noord (Promenade)

Het verhoogde loopgebied aan de noord kant van het nieuwe deel (ten midden van gebouw A, B en C) fungeert voornamelijk als doorloopgebied met uitzondering van het meest noordelijke deel van dit gebied. Bij het noordelijkste deel zijn er plannen om gelegenheden te bieden voor langdurig zitten.

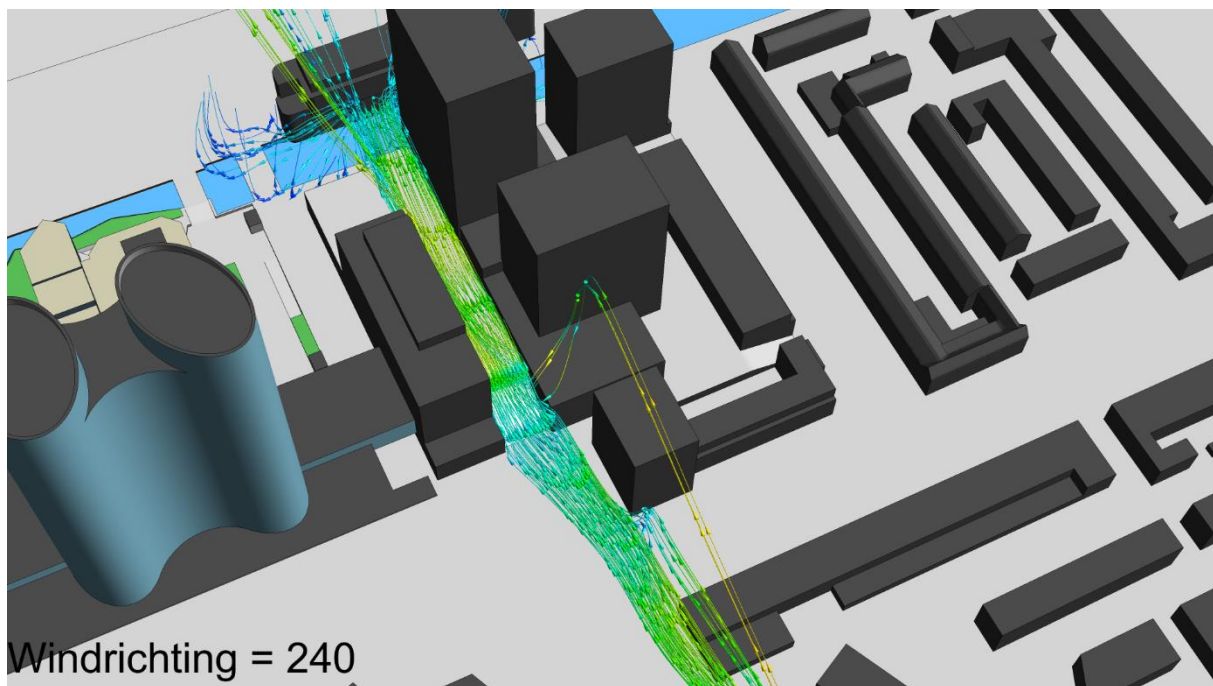
Zoals te zien op de figuur hieronder zijn er twee gebieden met voornamelijk kwaliteitsklasse A, een goed windklimaat voor alle activiteiten. Deze gebieden zijn het meest noordelijke deel, bedoeld voor langdurig zitten, en het meest zuidwestelijke deel.

Tussen deze twee gebieden ligt een gebied met voornamelijk kwaliteitsklasse D, een matig windklimaat voor de activiteit doorlopen. Binnen dit gebied is ook bij een klein deel kwaliteitsklasse E waarneembaar, een slecht windklimaat voor alle activiteiten.

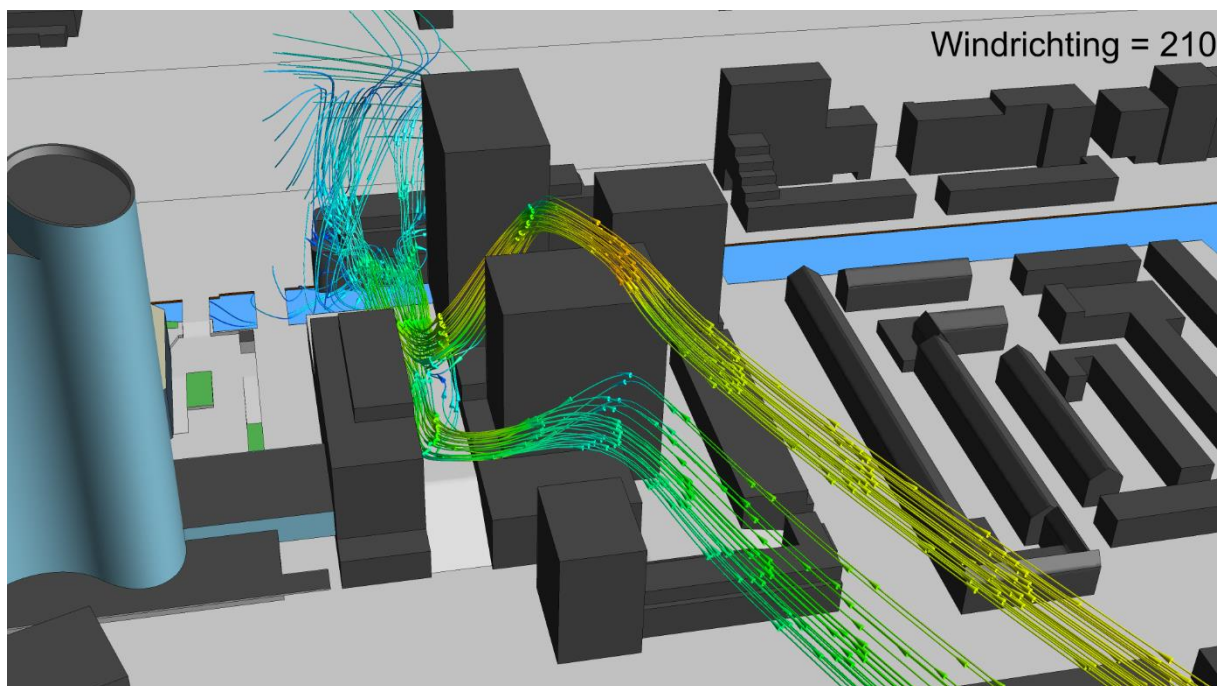
De lage kwaliteitsklasse komt door wind vanuit de veelvoorkomende zuidwestelijke windrichtingen, 210 en 240. Bij wind vanuit deze windrichtingen fungeert de promenade als nauwe doorgang voor de wind tussen de hoge gebouwen A, B en C waardoor deze versnelt, zoals in Figuur 8 te zien is voor windrichting 240. Tevens ontstaat er bij windrichting 210 een valwind die rond de hoek van gebouw B versnelt over de promenade, zoals weergegeven in Figuur 9.



Figuur 7: Kwaliteitsklasse op 1,75 meter boven straatniveau volgens de NEN 8100.



Figuur 8: Versnellingen die optreden bij de promenade bij wind vanuit windrichting 240. Een geel/oranje kleur geeft een relatief hoge snelheid aan, een blauwe kleur een langzame snelheid.



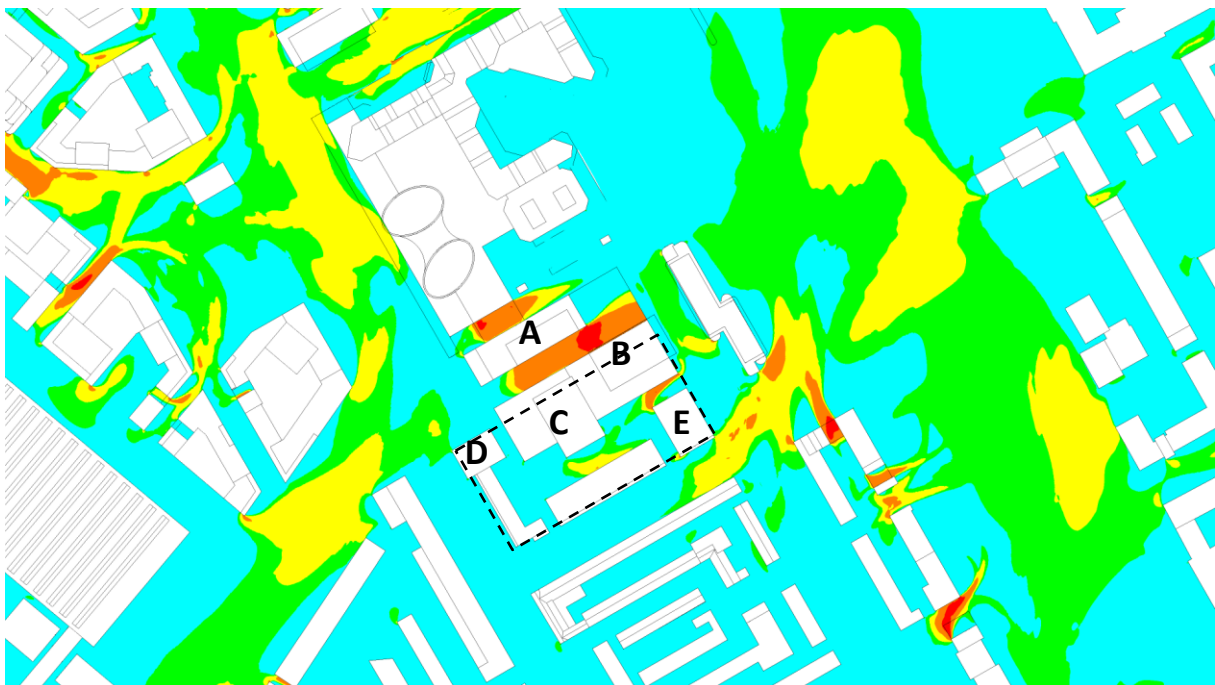
Figuur 9: Versnellingen die optreden bij de promenade bij wind vanuit windrichting 210. Een geel/oranje kleur geeft een relatief hoge snelheid aan, een blauwe kleur een langzame snelheid.

5.1.2 Verhoogd gebied Zuid (Binnentuin)

Het verhoogde loopgebied aan de zuid kant van het nieuwe deel (grenzend aan gebouw C, D en E) fungeert voornamelijk als binnenplaats waar gebieden zullen worden ingericht als verblijfsgebied voor bijvoorbeeld langdurig zitten.

De resultaten laten zien dat in dit gebied voornamelijk kwaliteitsklasse A waarneembaar is, een goed windklimaat voor de activiteit langdurig zitten. Verder zijn er twee kleine gebieden te zien waar de kwaliteitsklasse lager is, namelijk kwaliteitsklasse C en D.

De gebieden met een lagere kwaliteitsklasse ontstaan door versnellingen die optreden bij wind vanuit het zuidwesten (windrichting 210 en 240). Bij deze windrichtingen zorgen toren C en E voor een versnelling van de lucht waardoor de grenswaarde van windhinder vaker wordt overschreden.

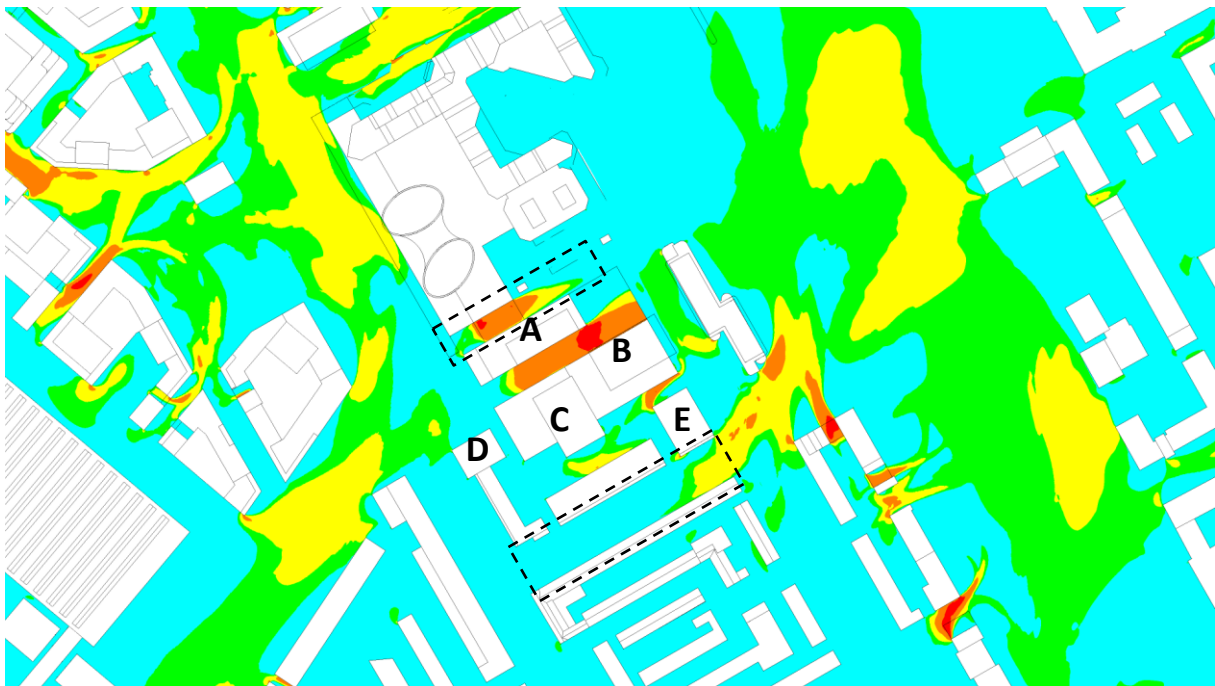


Figuur 10: Kwaliteitsklasse op 1,75 meter boven straatniveau volgens de NEN 8100.

5.1.3 Foreestraat/Asselijnstraat en toegangsweg binnenplaats

Bij de Foreestraat en de parallel gelegen Asselijnstraat wordt naar verwachting voornamelijk doorgelopen. De toegangsweg naar de binnenplaats bestaat voornamelijk uit een autoweg.

De figuur hieronder laat zien dat boven de Foreestraat/Asselijnstraat tenminste kwaliteitsklasse C of beter waarneembaar is, oftewel een goed windklimaat voor de activiteit doorlopen. Boven de autoweg is bij het overdekte deel kwaliteitsklasse D waarneembaar. Bij het niet overdekte deel is kwaliteitsklasse C of hoger te zien.



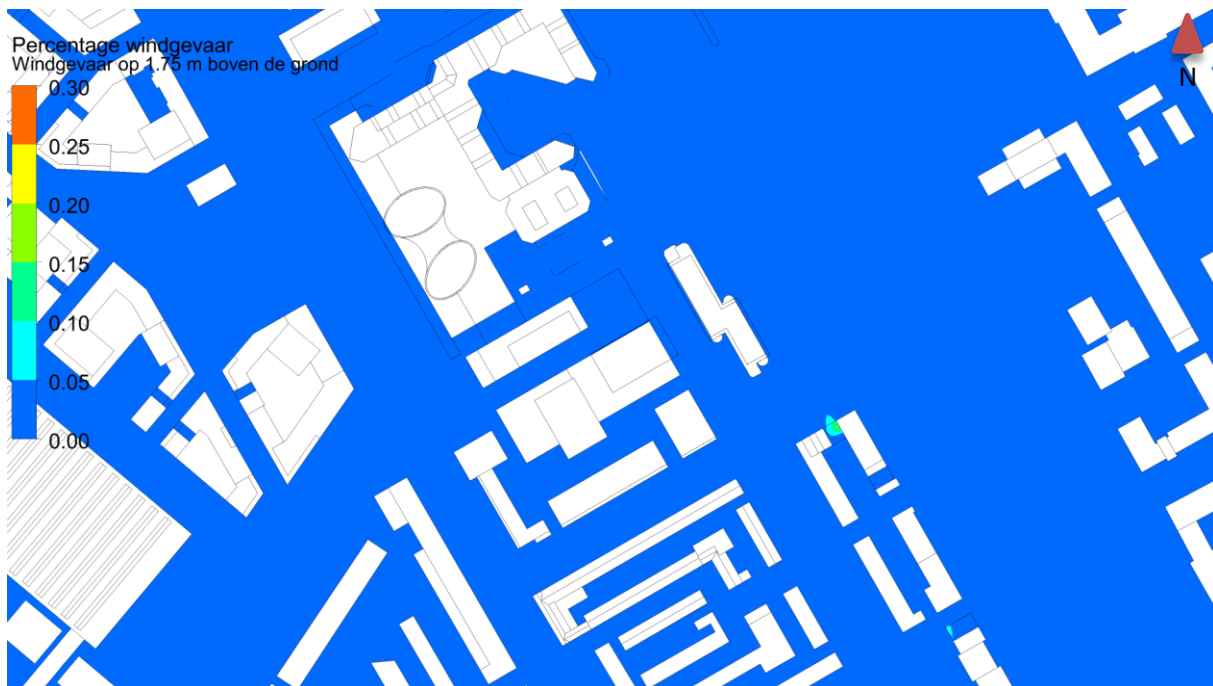
Figuur 11: Kwaliteitsklasse op 1,75 meter boven straatniveau volgens de NEN 8100.

5.2 Windgevaar

In de NEN 8100 staat dat een percentage overschrijding van 0,30% per jaar gevaarlijk is en dat publiek hier niet aan mag worden blootgesteld. Daarnaast wordt in de NEN 8100 gesteld dat situaties met een overschrijdingskans van 0,05% tot 0,30%, een beperkt risico, alleen mag worden geaccepteerd als dit binnen de activiteitenklasse doorlopen valt.

In Figuur 12 wordt het percentage overschrijding van windgevaar op 1,75 m boven het grondvlak op jaarbasis weergegeven volgens de boordeling uit de NEN 8100 voor de nieuwe situatie.

Op de figuur is te zien dat volgens de NEN 8100 op 1,75 m boven het maaiveld rondom het bestuurscentrum de grens van windgevaar nergens wordt overschreden.



Figuur 12: Percentage windgevaar per jaar op 1,75 m boven de grondvlakken.

6 Samenvatting

Nabij het centraal station van Utrecht bevindt zich aan de Croeselaan het bestuurscentrum van de Rabobank, genaamd de Verrekijker. Een deel van het Bestuurscentrum (het Matsertterrein), wordt herontwikkeld.

In 2023 en 2024 is voor verschillende conceptontwerpen een windhinderonderzoek uitgevoerd. Binnen dit onderzoek is tevens een vergelijk getrokken met de huidige situatie. De resultaten van dit onderzoek zijn terug te lezen in de rapporten met referentie: *B123053e100.pdf* en *51020958e000.pdf*.

Op verzoek van Coöperatieve Rabobank U.A. is een extra windhinderonderzoek uitgevoerd omtrent de herontwikkeling van het bestuurscentrum. Binnen dit onderzoek wordt het lokale windklimaat rond het bestuurscentrum voor een aangepast ontwerp onderzocht.

Het doel van het onderzoek is het windklimaat nabij het nieuwe deel van het bestuurscentrum van de Rabobank inzichtelijk te maken. Het lokale windklimaat wordt inzichtelijk gemaakt aan de hand van de methode omschreven in de NEN 8100.

De resultaten laten zien dat voor het verhoogd gebied Noord (promenade) er twee gebieden met kwaliteitsklasse A zijn en een gebied met kwaliteitsklasse D en E.

Voor het verhoogd gebied Zuid laten de resultaten zien dat er voornamelijk kwaliteitsklasse A waarneembaar is, een goed windklimaat voor de activiteit langdurig zitten. Verder zijn er twee kleine gebieden te zien waar de kwaliteitsklasse lager is, namelijk kwaliteitsklasse C en D.

Het windklimaat boven de Foreestraat/Asselijnstraat is tenminste kwaliteitsklasse C of beter, oftewel een goed windklimaat voor de activiteit doorlopen. Boven de toegangsweg naar de binnenplaats is bij het overdekte deel kwaliteitsklasse D waarneembaar. Bij het niet overdekte deel is kwaliteitsklasse C of hoger te zien.

7 Aanbevelingen

Op basis van de resultaten van dit onderzoek wordt de volgende aanbeveling gedaan:

- Er wordt aangeraden om het windklimaat op het verhoogde verblijfsgebied Noord (promenade) te verbeteren. Hiervoor wordt aangeraden om extra onderzoek te doen naar de effecten van luifels, windschermen of vegetatie. Ook kan onderzocht worden of de windhinder die ontstaat bij windrichting 240 verminderd kan worden door het verplaatsen van de looproute van de promenade zodat deze meer in de luwte van gebouwen komt te liggen.

Referenties

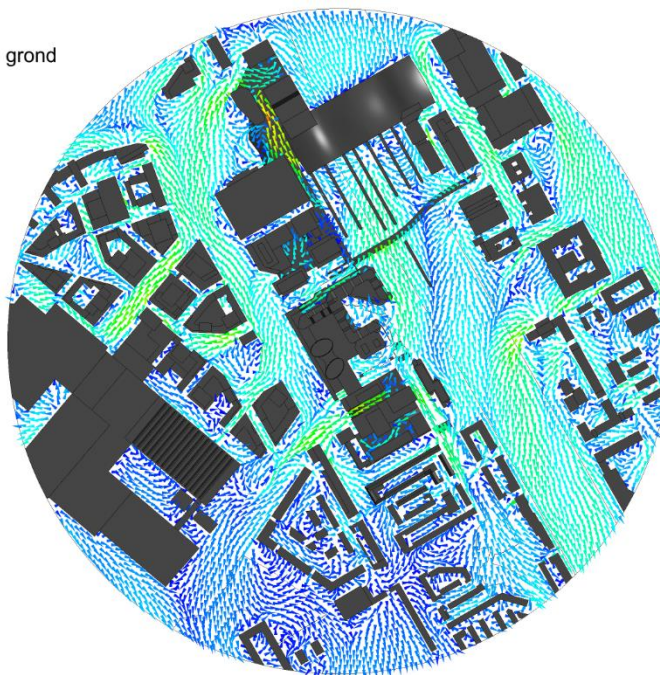
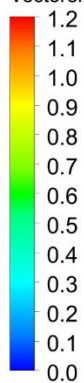
1. NEN 8100 Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving. Delft : Nederlands Normalisatie-instituut, februari 2006.
2. *Actueel Hoogtebestand Nederland*. [Online] <https://www.ahn.nl/en>.
3. Cadmapper. *Cadmapper*. [Online] Cadmapper, 2013. [Cited: November 11, 2022.] <https://cadmapper.com/>.
4. Troen, Ib and Petersen, Erik Lundtang. *Roughness Classes and Roughness Length Table in "European Wind Atlas"*. Risoe , Denmark : Risoe National Laboratory, 1991. ISBN 87-550-1482-8.
5. Nederlandse Normalisatie-instituut. *Toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland*. Delft : s.n., 2006. NPR 6097.

Bijlage A – CFD simulatieresultaten per windrichting

Op de volgende pagina's worden de CFD simulatieresultaten per windrichting weergegeven op 1,75 m boven het grondvlak. Voor iedere windrichting is het volgende weergegeven:

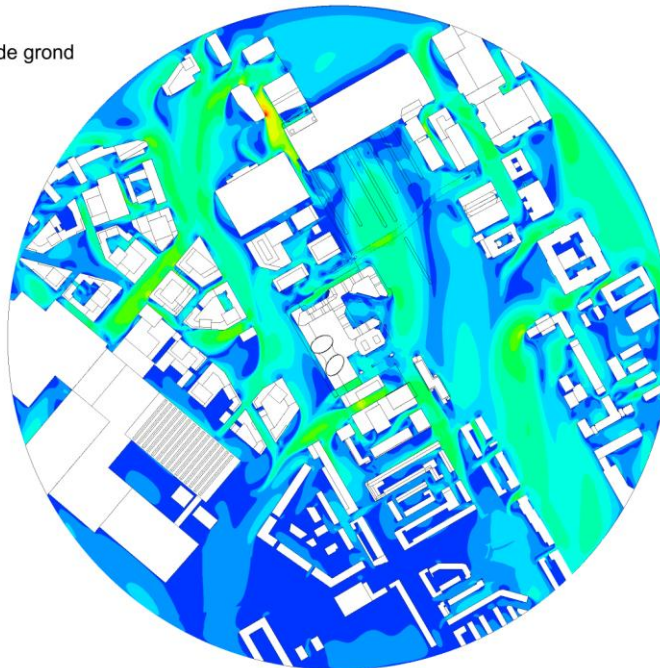
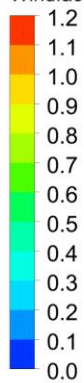
- Snelheidsvectoren gekleurd met windfactor
- Bovenaanzicht van een contour gekleurd met de windfactor
- Bovenaanzicht van een contour gekleurd met de uren windhinder per jaar
- Bovenaanzicht van een contour gekleurd met de uren windgevaar per jaar

AV WF
Vectoren op 1.75 m boven de grond

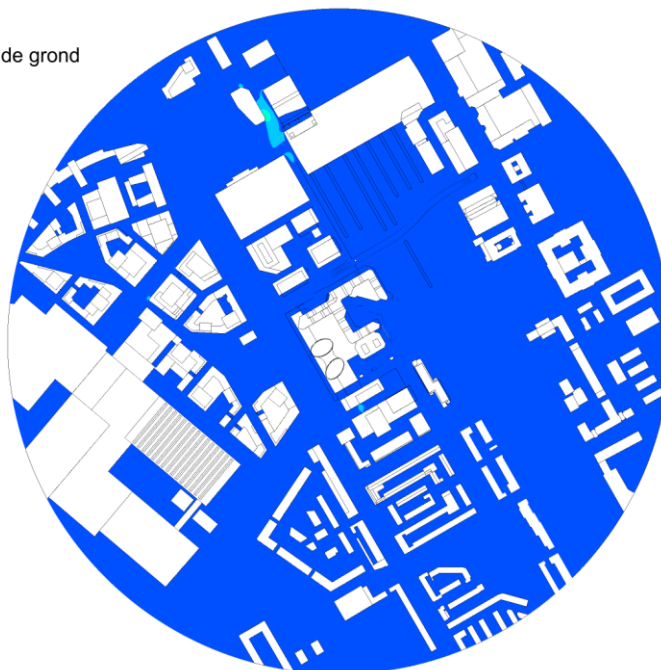
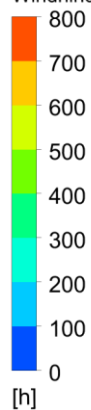


Windrichting = 0

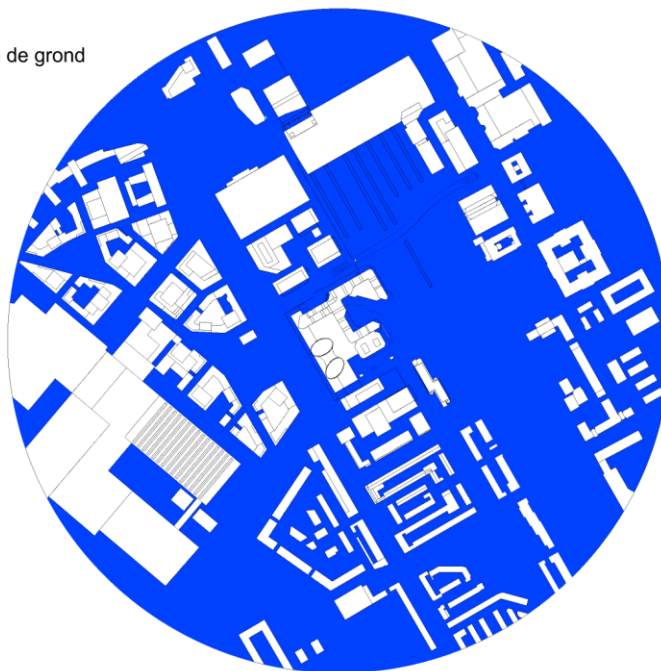
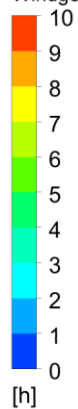
AV WF
Windfactor op 1.75 m boven de grond



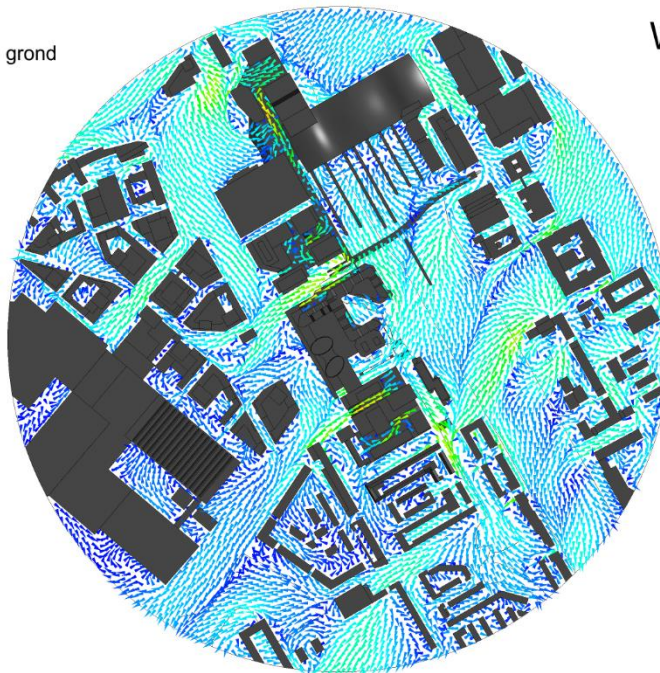
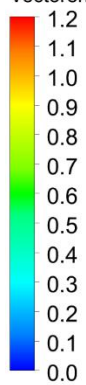
Windhinder
Windhinder op 1.75 m boven de grond



Windgevaar
Windgevaar op 1.75 m boven de grond

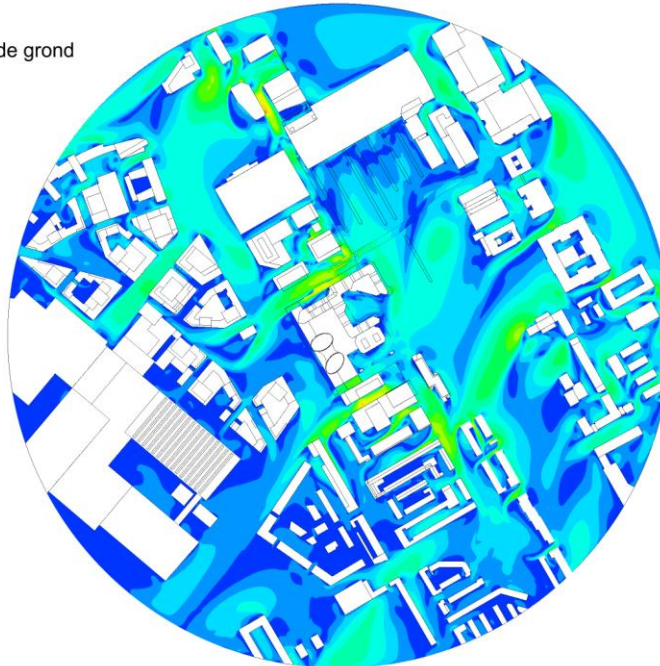
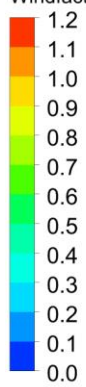


AV WF
Vectoren op 1.75 m boven de grond

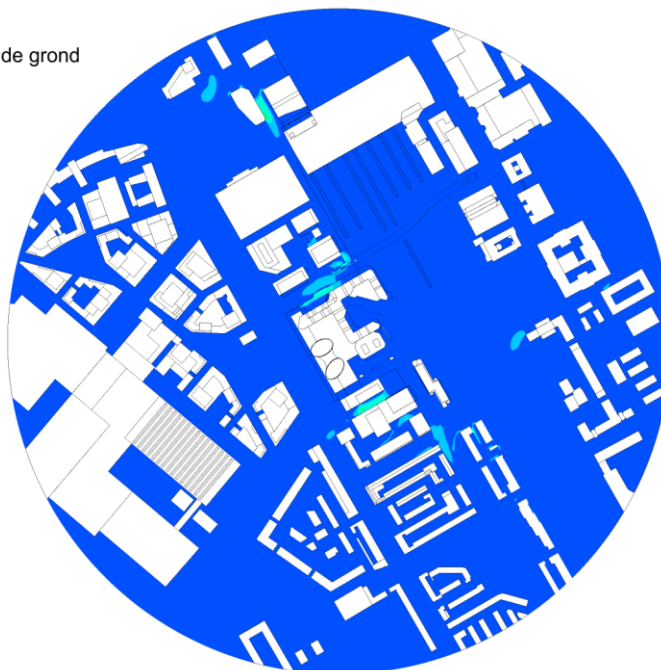
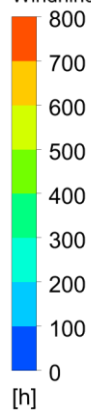


Windrichting = 30

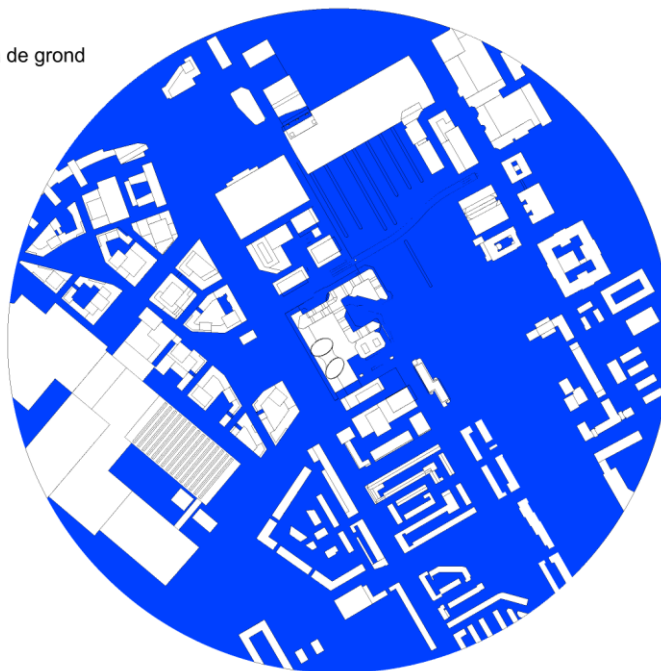
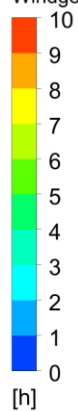
AV WF
Windfactor op 1.75 m boven de grond



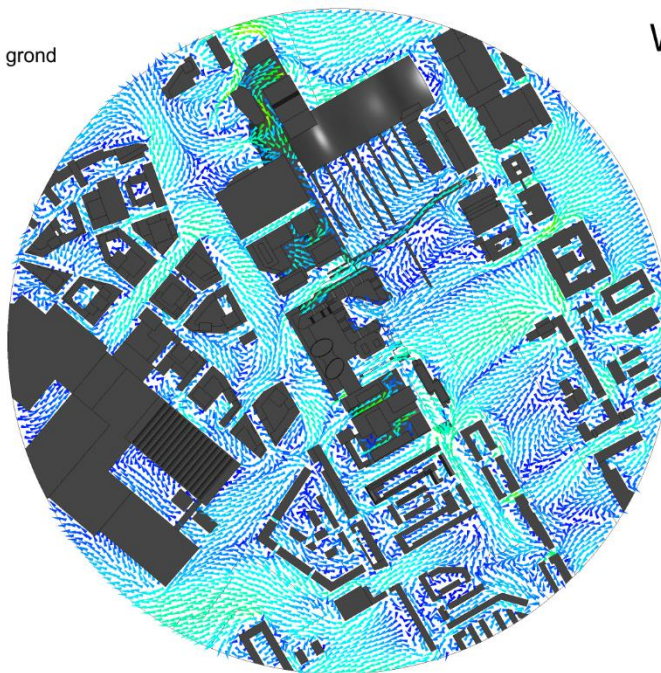
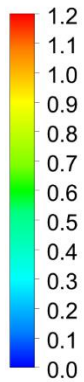
Windhinder
Windhinder op 1.75 m boven de grond



Windgevaar
Windgevaar op 1.75 m boven de grond

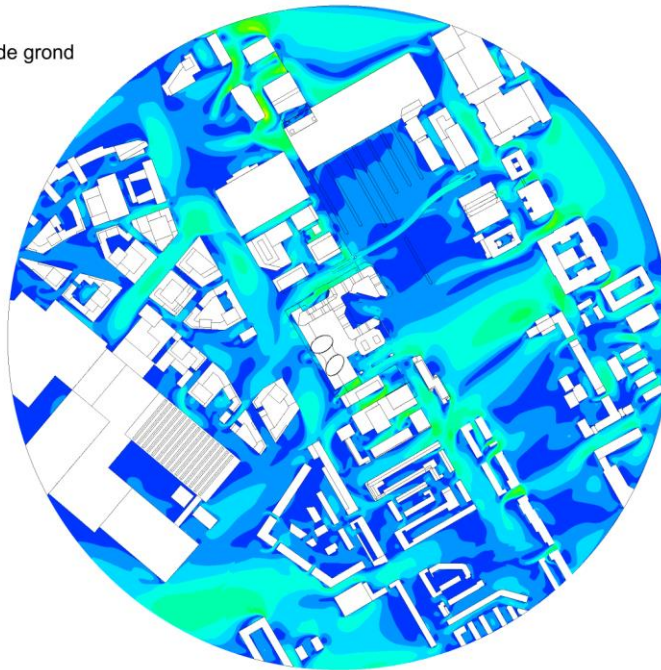
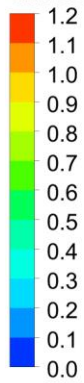


AV WF
Vectoren op 1.75 m boven de grond

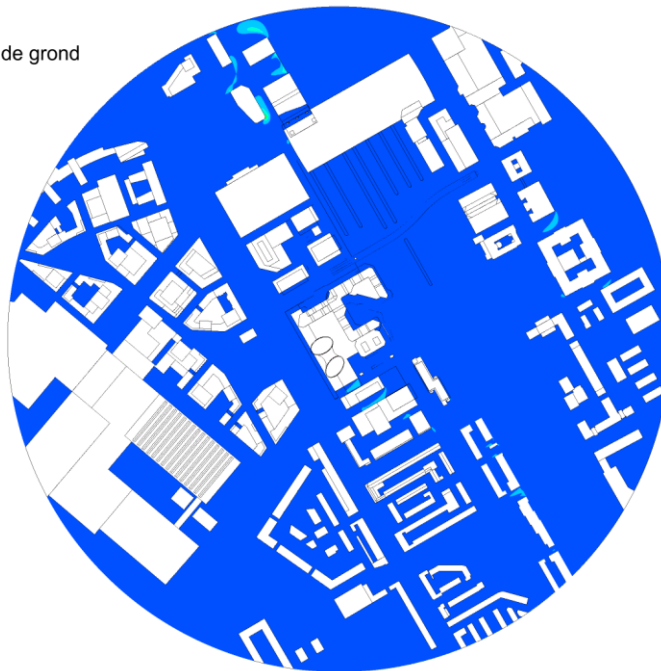
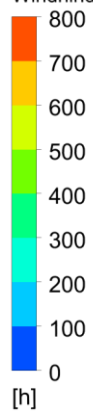


Windrichting = 60

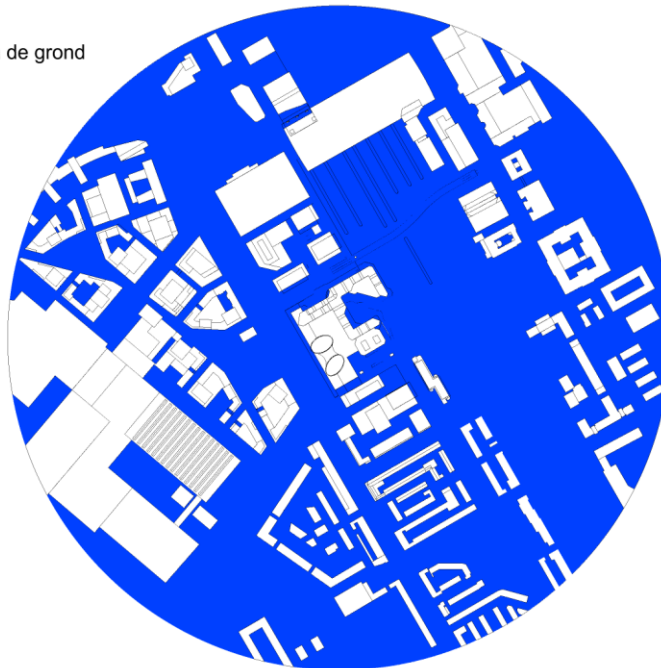
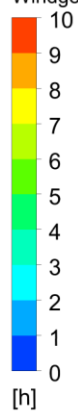
AV WF
Windfactor op 1.75 m boven de grond



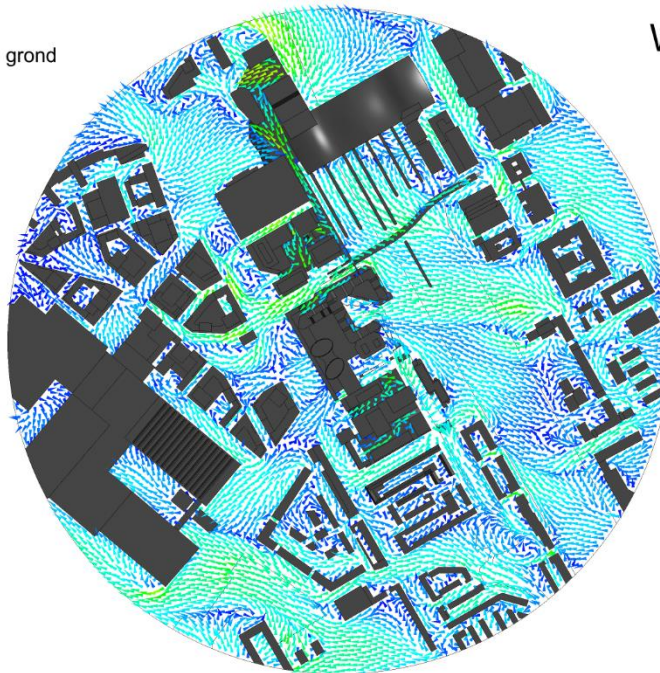
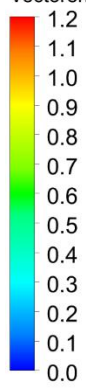
Windhinder
Windhinder op 1.75 m boven de grond



Windgevaar
Windgevaar op 1.75 m boven de grond

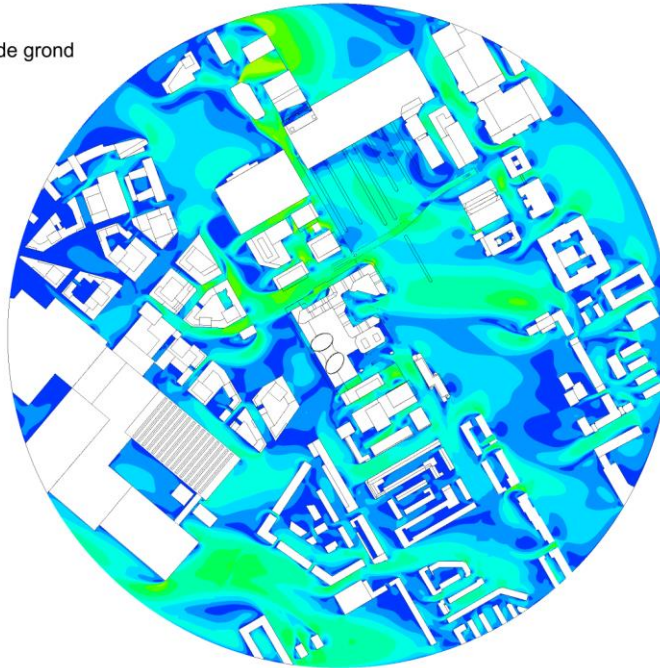
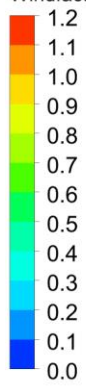


AV WF
Vectoren op 1.75 m boven de grond

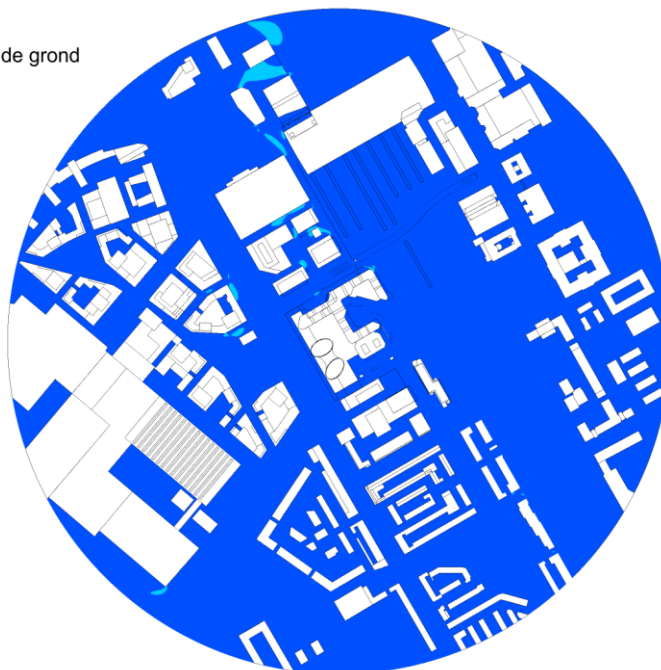
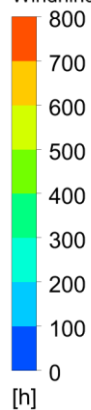


Windrichting = 90

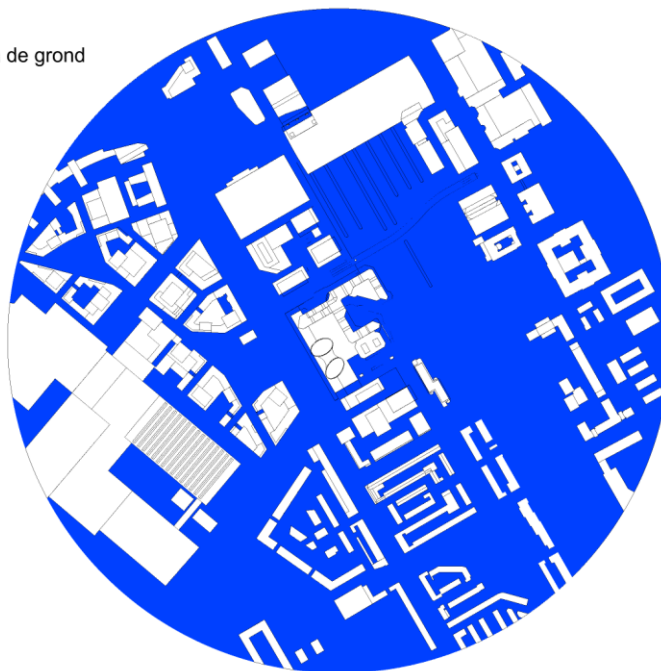
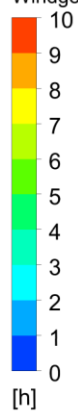
AV WF
Windfactor op 1.75 m boven de grond



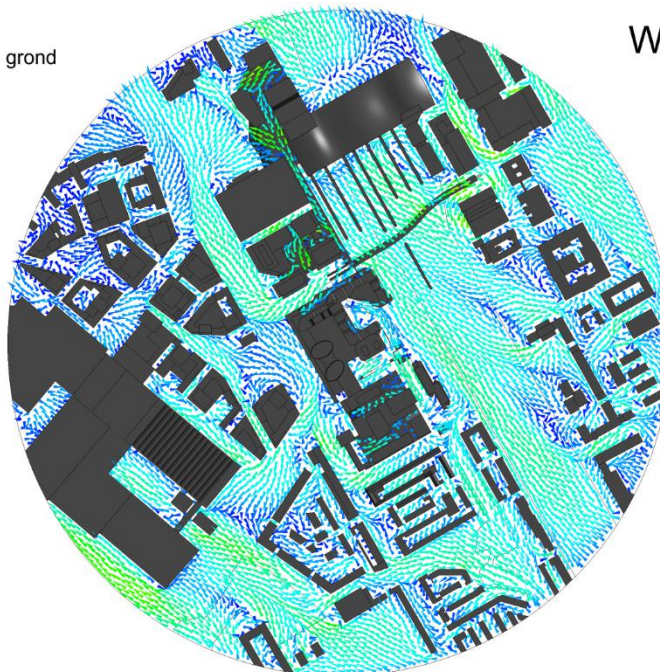
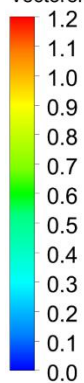
Windhinder
Windhinder op 1.75 m boven de grond



Windgevaar
Windgevaar op 1.75 m boven de grond

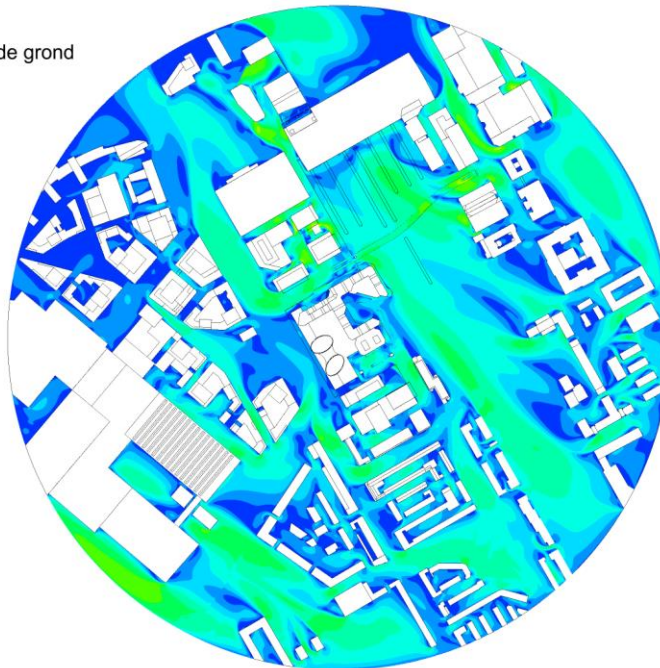
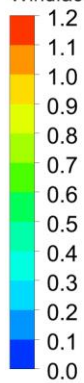


AV WF
Vectoren op 1.75 m boven de grond

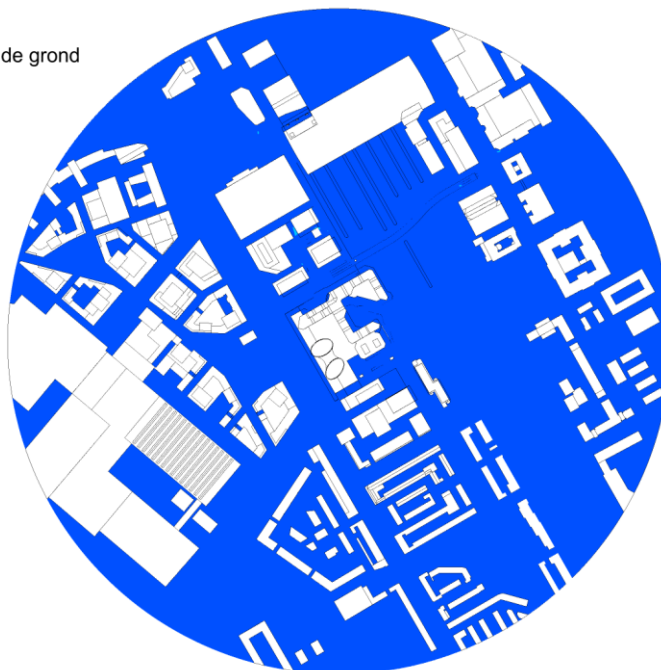
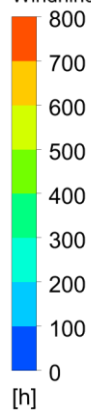


Windrichting = 120

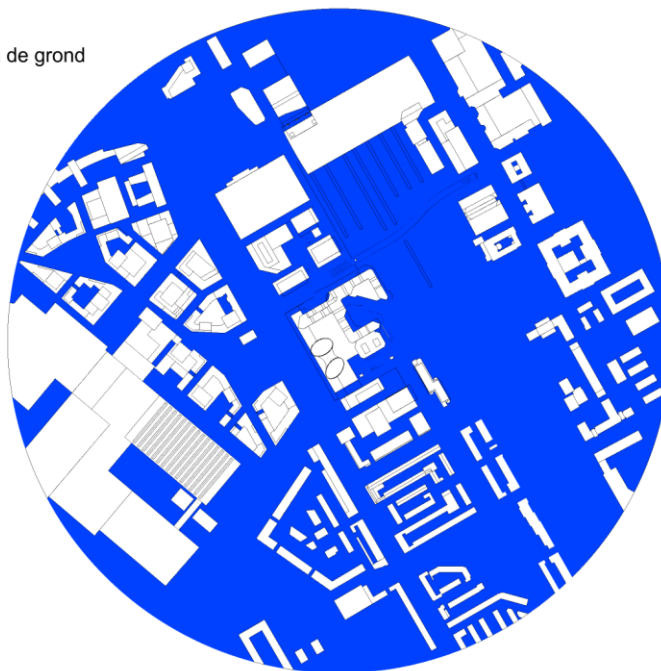
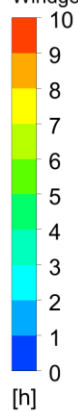
AV WF
Windfactor op 1.75 m boven de grond



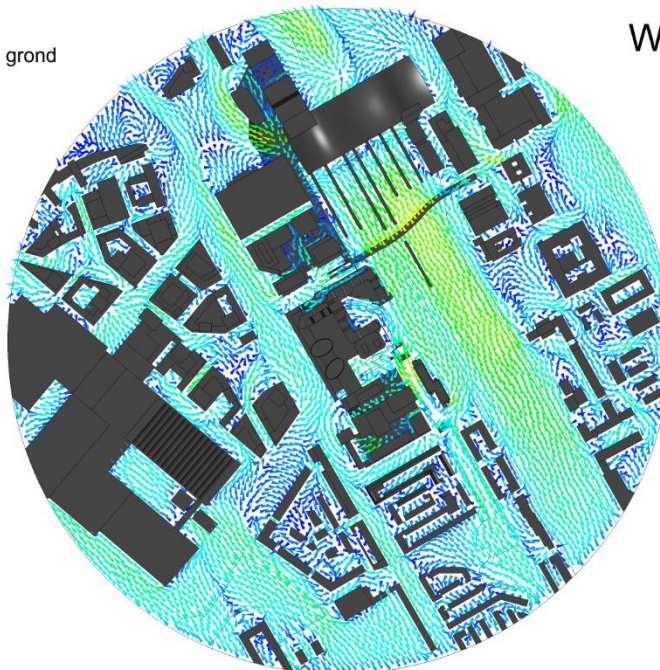
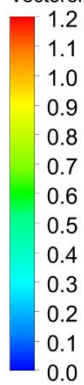
Windhinder
Windhinder op 1.75 m boven de grond



Windgevaar
Windgevaar op 1.75 m boven de grond

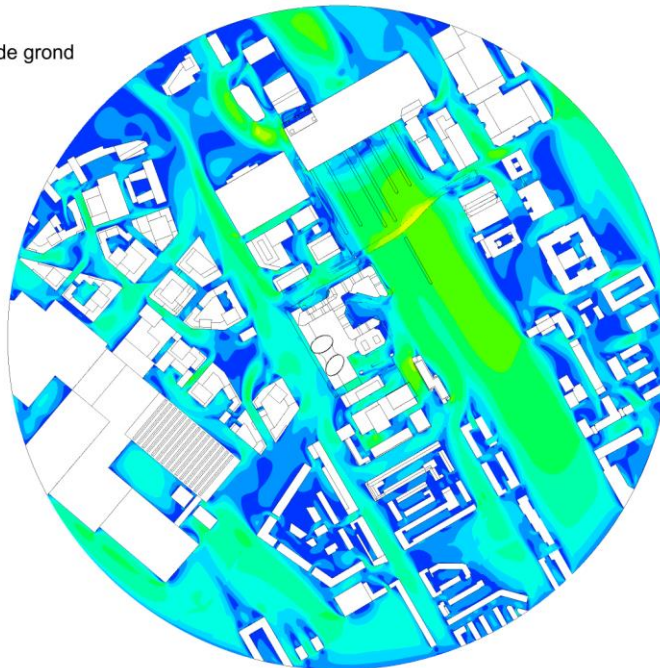
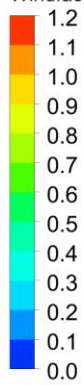


AV WF
Vectoren op 1.75 m boven de grond

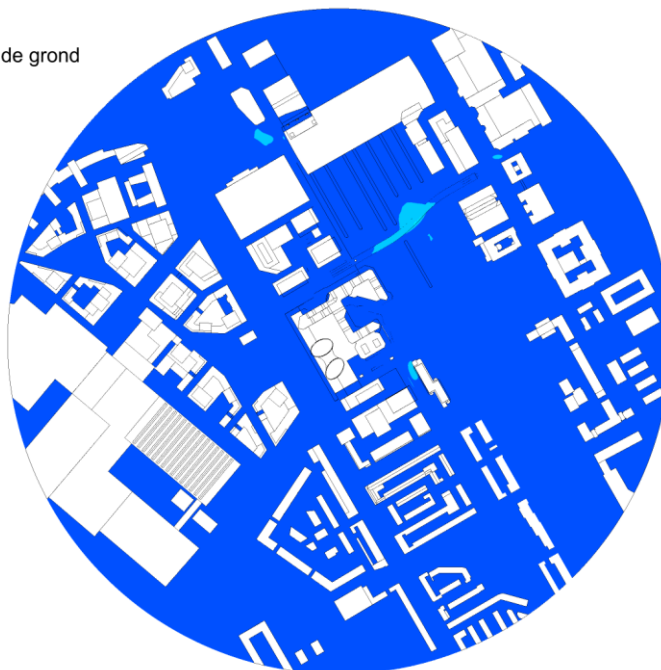
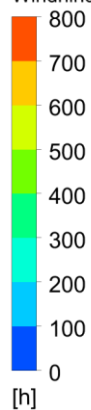


Windrichting = 150

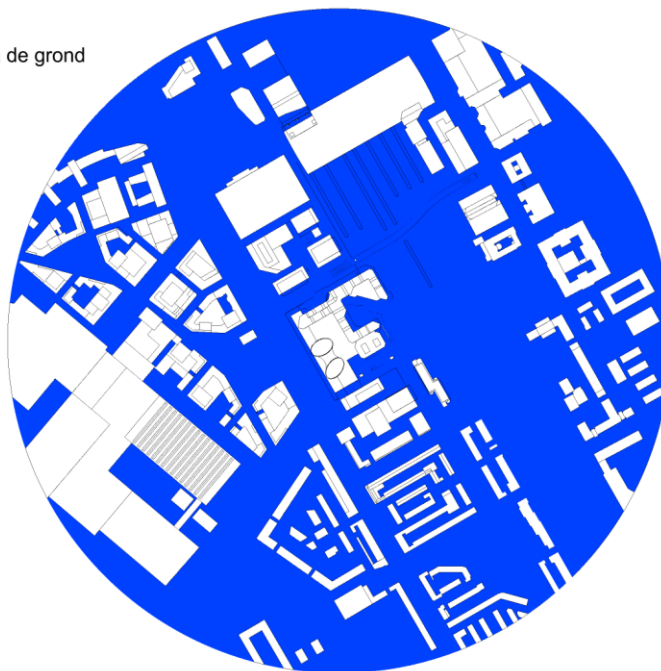
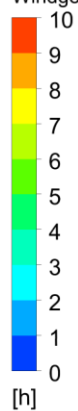
AV WF
Windfactor op 1.75 m boven de grond



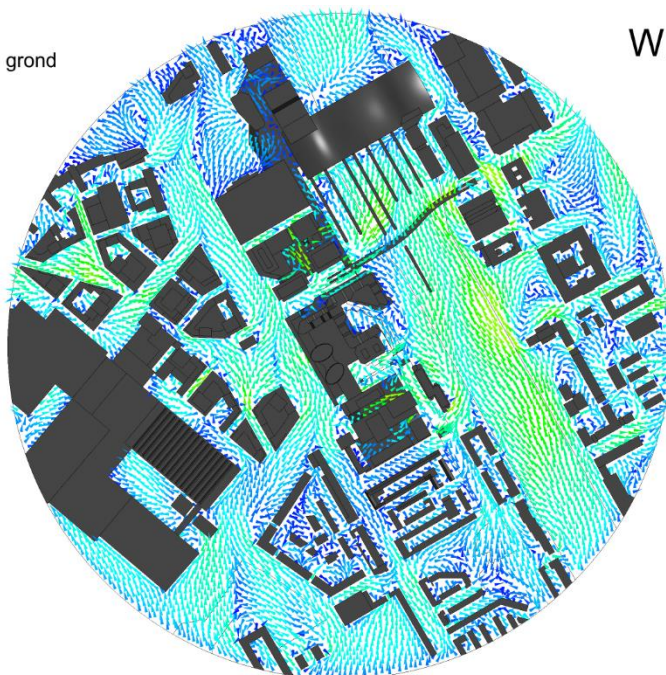
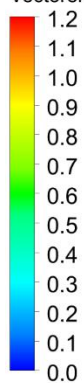
Windhinder
Windhinder op 1.75 m boven de grond



Windgevaar
Windgevaar op 1.75 m boven de grond

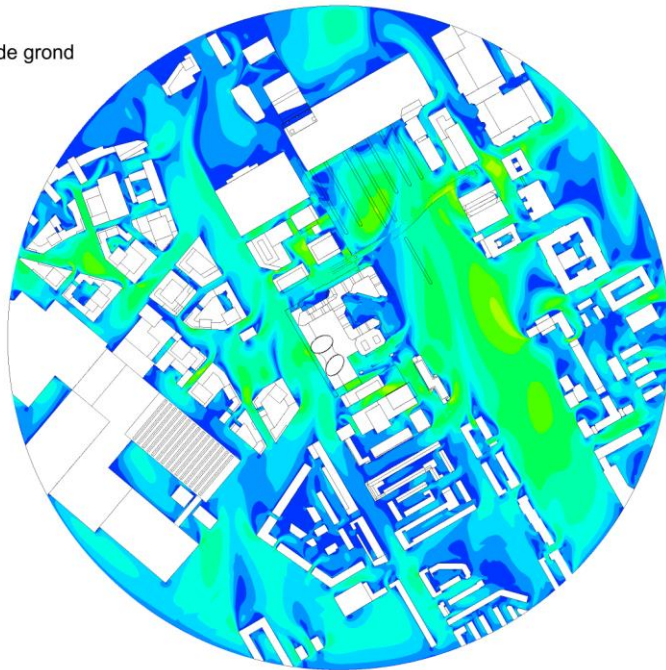
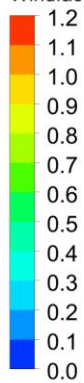


AV WF
Vectoren op 1.75 m boven de grond

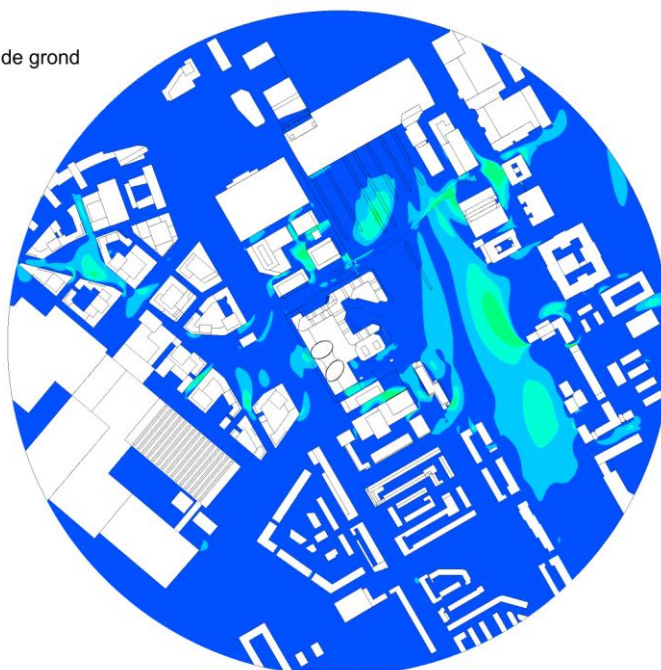
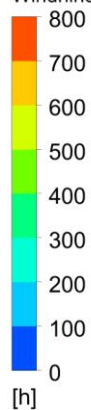


Windrichting = 180

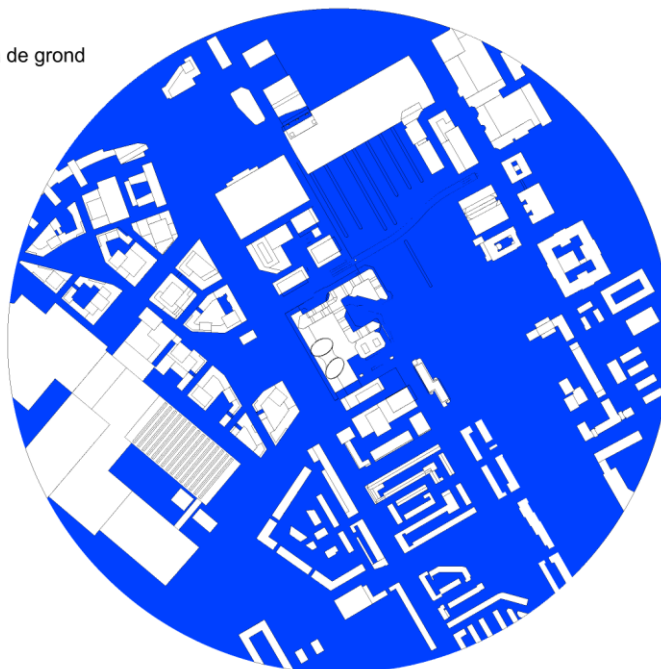
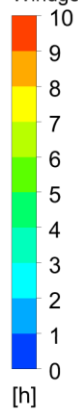
AV WF
Windfactor op 1.75 m boven de grond



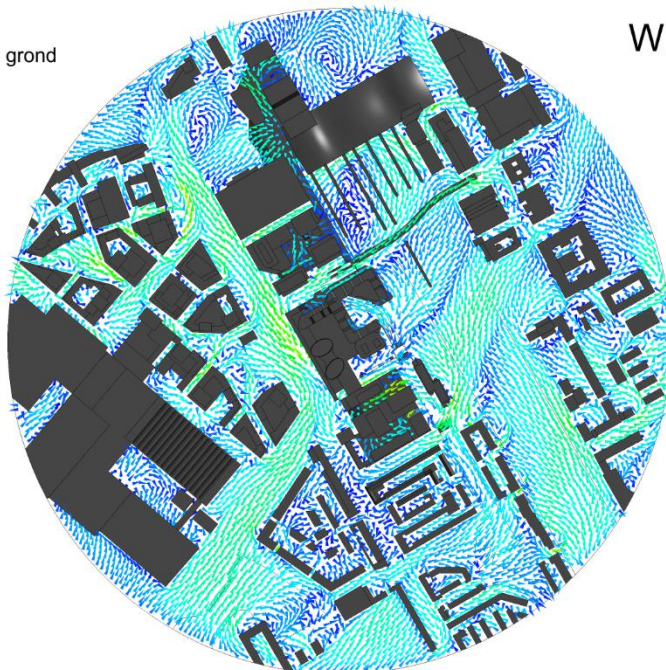
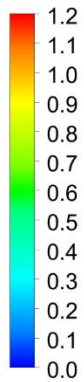
Windhinder
Windhinder op 1.75 m boven de grond



Windgevaar
Windgevaar op 1.75 m boven de grond

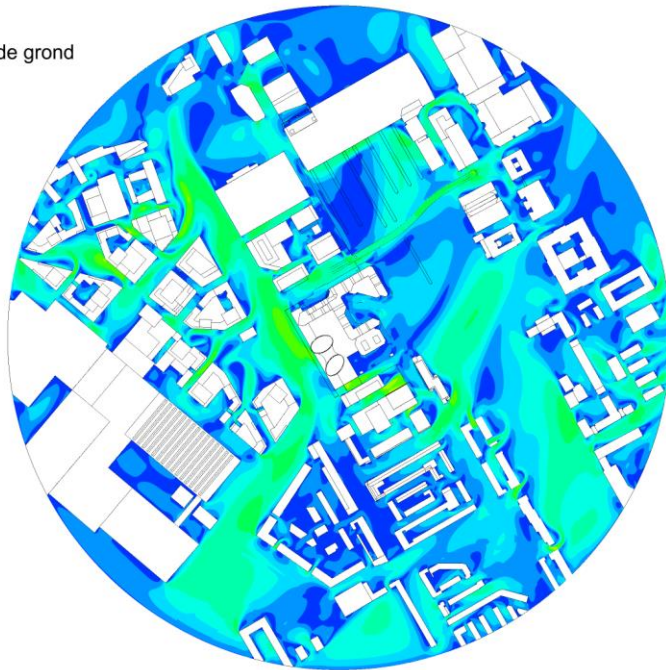
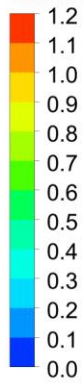


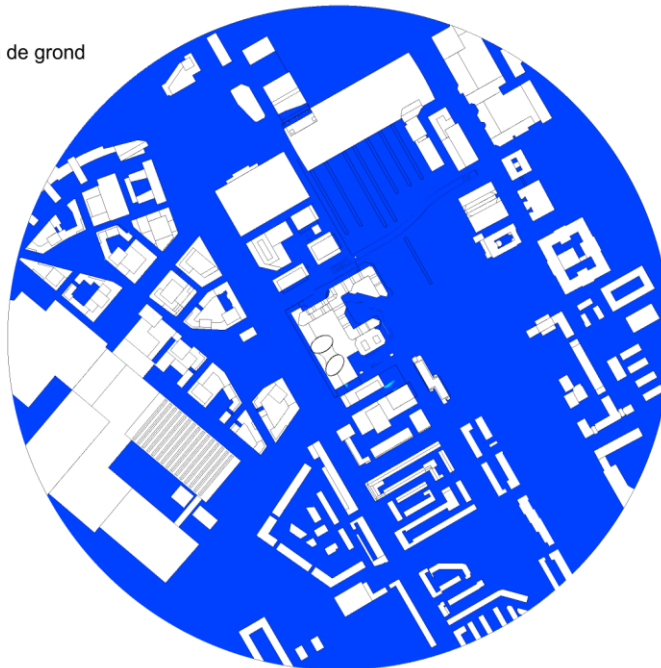
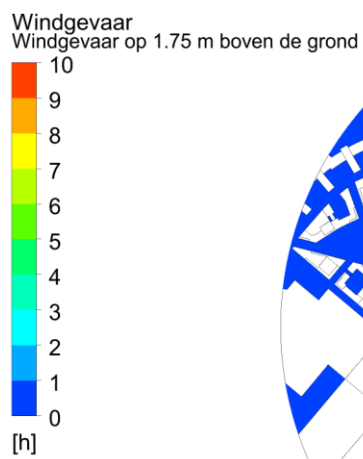
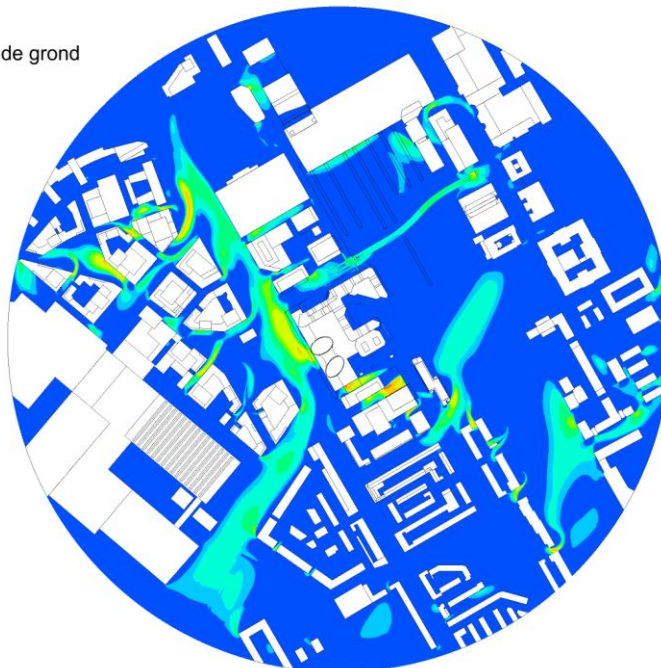
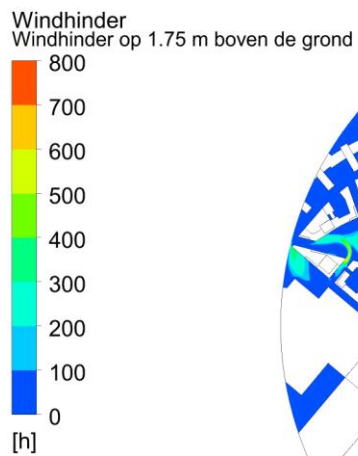
AV WF
Vectoren op 1.75 m boven de grond



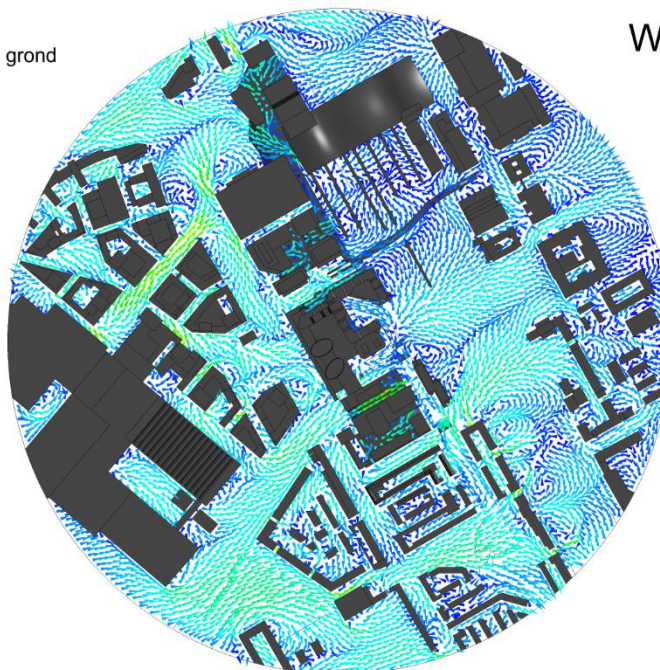
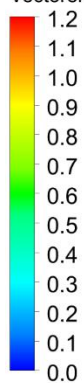
Windrichting = 210

AV WF
Windfactor op 1.75 m boven de grond



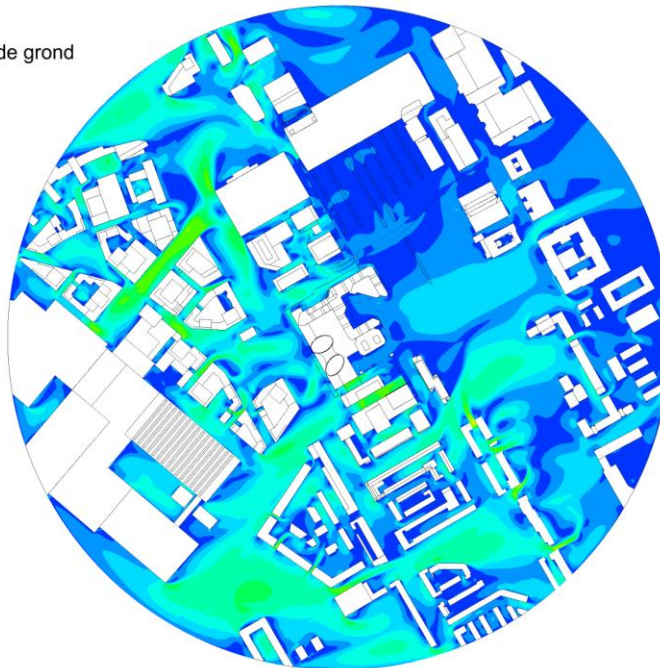
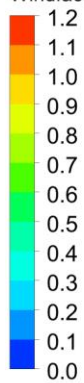


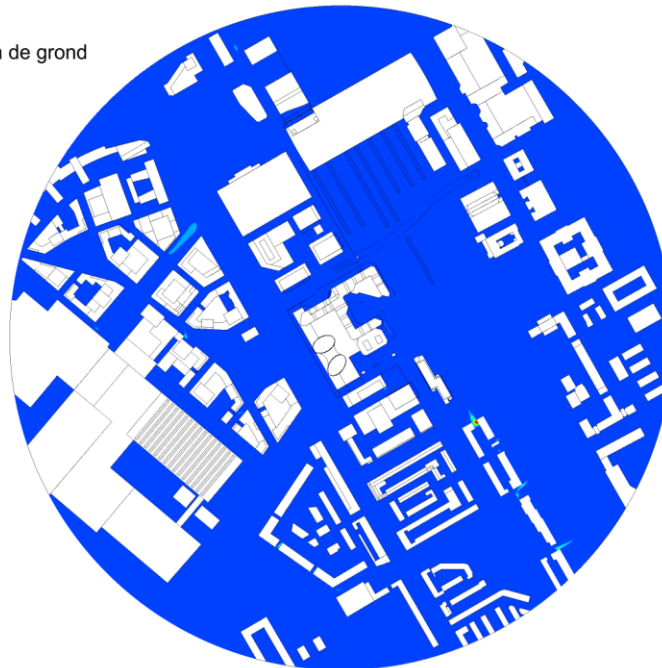
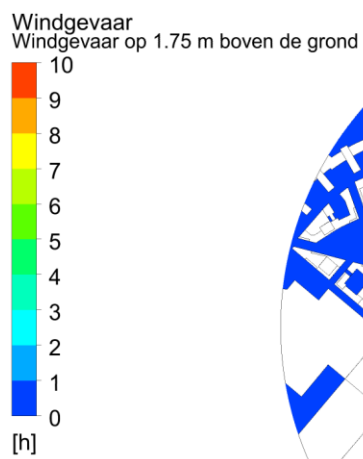
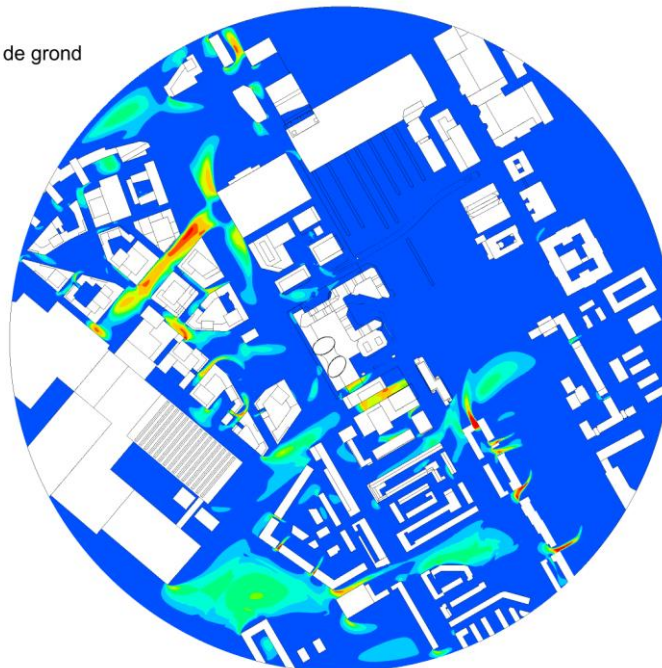
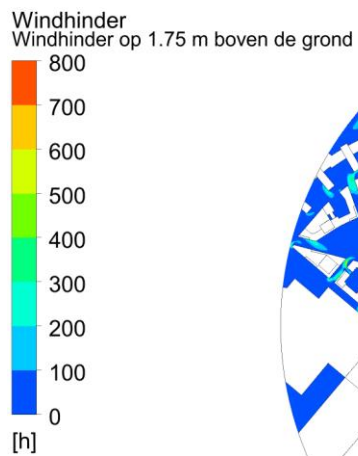
AV WF
Vectoren op 1.75 m boven de grond



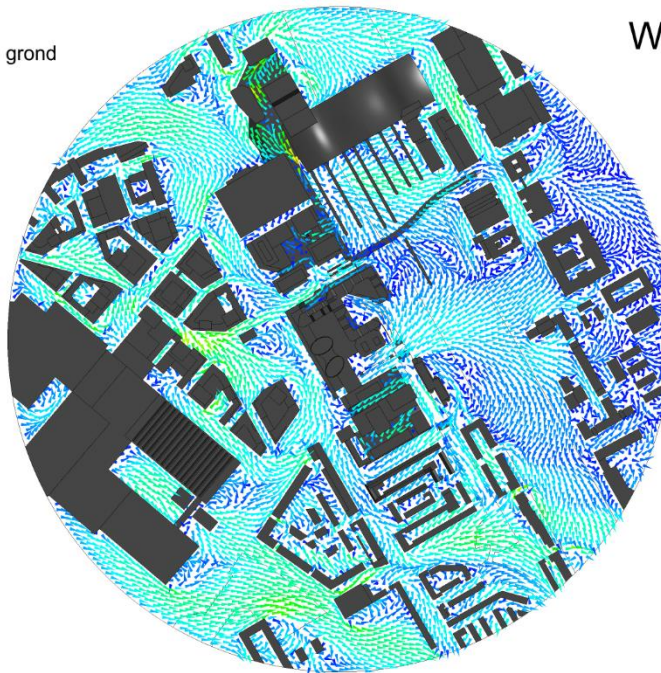
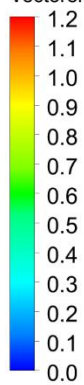
Windrichting = 240

AV WF
Windfactor op 1.75 m boven de grond



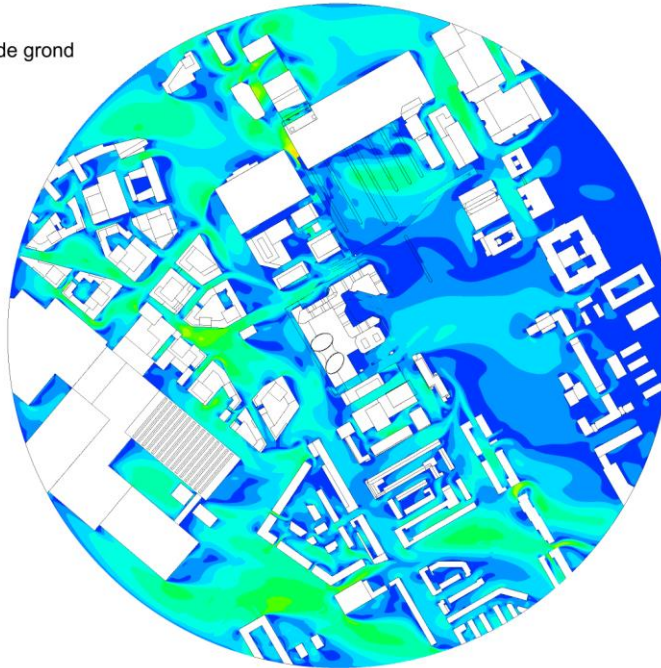
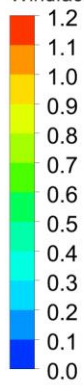


AV WF
Vectoren op 1.75 m boven de grond

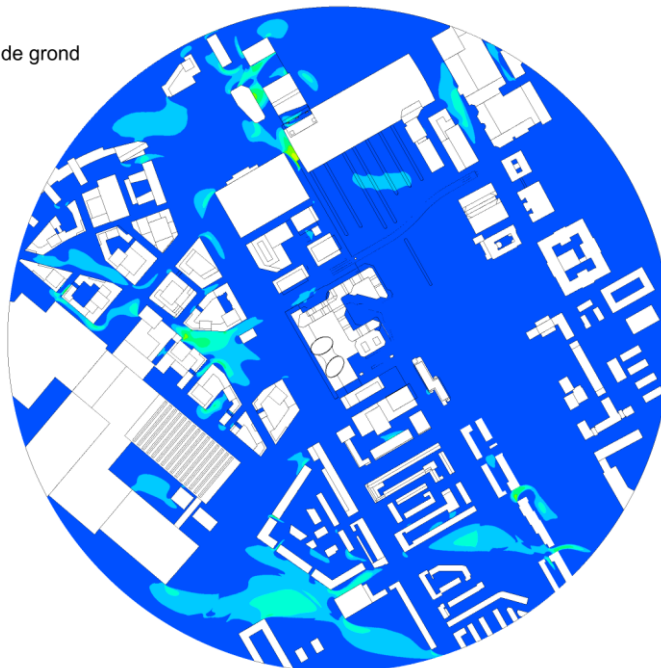
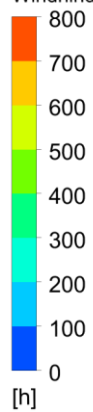


Windrichting = 270

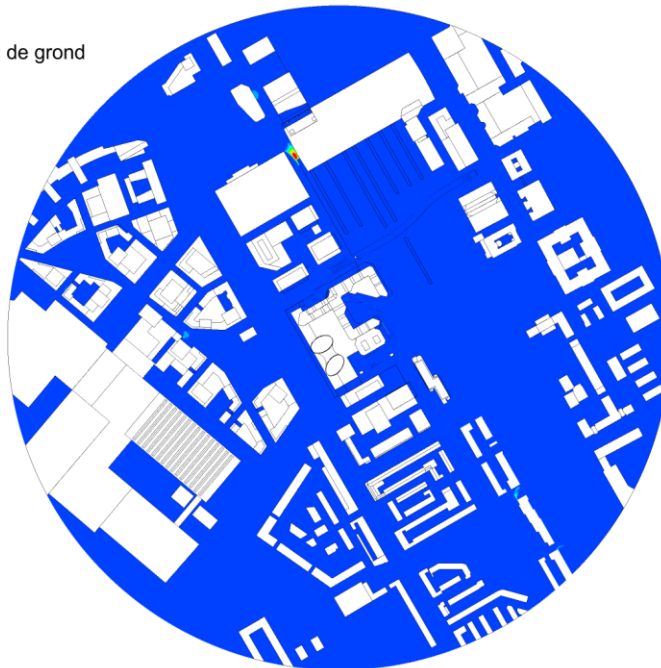
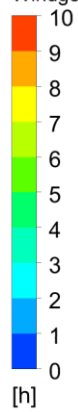
AV WF
Windfactor op 1.75 m boven de grond



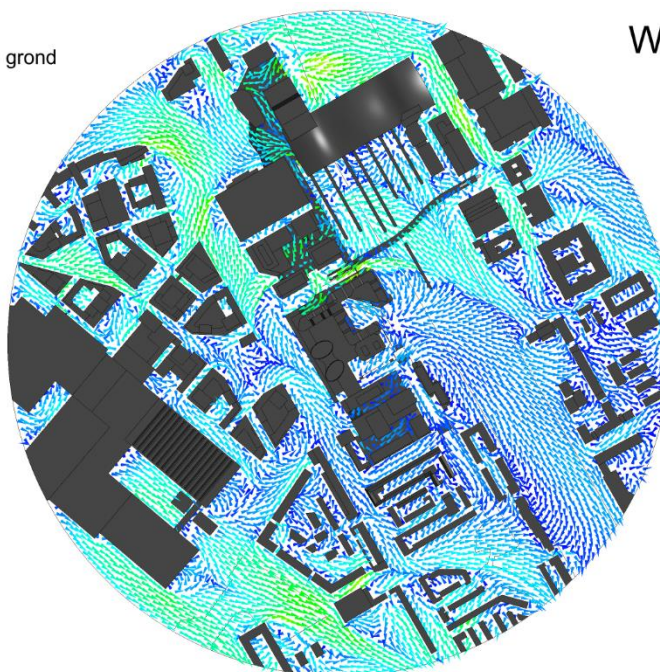
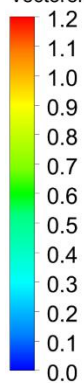
Windhinder
Windhinder op 1.75 m boven de grond



Windgevaar
Windgevaar op 1.75 m boven de grond

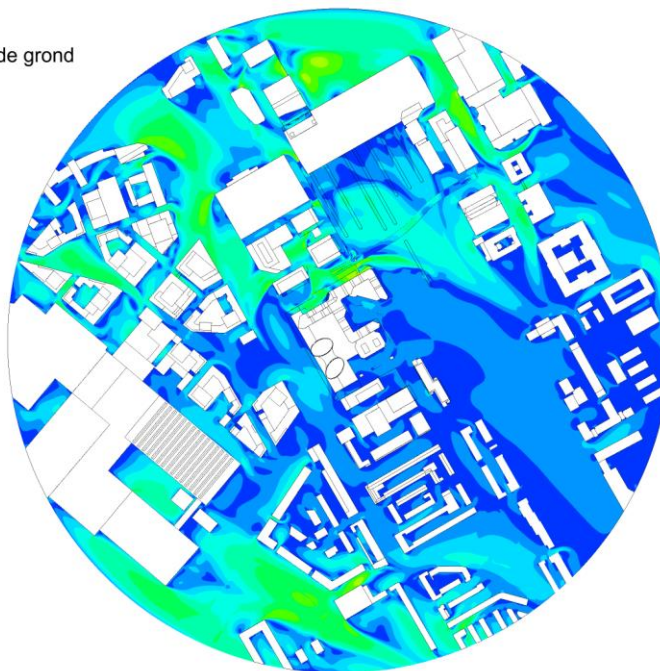
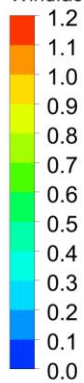


AV WF
Vectoren op 1.75 m boven de grond

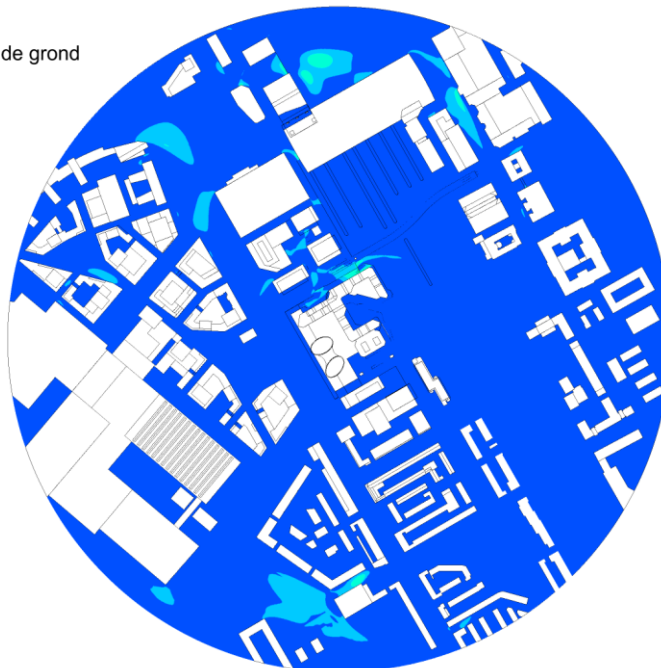
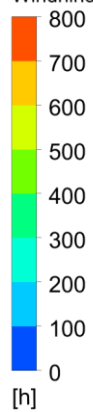


Windrichting = 300

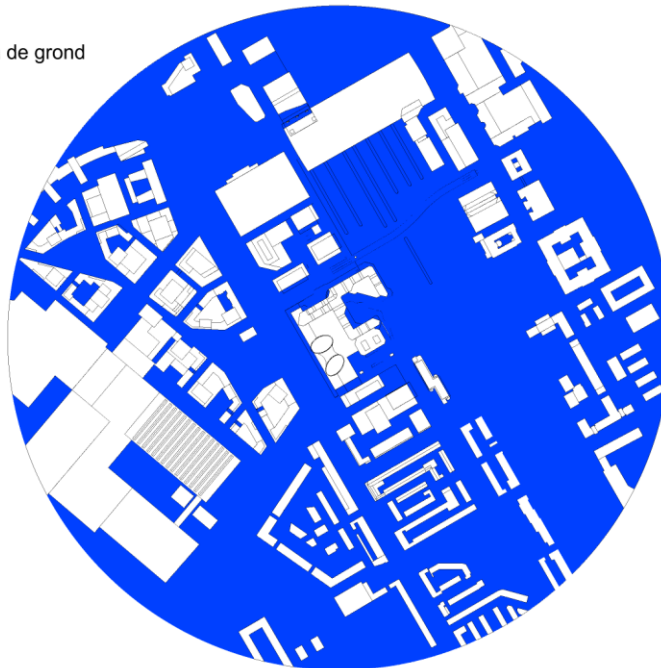
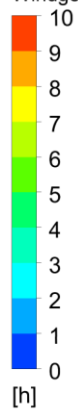
AV WF
Windfactor op 1.75 m boven de grond



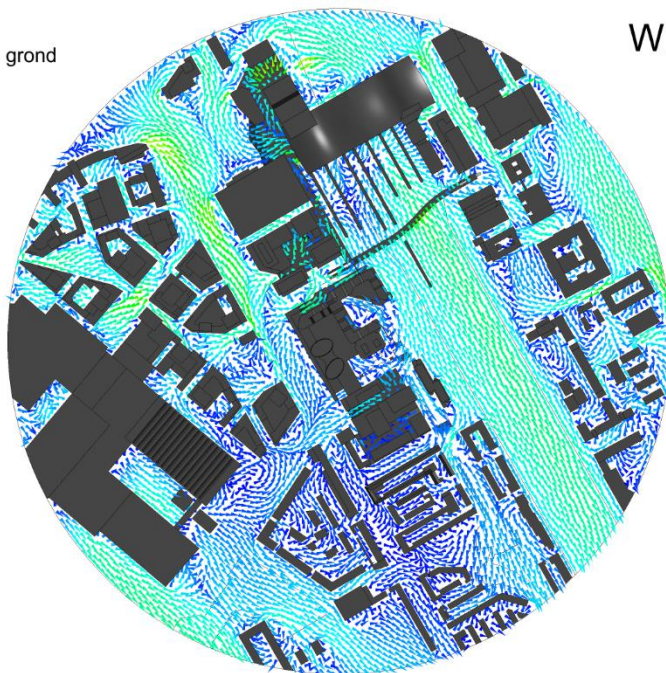
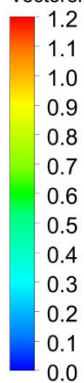
Windhinder
Windhinder op 1.75 m boven de grond



Windgevaar
Windgevaar op 1.75 m boven de grond

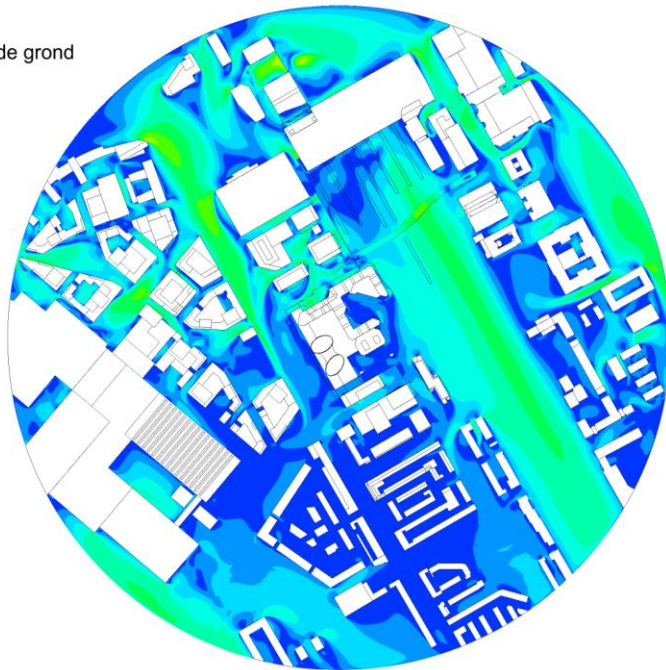
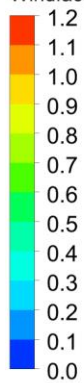


AV WF
Vectoren op 1.75 m boven de grond

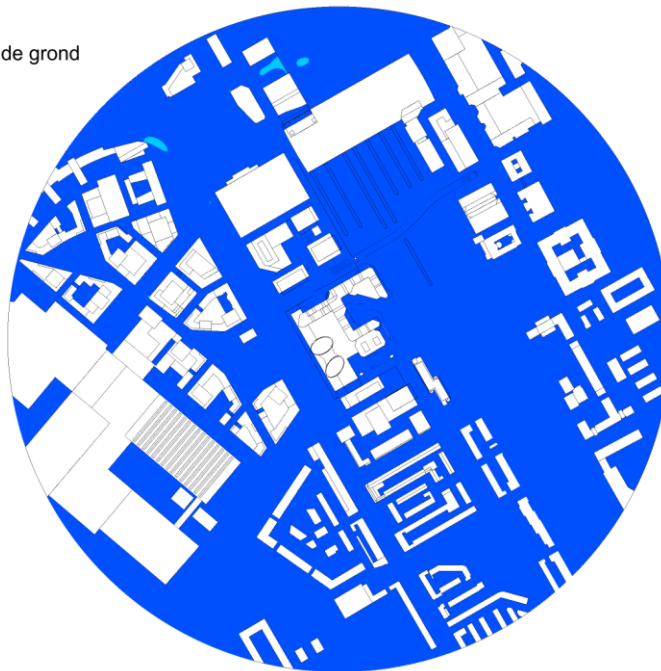
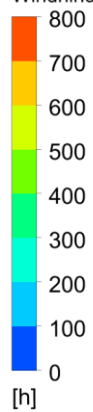


Windrichting = 330

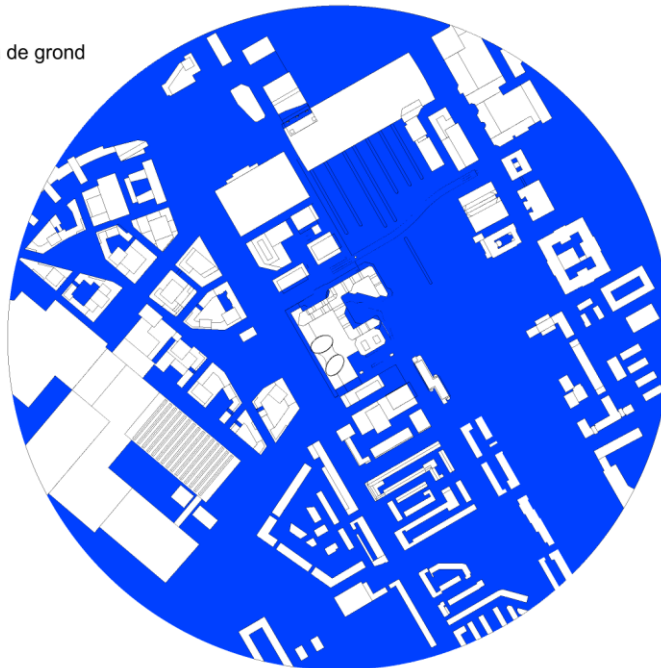
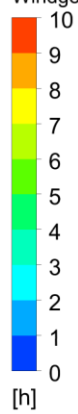
AV WF
Windfactor op 1.75 m boven de grond



Windhinder
Windhinder op 1.75 m boven de grond



Windgevaar
Windgevaar op 1.75 m boven de grond



Bijlage B – Technisch inlegvel numerieke simulatie

Project	Projectgegevens
Projectnaam	Bestuurscentrum Rabobank
Opdrachtgever	Coöperatieve Rabobank U.A.
Datum	20 december 2024
Model	Algemene gegevens
Omvang gemodelleerd gebied	550 m
Afmetingen model	4300x2600x700m
Blokkeringsgraad	<5 %
Gemodelleerd groen	N.V.T.
Aantal windrichtingen	12
Onderzochte configuraties	Concept variant van de toekomstige situatie
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM ☐ FEM ☐ anders Ansys CFX 2024 R2
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalairs ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalairs Overige:
Rekenrooster	Hybride, combinatie van hexaëders, tetraëders, piramides en prismalagen Aantal elementen: 60,6 miljoen
Turbulentiemodellering	RNG κ - ϵ
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: High Resolution (Upwind) Turbulentie grootheden: First order Upwind
Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden
Instroomprofiel	Atmosferische grenslaag stedelijk gebied Ruwheid: 1,6 m Snelheid: 5 m/s op 10 m hoog
Uitlaat	Uitlaat met relatieve druk 0 Pa
Boven-/zijwanden	Opgelegd windprofiel
Vloer/bodem	Ruwheid gemodelleerd door toepassing van volumetrische bronnen voor momentum en turbulentie
Overige	Binnen gemodelleerd gebied Wanden: Glad met stilstaande lucht (no slip)
Gegevensverwerking en beoordeling	Informatie voor locatie en berekening windklimaat
RD-coördinaten	X 135896, Y 455310