

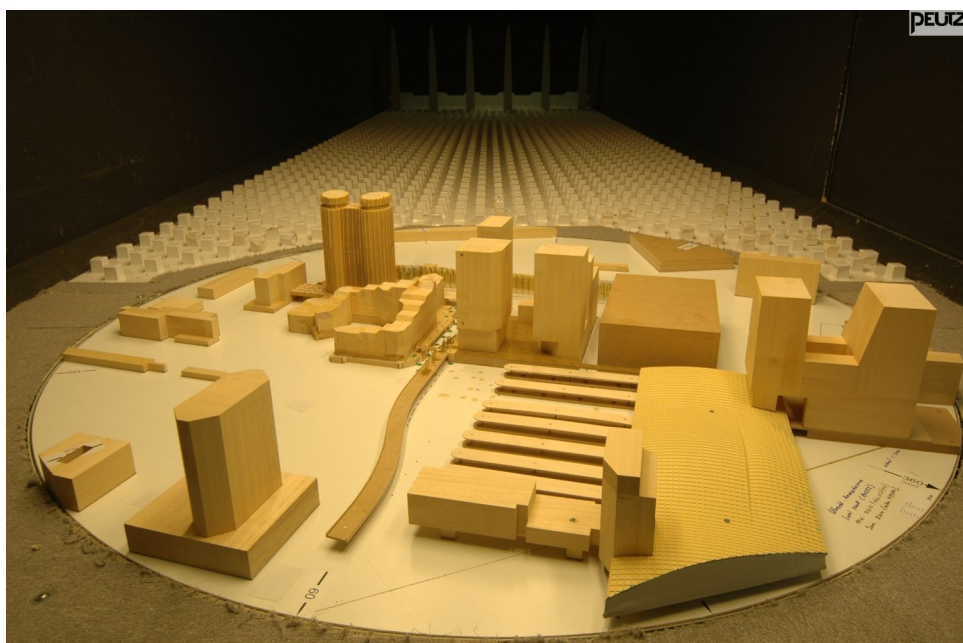


**Onderzoek naar de invloed van bebouwing
Knoopkazerneterrein op het windklimaat op
het terrein van en direct gelegen naast de
Rabobank te Utrecht**

Windklimaatonderzoek met behulp van de windtunnel

Onderzoek naar de invloed van bebouwing Knoopkazerneterrein op het windklimaat op het terrein van en direct gelegen naast de Rabobank te Utrecht

Windklimaatonderzoek met behulp van de windtunnel



opdrachtgever	Gemeente Utrecht, Projectorganisatie Stationsgebied
rapportnummer	OA 15483-1-RA-001
datum	7 augustus 2014
referentie	AA/AA/KS/OA 15483-1-RA-001
verantwoordelijke	A.W. Alders
opsteller	A.W. Alders +31 24 3570739 a.alders@peutz.nl

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 24 357 07 07, info@peutz.nl, www.peutz.nl

opdrachten volgens 'De nieuwe regeling 2011' (DNR 2011) ingeschreven kvk onder nummer 12028033

lid NL-ingenieurs, iso-9001:2008 gecertificeerd

mook – zoetermeer – groningen – düsseldorf – dortmund – berlijn – leuven – parijs – lyon – sevilla

Inhoudsopgave

1 Inleiding	4
2 Normstelling en opzet van het onderzoek	5
2.1 Windhinder en windgevaar volgens NEN 8100	5
2.1.1 Windhinder	5
2.1.2 Windgevaar	6
2.2 Windklimaat op de locatie	7
2.3 Simulatie windsnelheden in de windtunnel	9
2.4 Schaalmodel	10
2.5 Onderzoek in de windtunnel	10
3 Resultaten van het onderzoek	12
3.1 Bestaande bebouwingssituatie	13
3.2 Bestaande bebouwingssituatie met alleen de Rabobrug gerealiseerd	14
3.3 Bebouwing Knoopkazerneterrein Fase 1 en Rabobrug	15
3.4 Bebouwing Knoopkazerneterrein Fase 2 en Rabobrug	16
3.5 Bebouwing Knoopkazerneterrein Fase 3 en Rabobrug	18
3.6 Variant 1	19
3.7 Variant 2	20
3.8 Variant 3	21
3.9 Variant 4	22
3.10 Variant 5	23
3.11 Variant 6	24
4 Resultaten en aanbevelingen TNO rapporten	25
5 Samenvatting en conclusies	27

1 Inleiding

In opdracht van de gemeente Utrecht, Projectorganisatie Stationsgebied, is een windtunnelonderzoek uitgevoerd aan een schaalmodel van het nieuwbouwplan op het Knoopkazerneterrein te Utrecht, inclusief de bestaande stedenbouwkundige omgeving van het project.

In een eerder stadium is door TNO windtunnelonderzoek met betrekking tot deze locatie verricht. De resultaten van deze onderzoeken zijn vastgelegd in de rapporten TNO 2013 R 11224 en TNO 2014 R 10781. Aangezien TNO begin 2014 gestopt is met het verrichten van windtunnelonderzoeken is aan Peutz bv verzocht een aanvullend onderzoek te verrichten.

Het doel van het aanvullende onderzoek was specifiek gericht op het vaststellen van de invloed van de geplande bebouwing van het Knoopkazerneterrein op het windklimaat direct naast het hoofdkantoor van de Rabobank aan de zijde van de Mineurslaan. Hierbij is zowel onderzoek verricht op maaiveldniveau als op verhoogd loopniveau direct naast de hogere bebouwing van de Rabobank. Naar aanleiding van de eerste meetresultaten is verder vervolgonderzoek uitgevoerd met betrekking tot mogelijke windafschermende maatregelen.

Voor het vervaardigen van het model is gebruik gemaakt van een reeds bestaand schaalmodel, zoals verstrekt door TNO, gegevens zoals verstrekt door de gemeente Utrecht, van gegevens van de aanwezige stedenbouwkundige omgeving, het schaalmodel van het hoofdkantoor van de Rabobank zoals bij Peutz beschikbaar, alsmede van eigen waarnemingen ter plaatse.

Voor de opzet van het onderzoek en de beoordeling van het windklimaat is uitgegaan van de Nederlandse norm NEN 8100:2006 *Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving*.

In dit rapport wordt verslag gedaan van het windtunnelonderzoek waarbij de volgende indeling is gehanteerd:

In hoofdstuk 2 wordt de normstelling toegelicht en de opzet van het onderzoek beschreven.

In hoofdstuk 3 worden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd.

In hoofdstuk 4 wordt volledigheidshalve en op verzoek van de gemeente Utrecht nog kort ingegaan op de resultaten en aanbevelingen zoals vermeld in de eerder door TNO verrichte onderzoeken met betrekking tot het windklimaat in het openbare gebied rondom het Knoopkazerneterrein. Volstaan wordt hierbij met het verkort weergeven van de in deze rapporten opgenomen samenvattingen.

In hoofdstuk 5 is tenslotte een samenvatting betreffende het door Peutz verrichte onderzoek opgenomen en worden conclusies gegeven.

2 Normstelling en opzet van het onderzoek

2.1 Windhinder en windgevaar volgens NEN 8100

Windklimaatonderzoek in de windtunnel en rekenkundig met behulp van CFD (Computational Fluid Dynamics) gebeurt in Nederland in principe volgens de NEN8100:2006 *Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving*. In deze norm is niet alleen de onderzoeksmethode beschreven maar worden tevens beoordelingscriteria vermeld.

De gevoeligheid van de mens voor wind is sterk afhankelijk van de activiteit waarmee men bezig is. Bij een laag activiteitsniveau (bijvoorbeeld wachten bij een bushalte, op een terrasje zitten, of in de situatie bij de Rabobank het verblijf in het rokersgebied direct voor de ingang op het verhoogde verblijfsniveau) zullen lagere windsnelheden als hinderlijk ervaren kunnen worden dan bij een hoger activiteitsniveau. In de NEN 8100 wordt voor de beoordeling van het windklimaat derhalve onderscheid gemaakt tussen verschillende activiteitenklassen.

Bij hogere windsnelheden kan tevens sprake zijn van gevaarlijke situaties zoals evenwichtsverlies bij het passeren van gebouwhoeken en dergelijke. Hiervoor wordt getoetst aan het specifieke gevaarcriterium.

2.1.1 Windhinder

Windhinder is iets wat in geen geval geheel te voorkomen is: als het stormt is de wind hinderlijk, wat voor maatregelen er ook getroffen worden. Het is daarom ook de kans op windhinder, die maatgevend gehouden wordt voor de beoordeling van het windklimaat. Voor windhinder wordt een drempelwaarde $v_{DR,H}$ aangehouden van 5 m/s uurgemiddelde windsnelheid op loop- of verblijfsniveau. Bij deze windsnelheid gaan mechanische effecten bij de ervaring van het windklimaat een rol spelen zoals bijvoorbeeld het omslaan van paraplu's, in de ogen waaien van stof en in meer extreme vorm het dichtwaaien van een autoportier e.d.

Aan de hand van onderstaande tabel 2.1, afkomstig uit de NEN 8100, wordt een beoordeling gegeven van de te verwachten mate van windhinder.

t2.1 Criteria windhinder volgens NEN 8100.

Overschrijdingskans $p(v_{LOK} > v_{DR,H})$ in procenten van het aantal uren per jaar	Kwaliteitsklasse	Activiteit		
		I. Doorlopen	II. Slenteren	III. 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

Afhankelijk van de activiteitenklasse wordt de waardering van het lokale windklimaat gekwalificeerd met 'goed', 'matig' of 'slecht' (zie tabel 2.1). Bij een goed windklimaat ondervindt men geen overmatige windhinder. In een situatie zonder overmatige windhinder heeft het merendeel van het publiek onder normale omstandigheden 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.

Er wordt naar gestreefd, om binnen de verschillende activiteitenklassen, een goed, eventueel nog matig windklimaat te realiseren.

Activiteitenklasse 'langdurig zitten' is dusdanig kritisch dat deze met terughoudendheid wordt toegepast.

2.1.2 Windgevaar

Voor windgevaar wordt 15 m/s uurgemiddelde windsnelheid als drempelwaarde $v_{DR,G}$ gehanteerd.

Op basis van tabel 2.2, afkomstig uit de NEN 8100, wordt bepaald of sprake is van windgevaar.

t2.2 Criteria windgevaar volgens NEN 8100.

Overschrijdingskans $p(v_{LOK} > v_{DR,G})$ in procenten van het aantal uren per jaar	Kwalificatie
$0,05 < p < 0,30$	Beperkt risico
$p \geq 0,30$	Gevaarlijk

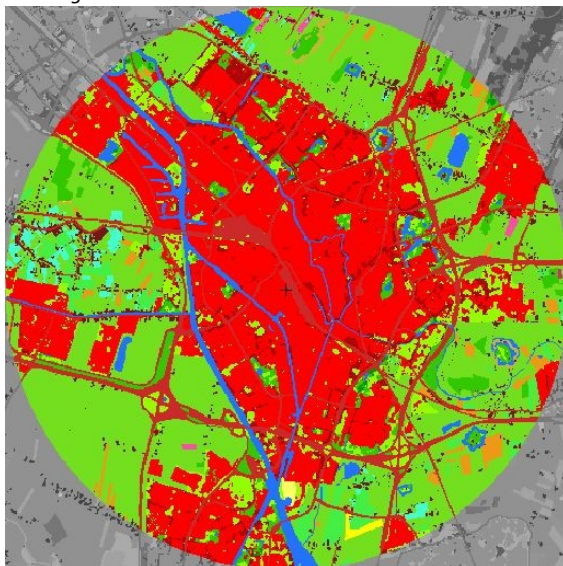
De norm stelt: "Situaties waarvoor een overschrijdingskans geldt van $0,05 < p < 0,30$ mogen alleen worden geaccepteerd als deze vallen binnen activiteiten klasse I (doorlopen). Voor activiteiten klasse II en III geldt de eis $p \leq 0,05$.

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."

2.2 Windklimaat op de locatie

Voor de vertaling van de resultaten van de metingen aan een schaalmodel in de windtunnel naar de werkelijke situatie wordt gebruik gemaakt van een windstatistiek. De NEN 8100 verwijst voor de benodigde meteogegevens naar de NPR 6097:2006 *Toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland*. Met behulp van de bijbehorende software wordt voor de specifieke locatie een windstatistiek berekend op basis van meteogegevens van een groot aantal meteostations en gegevens omtrent terreinruwheden tot 6 km afstand van het project. De terreinruwheden van het omliggend gebied worden per categorie weergegeven in figuur 2.1. De kleur geeft de terreinruwheid aan, rood staat bijvoorbeeld voor stedelijk bebouwd gebied.

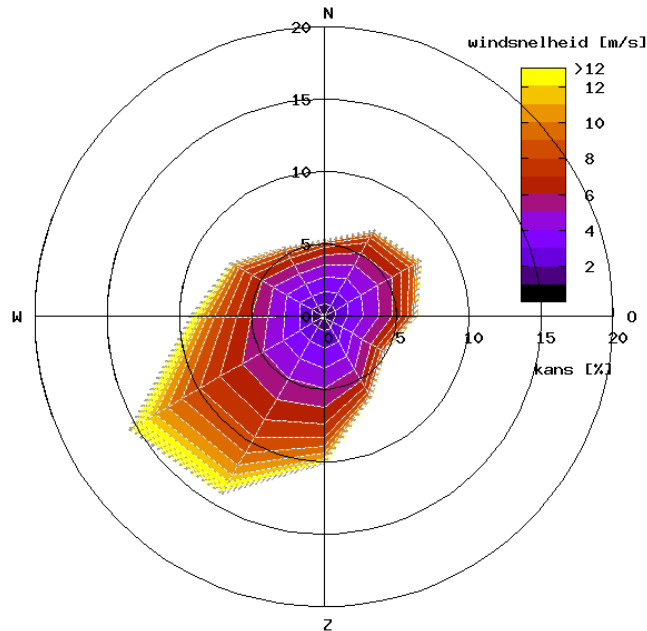
f2.1 *Terreinruwheid tot 6 km afstand volgens NPR 6097.*



In figuur 2.2 is de op basis van de NPR 6097 berekende windroos op 60 meter hoogte boven de betreffende locatie weergegeven. In de windroos wordt de kans op het voorkomen van wind uit een bepaalde richting weergegeven alsmede de verdeling van windsnelheden binnen de betreffende richtingen. Uit de windroos en onderstaande windstatistiek (tabel 2.3) blijkt dat op de bouwlocatie met name bij wind uit het zuidwesten tot noordwesten de hoogste windsnelheden optreden en dat de wind ca. 30% van de tijd uit het zuidwesten (210° en 240°) komt. De zuidwesten wind is hiermee bepalend voor het windklimaat op de bouwlocatie.

f2.2 Windroos betreffende locatie volgens NPR 6097.

Windroos voor locatie X135960 Y455468.



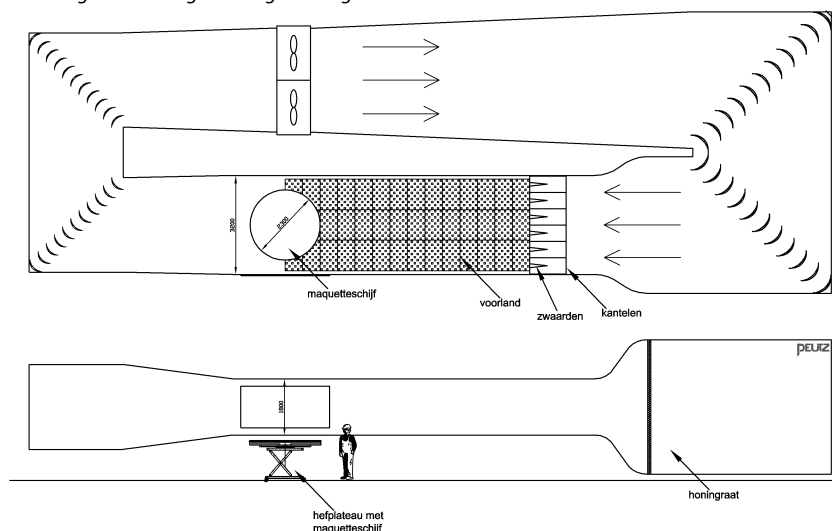
t2.3 Windstatistiek van de betreffende locatie volgens NPR 6097.

Distributief overzicht windsnelheden 60 meter op basis van NPR 6097 in uren per jaar												totaal aantal uren: 8767.0	
Positie X135960 Y455468 Jaar 1963-2002												gemiddelde windsnelheid (m/s): 5.5	
wind snelheid	30°	60°	Oost 90°	120°	150°	Zuid 180°	210°	240°	West 270°	300°	330°	Noord 360°	
0.0 - 0.9	18.3	18.0	18.5	14.4	20.4	18.6	15.8	18.1	16.8	19.4	17.3	16.9	
1.0 - 1.9	62.7	61.2	52.1	43.7	62.3	67.0	56.7	60.9	54.3	61.8	56.0	57.9	
2.0 - 2.9	82.8	85.8	76.7	67.7	92.0	104.5	93.6	89.9	75.5	84.1	73.7	79.1	
3.0 - 3.9	106.5	98.3	90.5	74.3	100.7	120.6	121.3	114.6	93.1	93.5	79.5	84.0	
4.0 - 4.9	94.2	114.2	93.7	70.0	96.1	124.3	144.5	138.5	102.1	94.8	72.8	76.0	
5.0 - 5.9	84.5	96.8	80.1	58.2	73.1	115.5	147.2	153.0	99.7	81.3	62.8	61.2	
6.0 - 6.9	65.6	68.7	55.0	40.5	46.4	96.6	141.3	150.6	85.8	69.0	46.8	43.0	
7.0 - 7.9	39.5	51.0	41.2	27.9	34.2	79.6	122.2	141.4	77.2	52.3	32.8	24.2	
8.0 - 8.9	25.0	37.6	26.3	16.2	20.4	58.7	109.6	124.7	60.8	37.4	20.2	12.9	
9.0 - 9.9	14.3	21.3	14.3	6.3	11.8	41.6	87.8	105.2	45.3	25.1	13.4	6.4	
10.0 - 10.9	7.2	13.8	7.9	2.4	5.5	28.3	67.8	81.4	32.1	16.1	6.3	3.2	
11.0 - 11.9	2.9	8.0	4.7	1.1	2.5	17.3	48.2	59.0	25.8	10.4	3.4	1.7	
12.0 - 12.9	1.8	2.8	1.6	0.3	0.7	9.4	35.0	47.3	16.8	5.9	1.9	1.2	
13.0 - 13.9	0.5	0.9	0.7	0.2	0.5	5.3	22.1	30.4	12.1	2.9	1.0	0.2	
14.0 - 14.9	0.1	0.3	0.3	0.0	0.1	2.5	12.9	19.9	7.9	1.5	0.3	0.0	
15.0 - 15.9	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	1.0	7.9	13.6	4.3	0.6	0.3	0.0	
16.0 - 16.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.5	6.8	2.8	0.5	0.0	0.0	
17.0 - 17.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.1	4.4	1.8	0.1	0.0	0.0	
18.0 - 18.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	2.3	0.9	0.2	0.0	0.0	
19.0 - 19.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.5	0.4	0.2	0.0	0.0	
20.0 - 20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	0.3	0.1	0.0	0.0	
21.0 - 21.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	
22.0 - 22.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	
23.0 - 23.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	
24.0 - 24.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
25.0 - 25.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
26.0 - 26.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
27.0 - 27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
28.0 - 28.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
29.0 - 29.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
30.0 - 30.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
31.0 - 31.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
32.0 - 32.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
33.0 - 33.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
34.0 - 34.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
35.0 - 35.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
36.0 - 36.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
37.0 - 37.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
38.0 - 38.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
39.0 - 39.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
aantal uren	605.9	678.8	563.7	423.2	566.7	892.0	1241.8	1365.1	816.1	657.3	488.5	467.9	
gemiddelde snelheid	4.6	4.9	4.7	4.4	4.4	5.5	6.7	7.0	6.1	5.1	4.6	4.2	

2.3 Simulatie windsnelheden in de windtunnel

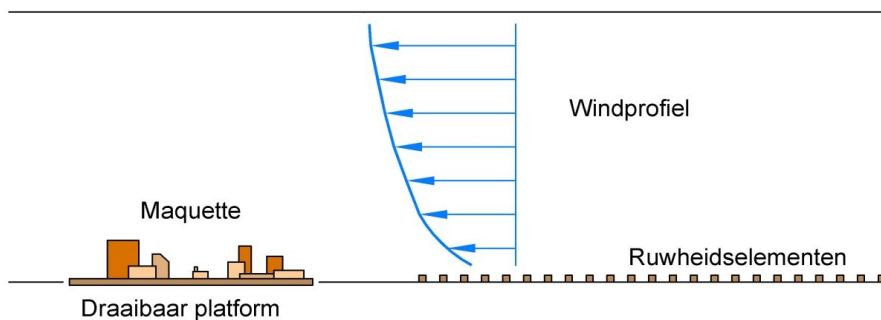
Voor het uitvoeren van windtunnelonderzoek beschikt Peutz over een eigen windtunnel. Dit betreft een gesloten grenslaagtunnel, speciaal ontworpen voor het simuleren van een atmosferische grenslaag. In figuur 2.3 is een schematische weergave van de windtunnel opgenomen.

f2.3 Schematische weergave van de gesloten grenslaagtunnel.



In de windtunnel wordt de grenslaagstroming die in de praktijk (bij neutrale stabiliteit t.a.v. het temperatuurprofiel) aanwezig is, op schaal opgewekt, zodat aan de rand van het schaalmodel het juiste windprofiel (afhankelijk van de terreinruwheid) wordt gesimuleerd. Verfijning van de lokale windsituatie vindt plaats door het mee modelleren van de direct omliggende bebouwing. Zie figuur 2.4.

f2.4 Opwekken windprofiel in de windtunnel.



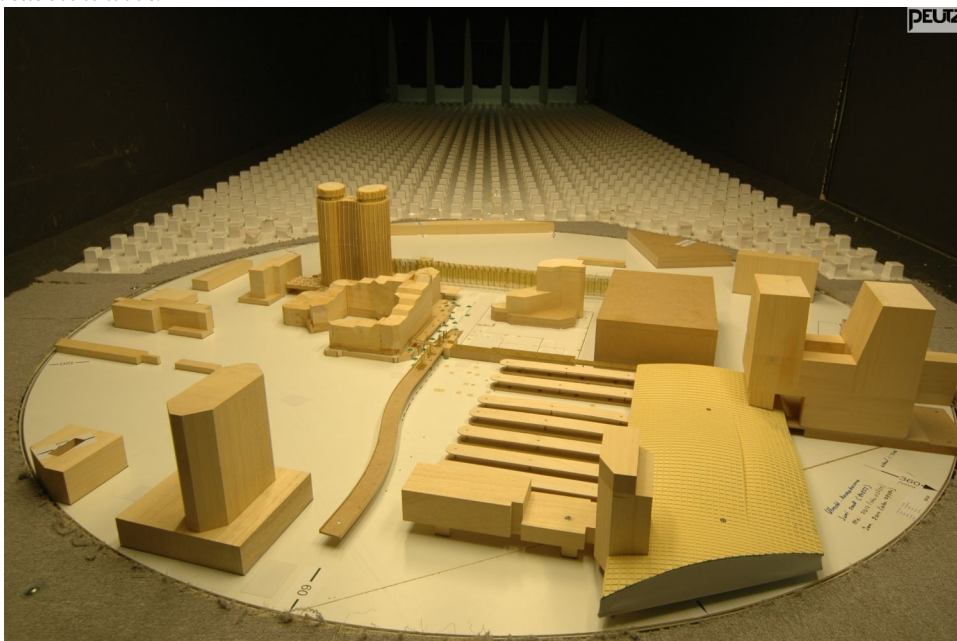
2.4 Schaalmodel

Ten behoeve van het windtunnelonderzoek is een 1:300 schaalmodel van de bouwplannen en de stedenbouwkundige omgeving gebruikt conform de volgende gegevens:

- het bij TNO gebruikte schaalmodel voor de eerder voor het Knoopkazerneterrein verrichte onderzoeken
- aanvullende gegevens zoals verstrekt door de gemeente Utrecht
- het schaalmodel van het hoofdkantoor van de Rabobank zoals bij Peutz beschikbaar, omdat dit afwijkt van het door TNO gebruikte schaalmodel (model Peutz conform realisatie en lager dan het TNO model. Hierdoor kunnen verschillen in meetresultaten optreden tussen de door TNO gepresenteerde metingen en die van Peutz en wel met name op de locaties zoals door Peutz bij het voorliggende onderzoek gebruikt zijn.)
- eigen waarnemingen ter plaatse.

De stedenbouwkundige omgeving is tot een afstand van ca. 345 meter vanaf het hart van het Knoopkazerneterrein meegenomen.

f2.5 Maquette basissituatie.



2.5 Onderzoek in de windtunnel

In de basissituatie zijn in totaal op 25 plaatsen langs de Rabobank aan de zijde van de Mineurslaan de gemiddelde windsnelheden op loop- en verblijfsniveau gemeten, dat wil zeggen op een hoogte overeenkomend met ca. 1,75 meter boven plaatselijk (deels verhoogd) niveau in werkelijkheid. Per punt is bekeken of het ligt in een gebied dat gezien wordt als doorloopgebied of als slentergebied.

Met behulp van de windtunnelmetingen zijn voor 12 verschillende windrichtingen voor alle meetpunten windsnelheidscoëfficiënten c_v bepaald, zijnde de verhouding tussen de windsnelheden op loop- en verblijfsniveau en de windsnelheid op 60 meter hoogte.

Met deze windsnelheidscoëfficiënten kan per windrichting bepaald worden bij welke snelheden op 60 meter hoogte de kritische uurgemiddelde windsnelheden van 5 en 15 m/s voor respectievelijk windhinder en windgevaar op de meetposities worden overschreden.

Met behulp van de windstatistiek voor de bouwlocatie, zoals berekend volgens de NPR 6097, die eveneens uitgaat van een referentiehoogte van 60 meter (mesohoogte), wordt vervolgens per windrichting de overschrijdingskans voor deze kritische windsnelheid bepaald. De totale overschrijdingskans is de som van de overschrijdingskansen per windrichting, ook wel de hinderkans en de gevaarkans genoemd. Deze worden vervolgens getoetst aan de NEN 8100 om het lokale windklimaat te kunnen beoordelen.

3 Resultaten van het onderzoek

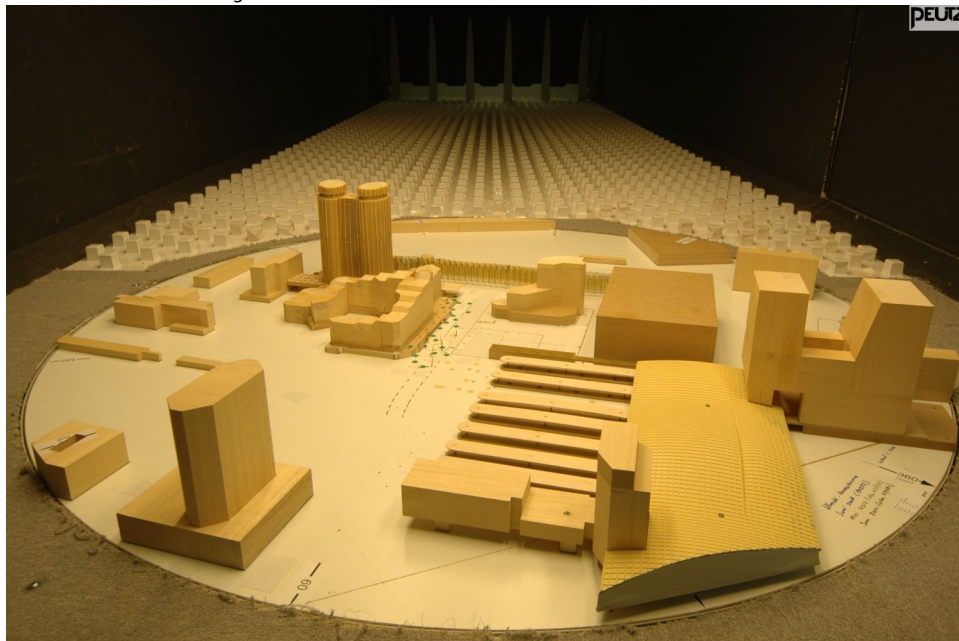
Onderstaand wordt een omschrijving gegeven van de doorgemeten situaties en worden de meetresultaten weergegeven. Het windklimaat wordt beoordeeld op basis van de meetgegevens uit de windtunnel, de windstatistiek van de betreffende locatie en de grenswaarden zoals beschreven in de paragrafen 2.1.1 en 2.1.2 betreffende windhinder en windgevaar. Hierbij worden de meetpunten 14 tot en met 19, gelegen ter plaatse van de entree respectievelijk in het rokersgebied voor deze (personeels)entree op verhoogd niveau, beoordeeld met het criterium voor slentergebied (categorie II). De overige meetpunten worden beoordeeld met het beoordelingscriterium voor loopgebied (categorie I).

Een overzicht van de categorie-indeling van meetpunten is weergegeven in bijlage II, figuur II.1.

Teneinde de te verwachten windklimaatsituatie te kunnen relateren aan het momenteel heersende windklimaat is tevens de bestaande bebouwingssituatie in de windtunnel onderzocht.

3.1 Bestaande bebouwingssituatie

f3.1 Maquette bestaande bebouwingssituatie.



Situatie: Bestaande bebouwingssituatie

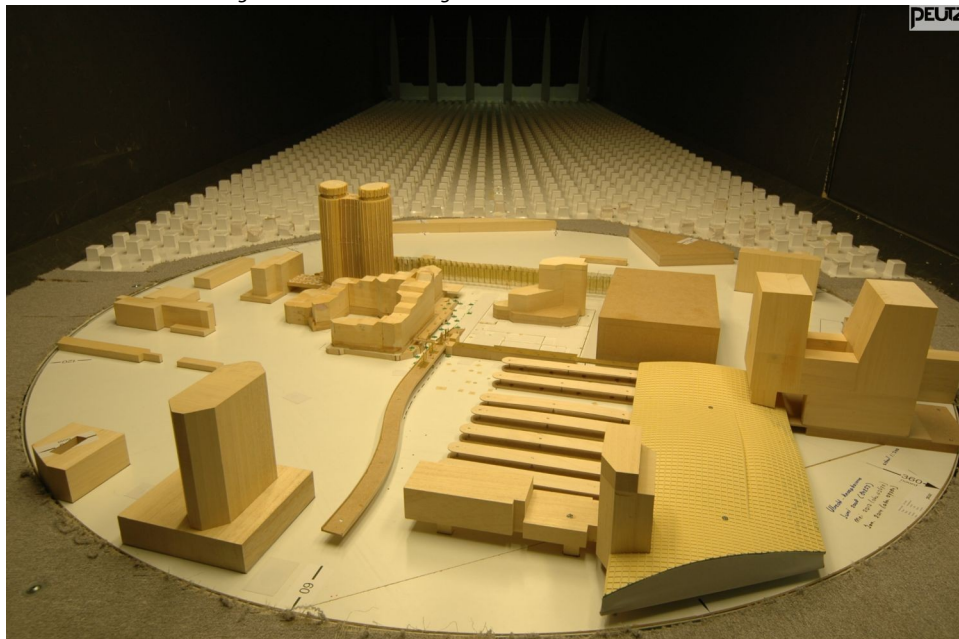
Meetresultaten: Bijlage II, figuur II.2.

Beoordeling: In de huidige situatie is er in de Mineurslaan op maaiveldniveau op vrijwel alle meetpunten sprake van een goed windklimaat. Alleen op meetpunt 25 wordt een matig windklimaat voor loopgebied vastgesteld.

Op het verhoogde (dek)niveau is eveneens sprake van een overwegend goed windklimaat. Hier wordt echter wel op één meetpunt, 19, een slecht windklimaat vastgesteld. Verder wordt op de meetpunten 15,16 en 20 een voor de betreffende functies matig windklimaat geconstateerd.

3.2 Bestaande bebouwingssituatie met alleen de Rabobrug gerealiseerd

f3.2 Maquette bestaande bebouwingssituatie met Rabobrug.



Situatie: Bestaand, met daarbij de Rabobrug gerealiseerd, inclusief de geplande begroeiing bij de brug.

Meetresultaten: Bijlage II, figuur II.3.

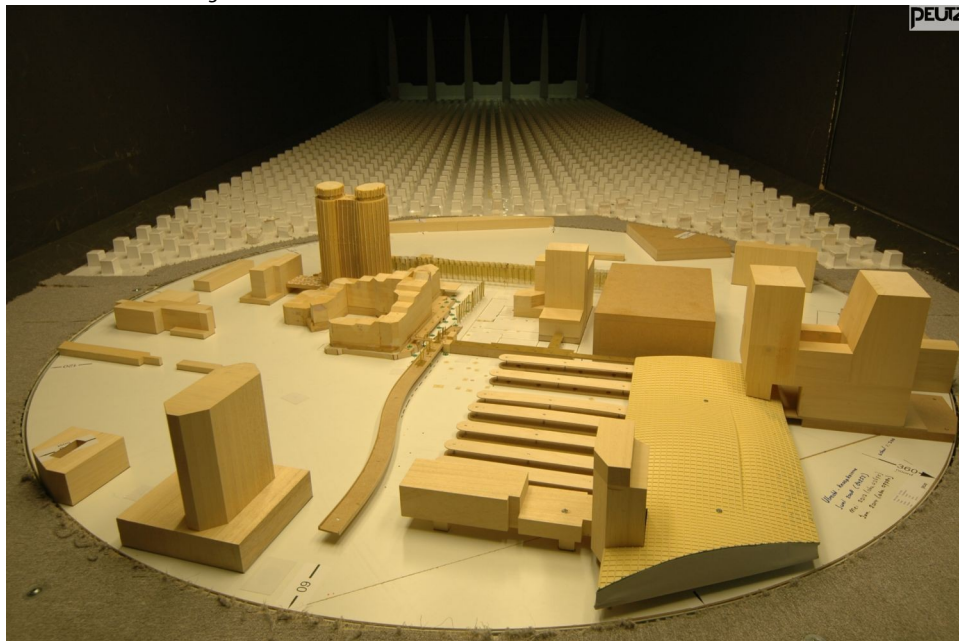
Beoordeling: De Rabobrug heeft een deels afschermend deels windversterkend effect.

In de Mineurslaan wordt in deze situatie op maaiveldniveau op alle meetpunten een goed windklimaat verwacht.

Op het verhoogde (dek)niveau wordt op meerdere meetpunten een beter windklimaat verwacht, waarbij echter op meetpunt 20 een duidelijke verslechtering optreedt ten opzichte van de bestaande situatie. Hier wordt een beperkt risico op windgevaar verwacht, dat conform de NEN8100 nog wel als juist acceptabel voor loopgebied beoordeeld zou mogen worden. Dit houdt in dat er gedurende een aantal uren per jaar bij een bepaalde windrichting zodanig hoge windsnelheden op kunnen treden dat het lopen ter plaatse bemoeilijkt wordt. Het betreft hier echter wel een relatief klein gebied.

3.3 Bebouwing Knoopkazerneterrein Fase 1 en Rabobrug

f3.3 Maquette Fase 1 en Rabobrug.



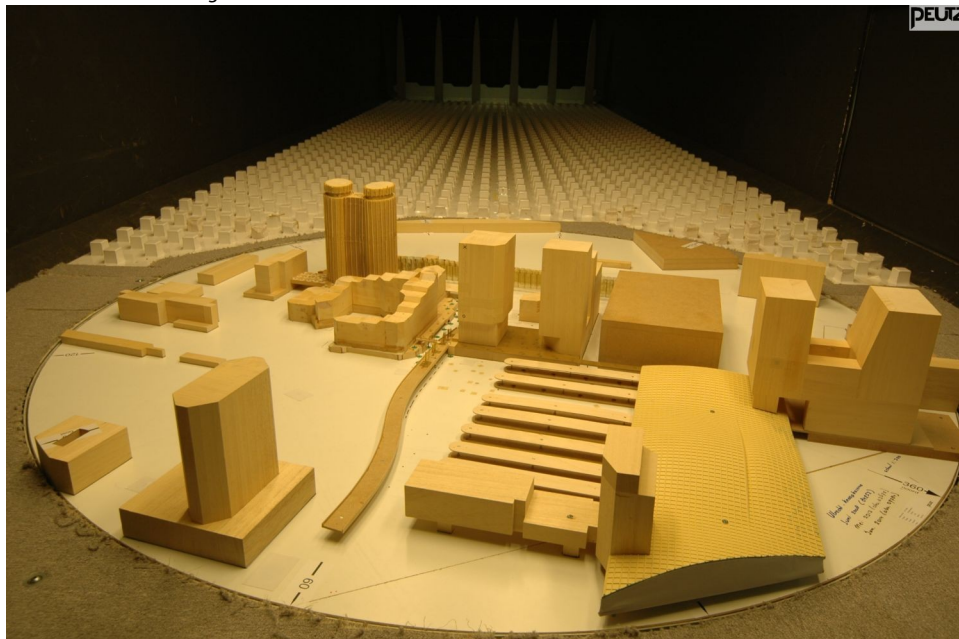
Situatie: Knoopkazerneterrein bebouwing conform Fase 1 en Rabobrug gerealiseerd, inclusief begroeiing Croeselaan conform eerdere onderzoeken

Meetresultaten: Bijlage II, figuur II.4.

Beoordeling: Ten opzichte van de situatie met alleen de Rabobrug gerealiseerd is de invloed van de realisatie Fase 1 Knoopkazerneterrein op het windklimaat op de meetpunten marginaal en binnen de meetnauwkeurigheden als gelijkwaardig te beoordelen.

3.4 Bebouwing Knoopkazerneterrein Fase 2 en Rabobrug

f3.4 Maquette Fase 2 en Rabobrug.



Situatie: Knoopkazerneterrein bebouwing conform Fase 2 en Rabobrug gerealiseerd, inclusief begroeiing Croeselaan conform eerdere onderzoeken.

Meetresultaten: Bijlage II, figuur II.5.

Beoordeling: Ten opzichte van de situatie met alleen Fase 1 en de Rabobrug gerealiseerd is er een duidelijke deels positieve en deels negatieve invloed van de realisatie Fase 2 Knoopkazerneterrein op het windklimaat op de meetpunten te verwachten.

Op maaiveldniveau in de Mineurslaan wordt het windklimaat in het algemeen wat beter dan in de bestaande situatie, waarbij echter wel op meetpunt 4 nu een matig windklimaat wordt verwacht (naast de trapopgang naar de Rabobrug in de Mineurslaan). Voor de entree van de parkeergarage van de Rabobank wordt het windklimaat wat minder goed.

Op het verhoogde (dek)niveau tussen Rabobrug en personeelsentree wordt het windklimaat in deze situatie slechter, matig (meetpunten 21 en 22) tot slecht (meetpunten 19 en 20). Het beperkte risico op windgevaar is echter wel verdwenen.

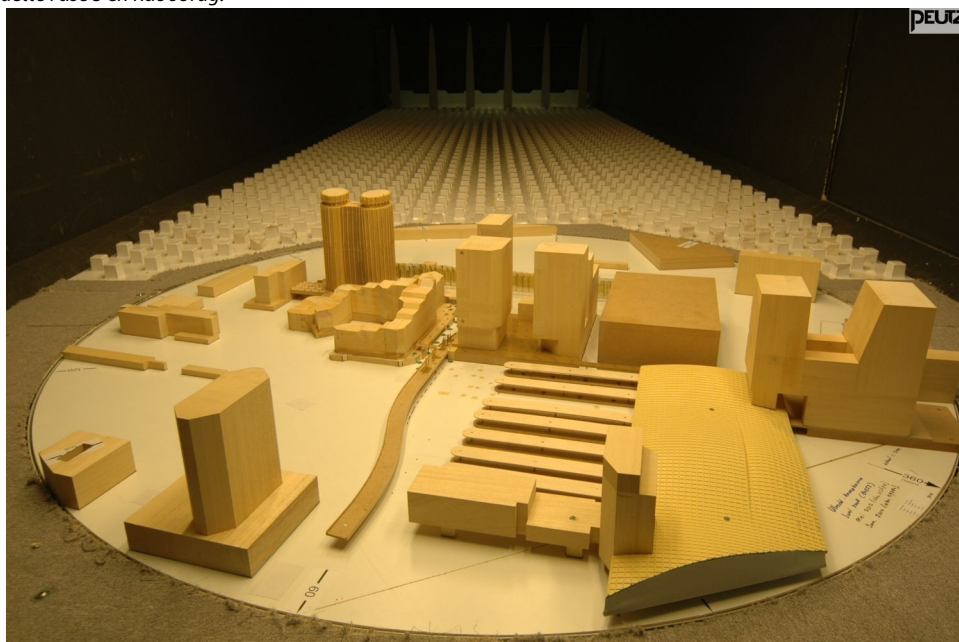


In het gebied op verhoogd (dek)niveau voor de personeelsentree en in het rokersgebied wordt het windklimaat in deze situatie enigszins beter dan in de bestaande situatie.

Deze situatie vraagt in een beperkt gebied om windafschermende maatregelen.

3.5 Bebouwing Knoopkazerneterrein Fase 3 en Rabobrug

f3.5 Maquette Fase 3 en Rabobrug.



Situatie: Knoopkazerneterrein bebouwing conform Fase 3 en Rabobrug gerealiseerd, inclusief begroeiing Croeselaan conform eerdere onderzoeken.

Meetresultaten: Bijlage II, figuur II.6.

Beoordeling: De realisatie Fase 3 Knoopkazerneterrein heeft een aanzienlijke invloed op het windklimaat op de verschillende meetpunten.

Op maaiveldniveau in de Mineurslaan blijft het windklimaat op veel meetpunten, ondanks een verslechtering, nog wel goed. Op meetpunt 4 (naast de trapopgang) wordt nu een slecht windklimaat vastgesteld, terwijl het windklimaat op de meetpunten 11 en 25 matig wordt.

Op het verhoogde (dek)niveau wordt het windklimaat in deze situatie op meerdere meetpunten matig (15 en 21) of zelfs slecht (14, 16, 19 en 20) voor de betreffende functies, waarbij op meetpunt 20 weer sprake is van beperkt risico op windgevaar.

Deze situatie vraagt in een groter gebied om windafschermende maatregelen.

3.6 Variant 1

f3.6 Maquette windafschermende maatregelen variant 1.



Situatie: Knoopkazerneterrein bebouwing conform Fase 3 en Rabobrug gerealiseerd, inclusief begroeiing Croeselaan conform eerdere onderzoeken.

Windafschermende maatregelen variant 1:

- 4m hoge dichte balustrade langs verhoogd dekniveau
- luifel boven verhoogd dekniveau op 4 m hoogte
- 3m dichte balustrades langs verbindingsbrug Forum/Rabo
- 4m hoge dichte balustrades langs opgang Rabobrug
- luifel boven opgang Rabobrug op 4 m hoogte

Meetresultaten: Bijlage II, figuur II.7.

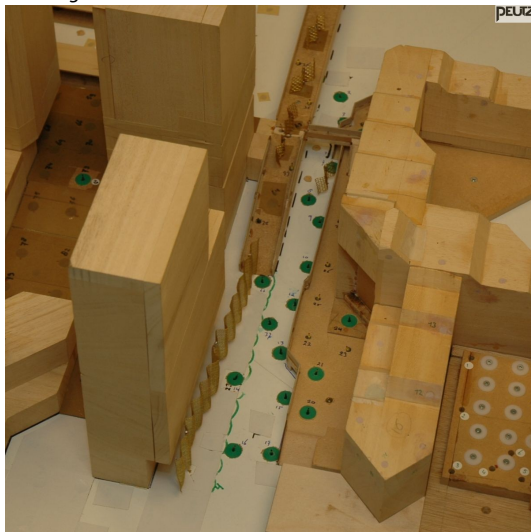
Beoordeling: In deze situatie wordt het windklimaat op maaiveldniveau in de Mineurslaan op verschillende meetpunten weliswaar iets slechter, maar in het algemeen kan nog gesproken worden van een conform de NEN8100 als goed te beoordelen windklimaat. Alleen op de meetpunten 4 (naast de opgang naar de Rabobrug) en 25 (midden op de Mineurslaan) wordt een matig windklimaat verwacht.

Op het verhoogde (dek)niveau is onder de luifel sprake van een beter (goed) windklimaat dan in de bestaande situatie. Hier wordt wel op één meetpunt, 14, buiten de luifel, nog een matig windklimaat vastgesteld.

Deze situatie geeft op geen enkel meetpunt een slecht windklimaat.

3.7 Variant 2

f3.7 Maquette windafschermende maatregelen variant 2.



Situatie: Als variant 1, echter zonder de luifels boven verhoogd (dek)niveau en boven de opgang naar de Rabobrug.

Meetresultaten: Bijlage II, figuur II.8.

Beoordeling: In deze situatie wordt het windklimaat op maaiveldniveau in de Mineurslaan en op verhoogd (dek)niveau op verschillende meetpunten beduidend slechter.

Op het verhoogde (dek)niveau is op meerdere meetpunten nu sprake van een slecht windklimaat met op meetpunt 20 zelfs weer beperkt risico op windgevaar.

In deze situatie zijn verkeerde/onvoldoende windafschermende maatregelen gekozen.

3.8 Variant 3

f3.8 Maquette windafschermende maatregelen variant 3.



Situatie: Als variant 1, echter zonder de balustrade langs verhoogd (dek)niveau en langs de opgang naar de Rabobrug.

Meetresultaten: Bijlage II, figuur II.9.

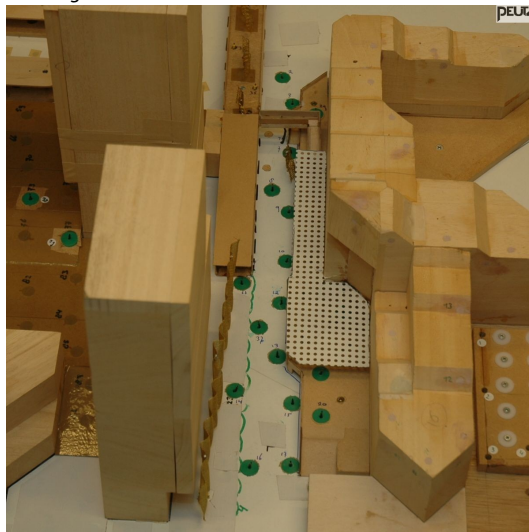
Beoordeling: In deze situatie is het windklimaat op maaiveldniveau in de Mineurslaan weer vergelijkbaar met dat in variant 1, een conform de NEN8100 als goed te beoordelen windklimaat. Alleen op de meetpunten 4 (naast de opgang naar de Rabobrug), 25 (midden op de Mineurslaan) en 10 (naast de trap naar (dek)niveau van de Rabobank aan de zijde van de Croeselaan) wordt een matig windklimaat verwacht. Op meetpunt 10 is dit met 10.0 juist matig (omslagpunt ligt bij 10.0).

Ook het windklimaat op verhoogd (dek)niveau is met de luifel, doch zonder de dichte balustrades vrijwel vergelijkbaar met dat in variant 1. Alleen op de meetpunten 19 en 20 onder de luifel en 14 buiten de luifel wordt een matig windklimaat verwacht. Voor de meetpunten onder de luifel geldt dat het windklimaat hiermee beter is dan in de bestaande situatie.

Ook in deze variant is op geen der meetpunten nog sprake van een slecht windklimaat.

3.9 Variant 4

f3.9 Maquette windafschermende maatregelen variant 4.



Situatie: Als variant 3, echter de luifel boven verhoogd (dek)niveau nu als half open uitgevoerd.

Meetresultaten: Bijlage II, figuur II.10.

Beoordeling: Hiermee wordt op verhoogd (dek)niveau een vrijwel vergelijkbaar windklimaat verwacht als met de geheel gesloten luifel, zodanig dat onder de luifel het windklimaat overwegend beter is dan in de bestaande situatie.

Wijziging in doorlatendheid van de luifel zoals in deze situatie aangehouden heeft vrijwel geen effect op het windklimaat op maaiveldniveau zoals beschreven bij variant 3.

3.10 Variant 5

f3.10 Maquette windafschermende maatregelen variant 5.



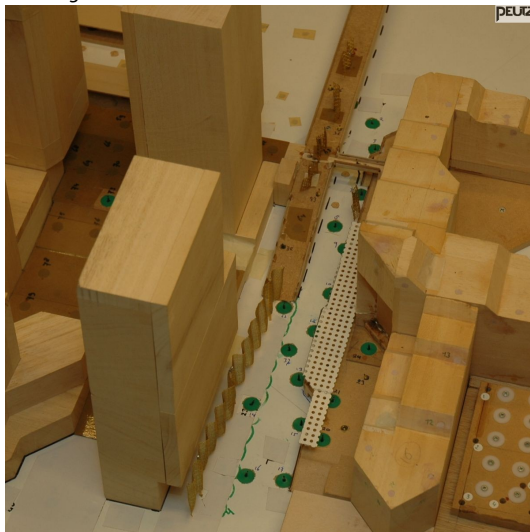
Situatie: Als Fase 3, waarbij de torens van Fase 2 en 3 smaller zijn uitgevoerd. Toren Fase 2 zuid en westgevel 6m ingekort, toren Fase 3 oostgevel 6 m ingekort. Verder de balustrades langs de verbindingsbrug tussen verhoogd (dek)niveau en Rabobrug verlaagd naar 1,8 m hoogte.

Meetresultaten: Bijlage II, figuur II.11.

Beoordeling: Deze wijzigingen in bebouwingsvorm van Fase 3 hebben te weinig effect om het windklimaat op verhoogd (dek)niveau voldoende te verbeteren.

3.11 Variant 6

f3.11 Maquette windafschermende maatregelen variant 6.



Situatie: Als variant 5 met daarbij een half open luifel over een beperkt oppervlak van het verhoogde (dek)niveau.

Meetresultaten: Bijlage II, figuur II.12.

Beoordeling: In deze situatie is het windklimaat op maaiveldniveau in de Mineurslaan weer vrijwel vergelijkbaar met dat in variant 1, een conform de NEN8100 overwegend als goed te beoordelen windklimaat. Alleen op de meetpunten 4 (naast de opgang naar de Rabobrug), 25 (midden op de Mineurslaan) en 8 (op de Mineurslaan) wordt een matig windklimaat verwacht. Op meetpunt 8 is dit met 11.0 juist matig (omslagpunt ligt bij 10.0).

Op verhoogd (dek)niveau is met de qua oppervlak beperkte luifel een overwegend goed windklimaat te verwachten. Alleen op meetpunt 19, onder de luifel, wordt een slecht windklimaat en op meetpunt 14, aan de rand van de luifel, wordt een matig windklimaat verwacht. Het windklimaat op meetpunt 19 is in deze situatie beter dan in de bestaande situatie

4 Resultaten en aanbevelingen TNO rapporten

Op verzoek van de gemeente Utrecht worden onderstaand de door Peutz geïnterpreteerde samenvattingen zoals opgenomen in de TNO rapporten betreffende de verrichte windtunnelonderzoeken voor het Knoopkazerneterrein beknopt weergegeven voor zover deze betrekking hebben op het openbare gebied rondom het Knoopkazerneterrein. De beoordeling van het windklimaat op het Knoopkazerneterrein tussen de gebouwen is buiten beschouwing gelaten.

TNO rapport 2013 R11224 d.d. 18 november 2013

Door TNO is in overleg met de gemeente Utrecht vastgesteld dat uit het eerste onderzoek 3 aandachtsgebieden volgden voor wat betreft het windklimaat, waarvan er 1 betrekking heeft op het openbaar gebied buiten het eigen terrein, namelijk de omgeving van de opgang naar de Rabobrug. Tijdens vervolgonderzoek zijn een aantal mogelijke maatregelen vastgesteld om het windklimaat ter plaatse van de opgang naar de Rabobrug te verbeteren. Door het reduceren van de hoogte van gebouw 2b of het aanbrengen van een setback op dit zelfde gebouw, kan het windklimaat ter hoogte van de opgang naar de Rabobrug verbeterd worden, aldus TNO.

TNO rapport 2014 R10781 d.d. 12 mei 2014

In dit rapport wordt verslag gedaan van het onderzoek naar windafschermende maatregelen in 3 (deels) nieuwe aandachtsgebieden: de opgang naar de Rabobrug, het gebied in de directe nabijheid van het gebouw van de Rabobank en het verhoogde forum tussen OV-terminal en de Rabobrug. Uitgangspunt bij het onderzoek is geweest de realisatie van de bouwfases 1, 2 (met uitbouw op gebouw 2a&2b) en fase 3a (overstek van +6m).

Uit de meetresultaten van deze configuratie blijkt dat het windklimaat ter plaatse van het verhoogde forum tussen OV-terminal en de Rabobrug, gemiddeld genomen "goed" is voor een doorloopgebied (en slentergebied), met lokaal een uitschieter naar "matig". Dit zal wel worden beïnvloed door het verwijderen van het geprojecteerde hoofdkantoor van Holland Casino en het Amrâth hotel aan de westzijde van het Knoopkazernecomplex. Het gemiddelde windklimaat blijft daarbij goed voor doorlopen, maar wordt dan matig voor slenteren en de maximale waarde blijft matig voor doorloopgebied, maar vormt een duidelijke verslechtering ten opzichte van de meetresultaten van de uitgangssituatie met deze bebouwing (fase 3a gerealiseerd).

Door het aanbrengen van verschillende varianten van een gebouw gebonden luifel boven de ingang van de fietsenstalling kan het locale windklimaat nabij de opgang van de Rabobrug worden verbeterd. Het gemiddelde windklimaat blijft daarmee matig voor doorloopgebied, maar het maximale percentage verbetert hiermee tot matig voor doorloopgebied, ten opzichte van slecht in de uitgangssituatie.



Voor een verdere verbetering van het lokale windklimaat lijkt een ingreep in de vorm van een verticaal obstakel (scherm) ter plaatse van het begin van de opgang naar de Rabobrug vereist. Het gemiddelde windklimaat verbetert hiermee lokaal tot goed voor doorloopgebied, het maximale percentage tot matig voor doorloopgebied.

Op de bevindingen van TNO betreffende het gebied tussen het Knoopkazerneterrein en de Rabobank wordt hier niet verder ingegaan omdat dit in het Peutz onderzoek verder uitgewerkt is.

5 Samenvatting en conclusies

In opdracht van de gemeente Utrecht, Projectorganisatie Stationsgebied, is een windtunnelonderzoek uitgevoerd aan een schaalmodel van het nieuwbouwplan op het Knoopkazerneterrein te Utrecht, inclusief de bestaande stedenbouwkundige omgeving van het project.

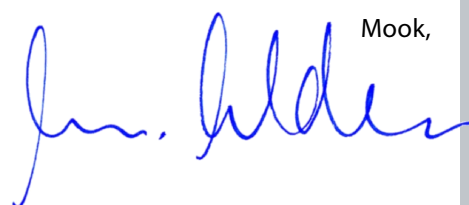
In een eerder stadium is door TNO windtunnelonderzoek met betrekking tot deze locatie verricht. De resultaten van deze onderzoeken zijn vastgelegd in de rapporten TNO 2013 R 11224 en TNO 2014 R 10781. Aangezien TNO begin 2014 gestopt is met het verrichten van windtunnelonderzoeken is aan Peutz bv verzocht een aanvullend onderzoek te verrichten.

Het doel van het aanvullende onderzoek was specifiek gericht op het vaststellen van de invloed van de geplande bebouwing van het Knoopkazerneterrein op het windklimaat direct naast het hoofdkantoor van de Rabobank aan de zijde van de Mineurslaan. Hierbij is zowel onderzoek verricht op maaiveldniveau als op verhoogd loopniveau direct naast de hogere bebouwing van de Rabobank. Naar aanleiding van de eerste meetresultaten is verder vervolgonderzoek uitgevoerd met betrekking tot mogelijke windafschermende maatregelen.

Uit de resultaten van het onderzoek van Peutz kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- zowel het windklimaat op maaiveldniveau in de Mineurslaan langs de Rabobank als op verhoogd (dek)niveau bij de Rabobank wordt (negatief) beïnvloed door realisatie van bebouwing op het Knoopkazerneterrein.
- het betreft hierbij met name de bebouwing van fase 3 en in mindere mate van fase 2.
- door het aanbrengen van een luifel, op een hoogte van 4 m of lager, over een op basis van de resultaten van voorliggend onderzoek te bepalen oppervlak, al dan niet gesloten of half open uitgevoerd, is het mogelijk het windklimaat in het beoordeelde gebied zodanig te verbeteren dat een conform de NEN8100 acceptabele windklimaatssituatie gerealiseerd kan worden. Met een dergelijke voorziening wordt het mogelijk geacht om op meerdere punten zelfs een verbetering van het windklimaat ten opzichte van de huidige situatie te realiseren.

- op maaiveldniveau in de Mineurslaan langs de Rabobank wordt het windklimaat na realisatie van Fase 3 plaatselijk wat slechter en plaatselijk wat beter. Met de luifel zoals hiervoor vermeld kan in de Mineurslaan echter ter plaatse van alle meetpunten een matig tot goed windklimaat voor loopgebied gerealiseerd worden.

 Mook,

Dit rapport bevat 28 pagina's

Bijlage I: Technisch inlegvel windtunnelsimulatie.

Bijlage II: 12 figuren met betrekking tot meetresultaten.

Bijlage I Technisch inlegvel windtunnelsimulatie

Project		Projectgegevens		
Projectnaam		Windklimaatonderzoek KnoopkazerneterreinRabobank Utrecht		
Opdrachtgever		Gemeente Utrecht, Projectorganisatie Stationsgebied		
Projectleider		A.W. Alders		
Datum		7 augustus 2014		
Model		Algemene gegevens van het model		
Schaal		1:300		
Blokkeringsgraad		< 5%		
Omvang gemodelleerd gebied		een cirkel met een straal van 345 meter		
Kerngebied		gebied met de betreffende nieuwbouw		
Omgeving		stedelijk bebouwd gebied		
Gemodelleerd groen		jaargemiddelde situatie d.m.v. gevouwen gaas		
Onderzochte configuraties		• bestaande en geplande bebouwingssituatie s fase 1, 2 en 3 • zes aanvullende metingen aan windafschermende maatregelen		
Meetopstelling		Informatie over de meetopstelling		
Gesimuleerde grenslaag		stedelijke bebouwing		
• kalibratiedatum		ijking conform kwaliteitssysteem		
Meetpunten en meethoogte		in totaal 25 meetpunten; meethoogte 1,75 m. Een deel van de meetpunten is aangebracht op verhoogd looppniveau.		
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)		12 (rondom in stappen van 30 graden)		
Tunnelregeling				
• kalibratiedatum • kalibratie-instantie		meetapparatuur wordt jaarlijks gecontroleerd cq geijkt conform kwaliteitssysteem intern		
Instrumenten				
• kalibratiedatum		meetapparatuur wordt jaarlijks gecontroleerd cq geijkt conform kwaliteitssysteem		
Gegevensverwerking en -beoordeling		Informatie voor locatie en beoordeling windklimaat		
Amersfoortse coördinaten van de locatie		X = 135960 Y = 455468		
Toegepaste eisen		v_{DR} m/s	Gewenste kwaliteitsklasse	Overschrijdingskans % $p(v_{LOK} > v_{DR,H})$
Voor comfort				
Doorlopen		5,0	≤ D	< 20 ≤ matig
Slenteren		5,0	≤ C	< 10 ≤ matig
Zitten		5,0	≤ B	< 5 ≤ matig
Regionale correctie		Geen correctie		
Voor gevaar				$p(v_{LOK} > v_{DR,G})$
		15	n.v.t	0,05 < p < 0,30 beperkt risico
		15	n.v.t	p ≥ 0,30 gevaarlijk
Gepresenteerde resultaten		meetresultaten worden per meting in figuurvorm gepresenteerd		
Opmerkingen en eventuele conclusies van proef overschrijdend belang		Zie ook de in deze rapportage benoemde TNO rapporten		



