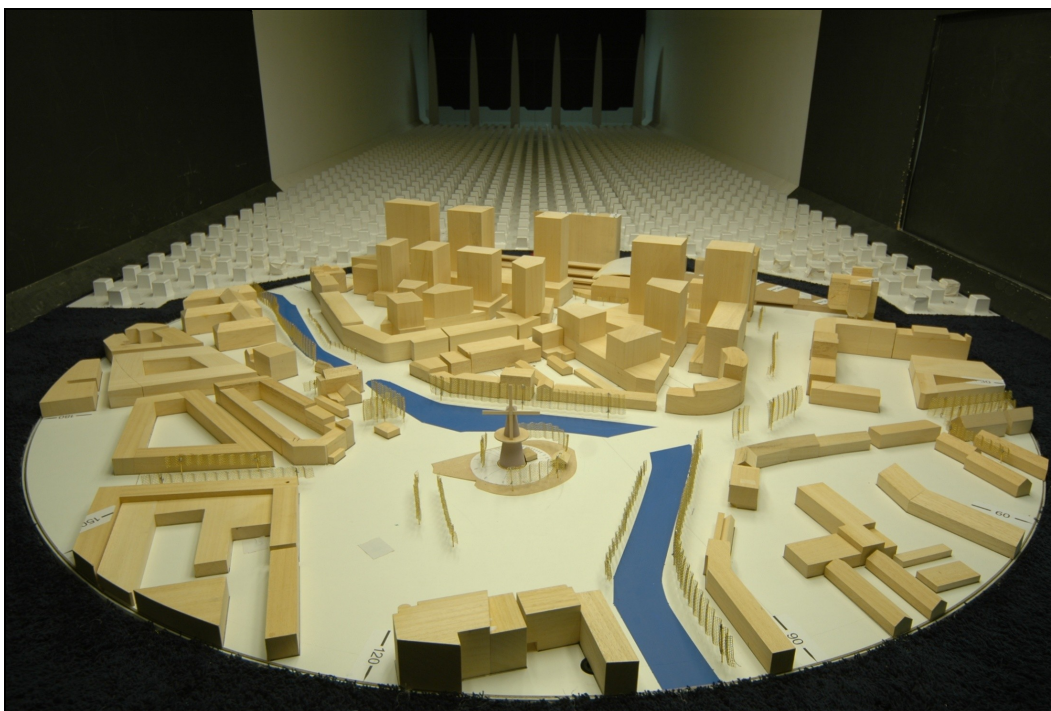


Rapport

Concept

Onderzoek met betrekking tot de invloed van het stedenbouwkundig plan Stationsgebied op het windaanbod van Molen De Valk en Molen de Put te Leiden.

Rapportnummer WA 153-3-RA d.d. 30 augustus 2012



Figuur 1: Maquette Stationsgebied in de windtunnel.

Opdrachtgever: Gemeente Leiden
Rapportnummer: WA 153-3-RA
Datum: 30 augustus 2012
Ref.: AA/OO/EH/WA 153-3-RA

Lid NLingenieurs
ISO-9001 gecertificeerd

Peutz bv
Paletsingel 2, Postbus 696
2700 AR **Zoetermeer**
Tel. (079) 347 03 47
Fax (079) 361 49 85
info@zoetermeer.peutz.nl

Lindenlaan 41, Molenhoek
Postbus 66, 6585 ZH **Mook**
Tel. (024) 357 07 07
Fax (024) 358 51 50
info@mook.peutz.nl

Oosterweg 127, Haren (Gn)
Postbus 7, 9700 AA **Groningen**
Tel. (050) 520 44 88
Fax (050) 526 31 78
info@groningen.peutz.nl

Montageweg 5
6045 JA **Roermond**
Tel. (0475) 324 333
info@roermond.peutz.nl

www.peutz.nl

Peutz GmbH
Düsseldorf, Dortmund, Berlin
info@peutz.de
www.peutz.de

Peutz SARL
Paris, Lyon
info@peutz.fr
www.peutz.fr

Peutz bv
London
info@peutz.co.uk
www.peutz.co.uk

Daidalos Peutz bvba
Leuven
Info@daidalospeutz.be
www.daidalospeutz.be

Peutz
Sevilla
info@peutz.es
www.peutz.es

Köhler Peutz Geveltechniek bv
Zoetermeer
Info@gevel.com
www.gevel.com

Opdrachten worden aanvaard
en uitgevoerd volgens De
Nieuwe Regeling 2011

BTW identificatienummer
NL004933837B01
KvK: 12028033

Inhoud

pagina

1. INLEIDING	3
2. MOLENBIOTOOP	4
2.1. Provinciaal beleid Zuid-Holland	4
2.2. Beoordeling molenbiotoop Molen De Valk	5
2.3. Beoordeling molenbiotoop Molen De Put	6
3. OPZET WINDTUNNELONDERZOEK MOLEN DE VALK	7
3.1. Schaalmodel	7
3.2. Simulatie in de windtunnel	9
3.3. Meetpunten en metingen	10
3.4. Windklimaat op de locatie	12
3.5. Windsnelheidscoëfficiënten en jaargemiddelde windsnelheid	14
3.6. Balans windbelasting op basis van de windsnelheidsverhouding	15
3.7. Turbulentie-intensiteit	15
3.8. Mogelijke draaiuren	16
4. WEERGAVE EN BEOORDELING MEETRESULTATEN MOLEN DE VALK	18
4.1. Windsnelheidscoëfficiënten	18
4.2. Jaargemiddelde windsnelheid	20
4.3. Balans windbelasting	21
4.4. Turbulentie-intensiteit	22
4.5. Mogelijke draaiuren	23
5. INDICATIEF ONDERZOEK MOLEN DE PUT	25
5.1. Opzet indicatief onderzoek	25
5.2. Resultaten indicatief onderzoek	26
6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	28

1. INLEIDING

Het stedenbouwkundig plan Leiden Stationsgebied van MAXWAN Architects + Urbanists voorziet op diverse plaatsen in het stationsgebied in hoogbouw. Van de stad naar het spoor is er een hoogte opbouw van 30 naar 70 meter. De geplande bouwhoogte overschrijdt de maximaal toegestane bouwhoogte van de zogeheten molenbiotoop van Molen De Valk en Molen De Put.

In opdracht van de gemeente Leiden is een vergelijkend windtunnelonderzoek uitgevoerd met als doel inzicht te verkrijgen in de invloed van de geplande hoogbouw op het windaanbod van Molen De Valk. Op enkele plaatsen aan het Stationsplein is met het vigerende bestemmingsplan bebouwing tot 50 meter toegestaan. Derhalve is naast de bestaande en de geplande bebouwing de situatie met hoogbouw conform het vigerende bestemmingsplan onderzocht. Een vergelijking van de onderzoeksresultaten van de drie bebouwingssituaties laat de invloed op de windsituatie bij Molen De Valk zien en de daaruit volgende wijziging van het theoretisch aantal mogelijke draaiuren van Molen De Valk. Voor de bepaling van de invloed van het bouwplan op het windaanbod van Molen De Put is gezien de ligging van de molen ten opzichte van de bouwlocatie een indicatief onderzoek uitgevoerd aan de hand van statistische meteogegevens.

In dit rapport wordt verslag gedaan van het uitgevoerde onderzoek waarbij de volgende indeling is gehanteerd.

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de regelgeving en wordt een beoordeling gegeven van de molenbiotoop. De hoofdstukken 3 en 4 beschrijven de opzet en de resultaten van het windtunnelonderzoek dat is uitgevoerd voor Molen De Valk. In hoofdstuk 5 is het indicatieve onderzoek voor Molen De Put beschreven, gevolgd door een samenvatting en conclusies in hoofdstuk 6.

2. MOLENBIOTOOP

2.1. Provinciaal beleid Zuid-Holland

Door de provincie Zuid-Holland zijn criteria opgesteld ten behoeve van het toetsen van gemeentelijke bestemmings-, stadsvernieuwings- en structuurplannen aan de molenbiotoop. De Goedkeuringscriteria Molenbiotoop worden toegepast om de beschermde status van molens en hun biotoop in het planproces op te nemen.

De criteria die van toepassing zijn voor de molenbiotoop van Molen De Valk en Molen De Put luiden als volgt:

Binnen de straal van 100 meter, gerekend vanuit het middelpunt van de molen, mag geen bebouwing worden opgericht of beplanting aanwezig zijn, hoger dan het onderste punt van de verticaal staande wiek.

Binnen de straal van 100 tot 400 meter gerekend vanuit het middelpunt van de molen, moet voor wat betreft bebouwing en beplanting het volgende zijn geregeld:

In het stedelijk gebied mag de maximale hoogte van bebouwing/beplanting niet hoger zijn dan 1/30^e van de afstand tussen bouwwerk/beplanting en het middelpunt van de molen, gerekend met de hoogtemaat van de onderste punt van de verticaal staande wiek.

Dit criterium wordt ook wel de 1 op 30 regel genoemd en houdt dus in dat de obstakelhoogte voor iedere 30 meter afstand van de molen een meter hoger mag zijn.

In tabel 1 zijn de berekende maximaal toelaatbare obstakelhoogtes weergegeven ten opzichte van het maaiveld, uitgaande van een gelijk maaiveldniveau naast de plaatselijke terp van de molen.

Tabel 1: Berekende toegestane obstakelhoogte op basis van de provinciale criteria.

Afstand tot molen	Molen De Valk	Molen De Put
0 tot 100 meter	17,0 meter	0,4 meter
100 meter	20,3 meter	3,7 meter
150 meter	22,0 meter	5,4 meter
200 meter	23,7 meter	7,1 meter
250 meter	25,3 meter	8,7 meter
300 meter	27,0 meter	10,4 meter
350 meter	28,7 meter	12,1 meter
400 meter	30,3 meter	13,7 meter
meer dan 400 meter	geen beperking	geen beperking

2.2. Beoordeling molenbiotoop Molen De Valk

Het plangebied is gesitueerd op een afstand van 110 tot 560 meter ten westen/noordwesten van Molen De Valk. Volgens de molenbiotoopregel geldt een hoogtebeperking oplopend van 20,7 meter op 110 meter afstand tot 30,3 meter op 400 meter afstand van de molen. Voor de bebouwing tussen 400 en 560 meter afstand geldt geen hoogtebeperking in verband met de molenbiotoop. De beoogde bouwhoogtes van 30, 50 en 70 meter overschrijden de maximaal toegestane hoogte derhalve bij een groot aantal van de bouwdelen ruim. De plintbebouwing blijft met een hoogte van 12 tot 16 meter binnen de berekende maximale toegestane hoogte.

In het vigerende bestemmingsplan is op twee plaatsen aan het Stationsplein een bouwcontour opgenomen met een maximale bouwhoogte van 50 meter, waarmee de maximale hoogte van de molenbiotoop eveneens aanzienlijk overschreden wordt.

Om een inschatting te maken van wat de overschrijding van de maximale bouwhoogte voor invloed zal hebben op het windaanbod van de molen is een windtunnelonderzoek uitgevoerd.

De opzet en resultaten van het onderzoek worden beschreven in de hoofdstukken 3 en 4 .



Figuur 2: Molen de Valk te Leiden.

2.3. Beoordeling molenbiotoop Molen De Put

Het plangebied is gesitueerd op een afstand van circa 80 tot 595 ten noorden van Molen De Put. De hoogbouw is gepland op een afstand van tenminste circa 260 meter. Volgens de molenbiotoopregel geldt tot een afstand van 400 meter een hoogtebeperking oplopend van 0,4 meter op 80 meter afstand tot 13,7 meter op 400 meter afstand. De beoogde bouwhoogtes van 30, 50 en 70 meter overschrijden de maximaal toegestane hoogte derhalve ruim. De laagbouw en de plintbebouwing overschrijden met een hoogte van 12 tot 16 meter eveneens de berekende maximaal toegestane hoogte op een groot aantal plaatsen.

Om een inschatting te maken van wat de overschrijding van de maximale bouwhoogte voor invloed zal hebben op het windaanbod van de molen is indicatief onderzoek uitgevoerd op basis van statistische meteogegevens. Het verrichten van een windtunnelonderzoek wordt gezien de ligging van de bouwlocatie ten noorden van de molen, een relatief weinig optredende windrichting, en de afstand tussen de molen en de hogere bebouwing van circa 260 meter niet noodzakelijk geacht.

De opzet en resultaten van het indicatieve onderzoek voor Molen De Put worden beschreven in hoofdstuk 5.



Figuur 3: Molen de Put te Leiden.

3. OPZET WINDTUNNELONDERZOEK MOLEN DE VALK

3.1. Schaalmodel

Ten behoeve van het windtunnelonderzoek is een 1:250 schaalmodel van het bepalende deel van het stedenbouwkundige plan Leiden Stationsgebied vervaardigd conform de gegevens zoals ontvangen van MAXWAN Architects + Urbanists te Rotterdam d.d. 2 maart 2012. De bestaande stedenbouwkundige omgeving is gemodelleerd aan de hand van een door de gemeente aangeleverde ondergrond en een inventarisatie ter plaatse. Tevens zijn de hogere bouwdelen uit het bestemmingsplan Stationsgebied Stadszijde deel I d.d. 28 februari 2006 gemodelleerd.

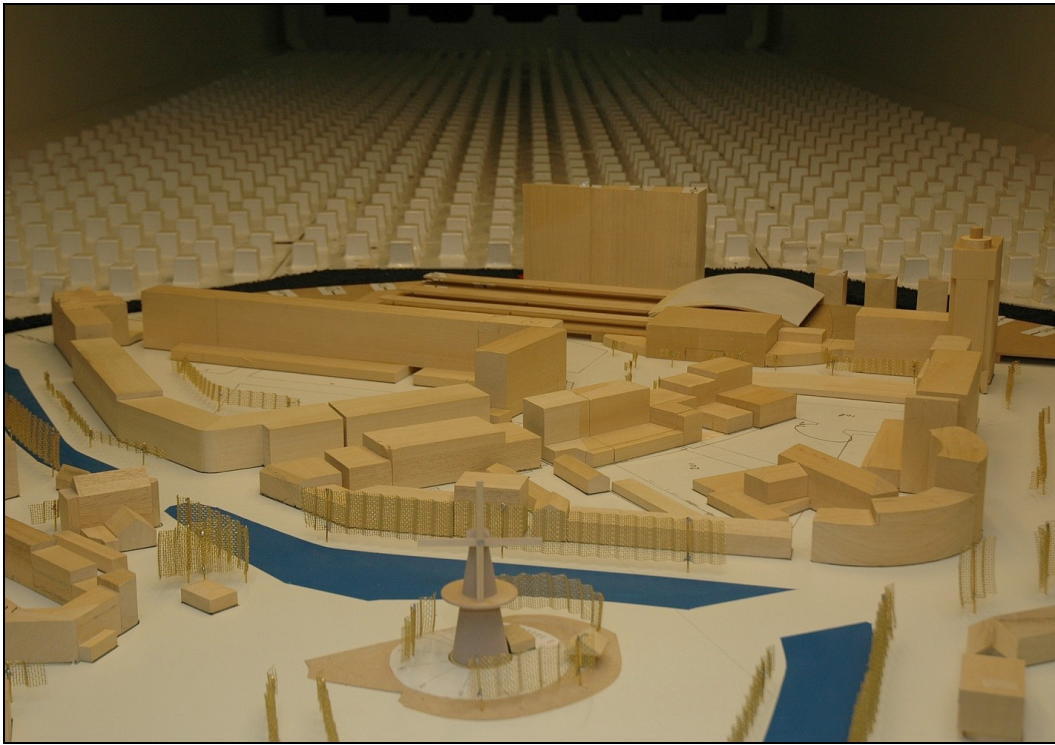
In totaal is een gebied gemodelleerd met een diameter van 575 meter. De molen is enigszins decentraal op de maquetteschijf gepositioneerd zodat het stationsgebied met een deel van de de achterliggende hoogbouw binnen het bereik van de maquetteschijf valt. De geplande hoogbouw op ruim meer dan 400 meter afstand alsmede de bestaande hoogbouw van het LUMC vallen buiten het gemodelleerde gebied, hetgeen naar verwachting een geringe afwijking kan geven ten opzichte van de werkelijke situatie. In verhouding tot de bouwhoogte van de gemodelleerde geplande bebouwing en de daarmee samenhangende invloed op het windklimaat wordt dit verschil als verwaarloosbaar beschouwd.

Opgemerkt wordt dat jaren geleden door de sloop van de voormalige universiteitsbebouwing een gat in de bebouwingsstructuur is ontstaan ('het gat van Van der Putte'), hetgeen op dit moment gunstig is voor het aanbod van noordwesten wind bij de molen.

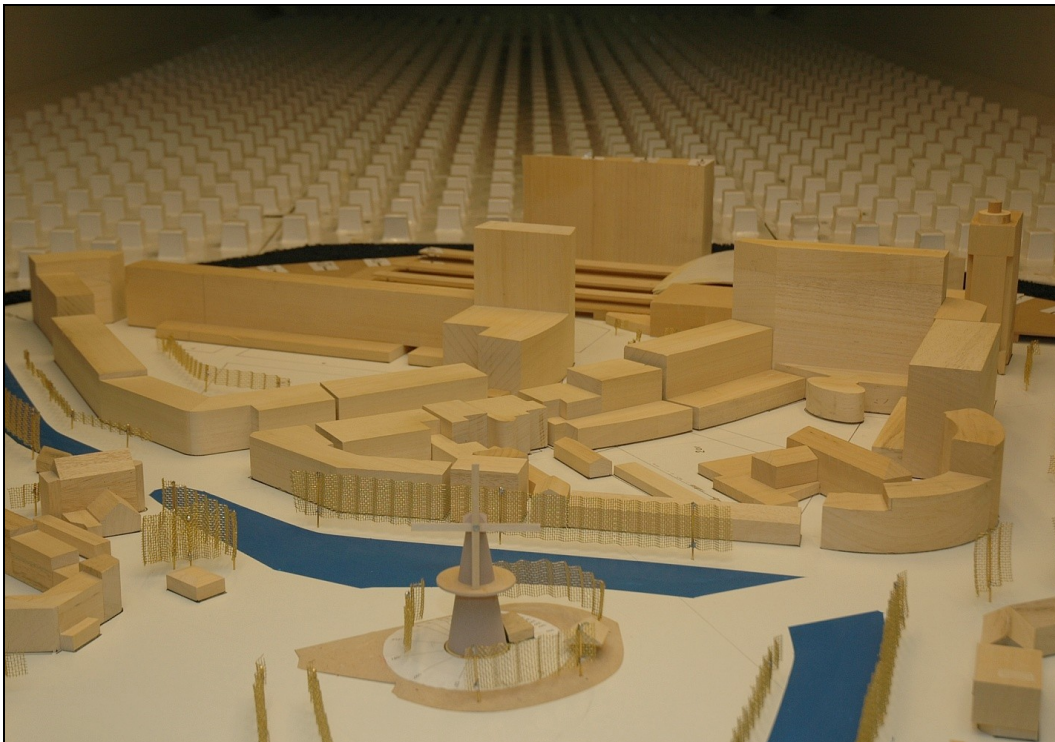
In bijlage I zijn situatietekeningen van de verschillende onderzochte bebouwingssituaties opgenomen. De volgende situaties zijn in de windtunnel onderzocht:

- De huidige bebouwingssituatie, zonder nieuwbouw (figuur 4; bijlage I.1).
- Situatie inclusief hogere bouwdelen conform het bestemmingsplan (figuur 5; bijlage I.2).
- Geplande bebouwingssituatie (figuur 6; bijlage I.3).

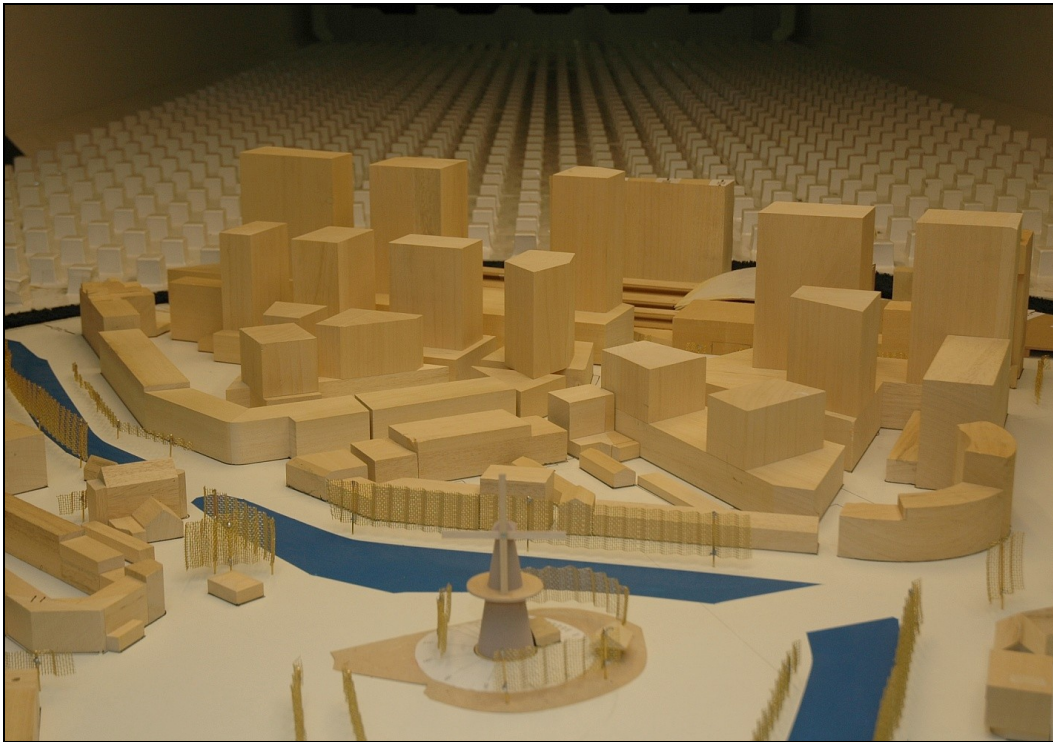
Eventueel optredende meet- of interpretatiefouten worden door het vergelijkende karakter van het onderzoek voor het merendeel geëlimineerd.



Figuur 4: Maquette bestaande bebouwingssituatie.



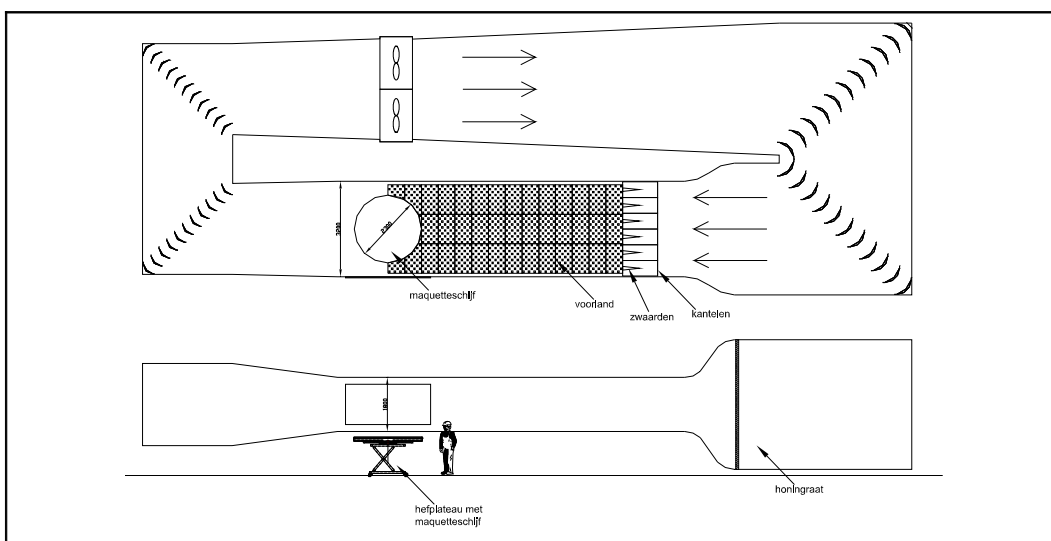
Figuur 5: Maquette bebouwingssituatie uitgaande van het vigerende bestemmingsplan.



Figuur 6: Geplande bebouwingssituatie.

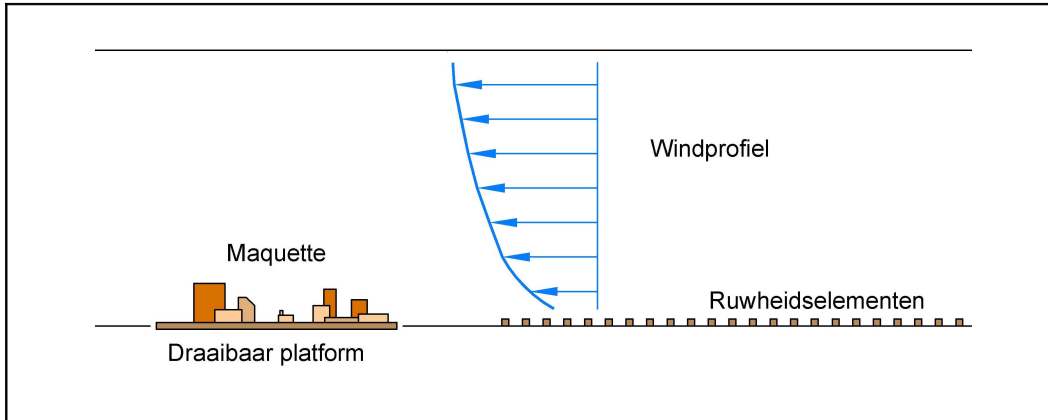
3.2. Simulatie in de windtunnel

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 7 is een schematische weergave van de windtunnel opgenomen.



Figuur 7: Schematische weergave van de gesloten grenslaagtunnel van Peutz.

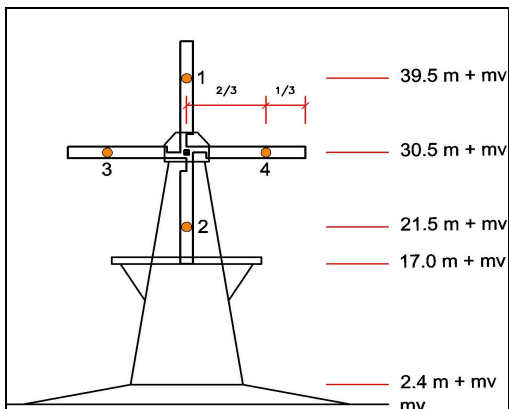
In de windtunnel wordt de grenslaagstroming die in de praktijk (bij neutrale stabiliteit t.a.v. het temperatuurprofiel) aanwezig is, op schaal opgewekt, zodat aan de rand van het schaalmodel het juiste windprofiel (afhankelijk van de terreinruwheid) wordt gesimuleerd. Verfijning van de lokale windsituatie vindt plaats door het mee modelleren van de direct omliggende bebouwing. Zie figuur 8.



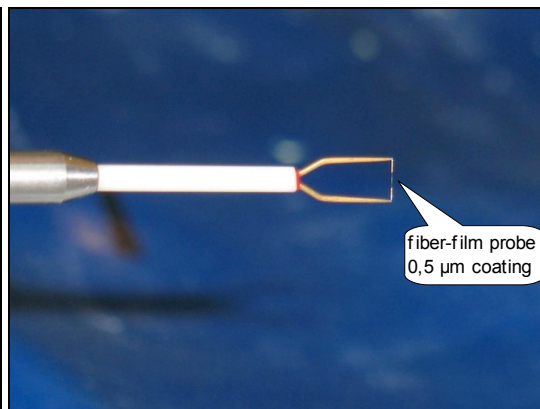
Figuur 8: Opwekken windprofiel in de windtunnel.

3.3. Meetpunten en metingen

De windtunnelmetingen vinden plaats op enkele meters stroomopwaarts voor de molen. De wieken zijn tijdens de metingen gedemonteerd om ongedefinieerde lokale beïnvloeding van de luchtstroming te voorkomen. Er wordt gebruik gemaakt van zeer gevoelige sensoren, die aan de molen worden bevestigd op circa tweederde wielengte vanaf de as in horizontale en verticale stand. In figuur 9 staan de posities van de meetpunten en de meethoogtes aangegeven, gevolgd door een detailfoto van de gehanteerde meetprobe's in figuur 10.

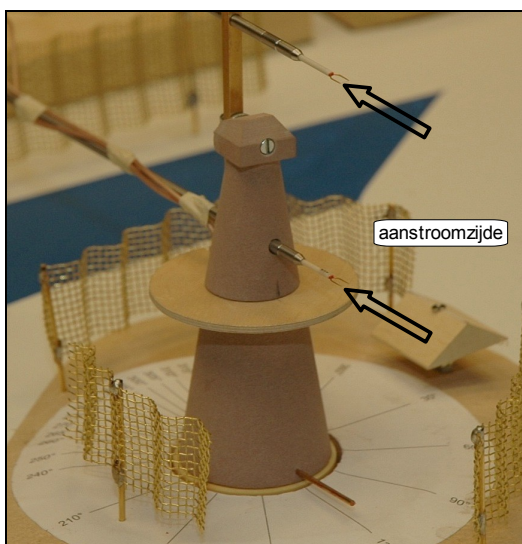


Figuur 9: Overzicht meetpunten.

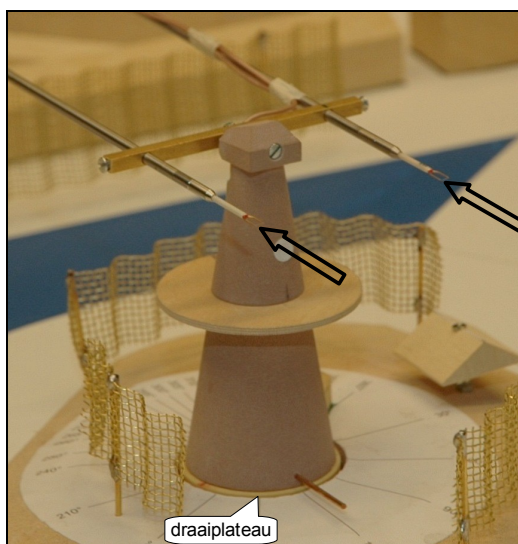


Figuur 10: Detailfoto meetprobe.

De gehele maquetteschijf kan in de windtunnel op een draaiplateau in iedere gewenste windrichting worden ingesteld. Het schaalmodel van de molen is eveneens voorzien van een draaiplateau waarmee de molen met de opgebouwde probe's op de aanstromende wind wordt gericht.



Figuur 11: Meetpunt 1 en 2 (verticaal).



Figuur 12: Meetpunt 3 en 4 (horizontaal).

Naast de 12 hoofdwindrichtingen zijn bij west tot noord in totaal 16 specifieke tussenliggende windrichtingen onderzocht, corresponderend met de geplande nieuwbouw. Hiermee wordt een hogere mate van precisie verkregen.

Zoals in onderstaande tabel 2 aangegeven representeren de gemeten windrichtingen een bepaalde windsector. Door de extra windrichtingen varieert de sectorgrootte van 5° to 30°.

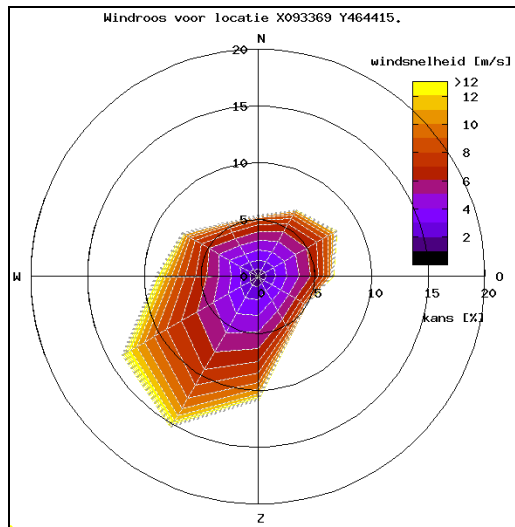
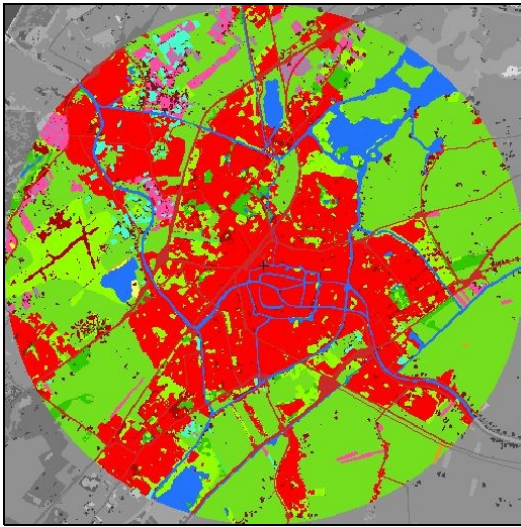
Tabel 2: Overzicht onderzochte windrichtingen en bijbehorende sector.

Windrichting	Sector	Sectorgrootte
30°	15° - 45°	30°
60°	45° - 75°	30°
90°	75° - 105°	30°
120°	105° - 135°	30°
150°	135° - 165°	30°
180°	165° - 195°	30°
210°	195° - 225°	30°
240°	225° - 245°	20°
250°	245° - 255°	10°
260°	255° - 262,5°	7,5°
265°	262,5° - 267,5°	5°

270°	267,5°	-	272,5°	5°
275	272,5°	-	277,5°	5°
280	277,5°	-	282,5°	5°
285	282,5°	-	287,5°	5°
290°	287,5°	-	292,5°	5°
295°	292,5°	-	297,5°	5°
300°	297,5°	-	302,5°	5°
305°	302,5°	-	307,5°	5°
310°	307,5°	-	312,5°	5°
315°	312,5°	-	317,5°	5°
320°	317,5°	-	322,5°	5°
325°	322,5°	-	327,5°	5°
330°	327,5°	-	332,5°	5°
335°	332,5°	-	337,5°	5°
340°	337,5°	-	345°	7,5°
350°	345°	-	355°	10°
360°	355°	-	15°	20°

3.4. Windklimaat op de locatie

Voor de vertaling van schaalmodelmetingen in de windtunnel naar de werkelijke situatie wordt gebruik gemaakt van een windstatistiek volgens de NPR 6097:2006 *Toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland*. Met behulp van de bijbehorende applicatie wordt voor de specifieke locatie van de molen een windstatistiek berekend op basis van meteogegevens van een groot aantal meteostations en gegevens omtrent terreinruwheden tot 6 km afstand. De terreinruwheden van het omliggend gebied worden per categorie weergegeven in figuur 13. De kleur geeft de terreinruwheid aan, rood staat bijvoorbeeld voor stedelijk bebouwd gebied.



bouwlocatie

Figuur 13: Terreinruwheid tot 6 km afstand. Figuur 14: Windroos locatie Molen De Valk.

In figuur 14 is de op basis van de NPR 6097 berekende windroos op 60 meter hoogte boven de molen 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 3) blijkt dat bij de molen met name bij wind uit het zuidwesten tot westen de hoogste windsnelheden optreden en dat de wind uit het zuiden tot zuidwesten het meeste voor komt. De wind uit het zuiden tot westen, met in het bijzonder de zuidwesten wind (210° en 240°), is hiermee bepalend voor het windklimaat bij de Molen De Valk. Uit de richting van de bouwlocatie (noordwest) zijn minder hoge windsnelheden te verwachten, tevens treden de hogere windsnelheden bij deze windrichting minder frequent op.

Aangezien in de windstatistiek alleen de 12 hoofdwindrichtingen zijn opgenomen is de windstatistiek ten behoeve van de extra onderzochte windrichtingen middels lineaire interpolatie opgesplitst tot in totaal 28 windrichtingen.

Tabel 3: Windstatistiek van de betreffende locatie volgens NPR 6097 (12 windrichtingen).

Distributief overzicht windsnelheden 60 meter op basis van NPR 6097 in uren per jaar												totaal aantal uren: 8786,6	
Positie: X093369 Y464415 Jaar 1963-2002												gemiddelde windsnelheid (m/s): 5,6	
wind snelheid	30°	60°	Oost 90°	120°	150°	Zuid 180°	210°	240°	West 270°	300°	330°	Noord 360°	
0.0 - 0.9	12.8	14.0	16.3	15.8	14.6	16.2	19.1	16.4	13.4	17.5	14.0	13.4	
1.0 - 1.9	48.4	49.4	48.8	45.5	46.0	58.4	65.5	53.3	45.0	59.8	47.0	46.3	
2.0 - 2.9	71.4	76.3	73.8	67.6	70.8	102.6	107.7	84.7	67.7	81.4	64.6	66.1	
3.0 - 3.9	89.7	93.9	89.6	77.3	85.9	123.5	136.3	110.3	83.1	95.1	75.6	78.7	
4.0 - 4.9	92.2	103.9	92.7	69.9	86.8	129.2	169.4	130.3	93.6	91.8	75.1	75.4	
5.0 - 5.9	82.6	103.2	85.6	58.8	74.2	123.6	170.6	144.0	93.6	86.1	63.8	66.4	
6.0 - 6.9	69.5	84.6	60.8	42.3	51.3	103.5	158.0	141.5	86.6	68.6	52.3	52.3	
7.0 - 7.9	51.6	57.0	43.0	29.1	33.9	87.9	139.9	132.3	77.1	60.1	36.8	35.2	
8.0 - 8.9	31.2	44.6	31.3	15.8	25.3	71.2	116.4	109.0	64.6	39.9	23.5	19.5	
9.0 - 9.9	21.7	32.2	18.5	6.1	13.8	49.4	89.7	89.4	47.3	29.0	15.4	9.7	
10.0 - 10.9	12.1	19.0	9.1	2.4	9.0	36.9	65.2	67.7	36.5	19.0	7.3	5.9	
11.0 - 11.9	6.9	13.1	5.8	1.1	3.8	23.7	44.7	51.2	26.9	11.4	4.4	2.9	
12.0 - 12.9	3.2	7.6	2.7	0.2	2.0	13.9	28.1	31.2	20.0	6.9	2.3	1.6	
13.0 - 13.9	2.0	3.9	1.1	0.3	0.6	8.1	15.5	20.0	14.6	3.7	1.1	1.3	
14.0 - 14.9	0.7	1.3	0.4	0.0	0.3	4.3	8.3	12.6	10.1	1.6	0.6	0.3	
15.0 - 15.9	0.1	0.3	0.1	0.0	0.2	1.9	3.7	6.3	6.5	0.9	0.3	0.0	
16.0 - 16.9	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.9	2.6	3.4	3.6	0.6	0.1	0.0	
17.0 - 17.9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	1.0	2.2	2.4	0.2	0.0	0.0	
18.0 - 18.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	1.0	1.6	0.2	0.0	0.0	
19.0 - 19.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.9	0.2	0.0	0.0	
20.0 - 20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.1	0.0	0.0	
21.0 - 21.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	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	0.1	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	0.0	0.0	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	0.1	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	0.1	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	596.2	704.5	579.6	432.2	518.5	956.2	1342.3	1207.8	795.9	674.2	484.2	475.0	
gemiddelde snelheid	5.1	5.4	4.9	4.4	4.8	5.8	6.3	6.7	6.5	5.3	4.8	4.7	

3.5. Windsnelheidscoëfficiënten en jaargemiddelde windsnelheid

De gemiddelde waarden van de in de windtunnel gemeten windsnelheden worden gerelateerd aan een referentiewindsnelheid, de windsnelheid op 60 meter hoogte (op schaal) in de bebouwde situatie. Aldus ontstaan als tussenresultaat dimensieloze windsnelheidscoëfficiënten.

Per meetpositie en windrichting wordt met de vastgestelde windsnelheidscoëfficiënt en de windstatistiek, die eveneens uitgaat van 60 meter hoogte (zogenoeten mesohoogte), de jaargemiddelde windsnelheid op de meetpositie berekend. Tevens wordt de gemiddelde windsnelheid over alle windrichtingen en vervolgens van alle meetposities samen berekend.

De weging van de windstatistiek komt tot uiting door het verschil tussen de coëfficiënten en de jaargemiddelde windsnelheden. Een vergelijking van de jaargemiddelde windsnelheden voor de verschillende bebouwingssituaties geeft een beeld van de te verwachten wijziging van het windklimaat.

3.6. Balans windbelasting op basis van de windsnelheidsverhouding

Om inzicht te verkrijgen in het verloop van de windsnelheid over de wieken (verticaal: hoog/laag en horizontaal: links/rechts) wordt de verhouding tussen de jaargemiddelde windsnelheden op de betreffende meetpunten weergegeven. Een verslechtering van de balans, dat wil zeggen een toename boven de 1 of een afname onder de 1, kan duiden op extra slijtage van het mechaniek van de molen.

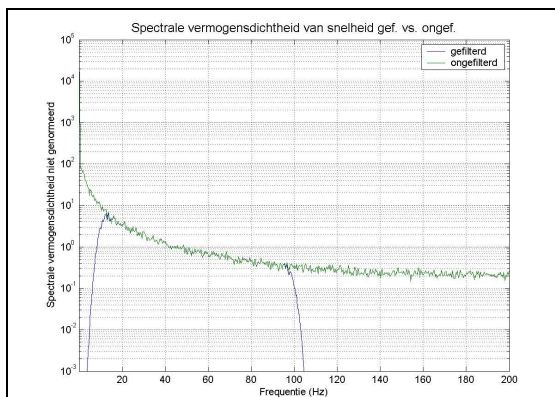
3.7. Turbulentie-intensiteit

Het turbulentieniveau van de wind is mede sterk bepalend voor de bedrijfsmogelijkheden van de molen. De in de windtunnel vastgestelde turbulentie-intensiteit is maatgevend voor de fluctuaties in de optredende windsnelheid en wordt berekend door de standaarddeviatie te delen door de gemiddelde snelheid van de waarnemingen.

De meetresultaten worden qua frequentiebereik gefilterd omdat bij benadering alleen de windsnelheidswisselingen met een lengteschaal van globaal 20 tot 200 meter van invloed zijn op de molen. Volgens opgave van De Hollandsche Molen zijn molens minder gevoelig voor windsnelheidswisselingen buiten dit bereik. De frequenties voor de onder- en bovengrens van het doorlaatfilter worden bepaald met de volgende formule:

$$f = \frac{V_{\text{meetpunt}} * S_{\text{model}}}{L_{\text{vlaag}}}$$

Voor de waarde van V_{meetpunt} worden de in de windtunnel gemeten windsnelheden in een bereik van globaal 4 tot 8 m/s gehanteerd. De schaalfactor van het model S_{model} bedraagt 250 en de vlaaglengten L_{vlaag} 20 respectievelijk 200 meter. Aldus wordt een bereik van 5 tot 100 Hz berekend. Bij de verwerking van de meetdata worden deze grenswaarden globaal gehanteerd.



Figuur 15: Voorbeeld doorlaatfilter 5 – 100 hz.

3.8. Mogelijke draaiuren

Met de gegevens over de windsnelheid en de turbulentie-intensiteit wordt aan de hand van de windstatistiek het aantal mogelijke draaiuren berekend. Het aantal mogelijke draaiuren wordt doorgaans als het eindresultaat van het onderzoek beschouwd.

Bij de bepalingmethode voor het aantal draaiuren wordt er vanuit gegaan dat de molen in de huidige bebouwingssituatie kan functioneren in het windsnelheidsbereik van 5 tot 15 m/s uurgemiddeld op ashoogte. De bestaande situatie wordt qua turbulentie als nulsituatie gehanteerd. De gemiddelde windsnelheidscoëfficiënt van de meetpunten ter hoogte van de vier wieken wordt als rekenwaarde c_{as} gehanteerd voor de windsnelheid op ashoogte. Op basis van deze waarde wordt aan de hand van de windstatistiek volgens de NPR 6097 per windrichting vastgesteld hoeveel uren de wind binnen het gestelde draaibereik te verwachten is.

Voor het vaststellen van het aantal mogelijke draaiuren in de bestemmingsplan- en nieuwbouwsituatie wordt aanvullend op bovenstaande een wijziging van de turbulentie-intensiteit ten opzichte van de huidige bebouwingssituatie verrekend in de windsnelheidscoëfficiënten zoals vastgesteld voor de vier meetposities in deze bebouwingssituaties. Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat het niveau van de turbulentie-intensiteit alleen betrokken wordt bij de berekening van het aantal mogelijke draaiuren in de bestemmingsplan-/nieuwbouwsituatie. Verondersteld wordt dat de molen in de huidige bebouwingssituatie, met de optredende turbulentie van de wind, kan functioneren in het gestelde draaibereik.

Een wijziging van de turbulentie heeft als volgt invloed op de te hanteren onder- en bovengrens van het draaibereik van de molen. Hiertoe worden eerst de met de metingen vastgestelde windsnelheidscoëfficiënten met onderstaande formules gecorrigeerd:

$$\text{Correctie ondergrens draaibereik: } C_{gepland}(\text{gecorrigeerd}) = C_{gepland} \times \frac{T_{u,huidig}}{T_{u,gepland}}.$$

$$\text{Correctie bovengrens draaibereik: } C_{gepland}(\text{gecorrigeerd}) = C_{gepland} \times \frac{T_{u,gepland}}{T_{u,huidig}}.$$

$C_{gepland}$ = windsnelheidscoëfficiënt per meetpositie

T_u = turbulentie-intensiteit op de betreffende meetpositie

Vervolgens wordt aan de hand van de (gecorrigeerde) windsnelheidscoëfficiënten bepaald welke windsnelheden in de windstatistiek, die geldig is voor 60 meter hoogte, corresponderen met het gestelde draaibereik op ashoogte van de molen:

$$V_{\text{statistiek}} = \frac{V_{\text{as}}}{C_{\text{as}}}$$

$V_{\text{statistiek}}$ = onder- cq bovengrens draaibereik op 60 m hoogte t.b.v. windstatistiek
 V_{as} = onder- cq bovengrens draaibereik op asniveau (5 cq 15 m/s)
 C_{as} = windsnelheidscoëfficiënt op asniveau, al dan niet gecorrigeerd

Na vaststelling van het corresponderende windsnelheidsbereik op 60 meter hoogte wordt met de windstatistiek het aantal uren bepaald dat de windsnelheid binnen het betreffende windsnelheidsbereik te verwachten is.

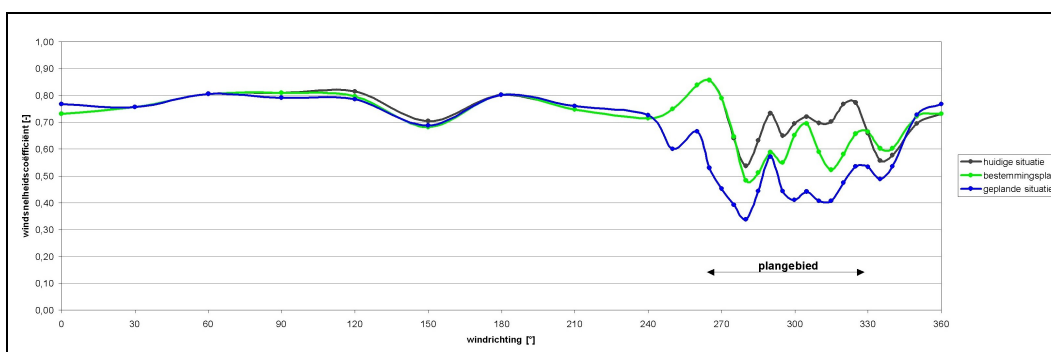
Bij deze wijze van berekenen wordt een toename van de turbulentie-intensiteit als gevolg van de geplande bebouwing in het draaibereik verdisconteerd door de ondergrens te verhogen en de bovengrens te verlagen. Een wijziging van het turbulentieniveau telt hierdoor dubbel bij de bepaling van het draaibereik (draaibereik wordt kleiner). Bij een toe- of afname van de windsnelheid na realisatie van de geplande bebouwing verlaagt cq verhoogt het gehele corresponderende draaibereik. De verschillende optredende effecten en het effect op de berekening van de mogelijke draaiuren zijn opgenomen in tabel 4.

Tabel 4: Effect wijziging snelheid en turbulentie op het aantal mogelijke draaiuren.

meting in windtunnel	ondergrens voor statistiek	bovengrens voor statistiek	effect op aantal mogelijke draaiuren
afname windsnelheid	hoger	hoger	overwegend negatief
toename windsnelheid	lager	lager	overwegend positief
afname turbulentie	lager	hoger	positief
toename turbulentie	hoger	lager	negatief

4. WEERGAVE EN BEOORDELING MEETRESULTATEN MOLEN DE VALK

4.1. Windsnelheidscoëfficiënten



Figuur 16: Windsnelheidscoëfficiënt gemiddeld over 4 meetpunten.

Tabel 5: Windsnelheidscoëfficiënt per meetpunten.

windrichting [°]	huidige situatie					bestemmingsplan					geplande situatie				
	huidig 1	huidig 2	huidig 3	huidig 4	gemiddeld	best plan 1	best plan 2	best plan 3	best plan 4	gemiddeld	gepland 1	gepland 2	gepland 3	gepland 4	gemiddeld
30	0.89	0.60	0.81	0.73	0.76	0.89	0.60	0.81	0.73	0.76	0.89	0.60	0.81	0.73	0.76
60	0.93	0.65	0.82	0.82	0.80	0.93	0.65	0.82	0.82	0.80	0.93	0.65	0.82	0.82	0.80
90	0.92	0.67	0.81	0.84	0.81	0.92	0.67	0.81	0.84	0.81	0.89	0.65	0.80	0.82	0.79
120	0.93	0.69	0.84	0.81	0.81	0.92	0.67	0.82	0.78	0.80	0.88	0.64	0.82	0.80	0.79
150	0.81	0.56	0.76	0.69	0.70	0.79	0.54	0.74	0.66	0.68	0.79	0.54	0.75	0.67	0.69
180	0.91	0.68	0.81	0.82	0.80	0.91	0.68	0.81	0.82	0.80	0.91	0.68	0.81	0.82	0.80
210	0.88	0.57	0.80	0.74	0.75	0.88	0.57	0.80	0.74	0.75	0.88	0.59	0.82	0.75	0.76
240	0.84	0.57	0.73	0.72	0.71	0.84	0.57	0.73	0.72	0.71	0.83	0.56	0.75	0.76	0.73
250	0.87	0.63	0.76	0.74	0.75	0.87	0.63	0.76	0.74	0.75	0.84	0.32	0.78	0.76	0.60
260	0.95	0.70	0.87	0.83	0.84	0.95	0.70	0.87	0.83	0.84	0.86	0.62	0.52	0.67	0.67
265	0.97	0.72	0.87	0.87	0.86	0.97	0.72	0.87	0.87	0.86	0.66	0.50	0.46	0.51	0.53
270	0.91	0.68	0.75	0.83	0.79	0.91	0.66	0.75	0.83	0.79	0.56	0.32	0.46	0.47	0.45
275	0.76	0.52	0.58	0.70	0.64	0.77	0.54	0.57	0.71	0.65	0.51	0.27	0.37	0.42	0.39
280	0.65	0.42	0.53	0.55	0.54	0.60	0.38	0.44	0.52	0.48	0.41	0.24	0.34	0.36	0.34
285	0.74	0.50	0.68	0.60	0.63	0.64	0.38	0.53	0.49	0.51	0.51	0.33	0.49	0.44	0.44
290	0.85	0.61	0.73	0.75	0.73	0.72	0.45	0.59	0.58	0.59	0.67	0.43	0.61	0.58	0.57
295	0.73	0.54	0.65	0.67	0.65	0.66	0.44	0.57	0.53	0.55	0.55	0.31	0.44	0.47	0.44
300	0.80	0.56	0.72	0.70	0.69	0.76	0.53	0.69	0.62	0.65	0.51	0.29	0.42	0.42	0.41
305	0.86	0.57	0.72	0.74	0.72	0.82	0.58	0.67	0.71	0.70	0.55	0.32	0.41	0.47	0.44
310	0.84	0.54	0.70	0.71	0.70	0.71	0.49	0.54	0.62	0.59	0.52	0.28	0.38	0.45	0.41
315	0.84	0.55	0.72	0.69	0.70	0.63	0.43	0.52	0.52	0.52	0.51	0.27	0.41	0.44	0.41
320	0.90	0.63	0.79	0.76	0.77	0.69	0.48	0.61	0.55	0.58	0.59	0.32	0.49	0.49	0.47
325	0.89	0.67	0.73	0.81	0.77	0.78	0.54	0.66	0.65	0.66	0.66	0.38	0.54	0.56	0.54
330	0.74	0.58	0.58	0.73	0.66	0.80	0.54	0.63	0.69	0.66	0.65	0.38	0.53	0.58	0.53
335	0.64	0.47	0.53	0.59	0.56	0.72	0.47	0.58	0.63	0.60	0.56	0.36	0.53	0.49	0.49
340	0.69	0.46	0.60	0.56	0.58	0.72	0.48	0.62	0.59	0.60	0.61	0.42	0.62	0.49	0.54
350	0.83	0.56	0.72	0.67	0.70	0.85	0.60	0.74	0.70	0.72	0.81	0.59	0.78	0.74	0.73
360	0.87	0.59	0.71	0.76	0.73	0.87	0.59	0.71	0.76	0.73	0.89	0.63	0.75	0.80	0.77
gemiddeld	0.87	0.61	0.77	0.75	0.75	0.86	0.60	0.75	0.74	0.74	0.80	0.55	0.72	0.71	0.69

In bovenstaande tabel zijn de vastgestelde windsnelheidscoëfficiënten voor alle onderzochte windrichtingen en meetposities weergegeven. De windrichtingen corresponderende met het Stationsgebied zijn in de tabel met een grijs vlak gemarkeerd.

In de grafiek zijn de gemiddelde waarden over de 4 meetpunten van de twee bebouwingssituaties weergegeven. De waarden per meetpunt zijn omwille van de overzichtelijkheid niet in de grafiek opgenomen en derhalve ook niet gemarkeerd in de tabel.

De windsnelheidscoëfficiënten geven een beeld van de windsnelheden bij verschillende windrichtingen zonder de weging van de windstatistiek. Dat wil zeggen dat de optredende

windsnelheidsverschillen bij de verschillende windrichtingen alleen bepaald worden door de in het schaalmodel aanwezige bebouwing.

Doordat bij west tot noord meer metingen zijn verricht komt de grilligheid van de wind uit deze richtingen meer in de grafiek tot uiting dan bij de overige windrichtingen. Desondanks is het opvallend dat in de bestaande bebouwingssituatie (grijze lijn in de grafiek) bij deze windrichtingen duidelijke dalen en pieken te zien zijn, ten gevolge van de bestaande hogere bebouwing. Door afbuiging volgt de wind niet altijd de zichtlijn tussen de bebouwing en de molen waardoor de optredende windsnelheidsverschillen qua windrichtingen niet exact overeenkomen met de ligging van de hogere bebouwing zoals aangegeven in de situatietekeningen in bijlage I.

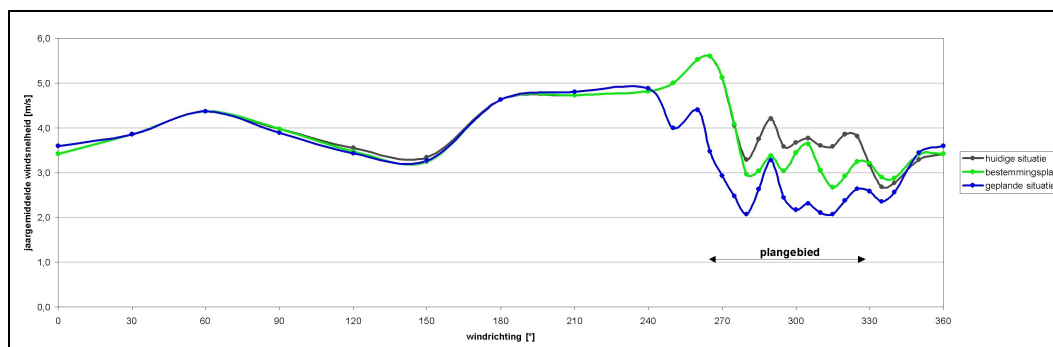
In de situatie met hoogbouw volgens het bestemmingsplan (groene lijn in de grafiek) is een dip in het windsnelheidsverloop zichtbaar rondom de windrichtingen 290° en 315°. Dit komt qua zichtlijn globaal overeen met de richtingen van de hoogbouwdeelen. De afname bedraagt maximaal circa een kwart van de optredende windsnelheid.

Na realisatie van de stedenbouwkundige geplande nieuwbouw (blauwe lijn in de grafiek) is over een groter aantal windrichtingen, corresponderend met de nieuwbouw en direct daarnaast, sprake van een aanzienlijke afname van de windsnelheid.

Daarnaast is als gevolg van een belemmering van de windafvoer bij de tegenovergestelde windrichtingen 90°, 120° en 150° een afname van de windsnelheid te verwachten van 2 à 3 procent.

De gemiddelde windsnelheidscoëfficiënt zakt van 0,75 in de bestaande situatie naar 0,74 in de bestemmingsplansituatie en 0,69 in de situatie met hoogbouw.

4.2. Jaargemiddelde windsnelheid



Figuur 17: Jaargemiddelde windsnelheid, gemiddeld over 4 meetpunten.

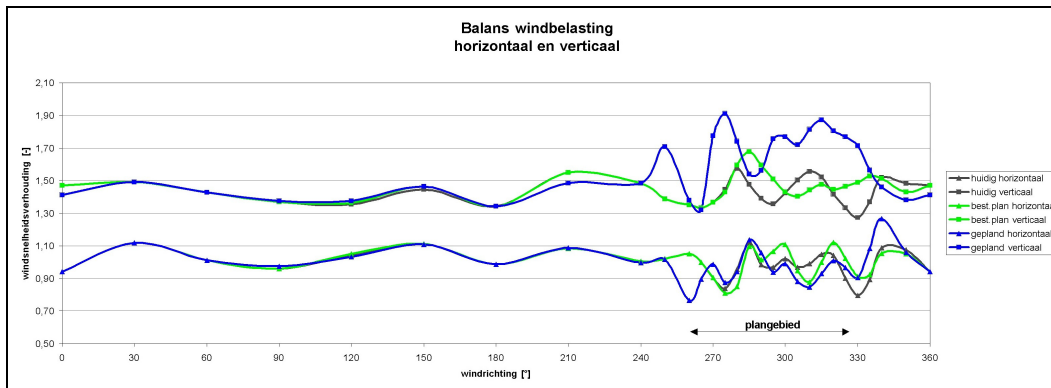
Tabel 6: Jaargemiddelde windsnelheid per meetpunt.

windrichting [°]	huidige situatie					bestemmingsplan					geplande situatie				
	huidig 1	huidig 2	huidig 3	huidig 4	gemiddeld	best plan 1	best plan 2	best plan 3	best plan 4	gemiddeld	gepland 1	gepland 2	gepland 3	gepland 4	gemiddeld
30	4,5	3,0	4,1	3,7	3,9	4,5	3,0	4,1	3,7	3,9	4,5	3,0	4,1	3,7	3,9
60	5,0	3,5	4,5	4,4	4,4	5,0	3,5	4,5	4,4	4,4	5,0	3,5	4,5	4,4	4,4
90	4,5	3,3	4,0	4,1	4,0	4,5	3,3	4,0	4,1	4,0	4,4	3,2	3,9	4,0	3,9
120	4,1	3,0	3,6	3,5	3,5	4,0	2,9	3,6	3,4	3,5	3,8	2,8	3,6	3,5	3,4
150	3,8	2,7	3,6	3,3	3,3	3,8	2,6	3,5	3,2	3,2	3,7	2,6	3,6	3,2	3,3
180	5,2	3,9	4,6	4,7	4,6	5,2	3,9	4,6	4,7	4,6	5,2	3,9	4,6	4,7	4,6
210	5,6	3,6	5,0	4,7	4,7	5,6	3,6	5,0	4,7	4,7	5,6	3,7	5,2	4,7	4,8
240	5,7	3,8	4,9	4,9	4,8	5,7	3,8	4,9	4,9	4,8	5,6	3,8	5,1	5,1	4,9
250	5,8	4,2	5,1	5,0	5,0	5,8	4,2	5,1	5,0	5,0	5,6	2,1	5,2	5,1	4,0
260	6,3	4,6	5,7	5,5	5,5	6,3	4,6	5,7	5,5	5,5	5,6	4,1	3,4	4,4	4,4
265	6,3	4,7	5,7	5,7	5,6	6,3	4,7	5,7	5,7	5,6	4,3	3,3	3,0	3,3	3,5
270	5,9	4,3	4,9	5,4	5,1	5,9	4,3	4,9	5,4	5,1	3,7	2,1	3,0	3,0	2,9
275	4,8	3,3	3,7	4,4	4,0	4,8	3,4	3,6	4,5	4,1	3,2	1,7	2,3	2,7	2,5
280	4,0	2,5	3,2	3,4	3,3	3,7	2,3	2,7	3,2	3,0	2,5	1,5	2,1	2,2	2,1
285	4,4	3,0	4,0	3,6	3,7	3,8	2,3	3,2	2,9	3,0	3,0	2,0	2,9	2,6	2,6
290	4,9	3,5	4,2	4,3	4,2	4,1	2,6	3,4	3,3	3,4	3,8	2,4	3,5	3,3	3,3
295	4,0	3,0	3,6	3,7	3,6	3,6	2,4	3,1	2,9	3,0	3,0	1,7	2,4	2,6	2,4
300	4,2	3,0	3,8	3,7	3,7	4,0	2,8	3,6	3,3	3,4	2,7	1,5	2,2	2,2	2,2
305	4,5	3,0	3,8	3,9	3,8	4,3	3,0	3,5	3,7	3,6	2,9	1,7	2,2	2,5	2,3
310	4,3	2,8	3,6	3,7	3,6	3,7	2,5	2,8	3,2	3,0	2,7	1,5	2,0	2,3	2,1
315	4,3	2,8	3,7	3,5	3,6	3,2	2,2	2,6	2,6	2,7	2,6	1,4	2,1	2,2	2,1
320	4,5	3,2	4,0	3,8	3,9	3,5	2,4	3,1	2,7	2,9	2,9	1,6	2,5	2,5	2,4
325	4,4	3,3	3,6	4,0	3,8	3,9	2,6	3,3	3,2	3,2	3,3	1,9	2,7	2,8	2,6
330	3,6	2,8	2,8	3,5	3,2	3,9	2,6	3,0	3,3	3,2	3,1	1,8	2,5	2,8	2,6
335	3,1	2,2	2,5	2,8	2,7	3,5	2,3	2,8	3,0	2,9	2,7	1,7	2,6	2,4	2,3
340	3,3	2,2	2,9	2,7	2,8	3,5	2,3	3,0	2,8	2,9	2,9	2,0	3,0	2,3	2,6
350	3,9	2,6	3,4	3,2	3,3	4,0	2,8	3,5	3,3	3,4	3,8	2,8	3,7	3,5	3,4
360	4,1	2,8	3,3	3,5	3,4	4,1	2,8	3,3	3,5	3,4	4,1	2,9	3,5	3,8	3,6
gemiddeld	4,9	3,4	4,3	4,2	4,2	4,8	3,4	4,3	4,2	4,2	4,5	3,1	4,1	4,0	3,9

Voor het bepalen van de totale jaargemiddelde windsnelheid heeft een weging plaatsgevonden naar rato van het aantal keren dat wind uit de betreffende windrichtingen in werkelijkheid voorkomt. Het effect van de windstatistiek is in de grafiek zichtbaar door de hogere windsnelheden bij zuidelijke tot westelijke windrichting.

De totale jaargemiddelde windsnelheid bij de molen bedraagt in de huidige bebouwingssituatie 4,2 m/s. Overeenkomstig de bevindingen zoals beschreven in paragraaf 4.1 betreffende de windsnelheidscoëfficiënten is rondom de windrichtingen corresponderend met de hoogbouw delen van het bestemmingsplan cq de stedenbouwkundig geplande hoogbouw een aanzienlijke afname van de windsnelheid te verwachten. De invloed van de bebouwing volgens het stedenbouwkundig plan is bij vrijwel alle onderzochte windrichtingen groter dan dat van de hoogbouw volgens het bestemmingsplan. De totale jaargemiddelde windsnelheid neemt af van 4,2 naar 3,9 m/s.

4.3. Balans windbelasting



Figuur 18: Balans windbelasting horizontaal en verticaal.

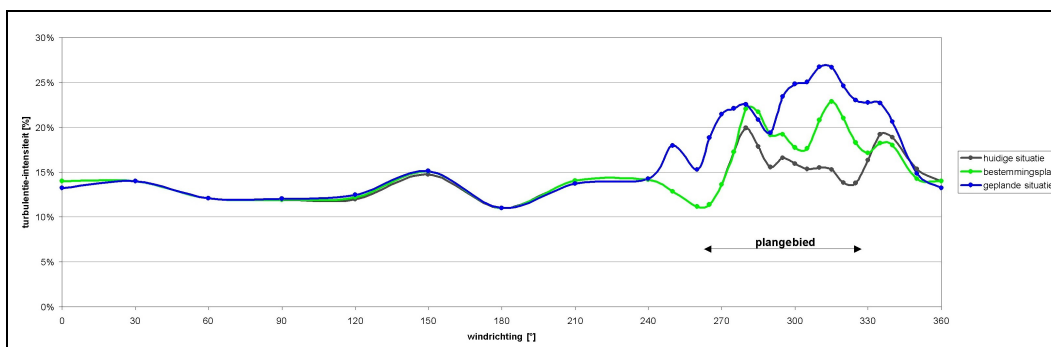
Tabel 7: Balans windbelasting horizontaal en verticaal.

windrichting [°]	horizontaal			verticaal		
	huidig	best plan	gepland	huidig	best plan	gepland
30	1,12	1,12	1,12	1,49	1,49	1,49
60	1,01	1,01	1,01	1,43	1,43	1,43
90	0,96	0,96	0,97	1,37	1,37	1,38
120	1,04	1,05	1,03	1,36	1,36	1,38
150	1,11	1,11	1,11	1,45	1,46	1,46
180	0,99	0,99	0,99	1,34	1,34	1,34
210	1,08	1,08	1,09	1,55	1,55	1,49
240	1,00	1,00	1,00	1,48	1,48	1,49
250	1,02	1,02	1,02	1,39	1,39	1,71
260	1,05	1,05	0,76	1,35	1,35	1,38
265	1,00	1,00	0,90	1,33	1,33	1,32
270	0,90	0,90	0,99	1,37	1,37	1,77
275	0,84	0,81	0,88	1,45	1,43	1,91
280	0,96	0,85	0,94	1,57	1,59	1,74
285	1,12	1,10	1,13	1,48	1,68	1,54
290	0,98	1,01	1,06	1,39	1,59	1,56
295	0,97	1,07	0,94	1,36	1,51	1,76
300	1,02	1,11	0,99	1,43	1,43	1,77
305	0,97	0,95	0,88	1,50	1,40	1,72
310	0,99	0,88	0,85	1,56	1,44	1,81
315	1,05	1,00	0,93	1,52	1,48	1,87
320	1,04	1,12	1,01	1,41	1,45	1,81
325	0,90	1,02	0,97	1,33	1,46	1,77
330	0,80	0,91	0,90	1,27	1,49	1,71
335	0,89	0,92	1,08	1,37	1,53	1,57
340	1,09	1,05	1,27	1,52	1,51	1,46
350	1,07	1,05	1,06	1,48	1,43	1,38
360	0,94	0,94	0,94	1,47	1,47	1,41
gemiddeld	1,02	1,02	1,02	1,44	1,44	1,47

De windbelasting op de wieken is idealiter zo gelijk mogelijk. De wieken in hoge positie vangen uiteraard meer wind dan in een lagere positie. In figuur 18 en tabel 7 zijn de windsnelheidsverhoudingen weergegeven tussen de wieken in een verticale lijn (meetpunt 1 versus 2) en in een horizontale lijn (meetpunt 3 versus 4).

De onderzochte hoogbouw heeft afhankelijk van de windrichting meestal een negatieve maar soms ook een positieve invloed op de windsnelheidsbalans. De maximaal optredende windsnelheidsverhouding neemt horizontaal toe van 1,12 naar 1,27 en verticaal van 1,57 in huidige situatie naar 1,68 in de bestemmingsplansituatie tot 1,91 in de stedenbouwkundig geplande situatie. De gemiddelde horizontale balans bedraagt vrijwel zonder te wijzigen circa 1,02. De gemiddelde verticale snelheidsbalans neemt toe van 1,44 tot 1,47.

4.4. Turbulentie-intensiteit



Figuur 19: Turbulentie-intensiteit bij vlaglengten 20 - 200 m; gemiddelde 4 meetpunten.

Tabel 8: Turbulentie-intensiteit bij vlaglengten 20 - 200 m, per meetpunt.

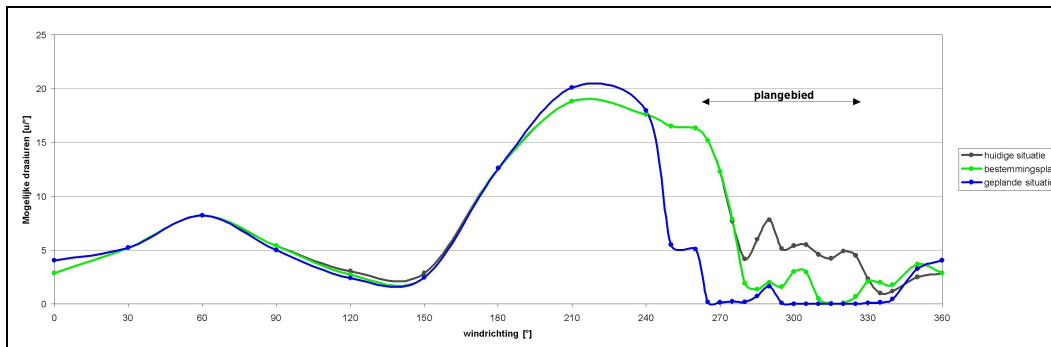
windrichting [°]	huidige situatie					bestemmingsplan					geplande situatie				
	huidig 1	huidig 2	huidig 3	huidig 4	gemiddeld	best plan 1	best plan 2	best plan 3	best plan 4	gemiddeld	gepland 1	gepland 2	gepland 3	gepland 4	gemiddeld
30	11%	18%	12%	15%	14%	11%	18%	12%	15%	14%	11%	18%	12%	15%	14%
60	9%	16%	11%	11%	12%	9%	16%	11%	11%	12%	9%	16%	11%	11%	12%
90	9%	15%	12%	11%	12%	9%	15%	12%	11%	12%	10%	15%	12%	11%	12%
120	9%	15%	11%	13%	12%	9%	15%	12%	13%	12%	10%	16%	12%	13%	12%
150	12%	19%	13%	15%	15%	13%	19%	14%	15%	15%	13%	19%	14%	15%	15%
180	9%	13%	11%	11%	11%	9%	13%	11%	11%	11%	9%	13%	11%	11%	11%
210	10%	19%	12%	14%	14%	10%	19%	12%	14%	14%	10%	19%	12%	15%	14%
240	11%	18%	14%	14%	14%	11%	18%	14%	14%	14%	11%	18%	14%	14%	14%
270	11%	15%	12%	13%	13%	11%	15%	12%	13%	13%	19%	27%	13%	14%	18%
280	9%	14%	11%	11%	11%	9%	14%	11%	11%	11%	11%	16%	19%	15%	15%
265	9%	14%	11%	11%	11%	9%	14%	11%	11%	11%	16%	19%	22%	19%	19%
270	11%	17%	14%	12%	14%	11%	17%	14%	12%	14%	18%	26%	21%	20%	21%
275	15%	20%	19%	16%	17%	15%	21%	19%	15%	17%	18%	27%	23%	20%	22%
280	17%	24%	20%	19%	20%	19%	26%	24%	20%	22%	19%	28%	23%	20%	23%
285	15%	22%	17%	18%	18%	18%	26%	21%	21%	22%	18%	25%	20%	20%	21%
290	13%	19%	15%	15%	16%	16%	23%	19%	19%	19%	17%	24%	19%	18%	19%
295	14%	20%	16%	16%	17%	16%	23%	19%	19%	19%	19%	29%	24%	22%	23%
300	14%	20%	15%	15%	16%	15%	21%	17%	18%	18%	21%	30%	25%	23%	25%
305	12%	20%	15%	15%	15%	15%	20%	18%	17%	18%	21%	30%	26%	23%	25%
310	12%	20%	15%	15%	15%	18%	24%	22%	19%	21%	22%	32%	28%	25%	27%
315	12%	20%	15%	15%	15%	20%	26%	23%	22%	23%	22%	33%	26%	25%	27%
320	11%	17%	13%	14%	14%	19%	24%	20%	21%	21%	20%	30%	24%	24%	25%
325	12%	16%	15%	13%	14%	16%	22%	18%	18%	18%	19%	29%	22%	22%	23%
330	15%	18%	18%	14%	16%	14%	21%	17%	16%	17%	19%	28%	22%	22%	23%
335	17%	22%	20%	18%	19%	16%	22%	18%	17%	18%	20%	27%	21%	23%	23%
340	16%	22%	18%	19%	19%	15%	21%	17%	18%	18%	18%	24%	18%	22%	21%
350	12%	19%	14%	16%	15%	12%	17%	13%	15%	14%	13%	18%	13%	16%	15%
360	11%	17%	14%	14%	14%	11%	17%	14%	14%	14%	11%	16%	13%	13%	13%
gemiddeld	11%	17%	13%	13%	14%	11%	18%	14%	14%	14%	12%	19%	15%	15%	15%

De turbulentie-intensiteit is specifiek vastgesteld voor vlaglengten van globaal 20 tot 200 meter in werkelijkheid. Doordat de turbulentie-intensiteit alleen betrekking heeft op een deel van het totale frequentiespectrum zijn de absolute waarden relatief laag.

Naast de invloed van de hoogbouw op de windsnelheid bij de molen is ook qua turbulentie van de wind een duidelijke invloed zichtbaar. De verhoudingen zijn bijna omgekeerd evenredig, dat wil zeggen dat waar de windsnelheid afneemt een toename van de turbulentie te zien is. Ook qua turbulentie van de wind is bij alle onderzochte windrichtingen corresponderend met de nieuwbouw sprake van een verslechtering van de windsituatie. Opvallend is dat bij enkele van deze windrichtingen de turbulentie niet toeneemt ten opzichte van de bestemmingsplansituatie.

De totale gemiddelde turbulentie-intensiteit in het relevante draaibereik bedraagt in de bestaande en de bestemmingsplansituatie 14% en neemt in de geplande bebouwingssituatie toe tot 15%.

4.5. Mogelijke draaiuren



Figuur 20: Mogelijke draaiuren genormeerd naar uren per graad.

Tabel 9: Mogelijke draaiuren per sector en per graad

windrichting [°]	sectorgroote [°]	huidige situatie		bestemmingsplan			geplande situatie				
		draaiuren [u/sector]	draaiuren [u°]	draaiuren [u/sector]	verschil	draaiuren [u°]	verschil	draaiuren [u/sector]	verschil huidig	draaiuren [u°]	verschil huidig
30	30	157	5	157	0	5	0	157	0	5	0
60	30	246	8	246	0	8	0	246	0	8	0
90	30	162	5	162	0	5	0	150	-12	5	0
120	30	91	3	82	-10	3	0	72	-19	2	-1
150	30	85	3	73	-12	2	0	74	-11	2	0
180	30	378	13	378	0	13	0	378	0	13	0
210	30	565	19	565	0	19	0	603	38	20	1
240	20	352	18	352	0	18	0	359	8	18	0
250	10	165	17	165	0	17	0	55	-110	5	-11
260	7,5	122	16	122	0	16	0	38	-84	5	-11
265	5	76	15	76	0	15	0	1	-75	0	-15
270	5	61	12	61	0	12	0	1	-61	0	-12
275	5	38	8	39	1	8	0	1	-37	0	-7
280	5	21	4	9	-11	2	-2	1	-20	0	-4
285	5	30	6	7	-23	1	-5	4	-26	1	-5
290	5	39	8	10	-29	2	-6	8	-31	2	-6
295	5	26	5	8	-18	2	-4	1	-25	0	-5
300	5	27	5	15	-12	3	-2	0	-27	0	-5
305	5	27	5	15	-13	3	-3	0	-27	0	-5
310	5	23	5	2	-21	0	-4	0	-23	0	-5
315	5	21	4	0	-21	0	-4	0	-21	0	-4
320	5	25	5	1	-24	0	-5	0	-25	0	-5
325	5	22	4	3	-19	1	-4	0	-22	0	-4
330	5	12	2	11	-1	2	0	0	-11	0	-2
335	5	5	1	10	5	2	1	1	-4	0	-1
340	7,5	9	1	13	4	2	1	3	-6	0	-1
350	10	25	2	37	12	4	1	33	8	3	1
360	20	57	3	57	0	3	0	81	24	4	1
totaal, procentueel		2868		2676		-7%		2266		-21% t.o.v. huidig / -15% t.o.v. bestemmingsplan	

Op basis van de vastgestelde windsnelheden en de wijzigingen van de turbulentie-intensiteit is het aantal mogelijke draaiuren vastgesteld. Er wordt vanuit gegaan dat de molen in de huidige bebouwingssituatie een draaibereik heeft van 5 tot 15 m/s op ashoogte. Aan de hand van de gegevens van de windstatistiek volgens de NPR 6097 is bepaald hoeveel uren per jaar de wind statistisch binnen het betreffende windsnelheidsbereik op zal treden. De sectorgrootte is vanzelfsprekend ook sterk bepalend voor het aantal mogelijke draaiuren, de grootte van de sectoren verschilt per windrichting van minimaal 5° tot maximaal 30°. Het aantal mogelijke draaiuren wordt in de tabel zowel in uren per sector weergegeven als in uren per graad (u/°). Het laatste is onafhankelijk van de sectorgrootte wat de resultaten onderling vergelijkbaar maakt. In de grafiek is het aantal mogelijke draaiuren per graad weergegeven.

Aangezien gebruik gemaakt wordt van statistische meteogegevens zonder uitsplitsing tussen dag en nacht of verschillende seizoenen betreft het theoretisch mogelijke uren, die

sterk kunnen afwijken van werkelijke draaiuren. Tevens wordt bijvoorbeeld geen rekening gehouden met de beschikbaarheid van een molenaar.

Het totaal aantal mogelijke draaiuren per jaar, een sommatie van het aantal uren per sector, is voor de huidige bebouwingssituatie vastgesteld op 2868, hetgeen overeenkomt met een derde van de tijd. In de grafische weergave is te zien dat een groot deel (ruim 60%) hiervan wordt bepaald door wind uit het zuiden tot westen.

Als gevolg van de hoogbouw zoals opgenomen in het vigerende bestemmingsplan is een afname van het aantal mogelijke draaiuren te verwachten bij de noordwestelijke windrichtingen 280° t/m 325° en in mindere mate bij tegengestelde zuidoostelijke windrichtingen 120° en 150°. Bij de windrichtingen 310° t/m 320° zijn in deze situatie geen draaiuren mogelijk. Bij de aangrenzende windrichtingen zijn volgens de analysemethode slechts enkele draaiuren per graad mogelijk, waardoor verwacht mag worden dat de werkelijke draaimogelijkheden bij noordwesten wind in de bestemmingsplansituatie uiterst minimaal zullen zijn. Het totaal aantal mogelijke draaiuren in de bestemmingsplansituatie daalt met 7% naar 2676.

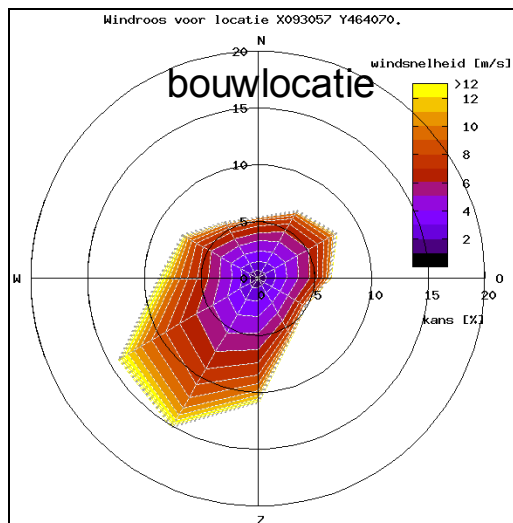
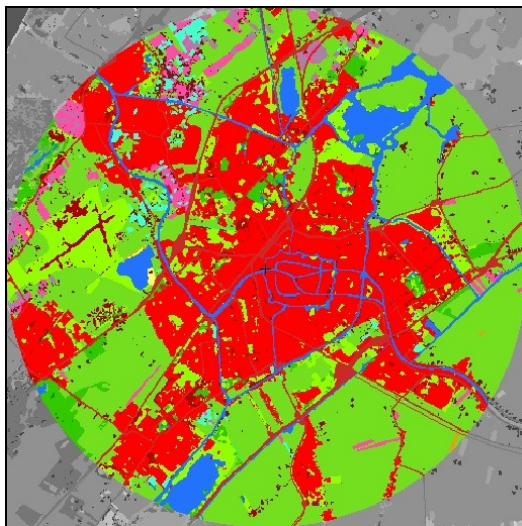
Door realisatie van de stedenbouwkundig geplande bebouwing in het stationsgebied neemt het aantal mogelijke draaiuren verder af tot 2266. Opvallend is een afname van het aantal mogelijke draaiuren bij de onderzochte windrichtingen 250° en 260° aangezien qua zichtlijn geen belemmering van de nieuwbouw plaats vindt. Middels rook is in de windtunnel de luchtstroming bij deze windrichtingen gevisualiseerd, waaruit blijkt dat de wind door de geplande hoogbouw zowel in het horizontale als verticale vlak afbuigt. Gezien de frequentie van het optreden van relatief hoge windsnelheden in de statistische meteogegevens bij deze windrichting heeft de vastgestelde verslechtering naar verhouding veel effect op het aantal mogelijke draaiuren.

Bij de windrichtingen 265° t/m 340° (west tot noordwest) zijn vrijwel geen draaiuren mogelijk in de geplande bebouwingssituatie. Ten opzichte van de bestaande situatie is in totaal sprake van een afname van 21% en ten opzichte van de situatie met alleen hoogbouw volgens het vigerende bestemmingsplan 15%. In de praktijk kan het verschil kleiner zijn doordat in de bestemmingsplansituatie bij noordwesten wind maar een beperkt aantal mogelijke draaiuren zijn vastgesteld waardoor de werkelijke bedrijfsmogelijkheden bij deze windrichting dan ook al minimaal zullen zijn.

5. INDICATIEF ONDERZOEK MOLEN DE PUT

5.1. Opzet indicatief onderzoek

Op basis van de windstatistiek / windroos zoals bepaald met de NPR 6097 is het potentiële windaanbod bij Molen De Put berekend voor de sector corresponderend met de nieuwbouw. Hiermee kan inzicht worden gegeven in de mogelijke invloed van de nieuwbouw op het functioneren van de molen. Het betreft een beschouwing van de aanstromende wind bij de molen. Gezien de situering van de nieuwbouw achter de bestaande bebouwing op korte afstand van de molen en het relatief open gebied naast de nieuwbouw is de invloed op de windafvoer (bij tegenovergestelde windrichting) als gevolg van het bouwplan als verwaarloosbaar beschouwd.



Figuur 21: Terreinruwheid tot 6 km afstand. Figuur 22: Windroos locatie Molen De Put.

Doordat de windroos, zoals weergegeven in figuur 22 geldt voor 60 meter hoogte boven de molen, wordt rekening gehouden met het windsnelheidsverloop met de hoogte. Het verloop wordt afhankelijk van de terreinruwheid berekend met de zogenaamde logwet. De terreinruwheid is op basis van gegevens zoals weergegeven in figuur 21 voor de sector overeenkomend met de nieuwbouw ingeschat op een ruwheidslengte van 0,70 meter. Voor de grenzen waarbinnen molenbedrijf mogelijk is wordt als vuistregel een bereik van 5 tot 15 m/s op ashoogte van de molen gehanteerd. Door het windsnelheidsverloop correspondeert het genoemde bereik op 60 meter hoogte met 7,7 tot 23,2 m/s in de gegevens van de NPR 6097.

In figuur 23 is een situatietekening van de geplande bebouwingssituatie opgenomen. Gezien vanuit Molen De Put bestaat de mogelijke belemmering van de aanstromende

wind ten gevolge van het te hoge deel van de geplande bebouwing, tussen de windrichtingen 287° en 19° , een sector van 92° .



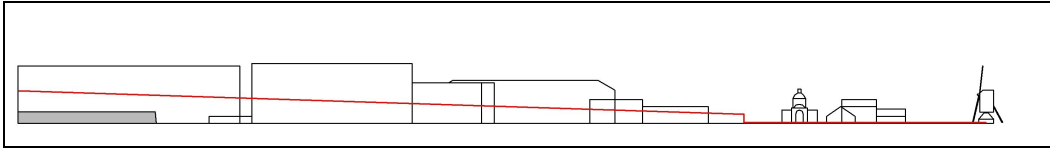
Figuur 23: Geplande situatie en sector belemmering.

5.2. Resultaten indicatief onderzoek

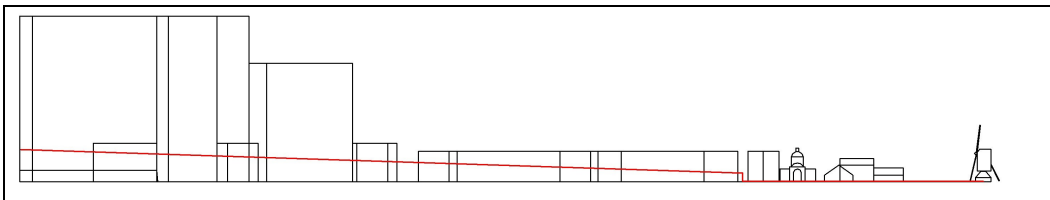
Uitgaande van de meteogegevens zoals grafisch weergegeven in figuur 22 bedraagt het windaanbod uit de richting van de nieuwbouw binnen de in figuur 23 aangegeven sector afgerond 19% van het totale windaanbod. Van dit windaanbod valt 16% binnen de gestelde grenswaarden van de molen. Het gaat daarbij om 259 uren per jaar, dit komt overeen met 3% van de tijd. De geplande bebouwing heeft ten opzichte van een onbelemmerde situatie derhalve in absolute zin maximaal 3% van de tijd invloed op de windvang van de molen.

In de figuren 24 en 25 is de maximale hoogte volgens de molenbiotoop met een rood gekleurde lijn weergegeven in een doorsnede van de bestaande en de geplande bebouwingssituatie. Uit deze afbeeldingen blijkt dat de maximaal toegestane hoogte

volgens de molenbiotoop zowel in de bestaande als de geplande bebouwingssituatie overschreden wordt.



Figuur 24: Molenbiotoop in bestaande situatie.



Figuur 25: Molenbiotoop geplande situatie.

De werkelijke invloed van de nieuwbouw, rekening houdende met de bestaande bebouwing en de begroeiing binnen deze sector waarbij reeds overschrijding van de maximale hoogte plaats vindt, zal in de praktijk ruim lager uitvallen dan de vermelde 3%.

6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Het stedenbouwkundig plan Leiden Stationsgebied van MAXWAN Architects + Urbanists voorziet op diverse plaatsen in het stationsgebied in hoogbouw. Van de stad naar het spoor is er een hoogte opbouw van 30 naar 70 meter. De geplande bouwhoogte overschrijdt de maximaal toegestane bouwhoogte van de zogeheten molenbiotoop van Molen De Valk en Molen De Put.

In opdracht van de gemeente Leiden is een vergelijkend windtunnelonderzoek uitgevoerd met als doel inzicht te verkrijgen in de invloed van de geplande hoogbouw op het windaanbod van Molen De Valk. Op enkele plaatsen aan het Stationsplein is met het vigerende bestemmingsplan bebouwing tot 50 meter toegestaan. Derhalve is naast de bestaande en de geplande bebouwing de situatie met hoogbouw conform het vigerende bestemmingsplan onderzocht. Een vergelijking van de onderzoeksresultaten van de drie bebouwingssituaties laat de invloed op de windsituatie bij Molen De Valk zien en de daaruit volgende wijziging van het theoretisch aantal mogelijke draaiuren van Molen De Valk. Voor de bepaling van de invloed van het bouwplan op het windaanbod van Molen De Put is gezien de ligging van de molen ten opzichte van de bouwlocatie een indicatief onderzoek uitgevoerd aan de hand van statistische meteogegevens.

Met betrekking tot Molen De Valk kunnen na beoordeling van de meetresultaten de volgende conclusies/bevindingen vermeld worden:

- Op basis van de vastgestelde windsnelheden en de wijzigingen van de turbulentie-intensiteit is het aantal mogelijke draaiuren vastgesteld. Er wordt vanuit gegaan dat de molen in de huidige bebouwingssituatie een draaibereik heeft van 5 tot 15 m/s op ashoogte. Aan de hand van de gegevens van de windstatistiek volgens de NPR 6097 is bepaald hoeveel uren per jaar de wind statistisch binnen het betreffende windsnelheidsbereik op zal treden. Hierin worden dag en nacht of verschillende seizoenen niet nader uitgesplitst. Tevens wordt bijvoorbeeld geen rekening gehouden met de beschikbaarheid van een molenaar.
- De hoogbouw zoals opgenomen in het vigerende bestemmingsplan heeft bij noordwesten wind een aanzienlijke invloed op de windsnelheid en turbulentie van de wind. In de stedenbouwkundig geplande bebouwingssituatie is sprake van een verdere verslechtering. Bij tegengestelde windrichting uit het zuidoosten is ten gevolge van belemmering van de windafvoer in mindere mate eveneens een zeker effect van de hoogbouw op de wind bij de molen te verwachten.
- Het totaal aantal mogelijke draaiuren per jaar, een sommatie van het aantal uren per sector, is voor de huidige bebouwingssituatie vastgesteld op 2868, hetgeen overeenkomt met een derde van de tijd. In de grafische weergave is te zien dat een

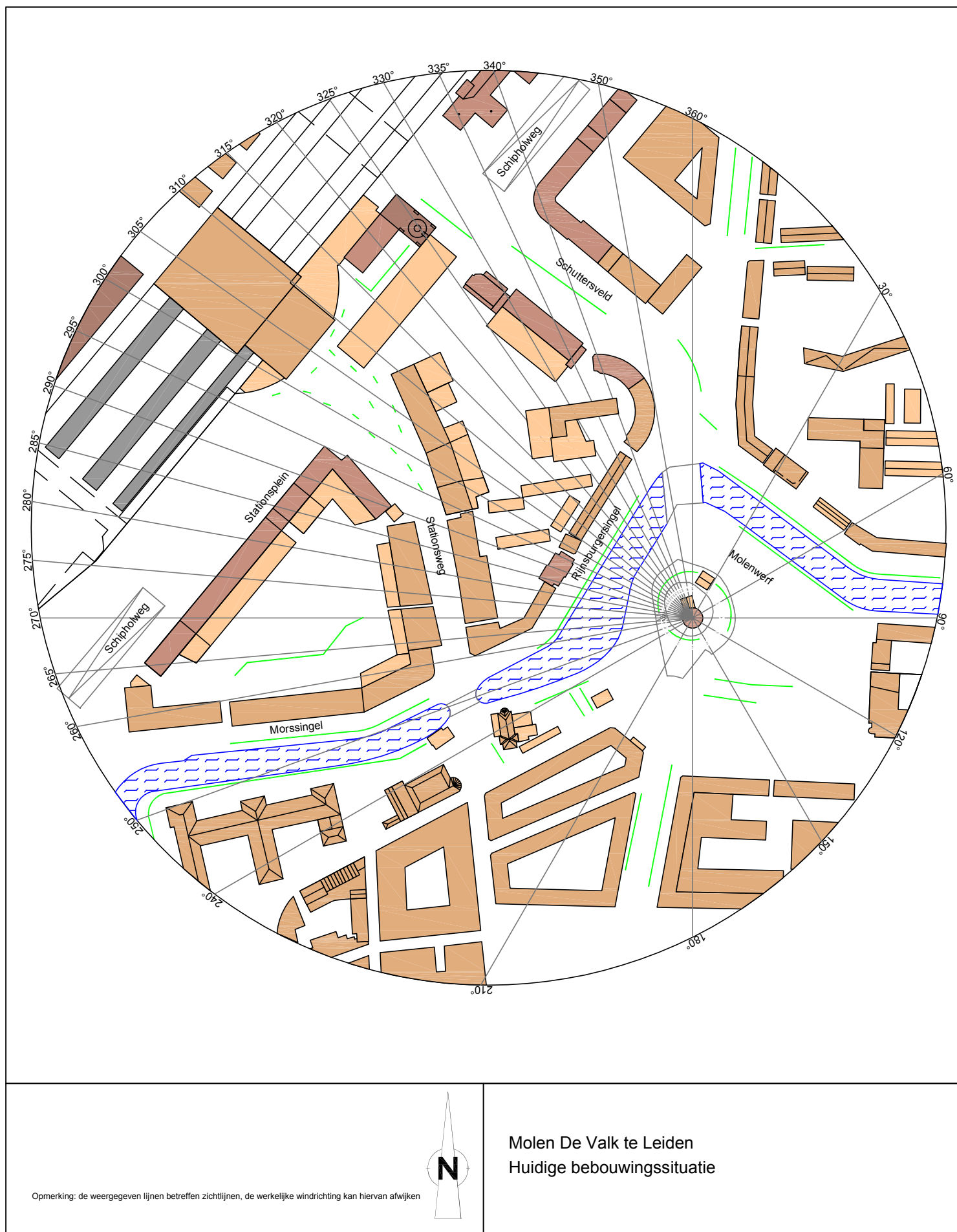
groot deel (ruim 60%) hiervan wordt bepaald door wind uit het zuiden tot westen. Als gevolg van de hoogbouw zoals opgenomen in het vigerende bestemmingsplan is een afname van 7% van het aantal mogelijke draaiuren te verwachten. Door realisatie van de stedenbouwkundig geplande bebouwing in het stationsgebied neemt het aantal mogelijke draaiuren verder af tot 2266. Bij westen tot noordwesten wind zijn vrijwel geen draaiuren mogelijk in de geplande bebouwingssituatie. Ten opzichte van de bestaande situatie is in totaal sprake van een afname van 21% en ten opzichte van de situatie met alleen hoogbouw volgens het vigerende bestemmingsplan 15%. In de praktijk kan het verschil kleiner zijn doordat in de bestemmingsplansituatie bij noordwesten wind maar een beperkt aantal mogelijke draaiuren zijn vastgesteld waardoor de werkelijke bedrijfsmogelijkheden bij deze windrichting dan ook al minimaal zullen zijn.

Uit de resultaten van het indicatieve onderzoek voor Molen De Put kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Zowel de bestaande als de geplande bebouwing overschrijden de maximaal toegestane hoogte van de molenbiotoopregel van Molen De Put.
- Gezien vanuit Molen De Put bestaat de mogelijke belemmering van de aanstromende wind ten gevolge van het te hoge deel van de geplande bebouwing, tussen de windrichtingen 287° en 19°, een sector van 92°. Uitgaande van de meteogegevens zoals specifiek voor de locatie van Molen De Put berekend bedraagt het windaanbod uit de richting van de nieuwbouw afgerond 19% van het totale windaanbod. Van dit windaanbod valt 16% binnen de gestelde grenswaarden van de molen. Het gaat daarbij om 259 uren per jaar, dit komt overeen met 3% van de tijd. De geplande bebouwing heeft ten opzichte van een onbelemmerde situatie derhalve in absolute zin maximaal 3% van de tijd invloed op de windvang van de molen. De werkelijke invloed van de nieuwbouw, rekening houdende met de bestaande bebouwing en de begroeiing binnen deze sector waarbij reeds overschrijding van de maximale hoogte plaats vindt, zal in de praktijk ruim lager uitvallen dan de vermelde 3%.

Mook,

Dit rapport bestaat uit:
29 pagina's
Bijlage I: situatietekeningen







Molen De Valk te Leiden
Geplande bebouwingssituatie

Opmerking: de weergegeven lijnen betreffen zichtlijnen, de werkelijke windrichting kan hiervan afwijken