

Project: **Nieuwbouwproject Brantjesoever**

Locatie: Purmerend, Nederland

Onderwerp: Onderzoek windklimaat

Document: P63518352e100

Datum: 02-07-2018



ONE Simulations BV
Schipholweg 103
2316 XC Leiden
The Netherlands

+31 (0)71 56 80 900
info@onesimulations.com
www.onesimulations.com

Project	Nieuwbouwproject Brantjesoever
Locatie	Purmerend, Nederland
Onderwerp	Onderzoek windklimaat
Document	P63518352e100
Revisie	0
Datum	02-07-2018
Status	Definitief
Auteur	S. Stengewis
Controle rapport	R. van de Nes
Opdrachtgever	HSB Ontwikkeling Slobbeland 10 1131 AB Volendam
Contactpersonen	W.L. Deurwaarder
Uitgever	ONE Simulations BV Schipholweg 103 2316 XC Leiden Nederland +31 (0)71 5680900 info@onesimulations.com www.onesimulations.com

Inhoudsopgave

1	Onderzoeksdoel.....	4
1.1	Beoordelingsmethodiek	4
2	Uitgangspunten en aannamen	5
2.1	Geometrie	5
2.2	Windklimaat	6
2.3	Windprofiel.....	8
2.4	CFD modellering	10
3	Resultaten van de simulaties.....	11
3.1	Windhinder.....	11
3.2	Windgevaar	14
4	Verwijzingen	15
	Bijlage A – Simulatie resultaten.....	16

1 Introductie en onderzoeksdoel

Op verzoek van HSB Ontwikkeling is een windonderzoek uitgevoerd voor het nieuwbouwproject Brantjesoever. Aan de hand van de NEN8100 wordt inzicht verschaft in het windklimaat op straatniveau rondom het nieuwbouwproject.

Het windklimaat wordt inzichtelijk gemaakt met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) simulaties aan de hand van de methodiek die omschreven staat in de NEN8100 (1). 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.

1.1 Beoordelingsmethodiek

Het lokale windklimaat voor de nieuwbouwsituatie wordt beoordeeld op basis van de methode omschreven in de NEN 8100 (1).

De NEN8100 maakt gebruik van een classificatie tabel waarbij de boordeling van het windklimaat bij een activiteit wordt gedaan naar de frequentie dat de drempelwaarde (windsnelheid) overschreden wordt. De drempelwaarde voor windhinder is vastgesteld op 5 m/s. In Tabel 1 is deze classificatie weergegeven. 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.

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.

De drempelwaarde voor windgevaar is in de NEN8100 vastgesteld op 15 m/s, waarbij de classificaties gegeven in Tabel 2 gelden.

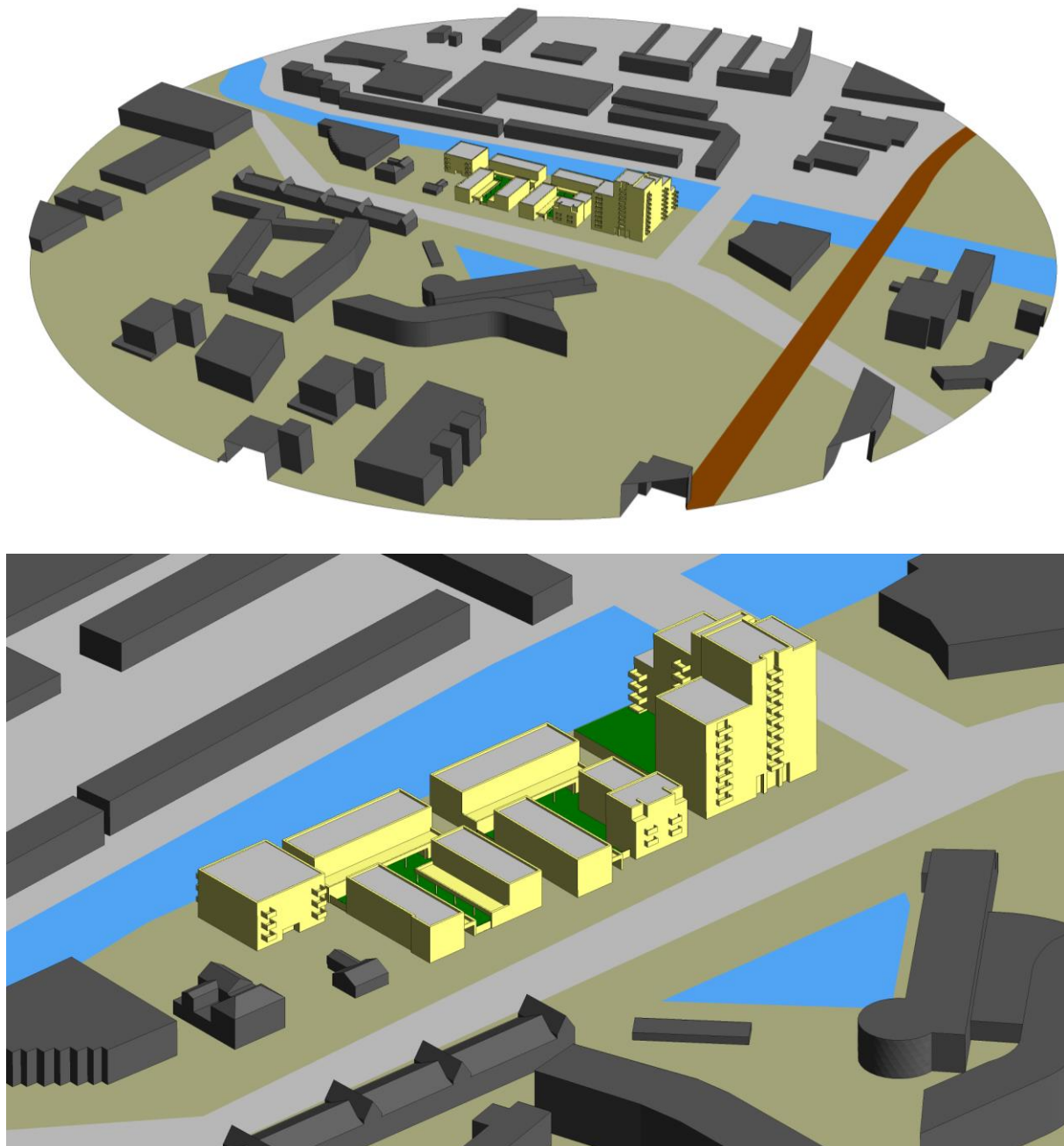
Overschrijdingskans In procenten van het aantal uren per jaar	Kwalificatie
0,05 < 0,30	Beperkt risico
> 0,30	Gevaarlijk

Tabel 2: Kwalificatie tabel windgevaar conform NEN8100.

2 Uitgangspunten en aannamen

2.1 Geometrie

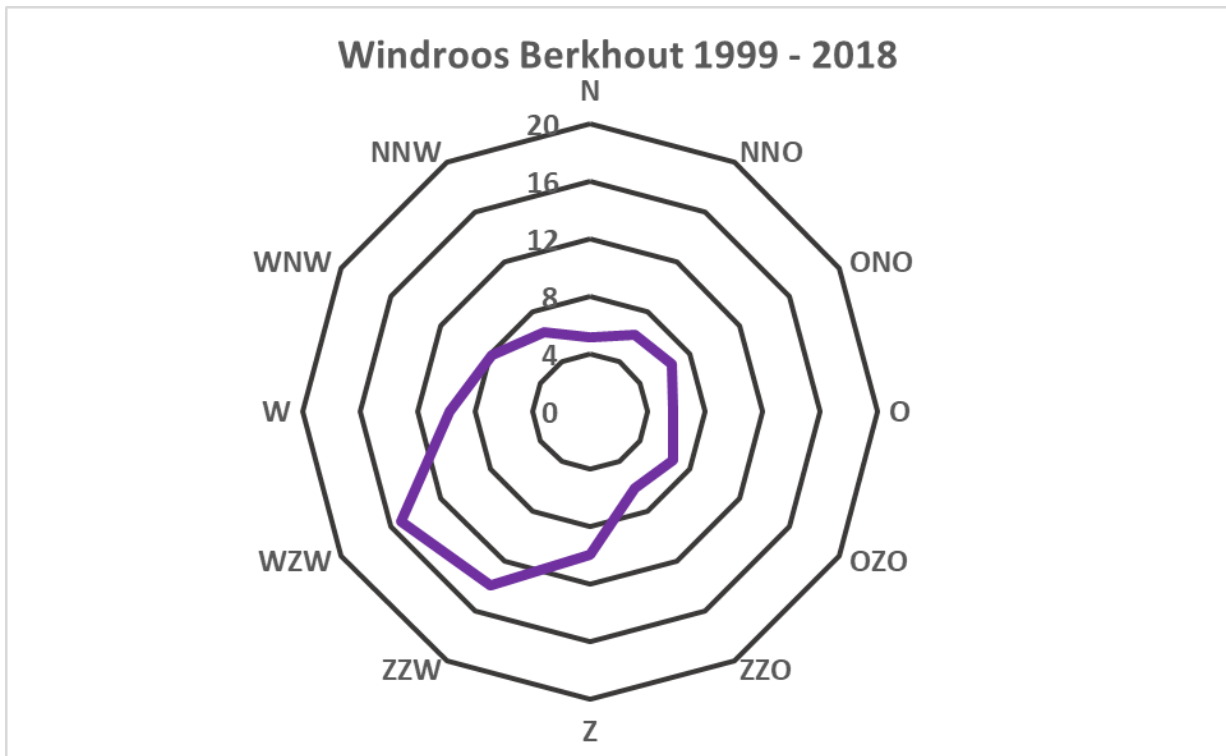
Het 3 dimensionale CFD model van het nieuwbouwproject Brantjesoever is gebaseerd op het aangeleverde Revit model: *121 – bouwkundig model – Block 01-08.rvt* en het Sketchup model: *0121_20180514-0.skp*. De omgeving is gereconstrueerd aan de hand van Google Earth Pro. Figuur 1 toont een overzicht van het volledige model en een detail van de voorgestelde nieuwbouw Brantjesoever.



Figuur 1: 3D CFD model.

2.2 Windklimaat

Voor de analyse van het windklimaat is de weerdata van het KNMI over de jaren 1999 t/m 2018 van weerstation Berkhout gebruikt. In Figuur 2 is het percentage uren per windrichting over 19 jaar weergegeven. De simulatie is uitgevoerd voor de twaalf windrichtingen zoals aangegeven in de windroos.



Figuur 2: Windroos de Bilt, percentage uren over 19 jaar.

De hiervoor omschreven klimaatdata ligt ten grondslag aan de windklimaat analyse. Het aantal uren wind per windrichting en de snelheid van de wind hebben effect op het windklimaat. Middels de in de CFD berekende windfactor (verhouding van de lokale windsnelheid ten opzicht van referentiewindsnelheid) wordt het lokaal aantal uren overschrijding bij de windklimaat data berekend. Tabel 3 geeft de jaargemiddelde frequentie van de windsnelheid per richting over de geanalyseerde periode.

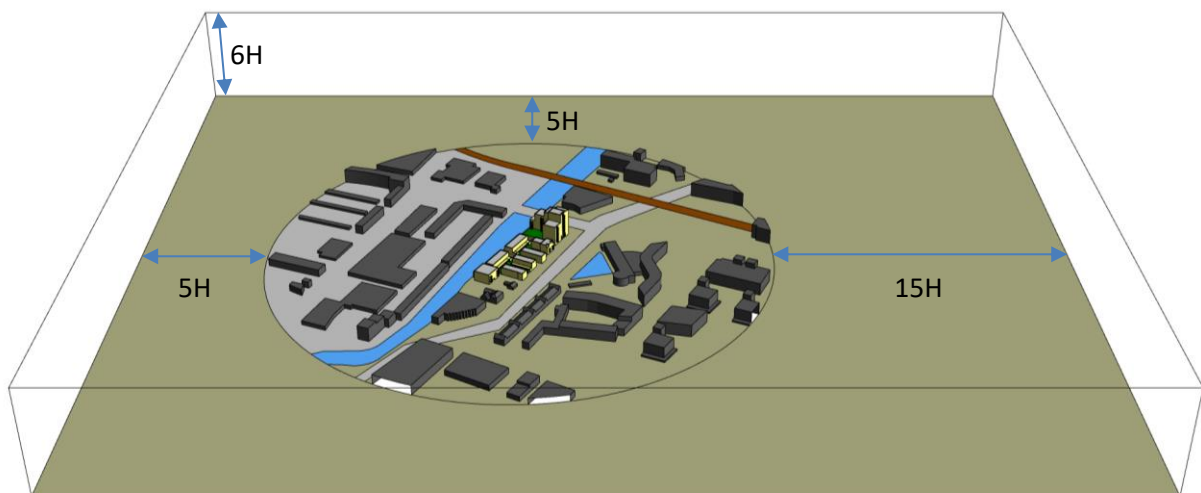
Richting	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Var.
Snelheid	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]
0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	47	45	37	23	27	35	43	53	48	41	45	46	36
2	79	80	79	45	70	91	135	126	112	99	87	98	0
3	85	89	108	58	119	124	200	197	153	123	107	105	0
4	70	89	97	75	134	107	142	198	146	103	101	84	0
5	55	76	80	79	100	79	110	164	140	96	91	71	0
6	45	61	68	70	64	45	84	139	151	89	80	53	0
7	33	42	44	56	32	28	62	107	135	80	64	39	0
8	18	27	30	43	22	14	43	78	125	68	46	25	0
9	9	15	17	24	9	7	25	56	96	50	28	15	0
10	6	8	9	12	3	3	13	38	69	37	16	9	0
11	1	3	3	5	1	1	6	25	52	24	10	4	0
12	1	1	1	4	0	1	3	15	39	16	6	3	0
13	0	0	0	2	0	0	2	8	25	11	4	2	0
14	0	0	0	1	0	0	1	7	16	6	2	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	3	9	3	1	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2	4	1	1	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 3: Frequentie windsnelheid per windrichting gemiddeld per jaar over de referentie jaren.

2.3 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 (z_0). De ruwheidslengte voor het gebied rondom het nieuwbouwproject Brantjesoever is vastgesteld op 0,8 m (stedelijk gebied). Bij het definiëren van het windprofiel is rekening gehouden met de verandering van de omgeving van het KNMI 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 ten minste 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 $15H$. In de windbox wordt het windprofiel behouden door een domein met volumetrische bronnen afgestemd op de betreffende ruwheidslengte. De box om het gemodelleerde gebied heen is weergegeven in Figuur 3. De box kan gezien worden als een digitale windtunnel.



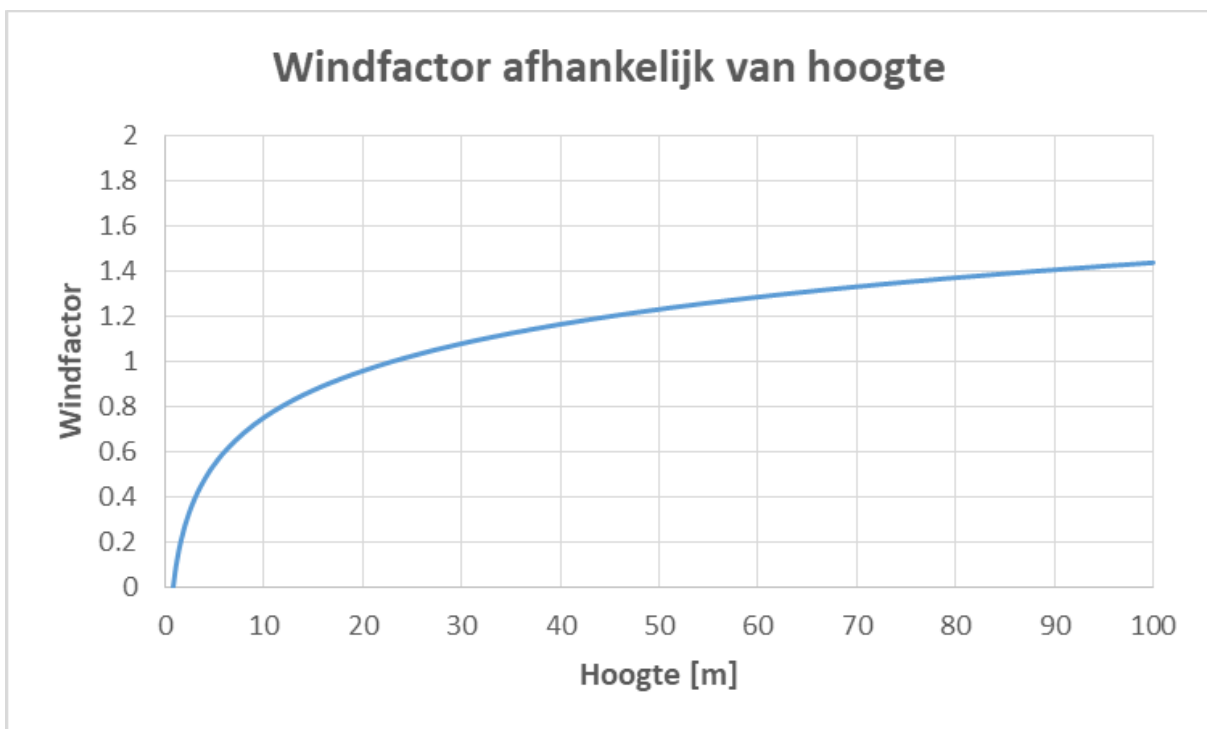
Figuur 3: Box om het gemodelleerde gebied heen, ten behoeve van het windprofiel (digitale windtunnel).

Aan de hand van de referentie windsnelheid, referentie hoogte en ruwheidslengte kan het windprofiel worden opgesteld. Het windprofiel wordt berekend met onderstaande logaritmische vergelijking en staat als windfactor profiel weergegeven in Figuur 4. Let op dat in het windprofiel al rekening is gehouden met het verschil in omgeving tussen de data van het meetstation (Berkhout) en het gemodelleerd gebied.

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

Where

v_{wind}	Wind snelheid	[m/s]
v_{ref}	Referentie snelheid	[m/s]
z	Hoogte boven de grond	[m]
z_0	Ruwheidslengte	[m]
z_{ref}	Referentiehoogte	[m]



Figuur 4: Toegepast windprofiel.

2.4 CFD modellering

De simulatie is uitgevoerd met behulp van het software pakket ANSYS CFX versie 19. Dit software pakket is geschikt voor vele toepassingen en in ruime mate gevalideerd.

Er is een 3D model gecreëerd van het gebied rondom het nieuwbouwproject Brantjesoever gebaseerd op het aangeleverde Revit model, Sketchup model en Google Earth Pro. Vervolgens is het model opgedeeld in een grote hoeveelheid rekencellen. De standaard differentiaalvergelijkingen voor de stroming van fluida worden voor elke cel opgelost. In Tabel 4 staan de belangrijkste toegepaste randvoorwaarden beschreven.

Parameter	Beschrijving
Cel type	Hybride, combinatie van hexaëders, tetraëders, piramides en prismalagen
Cel grootte	Dynamisch, variërend tussen 0,05 tot 2,0 m in de omgeving (vlakken) groeiend met een factor 1,05 tot maximaal 15 m in het vrije volume
Aantal cellen	21.2 miljoen
Simulatie type	Steady state
Convergentie criteria	RMS maximaal $1 \cdot 10^{-4}$
Tijdstap	2.5 s
Aantal iteraties	500
Fluide	Lucht met constante eigenschappen
Turbulentie model	RNG Kappa Epsilon model RANS
Wanden	Glad met stilstaande lucht (no slip)
Grondvlak	Ruw met stilstaande lucht (no slip)
Inlet	Snelheids- en turbulentieprofiel

Tabel 4: CFD modellering eigenschappen.

3 Resultaten van de simulaties

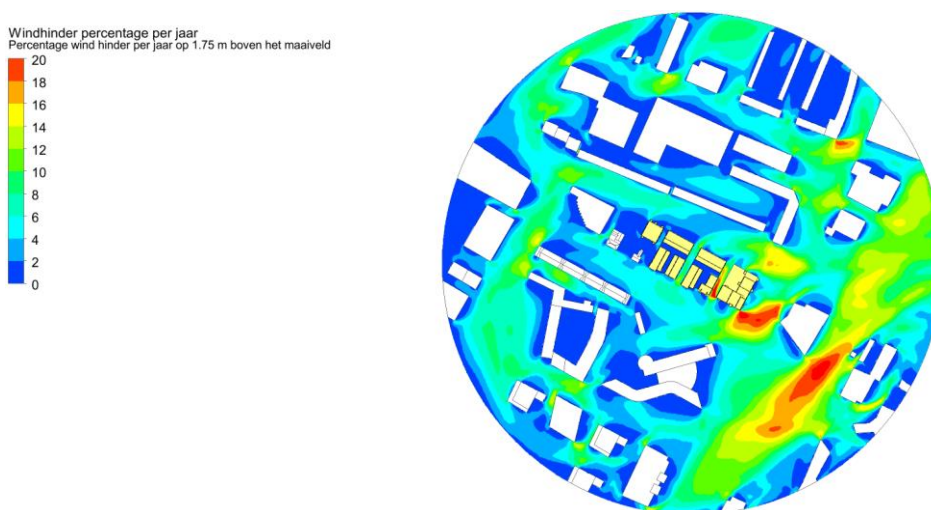
3.1 Windhinder

De windhinder overschrijdingsuren per windrichting zijn op voetgangersniveau (1,75 m boven maaiveld) berekend en vervolgens voor de 12 gesimuleerde windrichtingen gesommeerd. Figuur 5 toont het resultaat in percentage overschrijding op jaarbasis. Figuur 6 toont het resultaat gekleurd naar de kwaliteitsklasse zoals gedefinieerd in de NEN 8100. Ter verduidelijking en interpretatie van het resultaat is in deze figuur de tabel met kwaliteitsklassen weergegeven (in overeenkomstige kleuren).

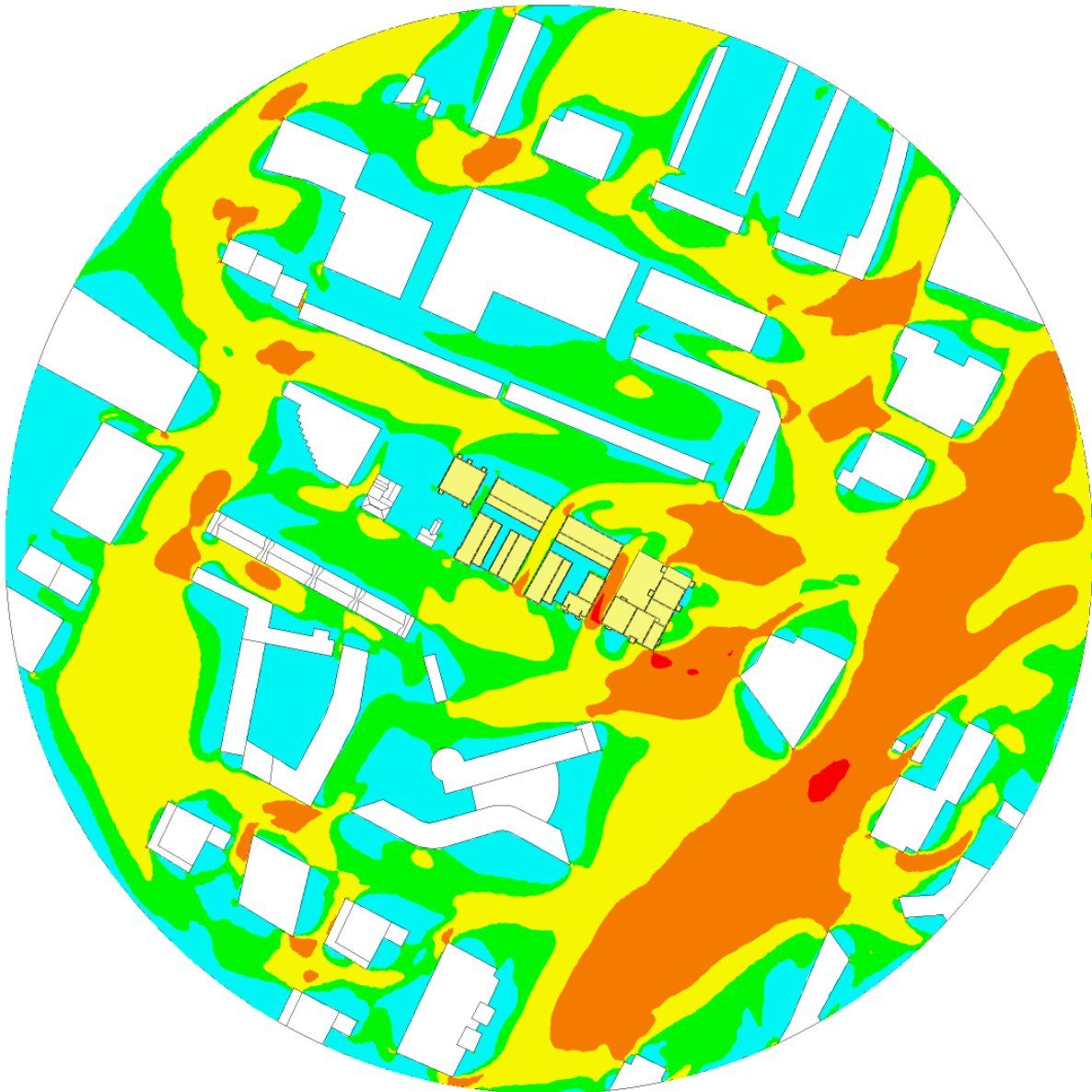
Rondom het nieuwbouwproject valt nabij de wegen en parken het windklimaat in kwaliteitsklasse C en hoger. Langs het spoor, achter concertal P3, valt een groot gebied in kwaliteitsklasse D, met lokaal een uitschieter naar klasse E. Deze kwaliteitsklassen worden veroorzaakt door de ligging van de open gebieden. Deze plekken liggen voornamelijk in de richting Zuid-West naar Noord-Oost. Dit is een veel voorkomende windrichting met relatief hoge windsnelheden. Let op dat deze gebieden verder van het nieuwbouwproject af liggen en de nieuwbouw hier geen invloed op heeft.

In Figuur 7 is de kwaliteitsklasse nabij het nieuwbouwproject vergroot weergegeven. Ter verduidelijking hebben de (groepen) gebouwen in deze figuur een nummer gekregen. Rondom gebouw 1 is over het algemeen kwaliteitsklasse A waarneembaar. Voor gebouwen 2 en 3 is de binnenplaats door de beschutting ook kwaliteitsklasse A. In de laan tussen gebouwen 2 en 3 is kwaliteitsklasse C en D waarneembaar. Tussen gebouwen 3 en 4 is tot en met kwaliteitsklasse E waarneembaar. Deze lanen liggen in de richting van de meest voorkomende windrichting, waar de snelheid eveneens relatief hoog is. Aan de andere zijde van gebouw 4, aan de kant van P3, is ook tot en met kwaliteitsklasse E waarneembaar. Opgemerkt dient te worden dat de begroeiing rondom de gebouwen niet is meegenomen in de berekening. Dit is een conservatieve inschatting.

De gepresenteerde resultaten kunnen door betrokken partijen gebruikt worden om te beoordelen of de beoogde functie overeenkomt met de betreffende windklasse.

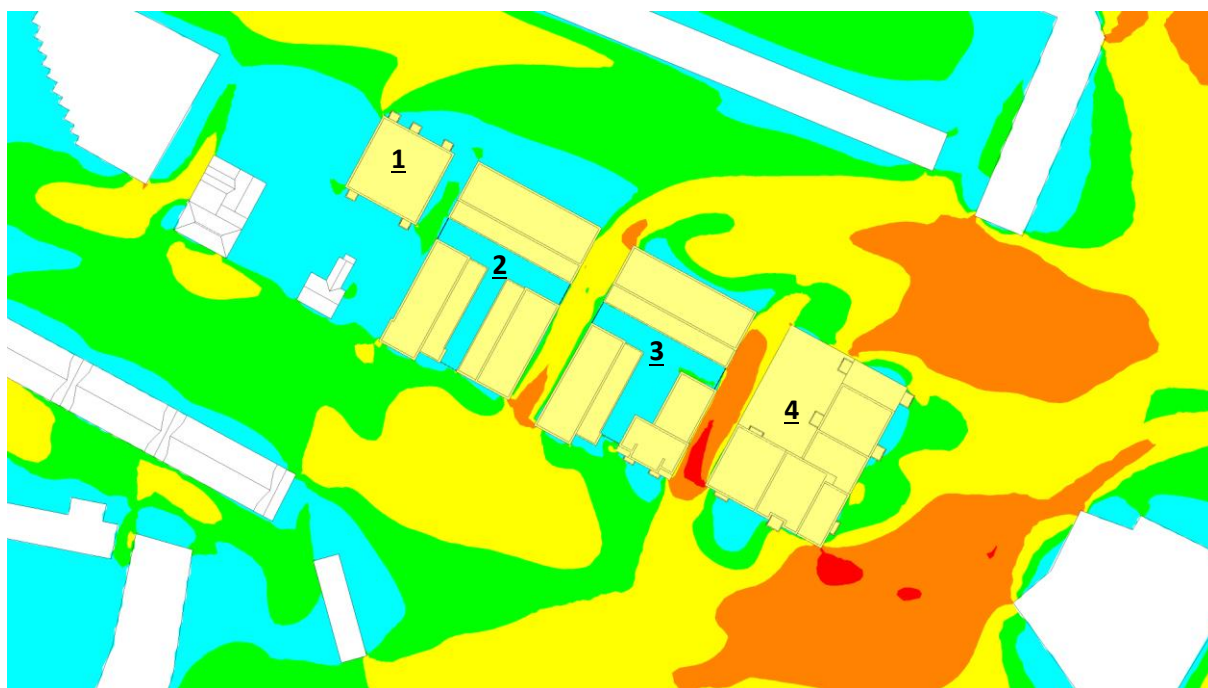


Figuur 5: Sommatie windhinder overschrijdingsuren weergegeven in percentage van een jaar.



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

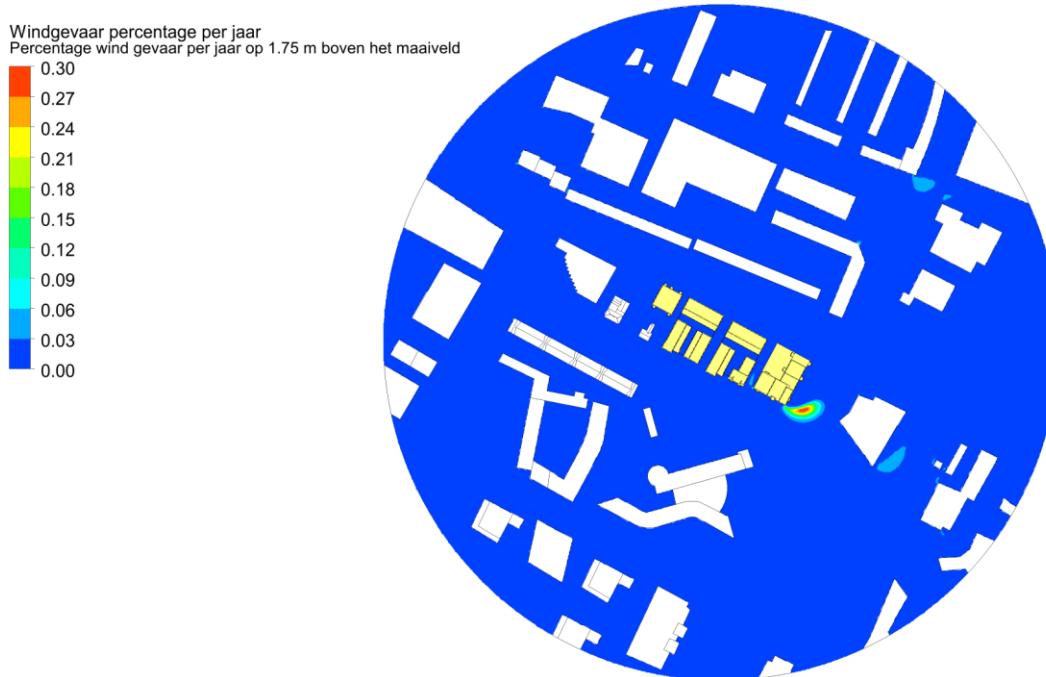
Figuur 6: Windklimaat ingedeeld naar kwaliteitsklasse.



Figuur 7: Kwaliteitsklasse nabij het nieuwbouwproject vergroot weergegeven.

3.2 Windgevaar

De windgevaar overschrijdingsuren per windrichting zijn op voetgangersniveau (1,75 m boven maaiveld) berekend en vervolgens voor de 12 gesimuleerde windrichtingen gesommeerd. Figuur 8 toont het resultaat in percentage overschrijding op jaarbasis. Nabij de hoogbouw van het nieuwbouw project Brantjesoever ligt een gebied waarbinnen de overschrijdingskans niet hoger dan 0.3 procent komt. In de NEN8100 wordt dit gekwalificeerd als beperkt risico. In het gehele gesimuleerde stadsdeel wordt nergens de kwalificatie gevaarlijk berekend.



Figuur 8: Sommatie windgevaar overschrijdingsuren weergegeven in percentage van een jaar.

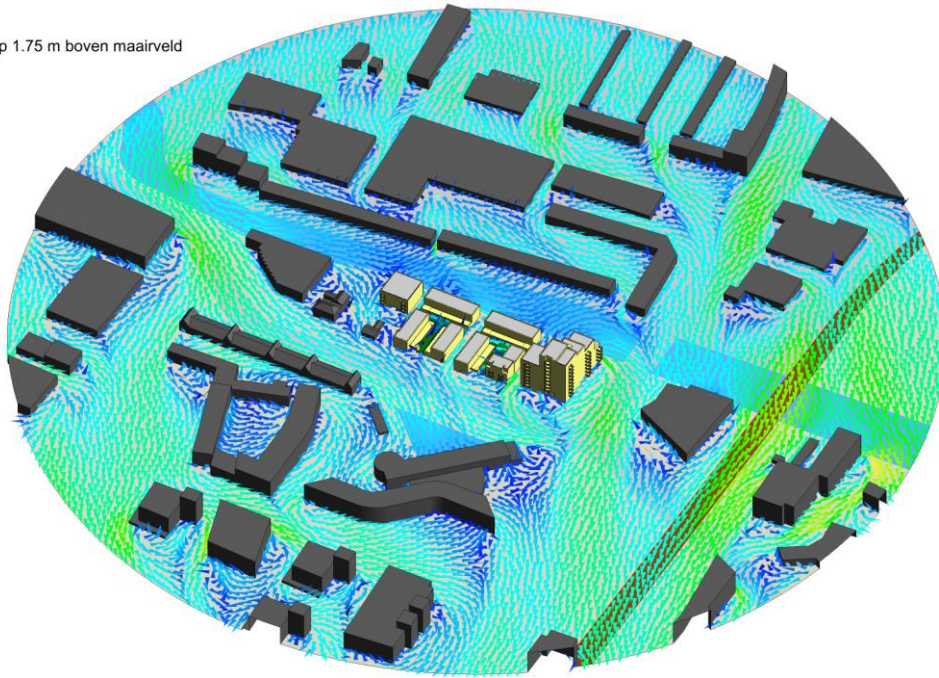
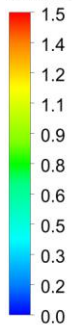
4 Verwijzingen

1. **NEN 8100 Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving.** Delft : Nederlands Normalisatie-instituut, februari 2006.
2. **Troen, Ib en Petersen, Erik Lundtang. *Roughness Classes and Roughness Length Table in "European Wind Atlas"*.** Risoe , Denmark : Risoe National Laboratory, 1991. ISBN 87-550-1482-8.

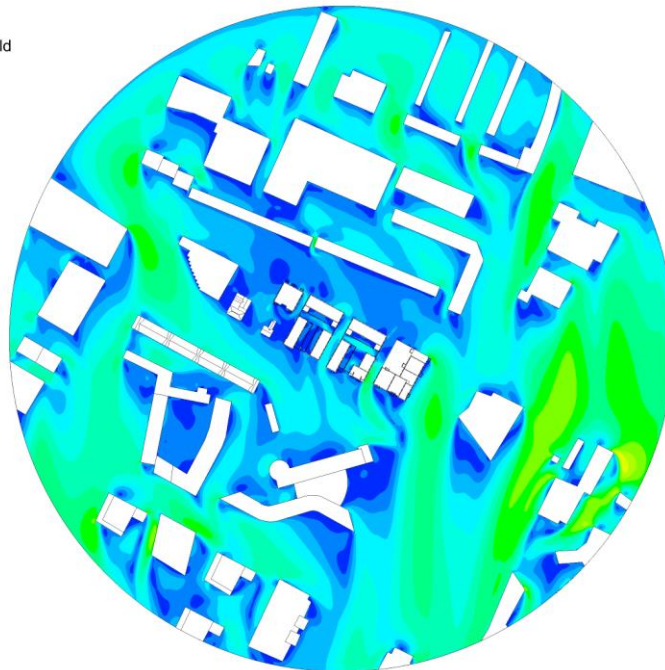
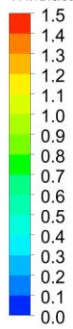
Bijlage A – Simulatie resultaten

Windrichting 000

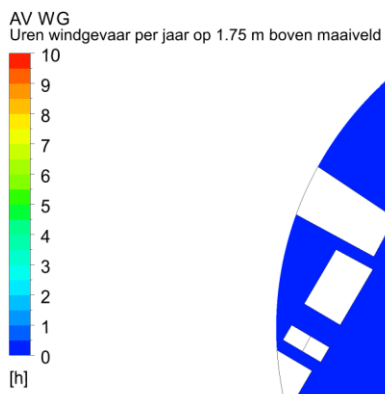
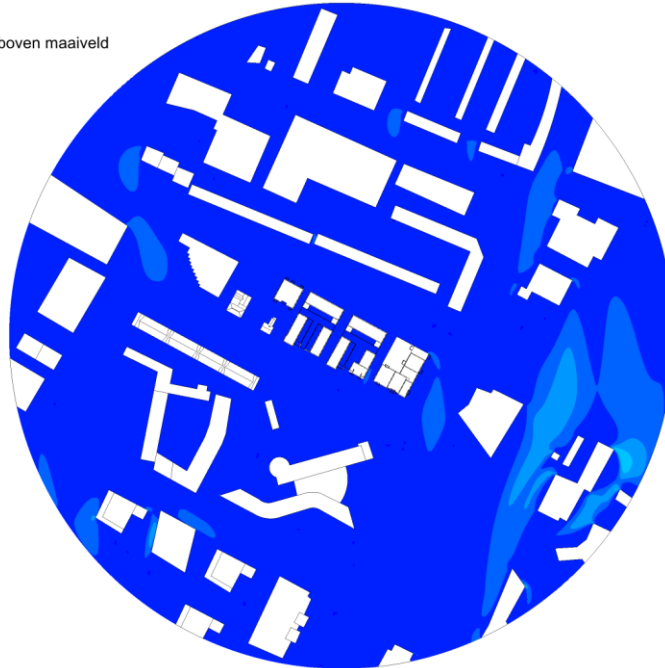
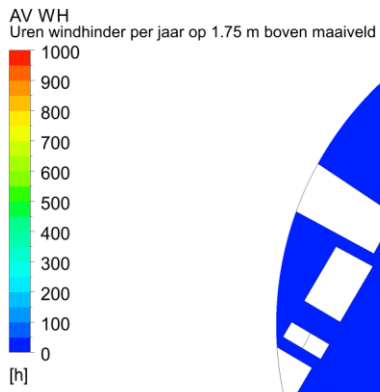
AV WF
Vector windfactor op 1.75 m boven maaiveld



AV WF
Windfactor op 1.75 m boven maaiveld

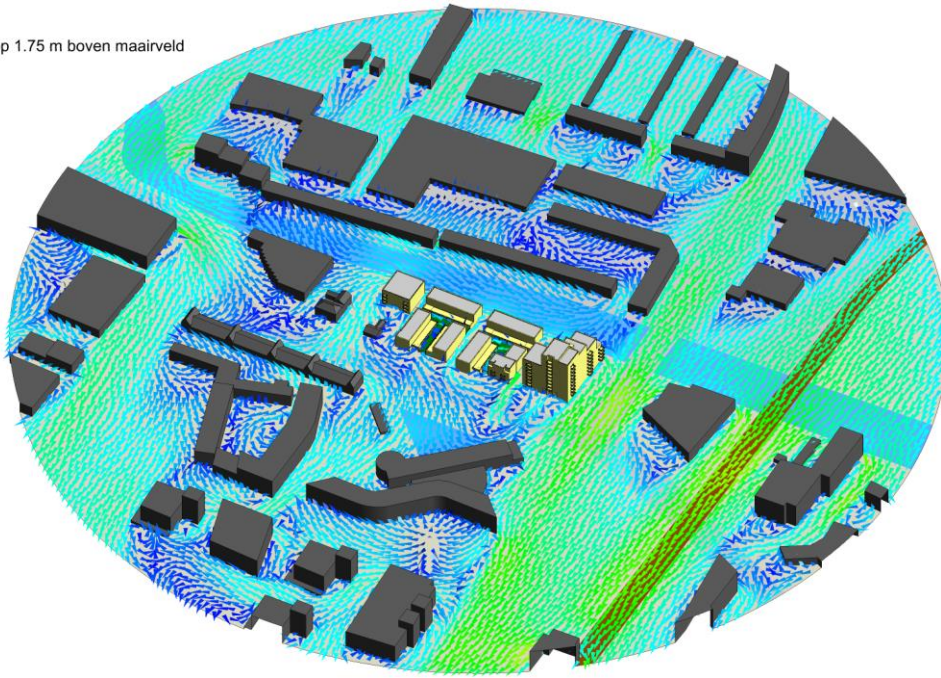
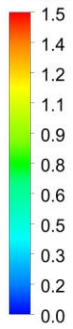


Windrichting 000

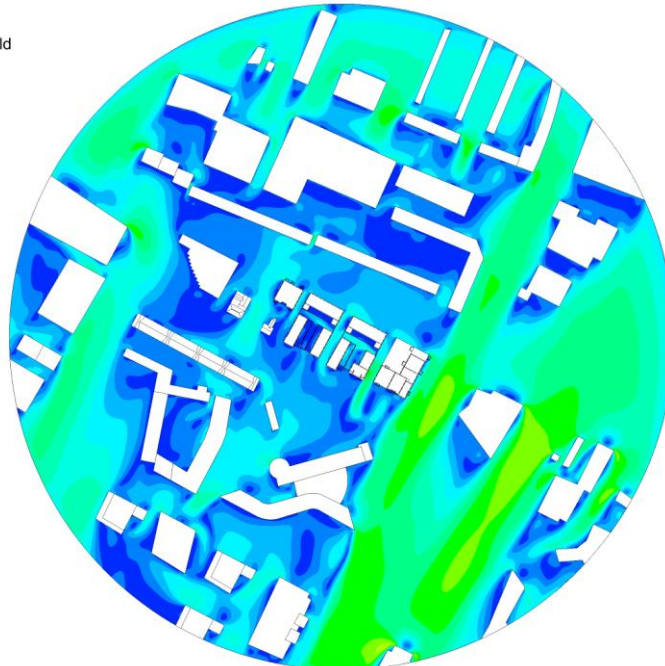
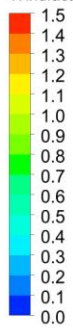


Windrichting 030

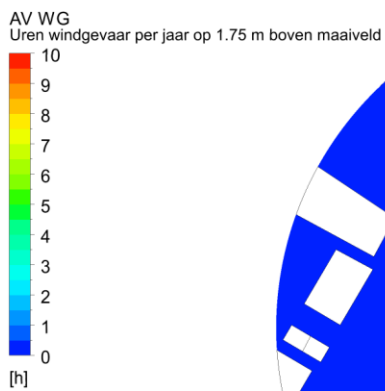
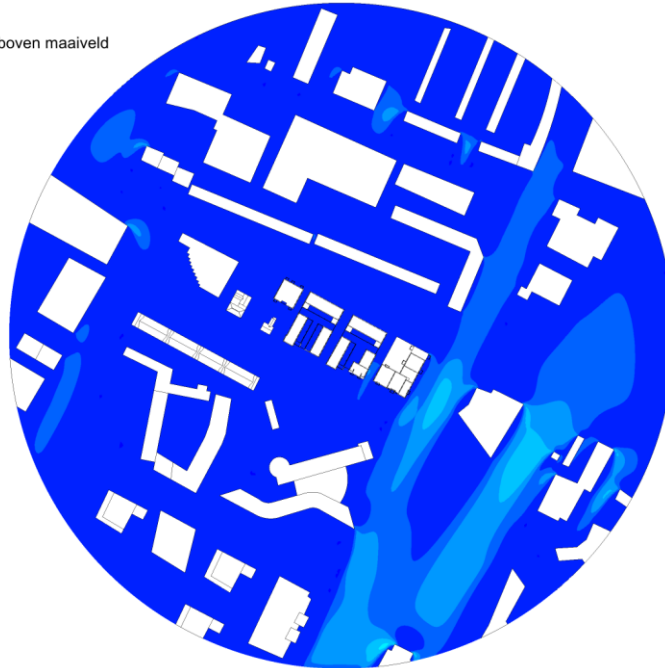
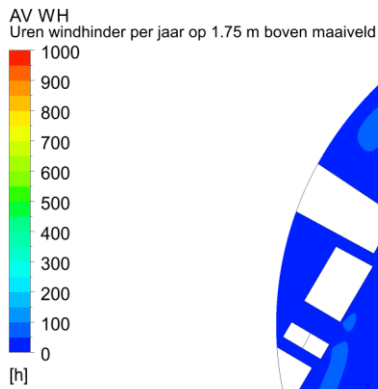
AV WF
Vector windfactor op 1.75 m boven maairveld



AV WF
Windfactor op 1.75 m boven maaiveld

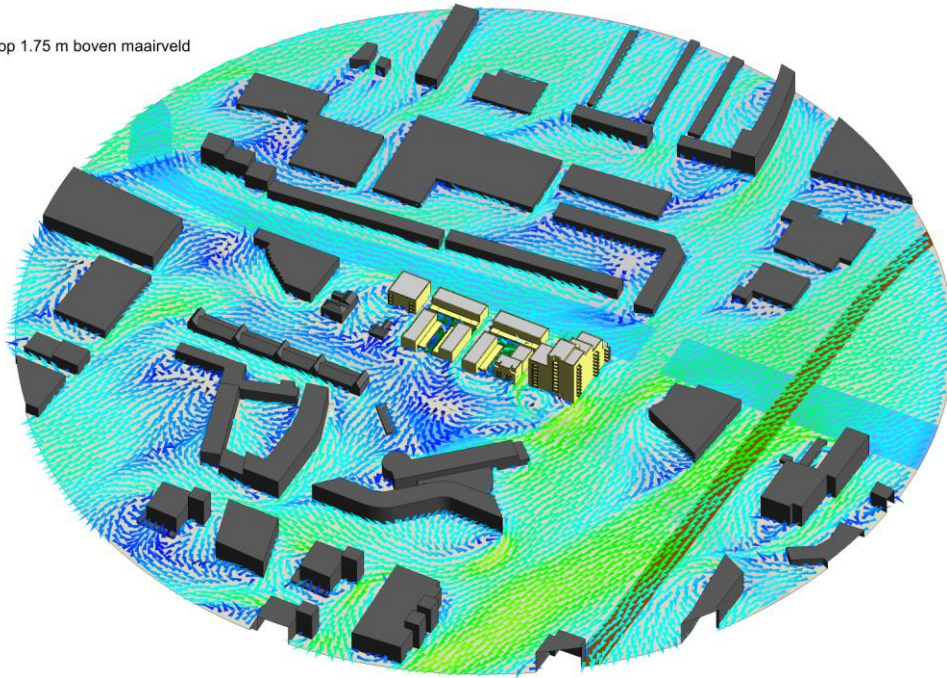
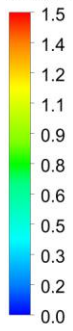


Windrichting 030

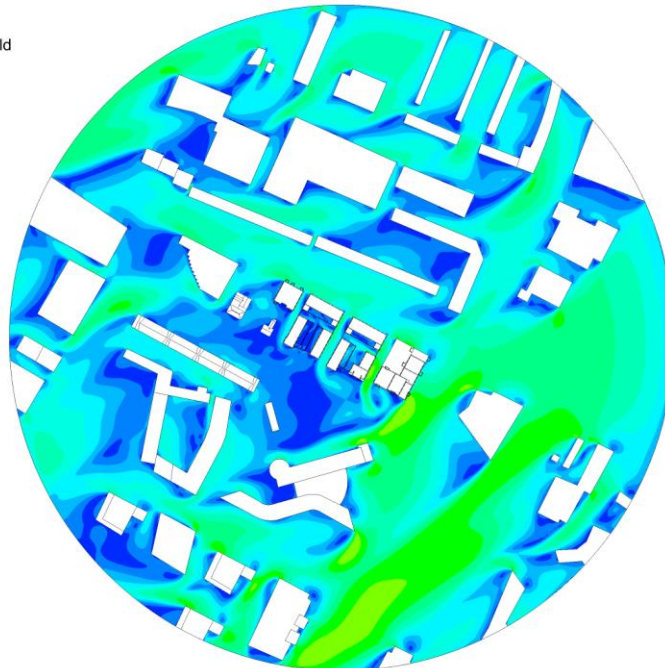
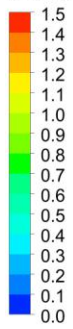


Windrichting 060

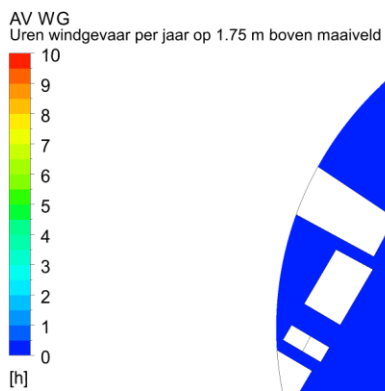
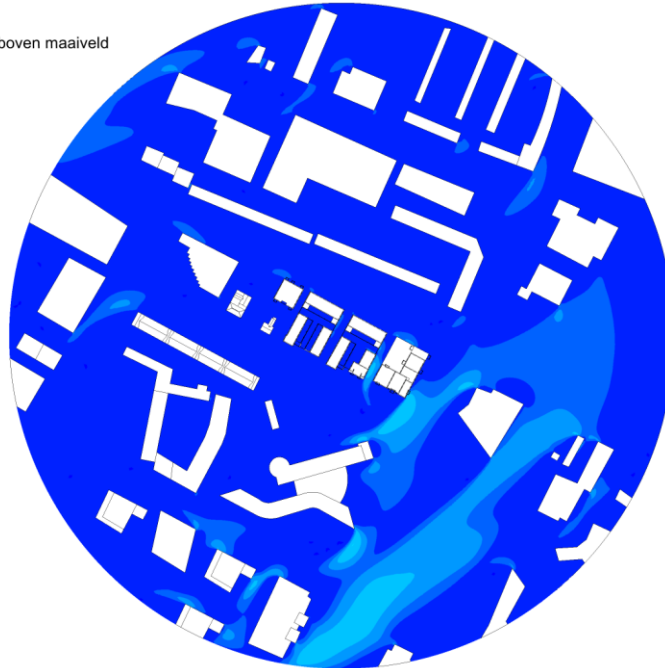
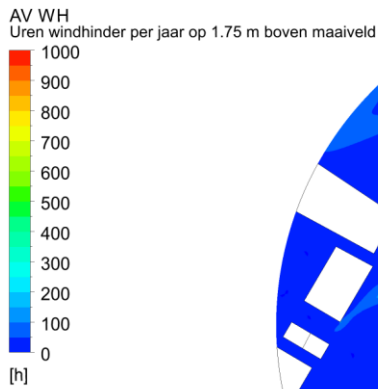
AV WF
Vector windfactor op 1.75 m boven maaiveld



AV WF
Windfactor op 1.75 m boven maaiveld

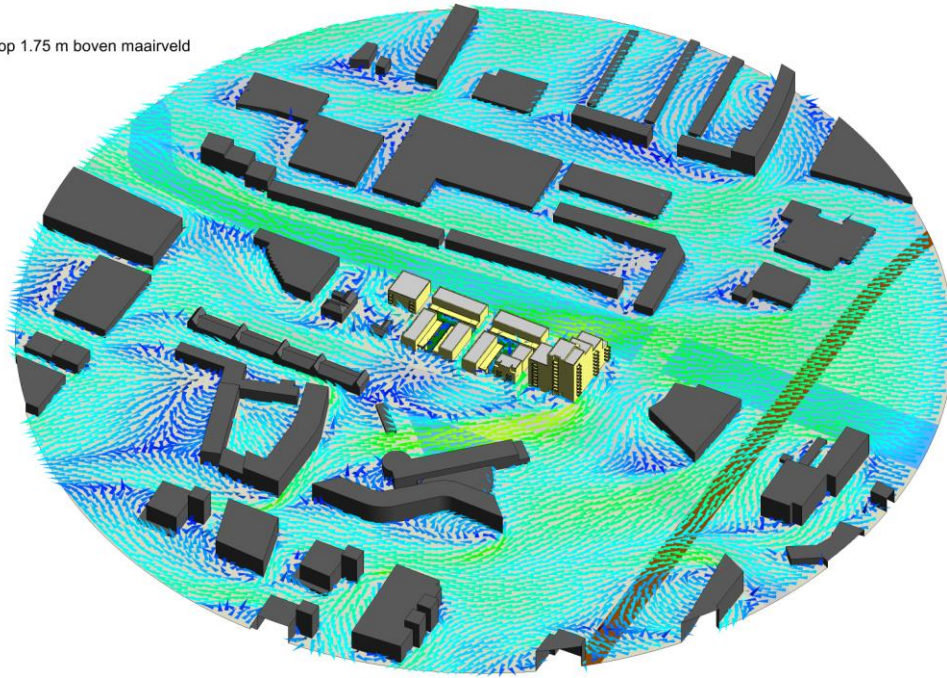
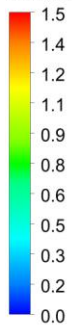


Windrichting 060

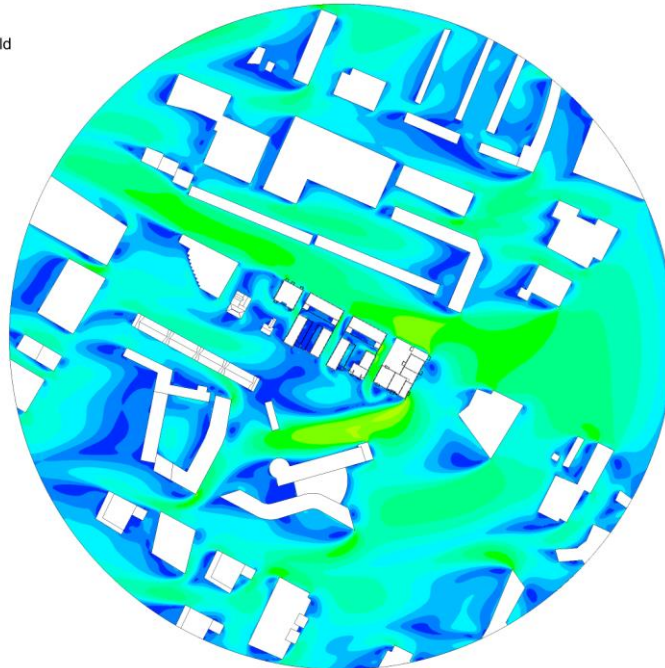
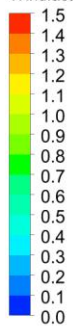


Windrichting 090

AV WF
Vector windfactor op 1.75 m boven maaiveld

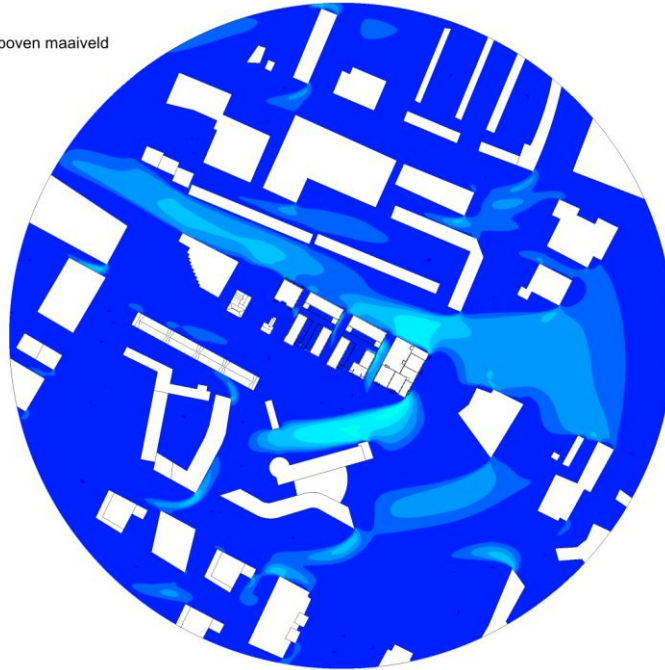
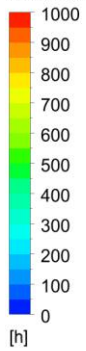


AV WF
Windfactor op 1.75 m boven maaiveld

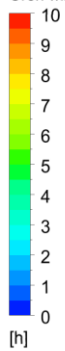


Windrichting 090

AV WH
Uren windhinder per jaar op 1.75 m boven maaiveld

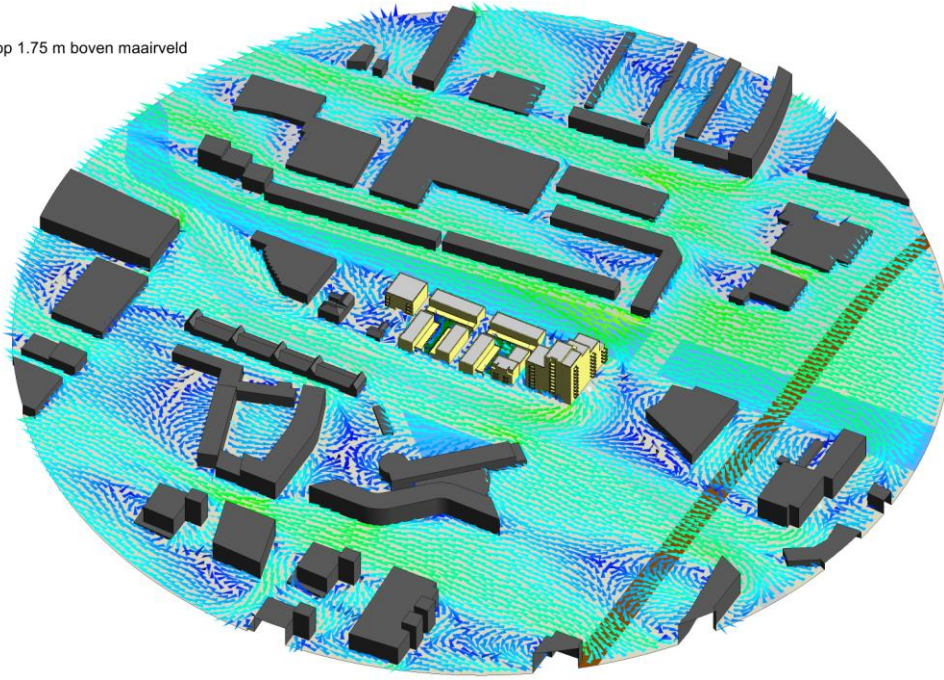
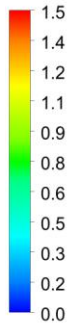


AV WG
Uren windgevaar per jaar op 1.75 m boven maaiveld

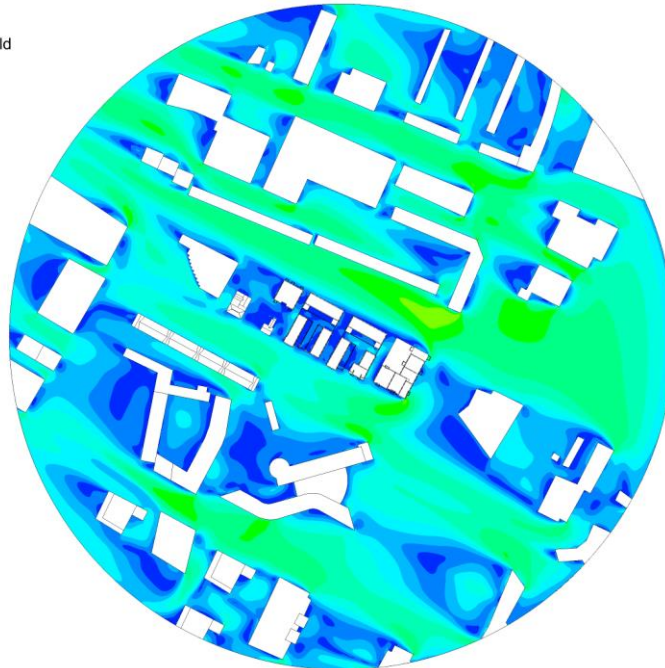
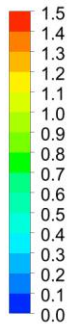


Windrichting 120

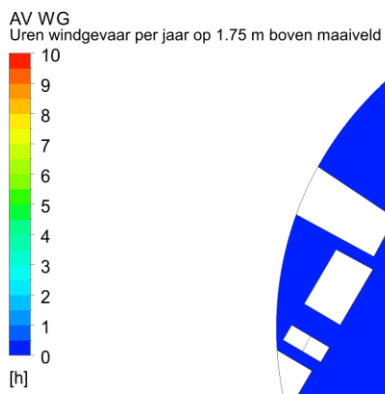
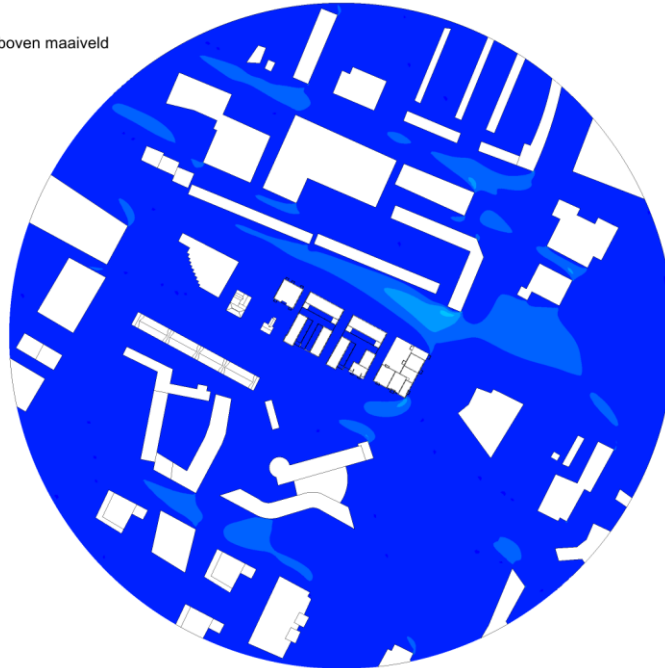
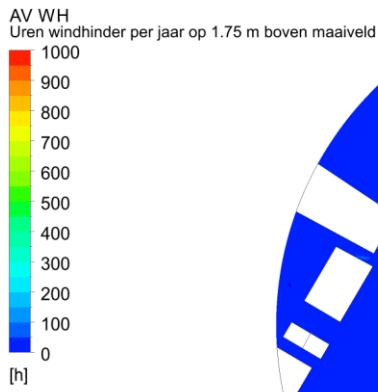
AV WF
Vector windfactor op 1.75 m boven maairveld



AV WF
Windfactor op 1.75 m boven maaiveld

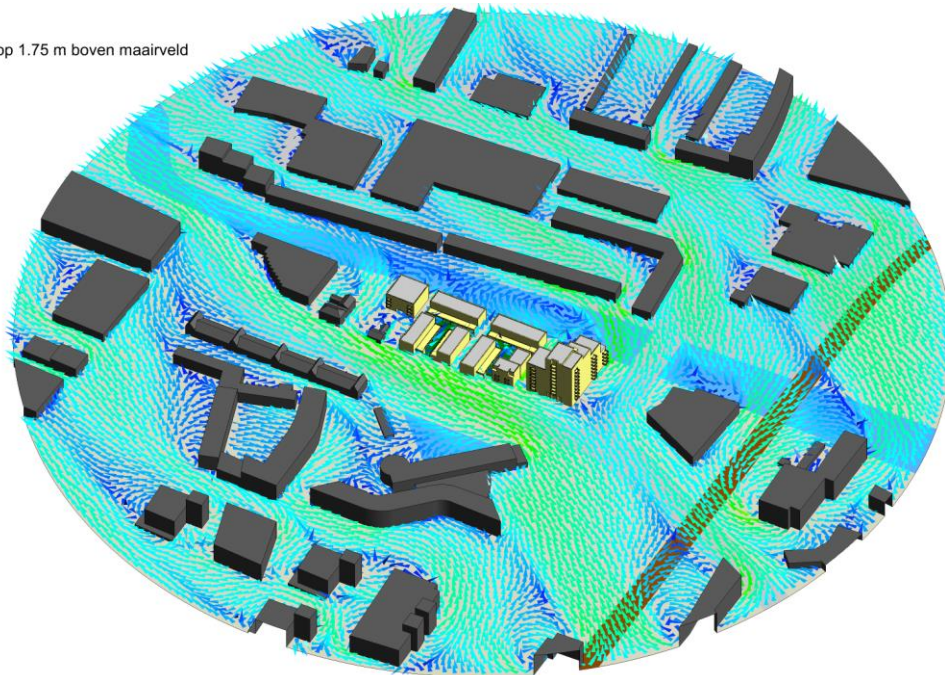
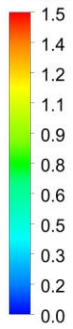


Windrichting 120

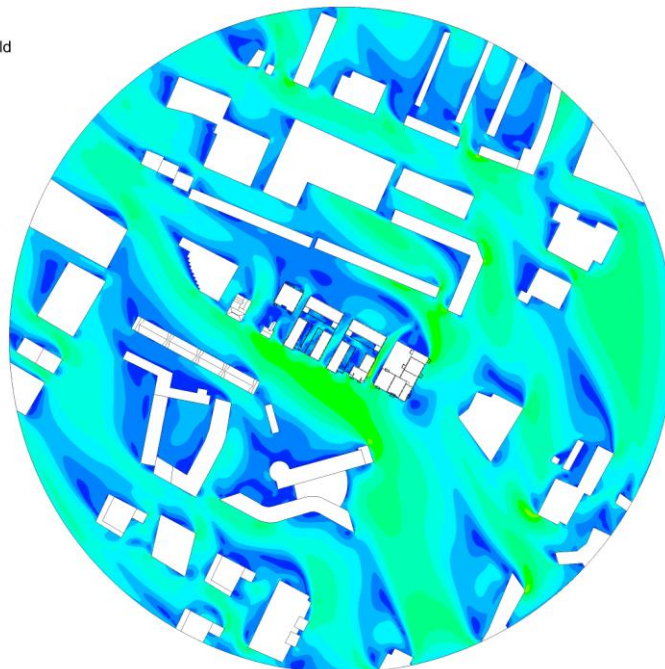
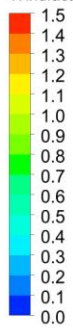


Windrichting 150

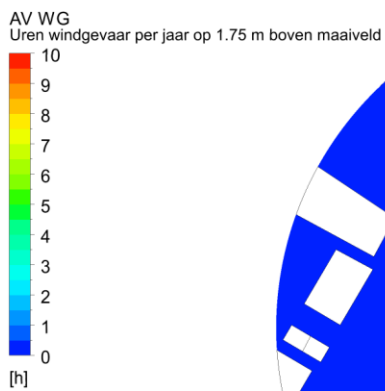
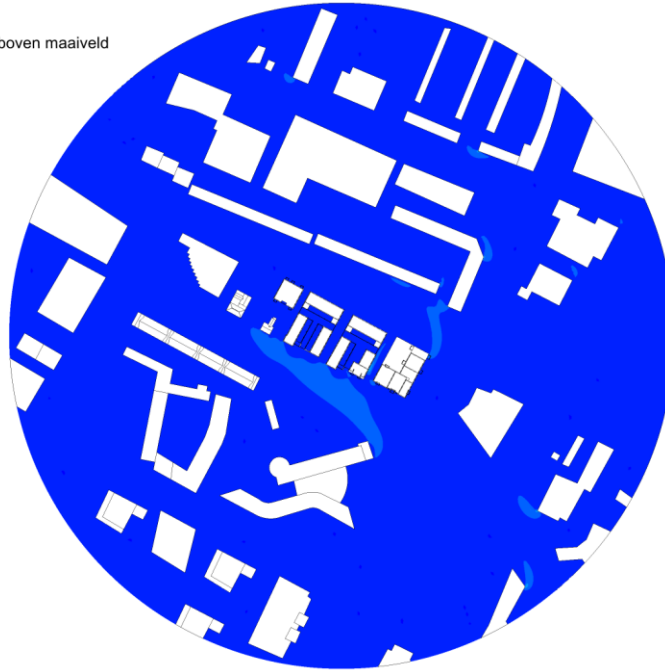
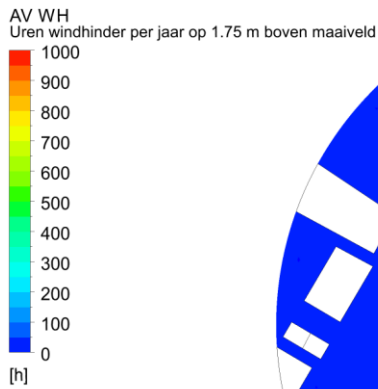
AV WF
Vector windfactor op 1.75 m boven maarveld



AV WF
Windfactor op 1.75 m boven maaiveld

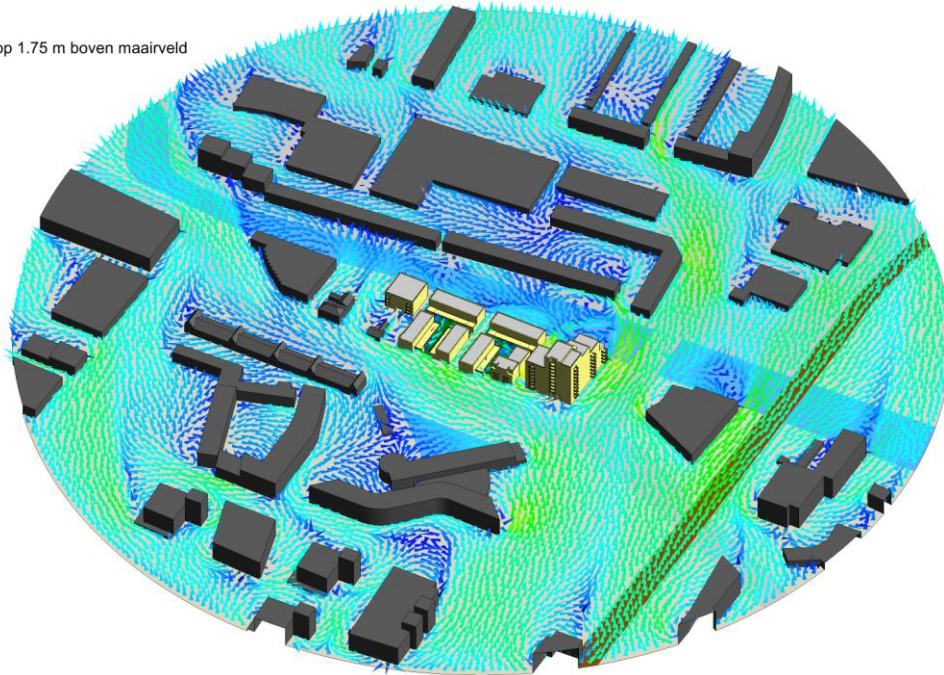
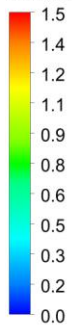


Windrichting 150

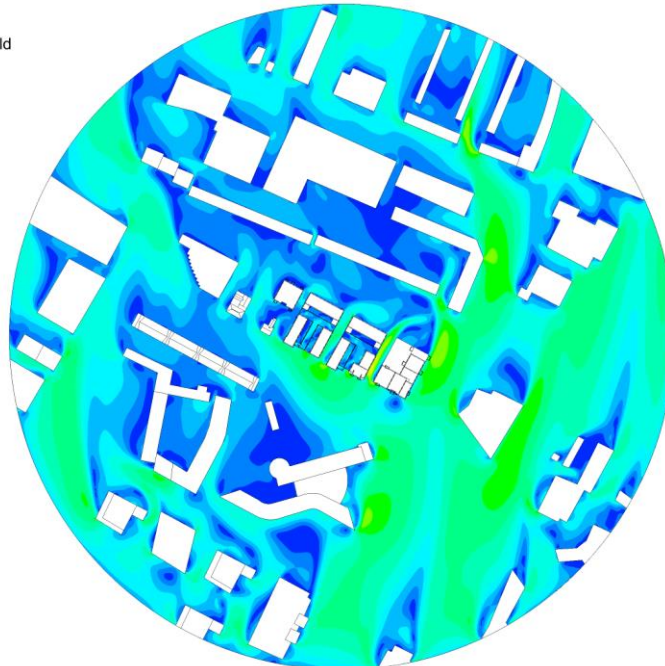
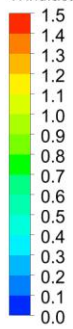


Windrichting 180

AV WF
Vector windfactor op 1.75 m boven maaiveld

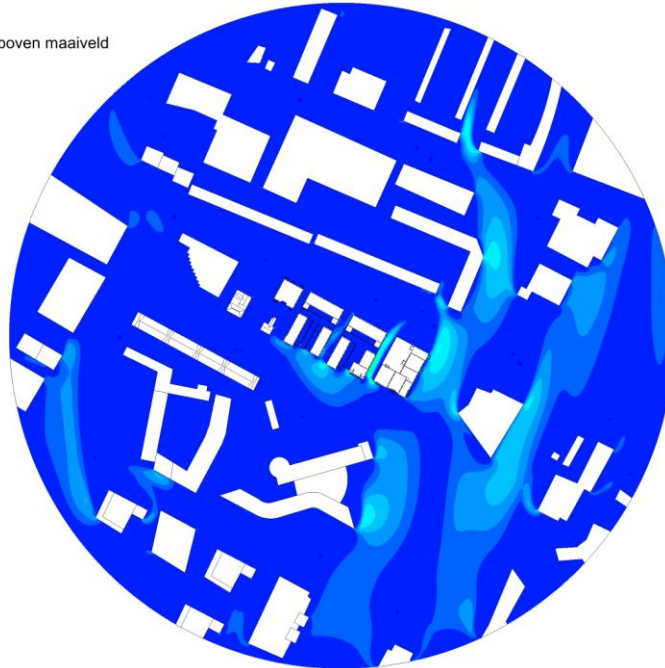
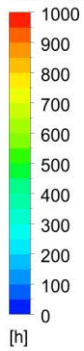


AV WF
Windfactor op 1.75 m boven maaiveld

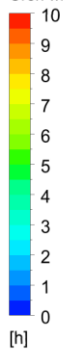


Windrichting 180

AV WH
Uren windhinder per jaar op 1.75 m boven maaiveld

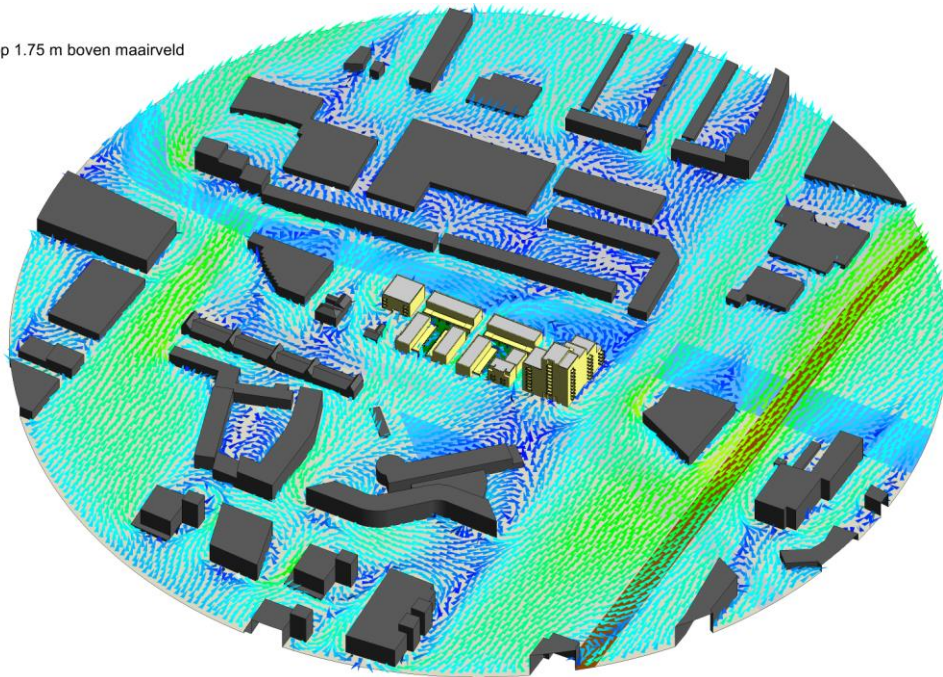
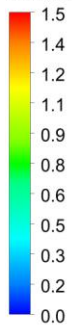


AV WG
Uren windgevaar per jaar op 1.75 m boven maaiveld

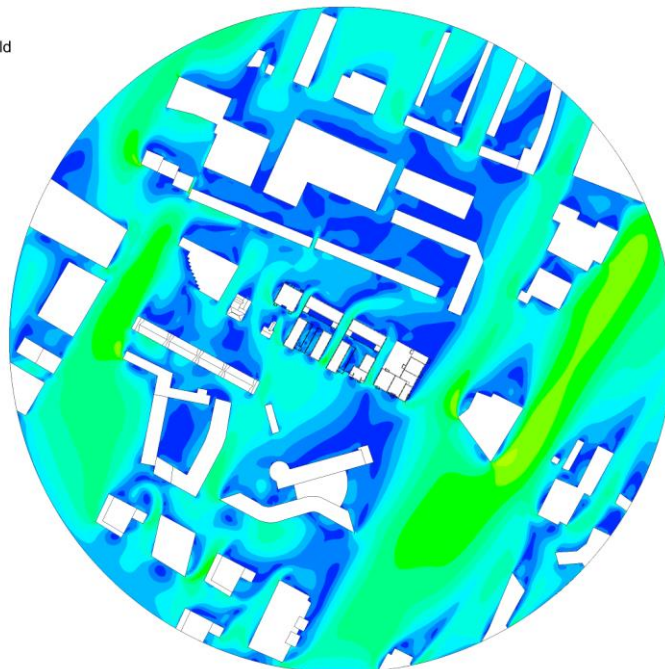
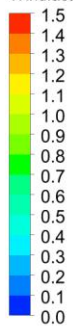


Windrichting 210

AV WF
Vector windfactor op 1.75 m boven maaiveld

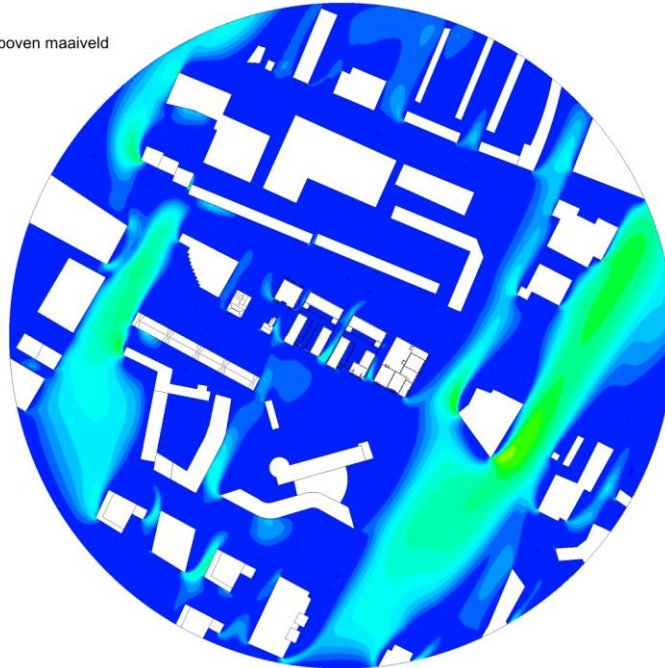
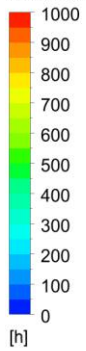


AV WF
Windfactor op 1.75 m boven maaiveld

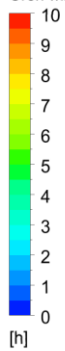


Windrichting 210

AV WH
Uren windhinder per jaar op 1.75 m boven maaiveld

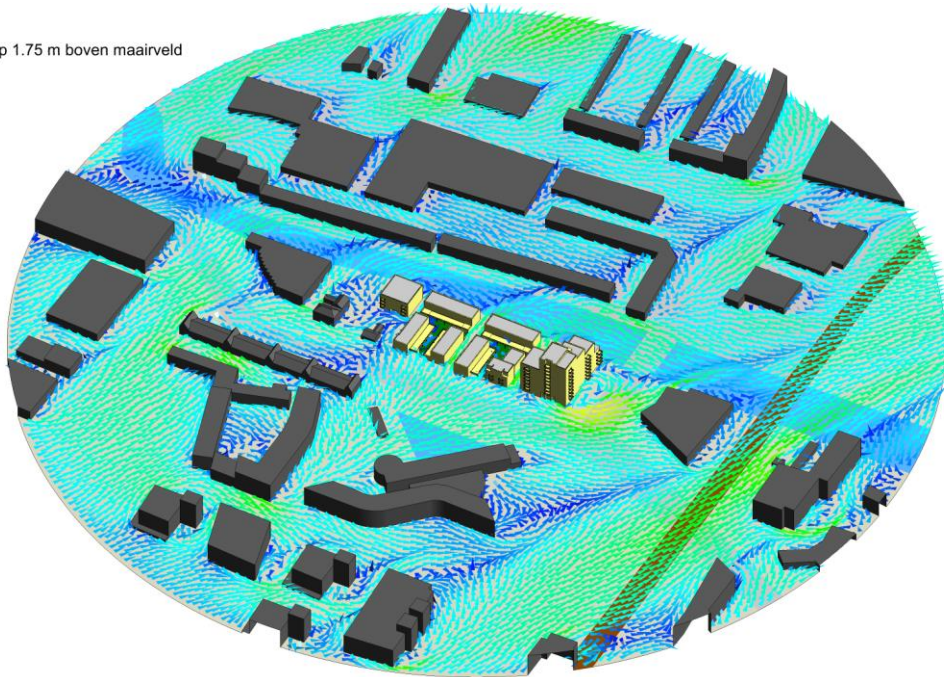
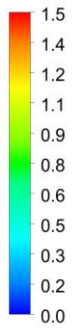


AV WG
Uren windgevaar per jaar op 1.75 m boven maaiveld

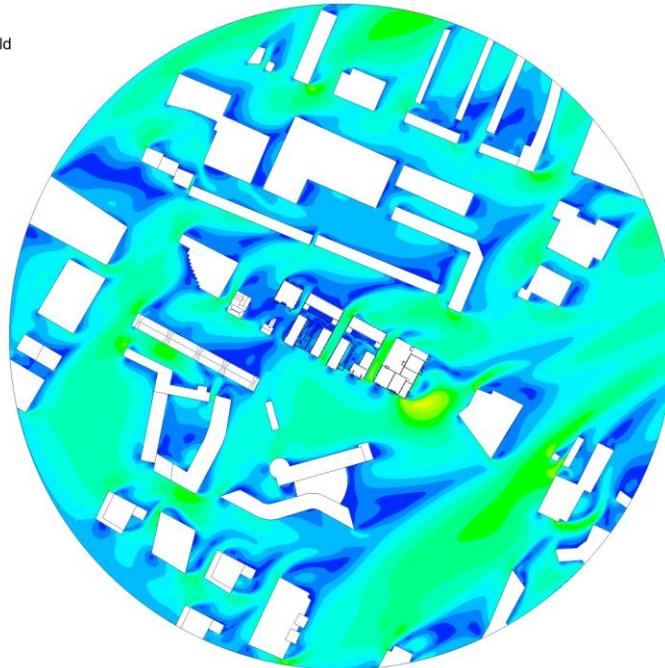
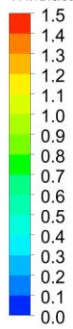


Windrichting 240

AV WF
Vector windfactor op 1.75 m boven maaiveld

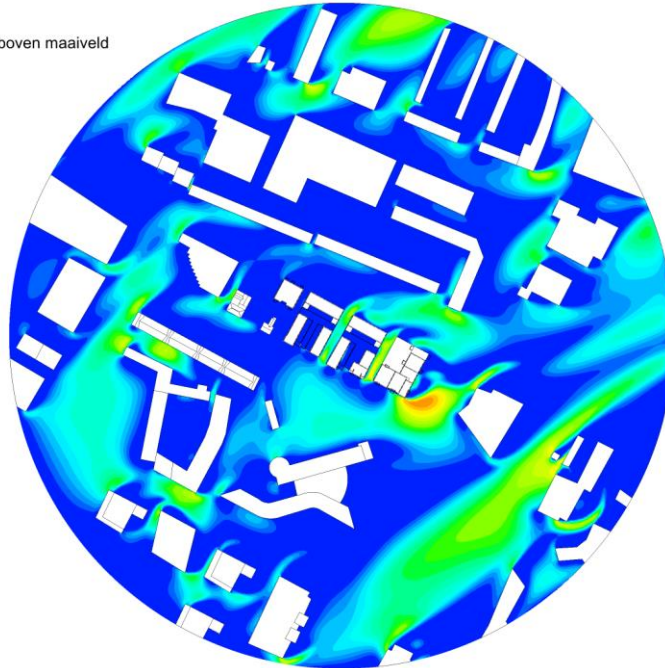
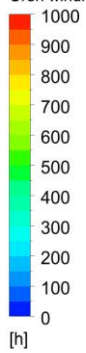


AV WF
Windfactor op 1.75 m boven maaiveld

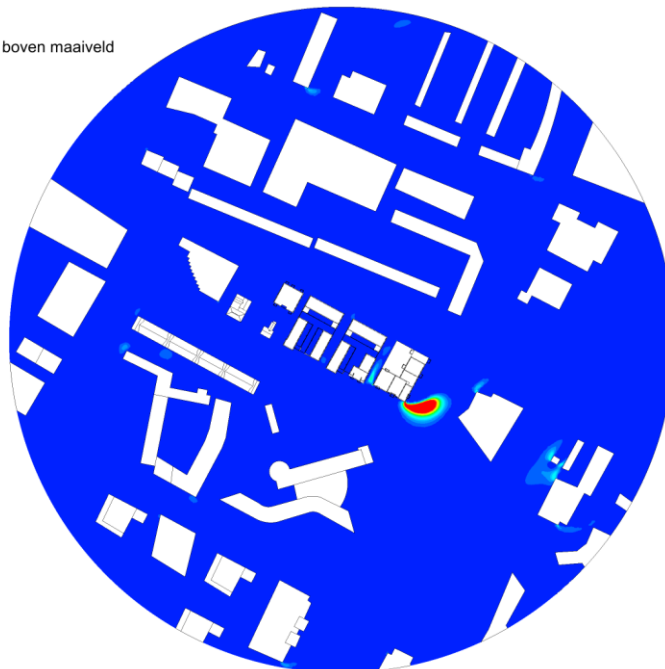
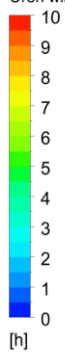


Windrichting 240

AV WH
Uren windhinder per jaar op 1.75 m boven maaiveld

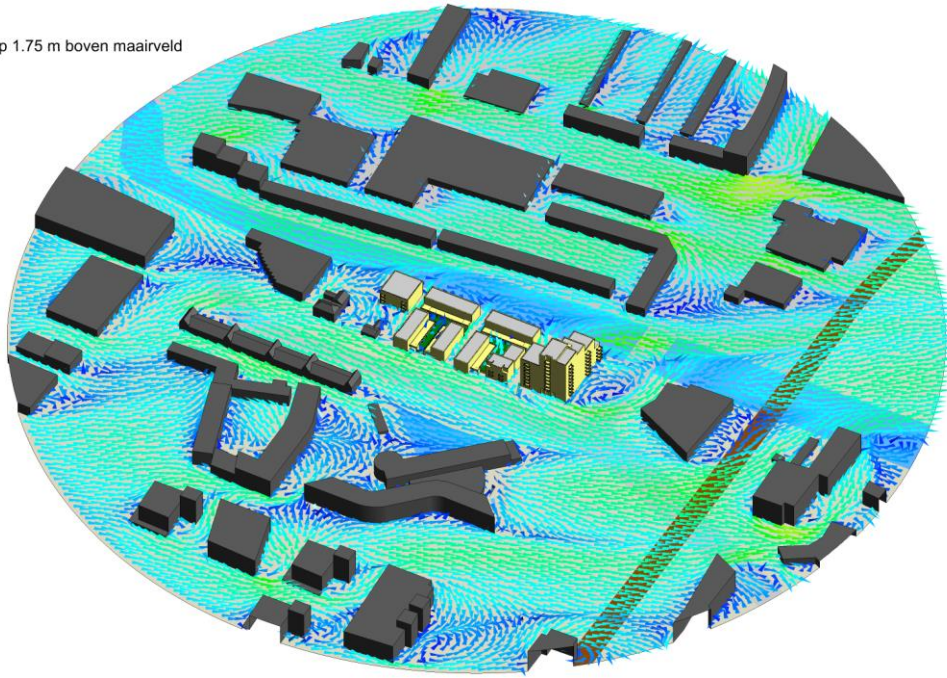
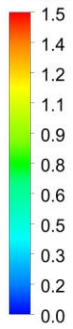


AV WG
Uren windgevaar per jaar op 1.75 m boven maaiveld

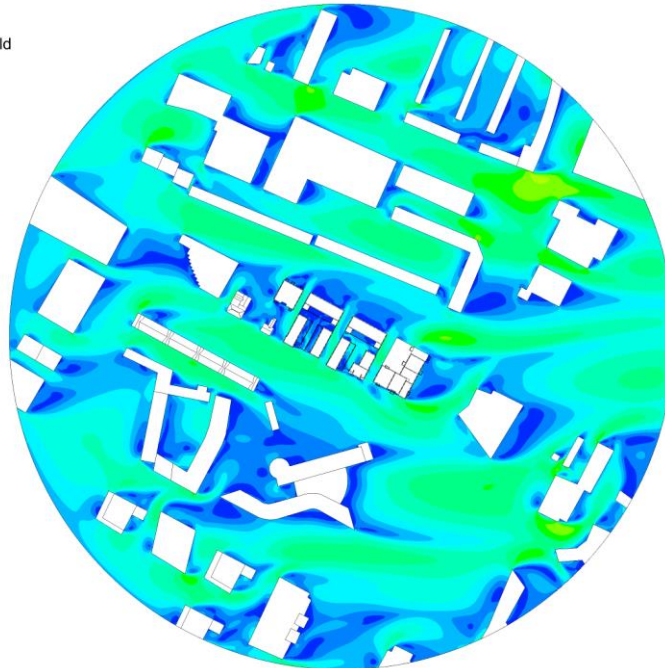
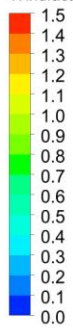


Windrichting 270

AV WF
Vector windfactor op 1.75 m boven maaiveld

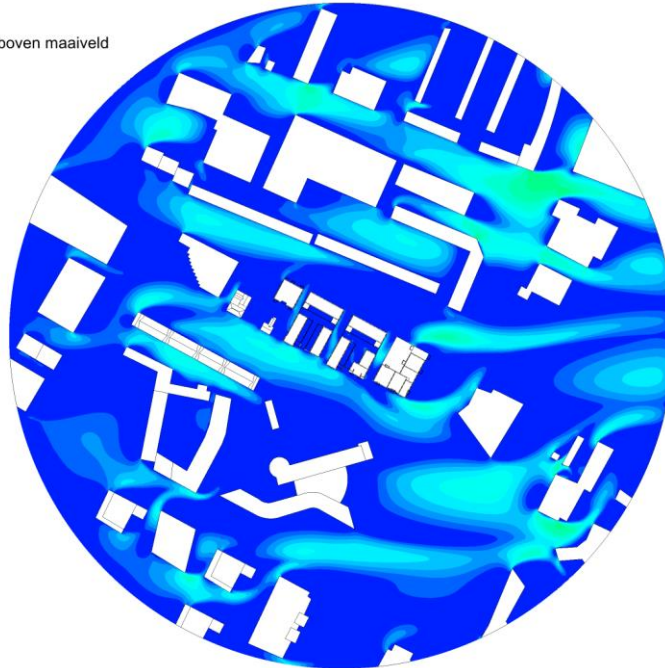
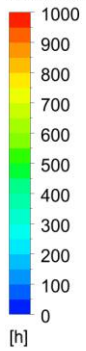


AV WF
Windfactor op 1.75 m boven maaiveld

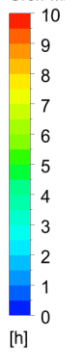


Windrichting 270

AV WH
Uren windhinder per jaar op 1.75 m boven maaiveld

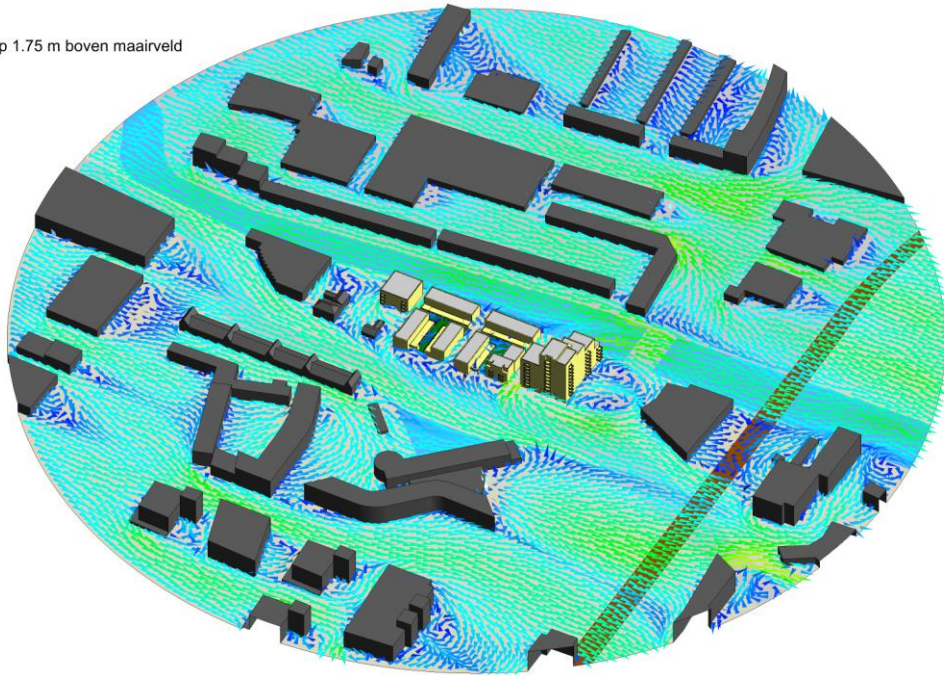
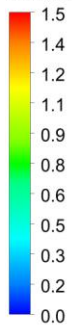


AV WG
Uren windgevaar per jaar op 1.75 m boven maaiveld

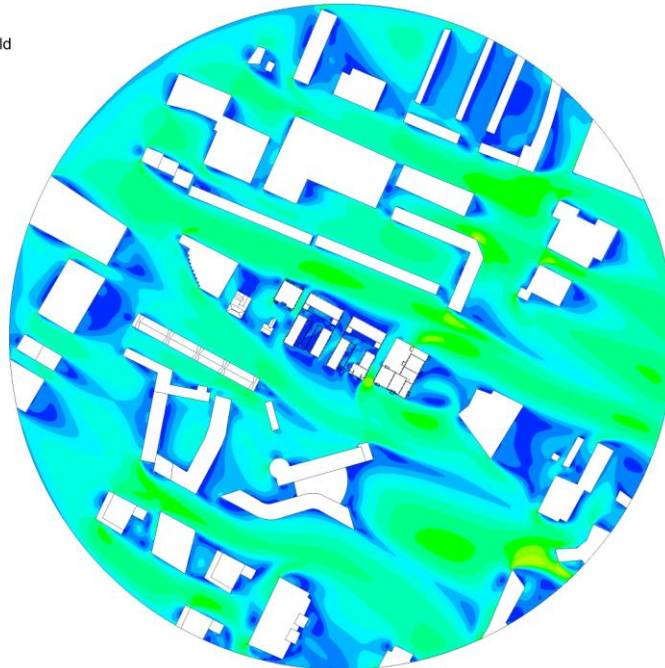
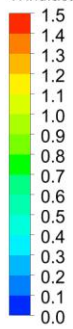


Windrichting 300

AV WF
Vector windfactor op 1.75 m boven maarveld

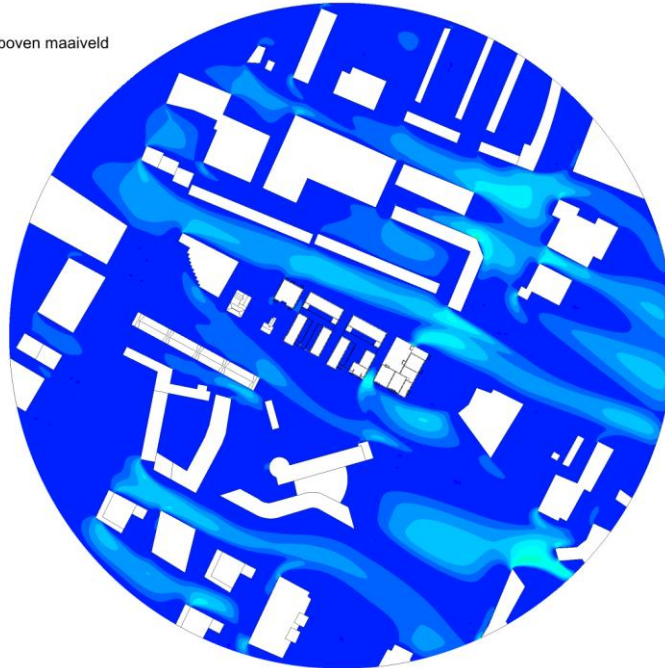
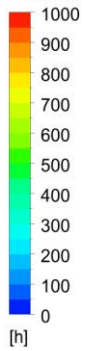


AV WF
Windfactor op 1.75 m boven maaiveld

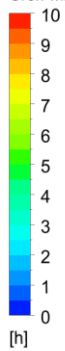


Windrichting 300

AV WH
Uren windhinder per jaar op 1.75 m boven maaiveld

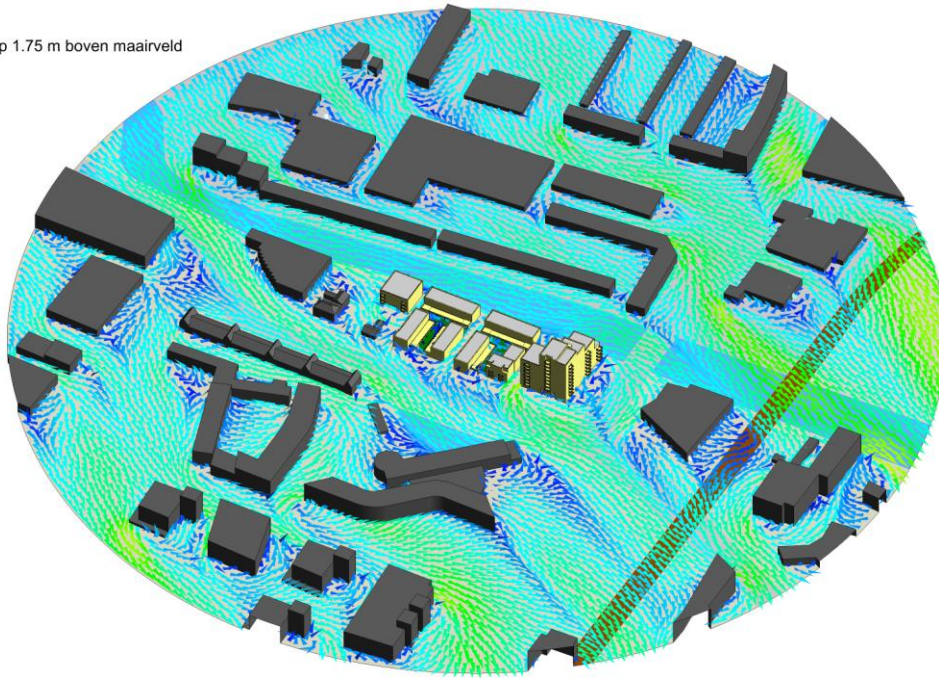
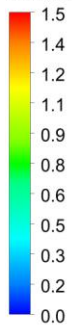


AV WG
Uren windgevaar per jaar op 1.75 m boven maaiveld

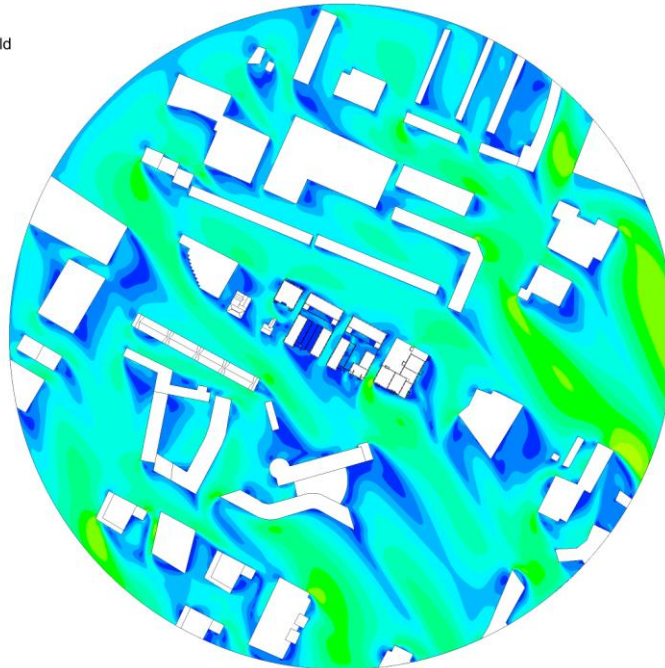
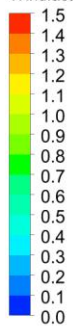


Windrichting 330

AV WF
Vector windfactor op 1.75 m boven maaiveld



AV WF
Windfactor op 1.75 m boven maaiveld



Windrichting 330

