



Princetonlaan 6
Postbus 800015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl/milieu

T 030 256 42 56

F 030 256 42 75

TNO-rapport

2008-U-R0469/B

Windtunnelonderzoek naar het effect van de
voorgenomen nieuwbouw bij klooster het Withof
en de voorgenomen nieuwbouw op het terrein
van het Munnikkenheide College op het
windveld bij de bisschopsmolen in Etten-Leur

Datum	maart 2008
Auteurs	Ing. G.Th. Visser
Projectnummer	034.84210
Trefwoorden	- windveld - molen
ST-code	H7
Bestemd voor	Woonstichting Etten-Leur t.a.v de heer M. Kortsmit Postbus 140 4870 AC Etten-Leur

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Samenvatting

In opdracht van de Woonstichting Etten-Leur heeft de Business Unit Milieu en Leefomgeving van TNO B&O In Apeldoorn een windtunnelonderzoek uitgevoerd naar het effect van de voorgenomen nieuwbouw bij Klooster het Withof en de voorgenomen nieuwbouw op het terrein van het Munnikkenheide College op het windveld ter plaatse van de Bisschopsmolen in Etten-Leur.

Het effect van de nieuwe bebouwing op het windveld bij de Bisschopsmolen is beoordeeld door de waarde van een aantal kengetallen bij de nieuwe bebouwing te vergelijken met de waarde van deze kengetallen in de huidige situatie. De kengetallen zijn: het gemiddelde aantal draaiuren per jaar van de molen, de jaargemiddelde windsnelheden over het wiekoppervlak, maximale windsnelheidsverschillen over het wiekoppervlak, turbulentiefactor en belastingfactor.

Uit de metingen kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De nieuwbouw bij Klooster het Withof en de nieuwbouw op het terrein van het Munnikkenheide College blijken apart beschouwd weinig effect te hebben op het windveld en op het aantal draaiuren van de molen. In combinatie is het effect wat ongunstiger. De afname van het aantal draaiuren per jaar blijft met een reductie van 1% echter beperkt.
De verschillen tussen de voorgenomen nieuwbouw en de maximale hoogten volgens het bestemmingsplan zijn gering.
- Het verlagen van het meest zuidelijke nieuwbouw blok bij Klooster het Withof tot 7 m blijkt een gering negatief effect te hebben op het windveld bij de molen ten opzichte van de ontwerp situatie. Als het meest zuidelijke nieuwbouw blok niet gebouwd zou worden is er geen meetbaar negatief effect meer van de voorgenomen bebouwing bij Klooster het Withof op het windveld bij de molen.
- Bij de meeste nieuwbouw configuraties laten de tweede en derde orde effecten zien dat de effecten op de molen wat ongunstiger worden ten opzichte van de huidige situatie. Alleen de windbelasting over het wiekoppervlak wordt bij de nieuwbouw bij Klooster het Withof en bij de maximale bouwhoogten volgens bestemmingsplan wat gunstiger.

Inhoudsopgave

SAMENVATTING	2
INHOUDSOPGAVE.....	3
1 INLEIDING	4
2 OPZET VAN DE METINGEN	6
2.1 WINDTUNNEL EN MODEL	6
2.2 OMVANG.....	8
3 WIJZE VAN PRESENTEREN	14
3.1 WINDSNELHEDEN	14
3.2 DRAAIUREN	14
3.3 WINDBELASTING	16
3.4 TURBULENTIE-INTENSITEITEN	18
3.5 INTEGRALE BEOORDELING	18
4 RESULTATEN.....	19
4.1 GEMIDDELDE WINDSNELHEDEN	19
4.2 DRAAIUREN	20
4.3 VERHOUDING MAXIMALE/MINIMALE WINDSNELHEID OVER HET WIEKOPPERVLAK	21
4.4 TURBULENTIE-INTENSITEITEN	22
4.5 WINDBELASTING	24
5 CONCLUSIES.....	25
6 REFERENTIES.....	26
7 VERANTWOORDING.....	27

Bijlagen:

Bijlage 1 Gemiddelde windsnelheden

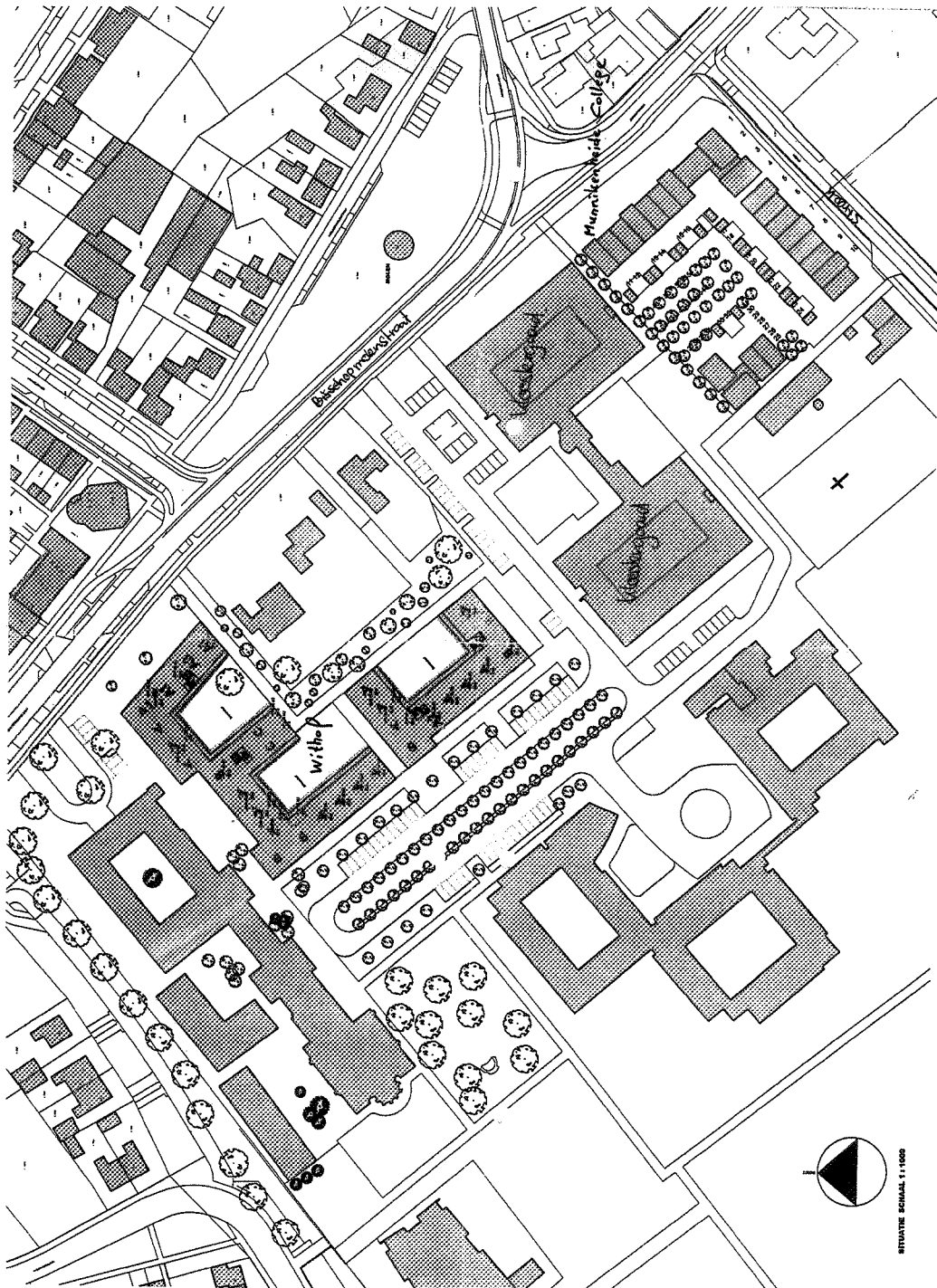
Bijlage 2 Verhouding maximale/minimale windsnelheid over het wiekoppervlak

Bijlage 3 Turbulentie-intensiteiten

Bijlage 4 Windbelasting

1 Inleiding

Ten westen van de Bisschopsmolen aan de Bisschopsstraat is Woonstichting Etten-Leur bezig met een herontwikkeling op het terrein van Klooster het “de Withof” in Etten-Leur. Een deel van het Klooster zal gesloopt worden. Ten zuiden van de Bisschopsmolen is de van Hemert Bouwgroep bezig met een herontwikkeling op het terrein van het “Munnikkenheide College”. Dit college zal gesloopt worden. Figuur 1 geeft de ligging van de twee projecten ten opzichte van de Bisschopsmolen.



Figuur 1 Situatie.

Als gevolg van de voorgenomen nieuwbouw verandert de molenbiotoop, waardoor het windveld bij de molen zal veranderen. Dit zou kunnen leiden tot een verlaging van de windsnelheden, een vermindering van het aantal draaiuren van de molen en een verhoging van de windbelasting op de wieken van de molen.

In het kader van deze herontwikkeling heeft de Gemeente Etten-Leur verzocht om een aanvullend windonderzoek op het eerder in 2002 door TNO uitgevoerde windtunnelonderzoek [1].

In opdracht van en in overleg met de Woonstichting Etten-Leur heeft de Business Unit Milieu en Leefomgeving van TNO B&O in Apeldoorn daarom, analoog aan het windtunnelonderzoek van 2002, een nieuw windtunnelonderzoek uitgevoerd naar de effecten van de voorgenomen nieuwbouw op het windveld ter plaatse van de Bisschopsmolen.

Het doel van het onderzoek was om de invloed van de voorgenomen nieuwbouw op het windveld ter plaatse van de Bisschopsmolen voor verschillende gebouwconfiguraties in kaart te brengen.

Als referentie is eerst het windveld in de huidige situatie gemeten (met Kloostergaard). Vervolgens is in een aantal stappen het effect van de voorgenomen nieuwbouw op het windveld ter plaatse van de molen bepaald.

Door vergelijking van de geprojecteerde situatie met de huidige situatie is vervolgens inzicht verkregen in het effect van de voorgenomen nieuwbouw op het windveld bij de molen.

In dit rapport worden de resultaten van het onderzoek beschreven.

Hoofdstuk 2 beschrijft de opzet van de metingen. De wijze van presenteren wordt geschetst in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het onderzoek besproken. Het rapport wordt besloten met conclusies (hoofdstuk 5).

2 Opzet van de metingen

2.1 Windtunnel en model

Het onderzoek is uitgevoerd in de atmosferische grenslaagwindtunnel van TNO Apeldoorn.

Om uit modelonderzoek naar de werkelijkheid overdraagbare resultaten te krijgen dient:

1. het betreffende gebouw of complex geometrisch juist geschaald te worden,
2. de omringende bebouwing schematisch meegemodelleerd te worden,
3. de eigenschappen van de aankomende wind op schaal gemodelleerd te worden.

In het onderhavige geval is gebruik gemaakt van het nog aanwezige 1:200 schaalmodel uit 2002 [1].

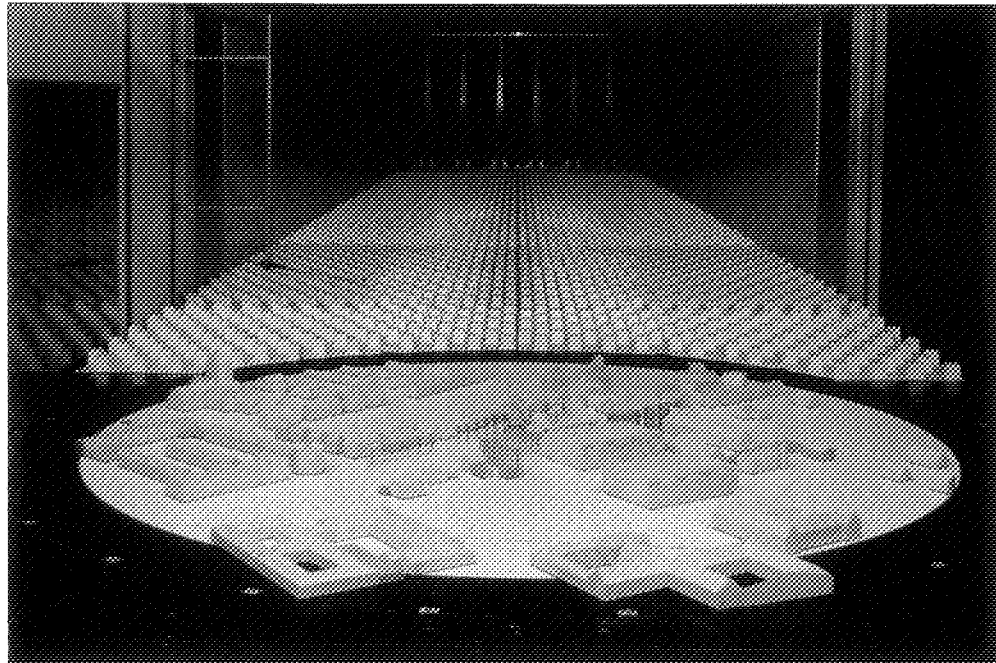
Analoog aan [1] zijn de eigenschappen van de aankomende wind weer gesimuleerd door een ruw voorland toe te passen bestaande uit grote blokken ($z_0=0,7$ m op ware grootte). Deze ruwheid komt overeen met die van een plaats als Etten-Leur. Er is conform [1] voor elke windrichting gecorrigeerd voor afwijkingen in de ingestelde voorland ruwheid en voor ruwheidsovergangen (zoals bijvoorbeeld weiland-Etten Leur) binnen een straal van 5 km [2].

De details van de windtunnel van TNO Apeldoorn alsmede de eigenschappen van de hierin gesimuleerde grenslaagstroming worden uitgebreid beschreven in het profielenboek van de windtunnel [3].

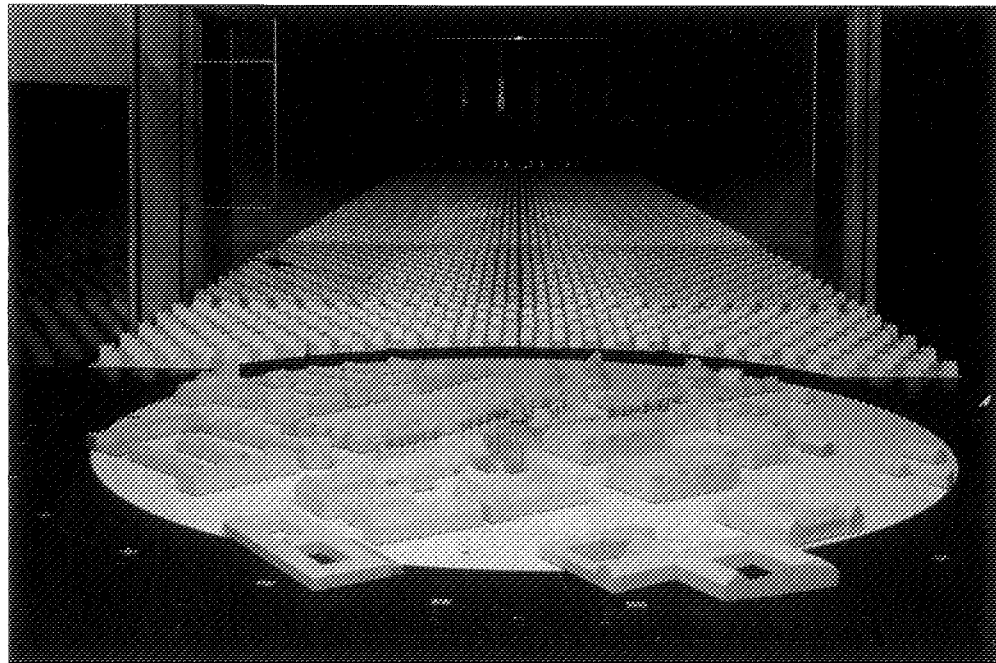
De windrichting is bij het onderzoek gevarieerd door het model te draaien.

Het model van de nieuwbouw nabij Klooster het Withof is gemodelleerd op basis van door Woonstichting Etten-Leur ter beschikking gestelde tekeningen van de Architecten Werkgroep van 12-10-2007. Het model van de nieuwbouw op het terrein van het Munnikkenheide College is gemodelleerd op basis van door Marquart Architecten ter beschikking gestelde schetstekeningen van 26-09-2007.

De figuren 2 en 3 laten het model zien in de atmosferische grenslaagwindtunnel van TNO Apeldoorn.



Figuur 2 Het model van de huidige bebouwing rondom de Bisschopsmolen in Etten-Leur in de windtunnel van TNO Apeldoorn.



Figuur 3 Het model van de geprojecteerde situatie (configuratie 4) bij de Bisschopsmolen in Etten-Leur in de windtunnel van TNO Apeldoorn.

2.2 Omvang

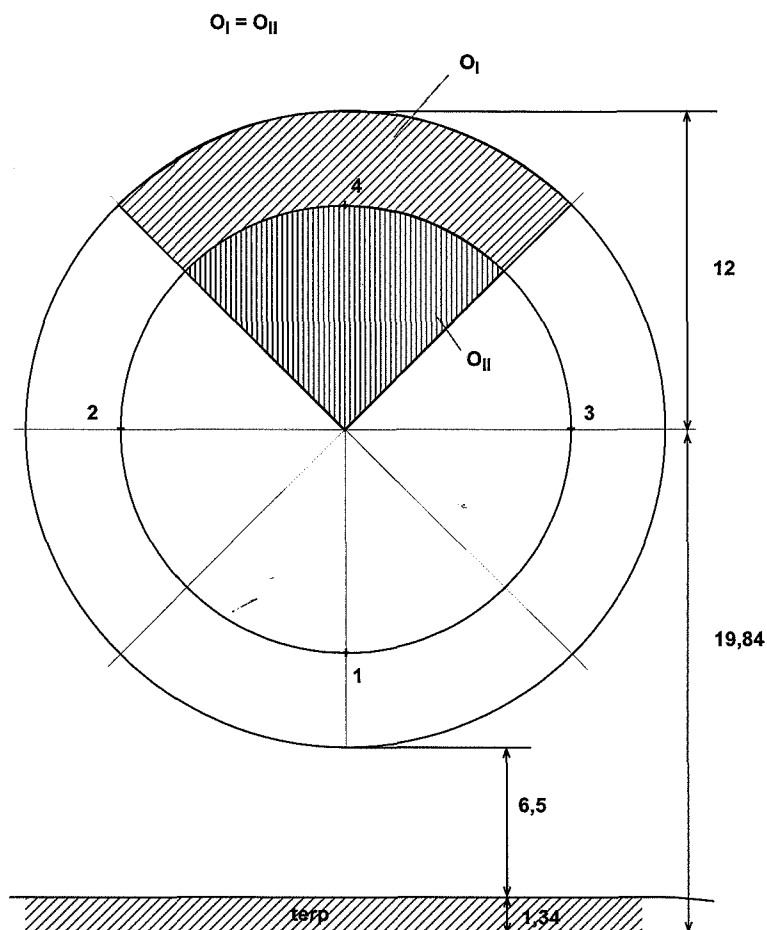
Er is uitgegaan van de in 2002 door de Gemeente Etten-Leur verstrekte aangepaste maatvoering van de Bisschopsmolen [4]:

- Ligging op een terp van 1,34 m hoog
- Stellinghoogte: 6,5 m (gemeten vanaf terp)
- As-kophoogte: 19,84 m (gemeten vanaf maaiveld)
- Wielengte: 12 m

Bovenstaande maatvoeringen wijken wat af van de maatvoering die voor het in 2002 uitgevoerde onderzoek zijn gebruikt.

Ter plaatse van het door de wieken bestreken oppervlak van de Bisschopsmolen zijn steeds op 4 plaatsen binnen het wiekoppervlak metingen uitgevoerd met behulp van een hete draad anemometer. De responsiefrequentie van dit systeem is zo hoog dat snelle windsnelheidsfluctuaties gevolgd kunnen worden. Hieruit kunnen vervolgens gemiddelde windsnelheden en turbulentie-intensiteiten worden bepaald.

De vier locaties representeren een kwart van het door de wieken bestreken oppervlak, waarbij de locaties zodanig zijn gekozen dat het wiekoppervlak tussen meetlocatie en as steeds gelijk is aan het wiekoppervlak tussen meetlocatie en uiteinde wieken (figuur 4).



mp	y(m)	z(m)
1	0	11,34
2	8,5	19,84
3	-8,5	19,84
4	0	28,34

Figuur 4 Ligging van de meetposities binnen het wiekoppervlak van de molen.

De metingen zijn uitgevoerd voor 12 windrichtingen tussen 0° (= Noord) en 330°, in stappen van 30°.

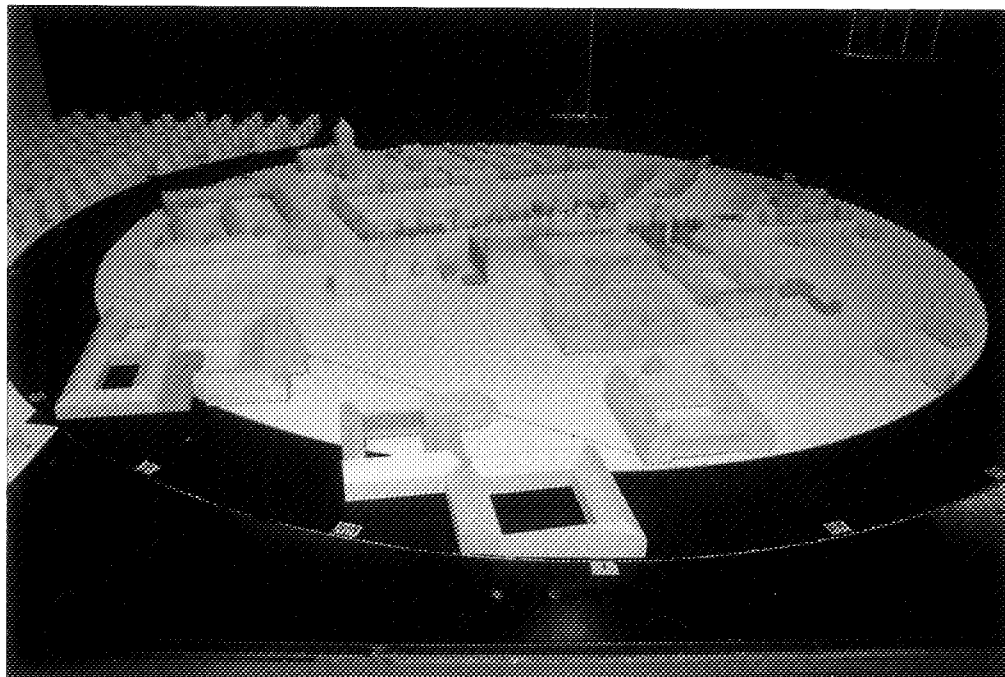
Er zijn 7 modelconfiguraties gemeten, namelijk:

1. Bestaande situatie met Kloostergaard (figuur 5).
2. Situatie met Kloostergaard en alleen nieuwbouw nabij Klooster Withof (figuur 6).
3. Situatie met Kloostergaard en alleen nieuwbouw op terrein Munnikkenheide College (figuur 7).
4. Situatie met Kloostergaarde met zowel nieuwbouw nabij Klooster Withof als op terrein Munnikkenheide College (figuur 8).
5. Model met Kloostergaard en ter plaatse van Klooster Withof en op terrein Munnikkenheide College maximale bebouwingshoogten (12 m) volgens bestemmingsplan (figuur 9).
6. Als configuratie 2; dus met alleen nieuwbouw nabij Klooster Withof, alleen met het meest zuidelijke blok verlaagd naar 7 m (figuur 10).
7. Als configuratie 2; dus met alleen nieuwbouw nabij Klooster Withof, waarbij het meest zuidelijke blok is verwijderd (figuur 11).

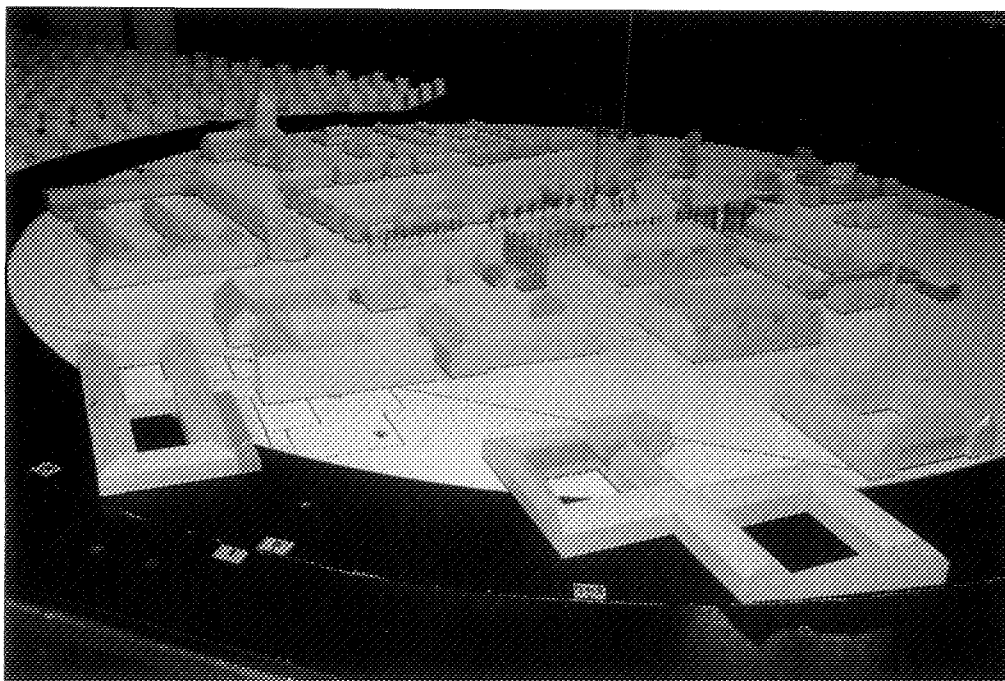
Bovengenoemde configuraties zijn vastgesteld door Woonstichting Etten-Leur.

De nieuwbouw bij Klooster het Withof is deels geprojecteerd in een gebied dat nu nog braak ligt. Dit zou negatieve gevolgen kunnen hebben op het windveld bij de molen. Er zijn daarom een tweetal varianten gemeten op configuratie 2 (de configuraties 6 en 7), ten einde inzicht te krijgen in het effect van het verlagen of verwijderen van een deel van de geprojecteerde nieuwbouw bij Klooster het Withof. De overheersende wind zou dan meer ongestoord de molen kunnen bereiken, waardoor eventuele negatieve gevolgen van de nieuwbouw beperkt zouden kunnen worden.

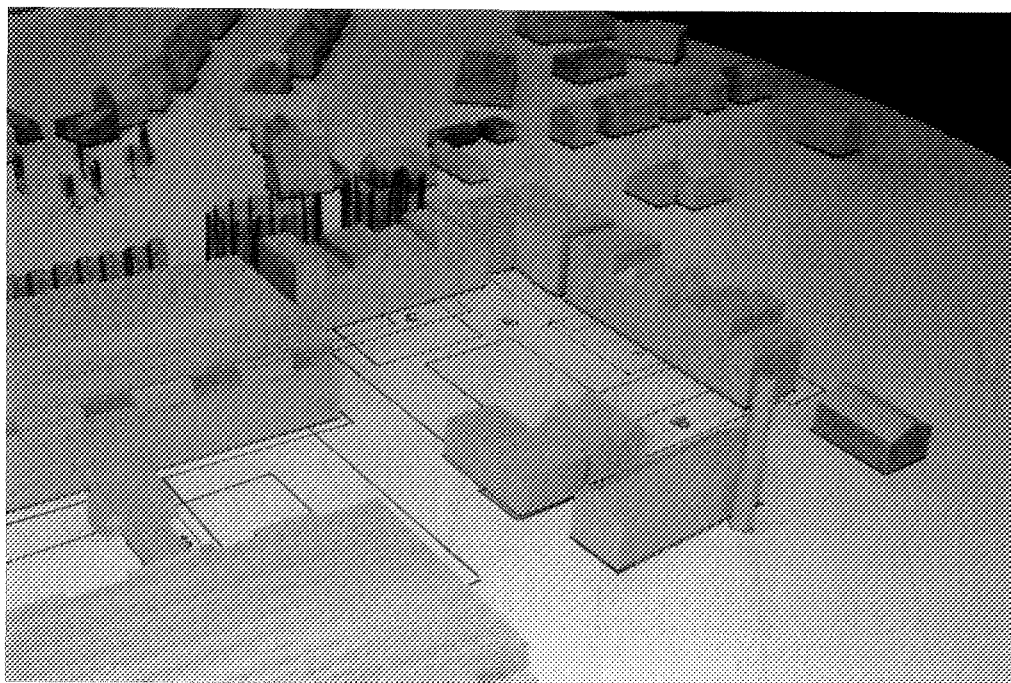
De metingen zijn uitgevoerd met een windtunnelsnelheid van 9,0 m/s op askophoogte (19,84 m), gemeten op circa 1,5 m stroomopwaarts van het model in de ongestoord aankomende stroming.



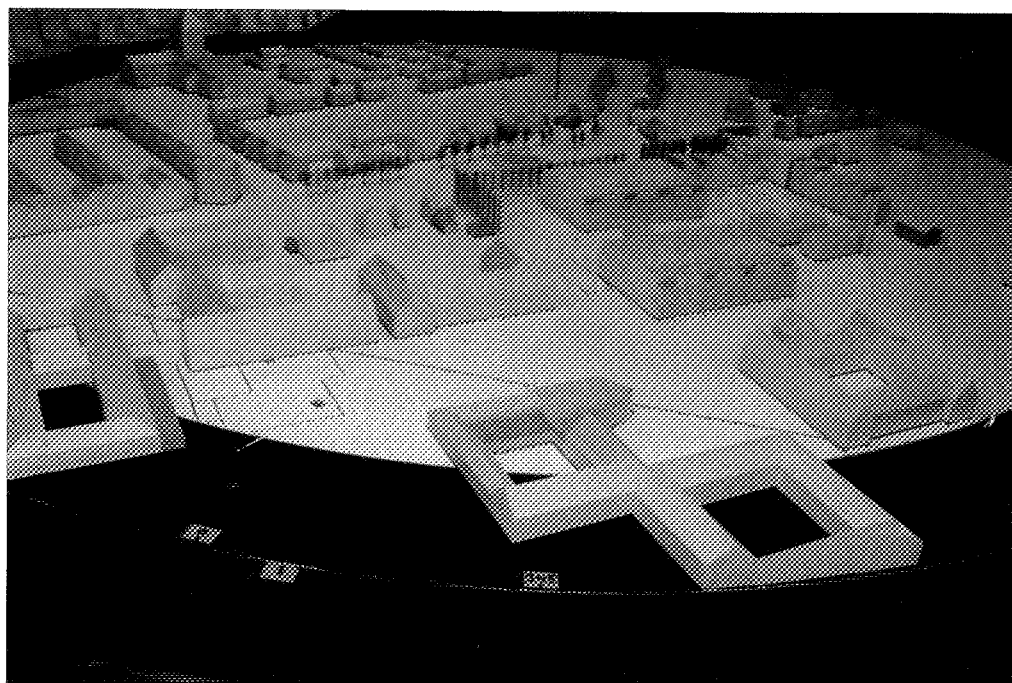
Figuur 5 Configuratie 1: Bestaande situatie met Kloostergaard.



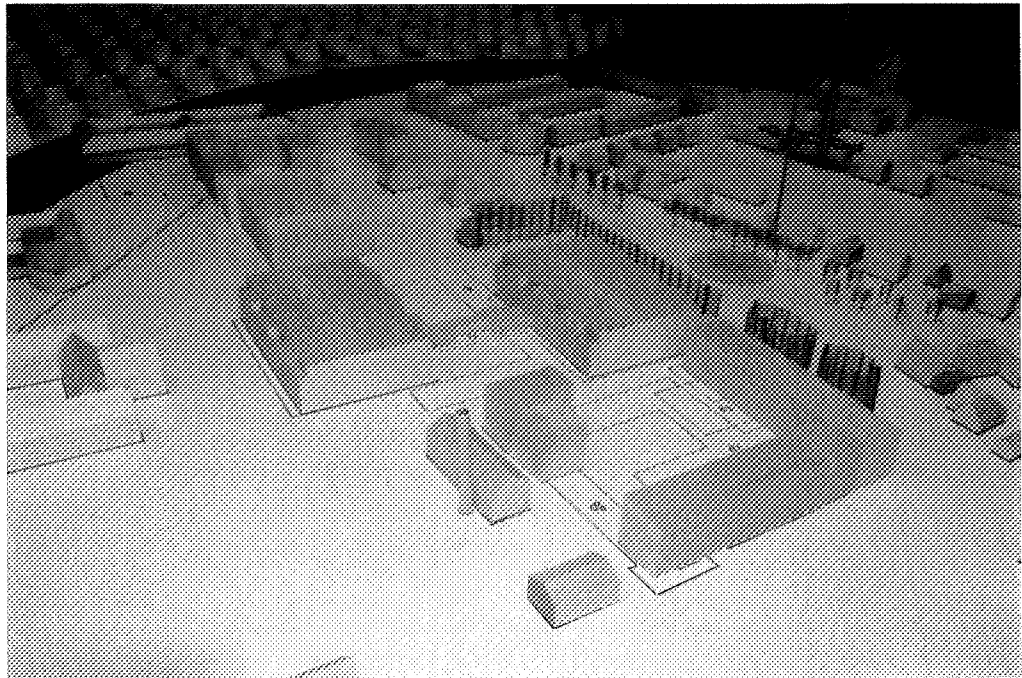
Figuur 6 Configuratie 2: Met nieuwbouw nabij Klooster het Withof.



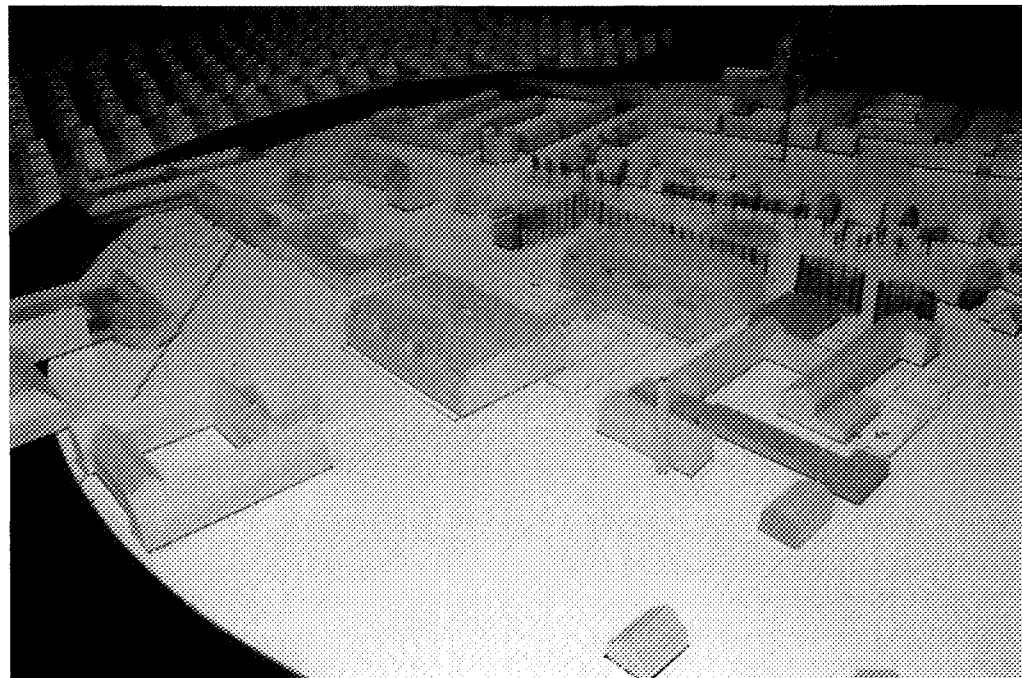
Figuur 7 Configuratie 3: Met nieuwbouw op terrein Munnikkenheide College.



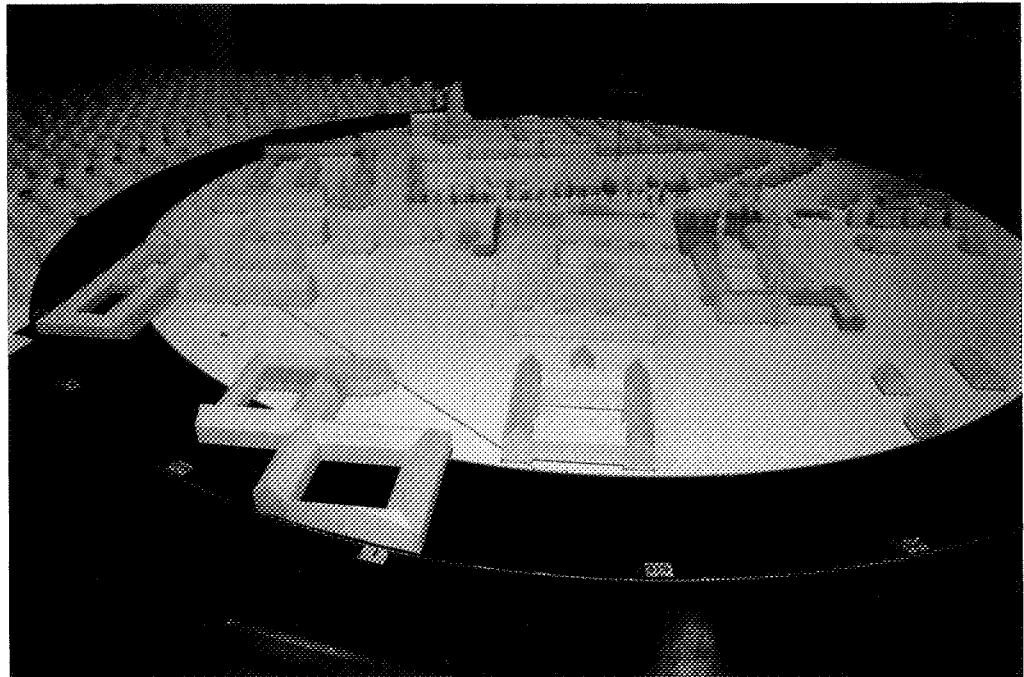
Figuur 8 Configuratie 4: Met nieuwbouw nabij Klooster het Withof en op terrein Munnikkenheide College.



Figuur 9 Configuratie 5: Maximale bebouwingshoogten volgens bestemmingsplan bij Klooster het Withof en op terrein Munnikkenheide College (12 m).



Figuur 10 Configuratie 6: Met nieuwbouw Klooster het Withof, waarbij het meest zuidelijke gebouw verlaagd is naar 7 m.



Figuur 11 Configuratie 7: Met nieuwbouw nabij Klooster het Withof waarbij het meest zuidelijke gebouw is verwijderd.

3 Wijze van presenteren

De wijze van presenteren is conform [1]. Om de effecten van de nieuwbouw ten opzichte van de huidige situatie te kunnen beoordelen zijn een aantal kengetallen gedefinieerd met betrekking tot windsnelheden, turbulentie-intensiteiten en windbelasting. Door de waarde van de kengetallen voor de situaties met nieuwbouw te vergelijken met de waarde van de kengetallen voor de huidige situatie, wordt inzicht verkregen in de effecten op het windveld bij de molen.

3.1 Windsnelheden

De in de windtunnel voor 12 windrichtingen gemeten gemiddelde windsnelheden U voor de vier posities zijn met behulp van de in [2] beschreven koppelingmethodiek gerelateerd aan de (uur) gemiddelde windsnelheid op 10 m hoogte bij meteostation Gilze-Rijen (U_{10}). De op deze wijze berekende dimensieloze verhouding wordt windsnelheidscoëfficiënt genoemd en is gedefinieerd als:

$$C_u = \frac{U}{U_{10}} \quad (1)$$

Per windrichting is hieruit de gemiddelde windsnelheidscoëfficiënt over het door de wieken bestreken oppervlak bepaald. Met behulp van de windstatistiek van meteostation Gilze-Rijen is vervolgens voor elke windrichting de jaargemiddelde windsnelheid over het wiekoppervlak en de jaargemiddelde windsnelheid over de windroos berekend. Door vergelijking van de gemiddelde windsnelheden voor de verschillende configuraties wordt inzicht verkregen in het effect op het windveld bij de molen.

De verhouding tussen de maximale en minimale windsnelheid over het wiekoppervlak is een indicatie voor de gelijkmatigheid waarmee de wieken draaien. Per windrichting zijn daarom deze verhoudingen bepaald. Door vergelijking van deze verhoudingen voor de verschillende configuraties wordt inzicht verkregen in het effect van de nieuwbouw ter plaatse van de molen.

3.2 Draaiuren

Volgens opgave van de Gemeente Etten-Leur kan de molen draaien bij windsnelheden tussen 1,5 en 15 m/s. Of dit ook daadwerkelijk gebeurd is niet bekend. Het is ook niet bekend of en zo ja in welke mate er bij het laten draaien van de molen rekening wordt gehouden met windvlagen. In ieder geval is er bij de berekeningen van het aantal draaiuren per jaar van uitgegaan dat de molen altijd draait bij uurgemiddelde windsnelheden tussen 1,5 en 15 m/s.

Met behulp van de uit de metingen berekende windsnelheidscoëfficiënten is met behulp van de windstatistiek van meteostation Gilze Rijen berekend hoe vaak de windsnelheden van 1,5 en 15 m/s gemiddeld per jaar worden overschreden. Het verschil is het aantal draaiuren van de molen.

Bij de berekening is rekening gehouden met de turbulentie-intensiteiten.

Elke (vraag)snelheid kan worden uitgedrukt in de gemiddelde snelheid plus een aantal malen (k) de standaardafwijking (σ):

$$U_{vlaag} = U_{gem} \pm k * \sigma \quad (2)$$

of

$$U_{vlaag} = U_{gem} (1 \pm k * TI) \quad (3)$$

hierin is TI de turbulentie-intensiteit, ofwel σ/U .

Bij elke k waarde hoort een bepaalde overschrijdingskans. Bij k=1 hoort bijvoorbeeld een overschrijdingskans van 15,9% (10 minuten gemiddelde windsnelheid) en bij k=2 een overschrijdingskans van 2,3%.

Indien er als gevolg van de geprojecteerde bebouwing bijvoorbeeld meer turbulentie opgewekt wordt zal de molen in principe pas bij wat hogere windsnelheden dan 1,5 m/s opgestart worden. Dit effect is bij de berekening van het aantal draaiuren in rekening gebracht door bij de berekening van de overschrijdingskans van de windsnelheid van 1,5 m/s de windsnelheidscoëfficiënten te vermenigvuldigen met:

$$\left(\frac{1 + TI(1)}{1 + TI(i)} \right) \quad (4)$$

hierin is $1+TI(1)$ de turbulentie-intensiteit in de referentie- of nulsituatie (configuratie 1) en $1+TI(i)$ de turbulentie-intensiteit in de geprojecteerde situatie. De k waarde als weging van de turbulentie-intensiteit is hierbij, arbitrair, op 1 gesteld.

Als in de geprojecteerde situatie de turbulentie-intensiteit hoger is dan in de nulsituatie dan zal de windsnelheidscoëfficiënt, en daarmee de windsnelheid over het wiekoppervlak en daarmee ook de overschrijdingskans van de windsnelheid van 1,5 m/s, wat afnemen en als in de geprojecteerde situatie de turbulentie-intensiteit lager is dan in de nulsituatie dan zal de windsnelheidscoëfficiënt, en daarmee de windsnelheid over het wiekoppervlak en daarmee ook de overschrijdingskans van de windsnelheid van 1,5 m/s, wat toenemen ten opzichte van de nulsituatie.

Daarnaast zou de molen, als er bijvoorbeeld in de geprojecteerde situatie meer turbulentie wordt opgewekt, in principe al bij een wat lagere windsnelheid dan 15 m/s uitgeschakeld moeten worden. Dit effect is bij de berekening van het aantal draaiuren in rekening gebracht door bij de berekening van de overschrijdingskans van de windsnelheid van 15 m/s de windsnelheidscoëfficiënten te vermenigvuldigen met:

$$\left(\frac{1 + TI(i)}{1 + TI(1)} \right) \quad (5)$$

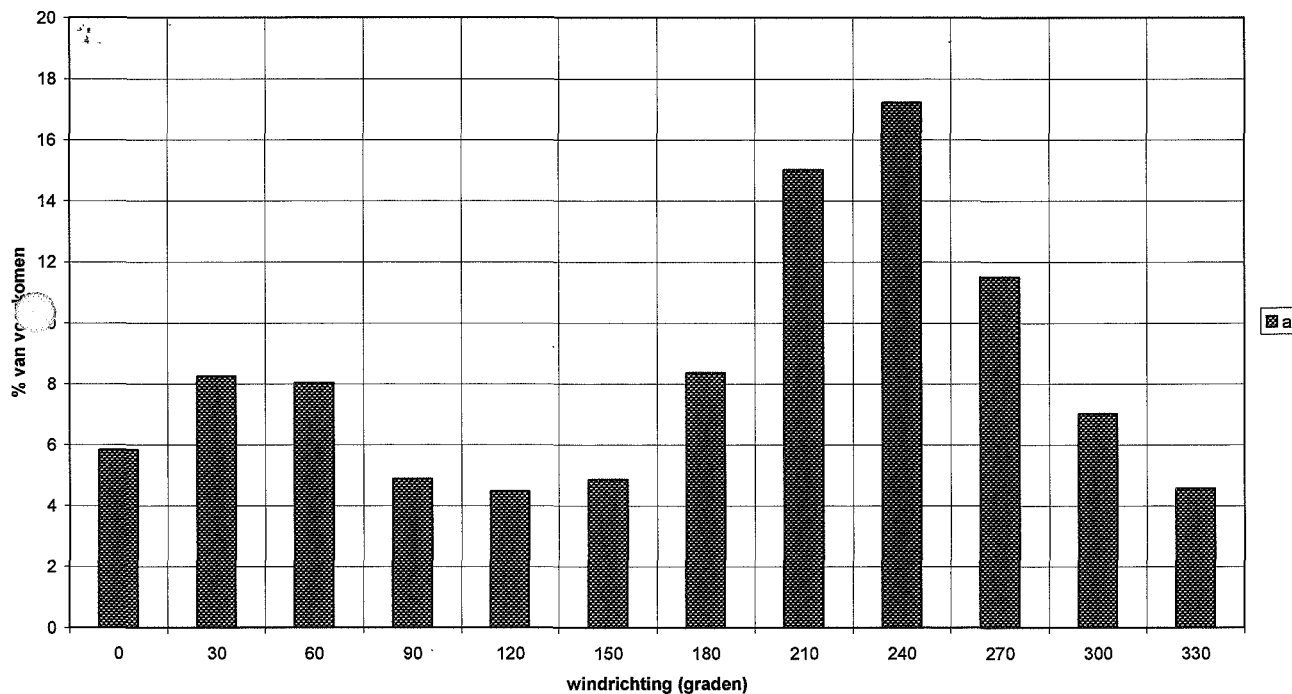
Als in de geprojecteerde situatie de turbulentie-intensiteit hoger is dan in de nulsituatie dan zal de windsnelheidscoëfficiënt, en daarmee de windsnelheid over het wiekoppervlak en daarmee ook de overschrijdingskans van de windsnelheid van 15 m/s wat toenemen en als in de geprojecteerde situatie de turbulentie-intensiteit lager is dan in de nulsituatie dan zal de windsnelheidscoëfficiënt, en daarmee de windsnelheid over het wiekoppervlak en daarmee ook de overschrijdingskans van de windsnelheid van 15 m/s, wat afnemen ten opzichte van de nulsituatie.

Door vergelijking van het gemiddelde aantal potentiële draaiuren voor de verschillende configuraties wordt inzicht verkregen in het effect op het windveld bij de molen.

3.3 Windbelasting

De wind waait niet even vaak uit de verschillende windrichtingen en bovendien verschilt de gemiddelde windsnelheid per windrichting. Figuur 12 laat zien dat zuidwesten wind veel vaker voorkomt dan zuidoosten wind.

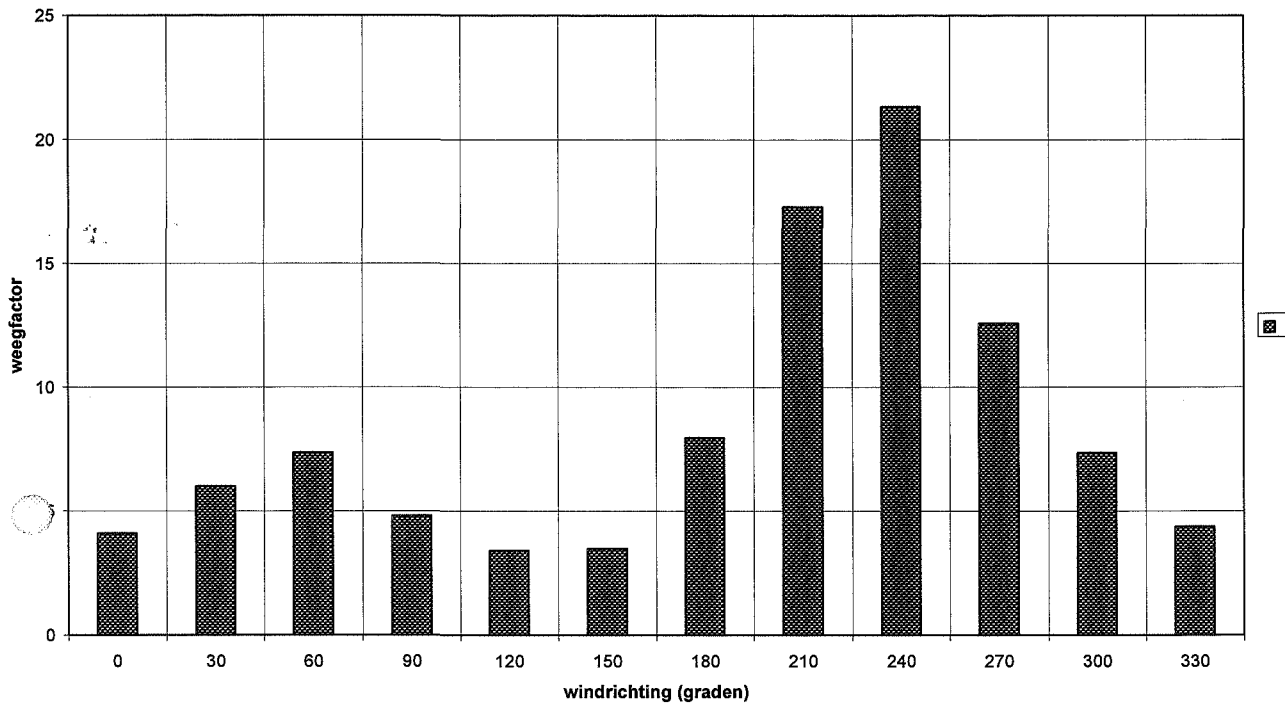
FREQUENTIE VAN VOORKOMEN VAN WINDRICHTINGEN IN METEOSTATION GILZE RIJEN



Figuur 12 Frequentie van voorkomen van windrichtingen in meteostation Gilze Rijen.

Om deze effecten in rekening te brengen zijn er op basis van de statistische windgegevens van meteostation Gilze-Rijen voor elke windrichting weegfactoren bepaald door het percentage van voorkomen van elke windrichting te vermenigvuldigen met de gemiddelde windsnelheid bij die windrichting en vervolgens te delen door de over de windroos gemiddelde waarde van de gemiddelde windsnelheid. Het resultaat wordt gegeven in figuur 13.

WEEGFACTOREN METEOSTATION GILZE RIJEN



Figuur 13 Weegfactoren voor meteostation Gilze Rijen.

Hieruit blijkt dat in vergelijking met figuur 12 de inbreng van zuidwesten wind verder versterkt wordt ten opzichte van de andere windrichtingen. Dit komt omdat de gemiddelde windsnelheden bij zuidwesten winden aanzienlijk hoger zijn dan de gemiddelde windsnelheden bij de andere windrichtingen.

De windbelasting op de wieken van een molen neemt kwadratisch toe met de windsnelheid. De maximale belasting op de wieken kan dus berekend worden uit het verschil tussen de maximale windsnelheid in het kwadraat en de minimale windsnelheid in het kwadraat. Om het relatieve effect van de verschillende configuraties ten opzichte van de huidige situatie (configuratie 1) te bepalen is een belastingfactor (bf) geïntroduceerd, die als volgt gedefinieerd is:

$$bf = \frac{((U_{\max})^2 - (U_{\min})^2) * weegfactor}{\sum ((U_{\max 1})^2 - (U_{\min 1})^2) * weegfactor} \quad (2)$$

Gesommeerd over alle windrichtingen geeft dit de maximale belastingfactor over de windroos ten opzichte van de huidige situatie. Voor de huidige situatie is dit dus per definitie 1. Indien de maximale belastingfactor voor een configuratie groter is dan 1 dan is de maximale belasting op de wieken van de molen groter dan in de huidige situatie en is de maximale belastingfactor kleiner dan 1 dan is de maximale belasting op de wieken van de molen kleiner dan in de huidige situatie.

3.4 Turbulentie-intensiteiten

De turbulentie-intensiteit (TI) is de standaard deviatie gedeeld door de gemiddelde waarde van de windsnelheid.

Voor elke windrichting is uit de gemeten turbulentie-intensiteiten voor de vier posities de gemiddelde turbulentie-intensiteit over het door de wieken bestreken oppervlak berekend. Deze turbulentie-intensiteit is ook gebruikt bij de bepaling van het aantal draaiuren van de molen (zie paragraaf 3.2).

Daarnaast is per windrichting de maximale turbulentie-intensiteit bepaald. Dit kengetal is van belang voor het gedrag en de bedrijfsmogelijkheden van de molen in de wind.

Om de invloed van de turbulentie-intensiteit goed te kunnen wegen over de windroos is een overeenkomstige formulering gebruikt als bij windbelastingen (paragraaf 3.3): per windrichting is de maximale turbulentie-intensiteit vermenigvuldigd met de weegfactor voor de betreffende windrichting en vervolgens gedeeld door de som over alle windrichtingen van deze waarden bij de huidige bebouwingsconfiguratie (configuratie 1), ofwel:

$$tf = \frac{TI_{\max} * weegfactor}{\sum TI_{\max} 1 * weegfactor} \quad (3)$$

Dit kengetal wordt turbulentiefactor (tf) genoemd. In dit getal worden de maximale turbulentie-intensiteiten gewogen over de windroos ten opzichte van de huidige situatie (configuratie 1).

Gesommeerd over alle windrichtingen geeft (3) de totale invloed van de maximale turbulentie-intensiteit ten opzichte van de huidige situatie. Voor de huidige bebouwingsconfiguratie is dit dus per definitie 1. Indien de totale turbulentie factor voor een configuratie groter is dan 1 dan is de invloed van turbulentie groter dan in de huidige situatie en is de totale turbulentie factor kleiner dan 1 dan is de invloed van turbulentie kleiner dan in de huidige situatie.

3.5 Integrale beoordeling

Niet alle kengetallen zijn even belangrijk. Het belangrijkste kengetal is het aantal draaiuren van de molen. Daar wordt een molen als eerste op beoordeeld. De gemiddelde windsnelheid over het wiekoppervlak is ook belangrijk. Deze is gerelateerd aan het aantal draaiuren. Draaiuren en gemiddelde windsnelheid zijn daarom de eerste orde effecten als het gaat om de beoordeling van een geprojecteerde nieuwbouw op de molenbiotoop.

De andere kengetallen hebben betrekking op de gelijkmatigheid van draaien van de wieken, de windbelasting op de wieken en het gedrag en de bedrijfsmogelijkheden van de molen. Deze kengetallen geven zinvolle informatie over het effect van geprojecteerde bebouwing op het gedrag van de molen, maar zijn niet beslissend voor de eindbeoordeling. Ze moeten beschouwd worden als tweede en derde orde effecten.

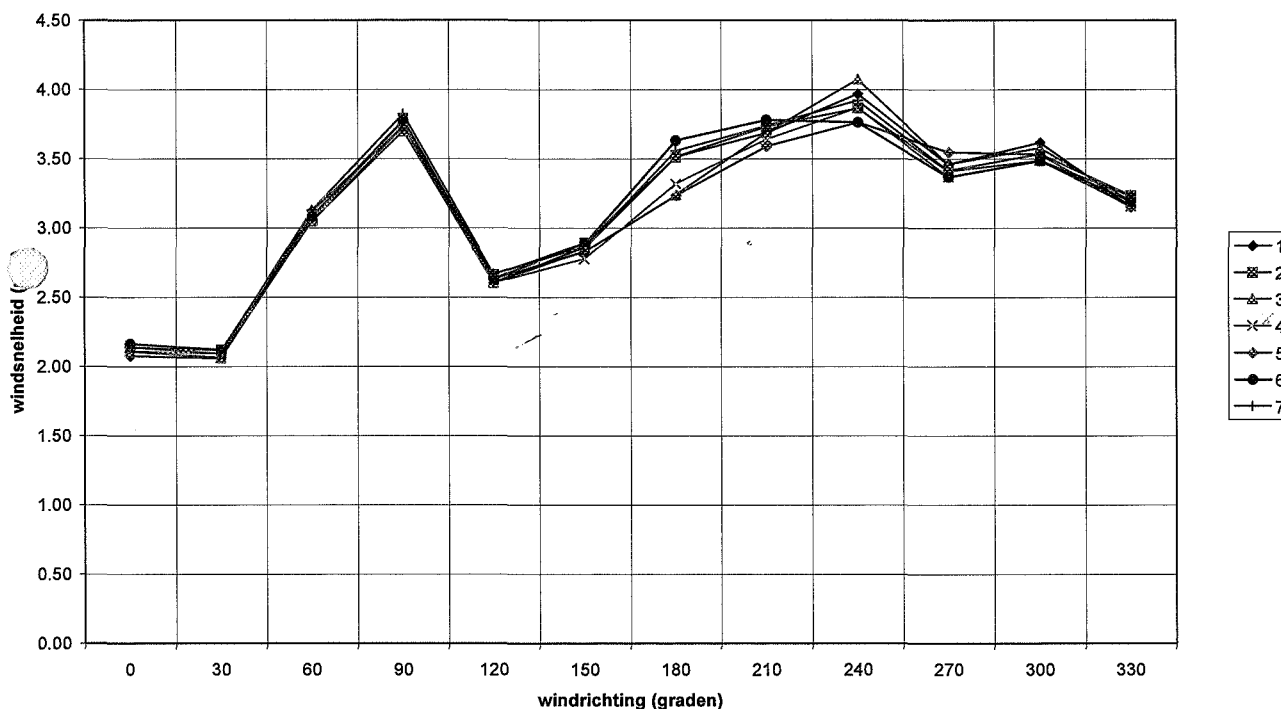
4 Resultaten

4.1 Gemiddelde windsnelheden

De resultaten worden gegeven in bijlage 1. Het verloop van de gemiddelde windsnelheid met de windrichting wordt gegeven in figuur 13. Uit figuur 13 en uit bijlage 1 blijkt dat bij windrichtingen tussen 180° en 270° het effect van de nieuwbouw in de gemiddelde windsnelheden is te herkennen. Bij windrichting 180° geven met name de configuraties 3 (nieuwbouw Munnikkenheide College), 4 (nieuwbouw Withof en Munnikkenheide College) en 5 (maximale bebouwingshoogten volgens bestemmingsplan) een afname van de gemiddelde windsnelheid over het wiekoppervlak. Configuratie 6 geeft bij deze windrichting een toename van de gemiddelde windsnelheid. Bij windrichting 240° neemt de gemiddelde windsnelheid bij configuratie 3 toe. Bij alle andere configuraties neemt de gemiddelde windsnelheid bij deze windrichting wat af, met name bij de configuraties 5 en 6.

De jaargemiddelde windsnelheid over de windroos laat zien dat configuratie 3 (nieuwbouw Munnikkenheide College) en configuratie 7 (nieuwbouw bij het Withof, zonder zuidelijk blok) een verwaarloosbaar effect geeft ten opzichte van de huidige situatie (bijlage 1). De configuraties 4 (nieuwbouw Munnikkenheide College en nieuwbouw bij Withof) en 5 (maximale bouwhoogte volgens bestemmingsplan) geven een vermindering van de jaargemiddelde windsnelheid met circa -2% ten opzichte van de huidige situatie.

Verloop van de gemiddelde windsnelheid over het wiekoppervlak met de windrichting



Figuur 13 Verloop gemiddelde windsnelheid over het wiekoppervlak met de windrichting.

4.2 Draaiuren

Volgens opgave van de Gemeente Etten-Leur kan de Bisschopsmolen draaien bij windsnelheden tussen 1,5 en 15 m/s. De definitie van deze windsnelheden is echter onduidelijk: gaat het om gemiddelde of vlaagsnelheden en waar en op welke hoogte zijn deze windsnelheden gemeten. Bovendien is het de vraag of de molen inderdaad altijd draait bij windsnelheden tussen 1,5 en 15 m/s. Een berekening van het aantal draaiuren moet daarom beschouwd worden als een schatting.

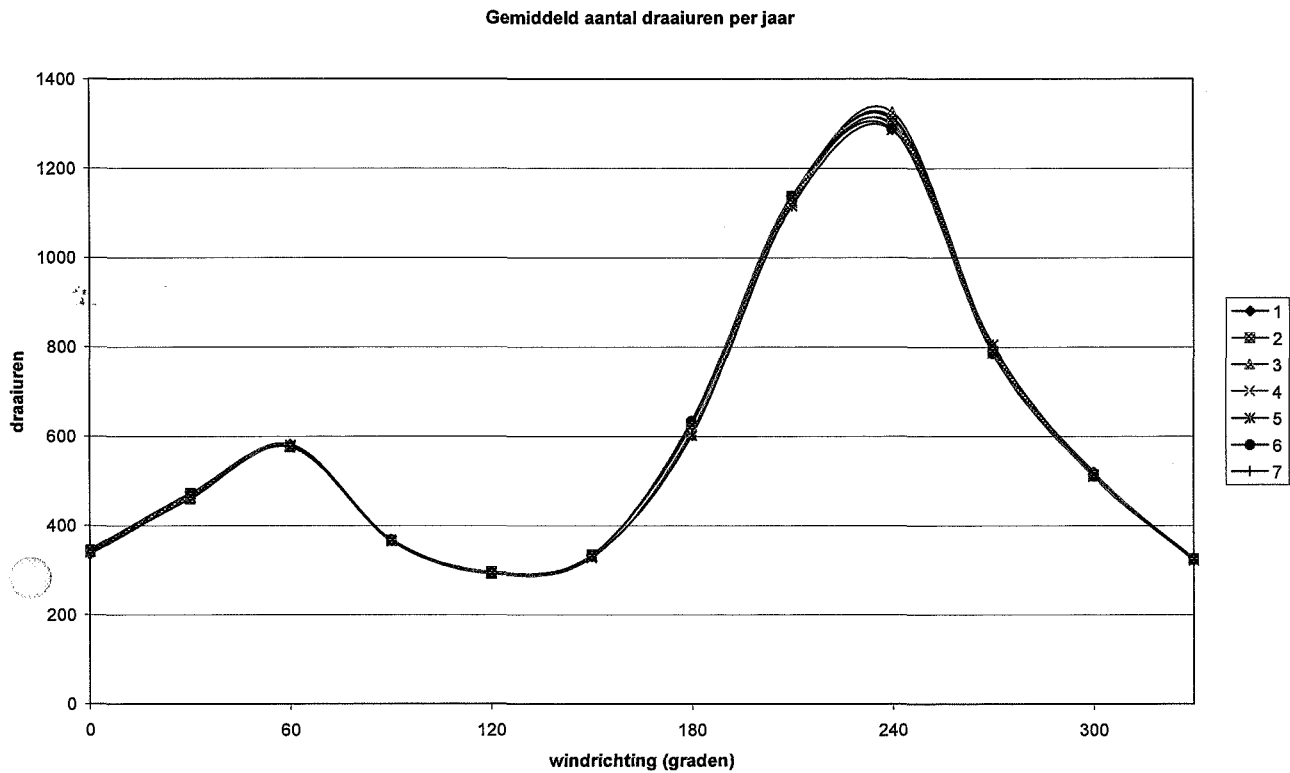
Op basis van de uit de windtunnelmetingen berekende windsnelheidscoëfficiënten en rekening houdend met de gemiddelde turbulentie-intensiteit over het wiekoppervlak van de molen is met behulp van de windstatistiek van meteorostation Gilze-Rijen het aantal draaiuren van de molen geschat. De resultaten worden gegeven in figuur 14 en tabel 1. In vergelijking met het onderzoek uit 2002 [1] is het aantal draaiuren van de molen lager. Dit kan verklaard worden door het feit dat de aangehouden maatvoering van de molen wat anders is dan bij het onderzoek uit 2002. Bij het huidige onderzoek is uitgegaan van de laatste opmetingen van de Gemeente Etten-Leur van de molen [4]. Het wiekoppervlak is wat lager dan bij het onderzoek van 2002. Hierdoor zijn de windsnelheden over het wiekoppervlak niet alleen lager, maar worden ze ook wat meer door de omliggende bebouwing beïnvloed. Hierdoor wordt het aantal draaiuren lager.

Uit figuur 14 en tabel 1 blijkt dat, zoals te verwachten, de meeste draaiuren optreden bij de meest voorkomende windrichtingen.

De nieuwbouw nabij Klooster het Withof (configuratie 2) blijkt een marginale reductie te geven van het aantal draaiuren. Bij wind van nieuwbouw naar de molen (de windrichtingen 270° en 300°) is de reductie in aantal draaiuren gemiddeld per jaar minder dan 10 uur per windrichting. Bij een aantal andere windrichtingen, waarbij de wind van de andere kant komt, vindt er als gevolg van de nieuwbouw geleiding plaats. Hierdoor neemt bij de windrichtingen 0° en 30° het aantal draaiuren van de molen wat toe. Over de hele windroos bekeken is het effect van de nieuwbouw op het aantal draaiuren van de molen daarom marginaal.

De nieuwbouw op het terrein van het Munnikkenheide College (configuratie 3) geeft een reductie van het aantal draaiuren met -0,4%. Tabel 1 laat zien dat, zoals te verwachten, de grootste reductie optreedt bij de windrichting 180°, de windrichting via de nieuwbouw naar de molen. De combinatie van nieuwbouw nabij Klooster het Withof en nieuwbouw op het terrein van het Munnikkenheide College (configuratie 4) geeft de grootste reductie van het aantal draaiuren (-1%). Deze reductie is groter dan bij het model met de maximale bebouwingshoogten volgens het bestemmingsplan (-0,9%). Er blijkt sprake te zijn van interactie tussen de nieuwbouw nabij Klooster het Withof en de nieuwbouw op het terrein van het Munnikkenheide College. In combinatie geven beide nieuwbouwprojecten een wat grotere reductie van het aantal draaiuren dan elke nieuwbouw apart.

Het blijkt geen zin te hebben om een deel van de bebouwing nabij het Klooster het Withof in hoogte te beperken tot 7 m, de reductie in het aantal draaiuren is dan -0,2%, tegen 0% bij de oorspronkelijke gebouwhoogte met kap. De verschillen zijn natuurlijk erg klein. Indien deze deelbebouwing niet gerealiseerd zou worden zal er een klein positief effect op het aantal draaiuren van de molen ontstaan (+0,1%).



Figuur 14 Geschat aantal draaiuren van de molen per windrichting per jaar.

Tabel 1 Geschat aantal draaiuren per windrichting per jaar.

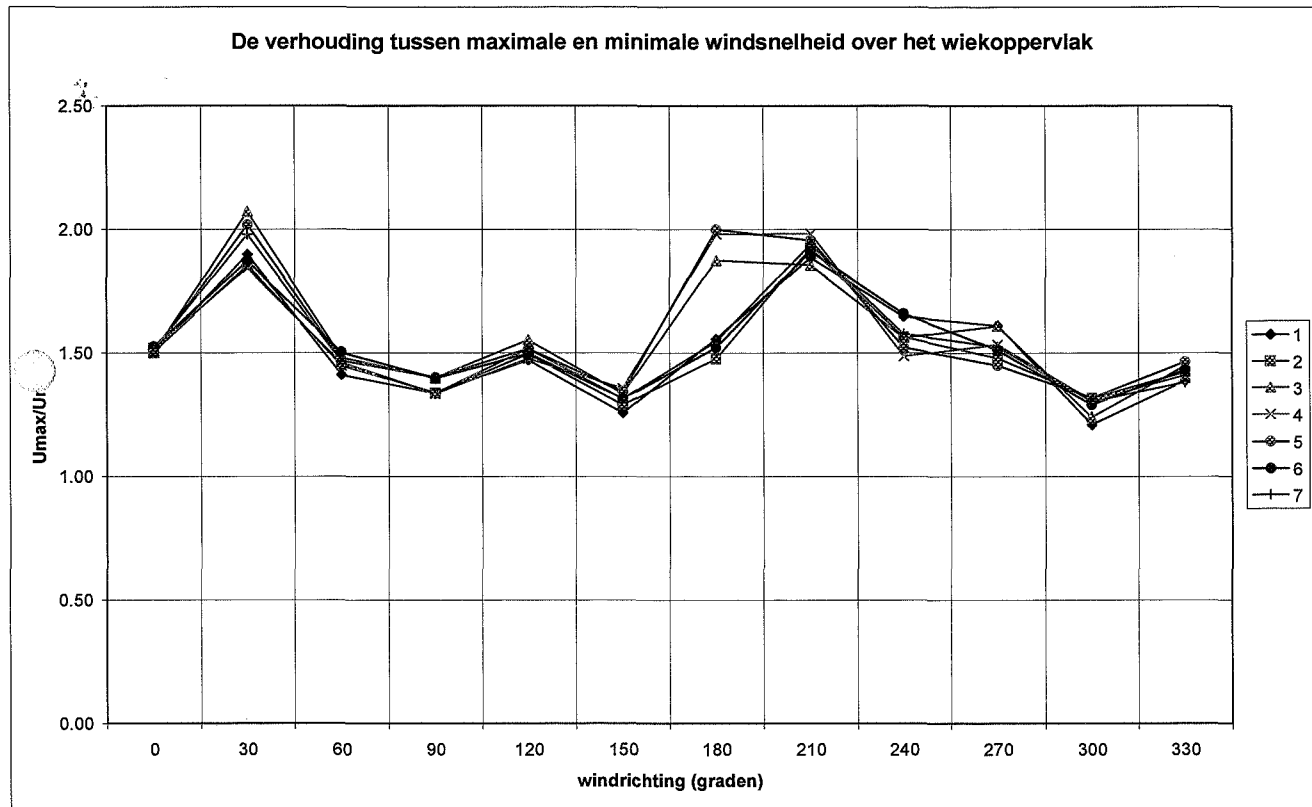
conf.	windrichting (graden)												som	% verschil t.o.v. conf.1
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330		
1	335	461	581	366	291	332	626	1132	1314	798	519	322	7076	-
2	344	472	575	366	296	334	626	1137	1297	790	510	325	7073	0.0
3	339	459	575	365	291	330	602	1125	1325	799	517	323	7050	-0.4
4	339	465	574	367	291	326	608	1121	1299	785	509	322	7008	-1.0
5	341	462	580	365	293	330	601	1115	1286	804	513	321	7012	-0.9
6	346	472	578	367	293	333	633	1138	1287	785	510	323	7065	-0.2
7	342	465	581	368	295	332	628	1136	1308	790	512	325	7082	0.1

De resultaten zoals gegeven in tabel 1 gelden voor de gegeven bebouwingshoogten. Bij lagere bebouwingshoogten zal de molen in principe wat meer wind vangen, waardoor het aantal draaiuren wat omhoog zou moeten gaan. Dat zou dus gunstig zijn voor de molenbiotoop.

4.3 Verhouding maximale/minimale windsnelheid over het wikkoppervlak

De resultaten worden gegeven in bijlage 2. Het verloop van de verhouding maximale/minimale windsnelheid over het wikkoppervlak met de windrichting wordt gegeven in figuur 15. Uit figuur 15 en uit bijlage 3 blijkt dat de verhouding tussen maximale en minimale windsnelheid over het wikkoppervlak bij windrichting 180° aanzienlijk toeneemt bij de configuraties 3 (nieuwbouw Munnikkenheide College), 4 (nieuwbouw Withof en Munnikkenheide College) en 5 (maximale bebouwingshoogte volgens bestemmingsplan). In de huidige situatie treedt de hoogste waarde van deze verhouding op bij de windrichtingen 30° en 210°. Na realisatie van de nieuwbouw zal bij windrichting 180° de maximale verhouding maximale/minimale windsnelheid wat hoger worden dan de maximale waarde

van deze verhouding in de huidige situatie. Bijlage 2 laat zien dat bij alle nieuwbouw configuraties de maximale verhoudingen maximale/minimale windsnelheid over het wiekoppervlak wat groter worden dan in de huidige situatie. Bij configuratie 3 (nieuwbouw Munnikkenheide College), de meest ongunstige configuratie, kan dit oplopen tot 9%.



Figuur 15 De verhouding tussen maximale en minimale windsnelheid over het wiekoppervlak..

4.4 Turbulentie-intensiteiten

De resultaten worden gegeven in bijlage 3. Het verloop van de maximale turbulentie-intensiteiten over het wiekoppervlak met de windrichting wordt gegeven in figuur 16. Uit figuur 16 en uit bijlage 3 blijkt een aanzienlijke toename van de maximale turbulentie-intensiteiten bij windrichting 180° bij de configuraties 3 (nieuwbouw Munnikkenheide College), 4 (nieuwbouw Withof en Munnikkenheide College) en 5 (maximale bebouwingshoogte volgens bestemmingsplan).

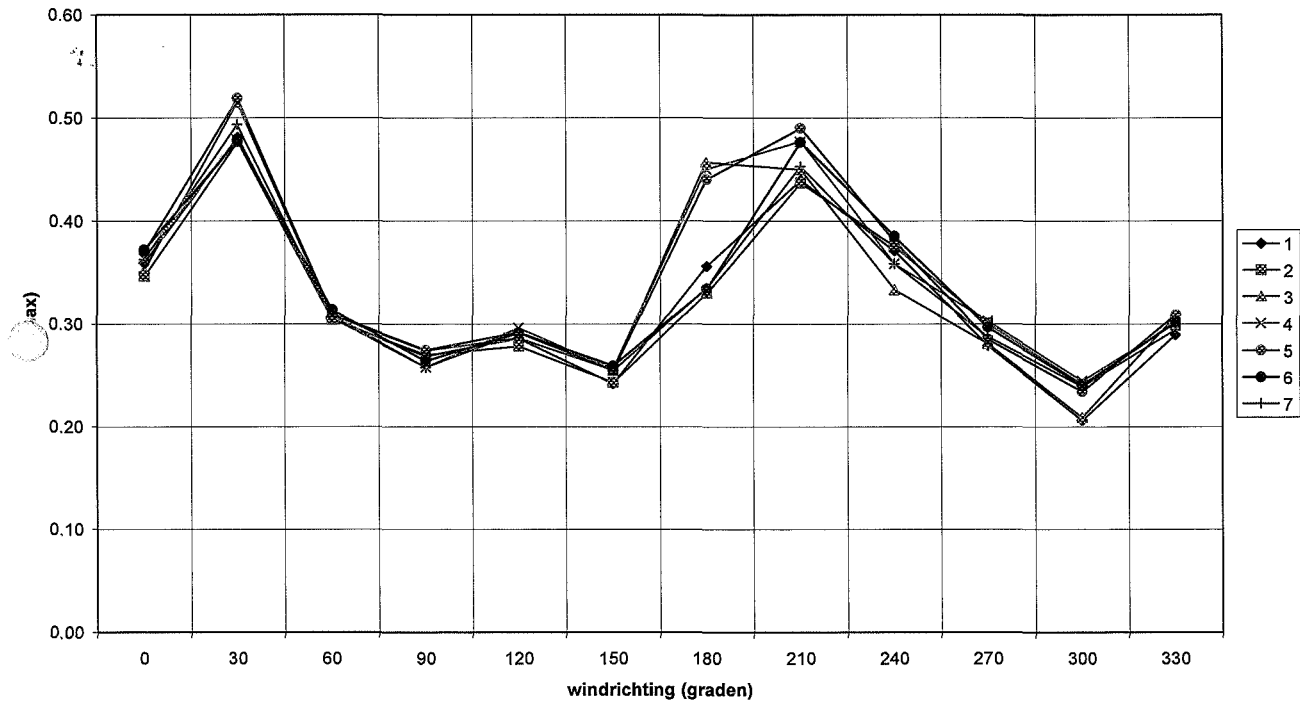
In de huidige situatie treedt de hoogste waarde van deze verhouding op bij de windrichtingen 30° en 210°. Na realisatie van de nieuwbouw zal bij windrichting 180° de maximale verhouding maximale/minimale windsnelheid niet of nauwelijks hoger worden dan de maximale waarde van deze verhouding in de huidige situatie.

Voor een goede inschatting van het effect van de maximale turbulentie-intensiteiten is het echter niet voldoende om alleen te kijken naar de maximale turbulentie-intensiteiten per windrichting. Ook de frequentie van voorkomen van de verschillende windrichtingen moet dan in de beoordeling worden betrokken.

In bijlage 3 en figuur 17 worden daarom turbulentiëfactoren gegeven (paragraaf 3.2); de gewogen invloed van de maximale turbulentie-intensiteit ten opzichte van de huidige situatie.

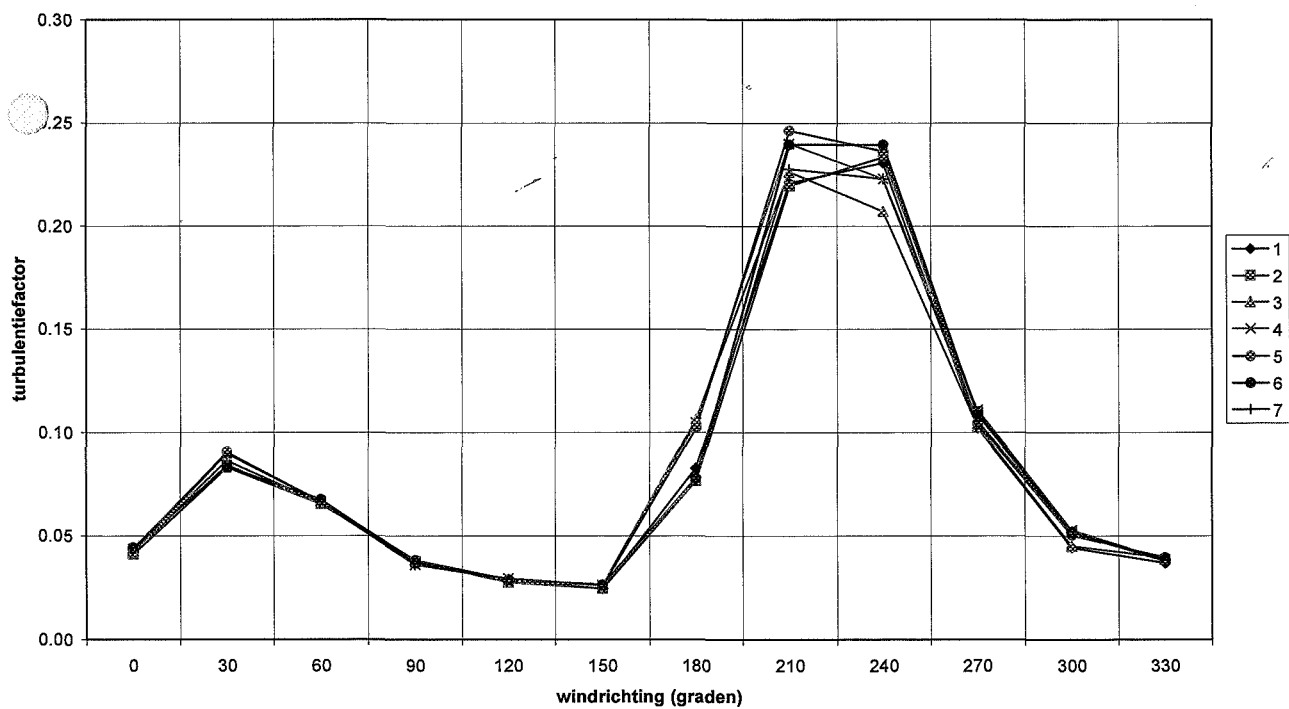
Hieruit blijkt dat de turbulentie-factoren veruit het hoogst zijn in de windsector 210°-240°. Over de windroos laten alle nieuwbouwconfiguraties een toename zien van de gewogen maximale turbulentie-intensiteiten over het wiekoppervlak (bijlage 3). Configuratie 5 (met maximale bouwhoogte bestemmingsplan) is hierbij het ongunstigst.

Maximale turbulentie-intensiteiten over het wiekoppervlak



Figuur 16 Maximale turbulentie-intensiteiten over het wiekoppervlak.

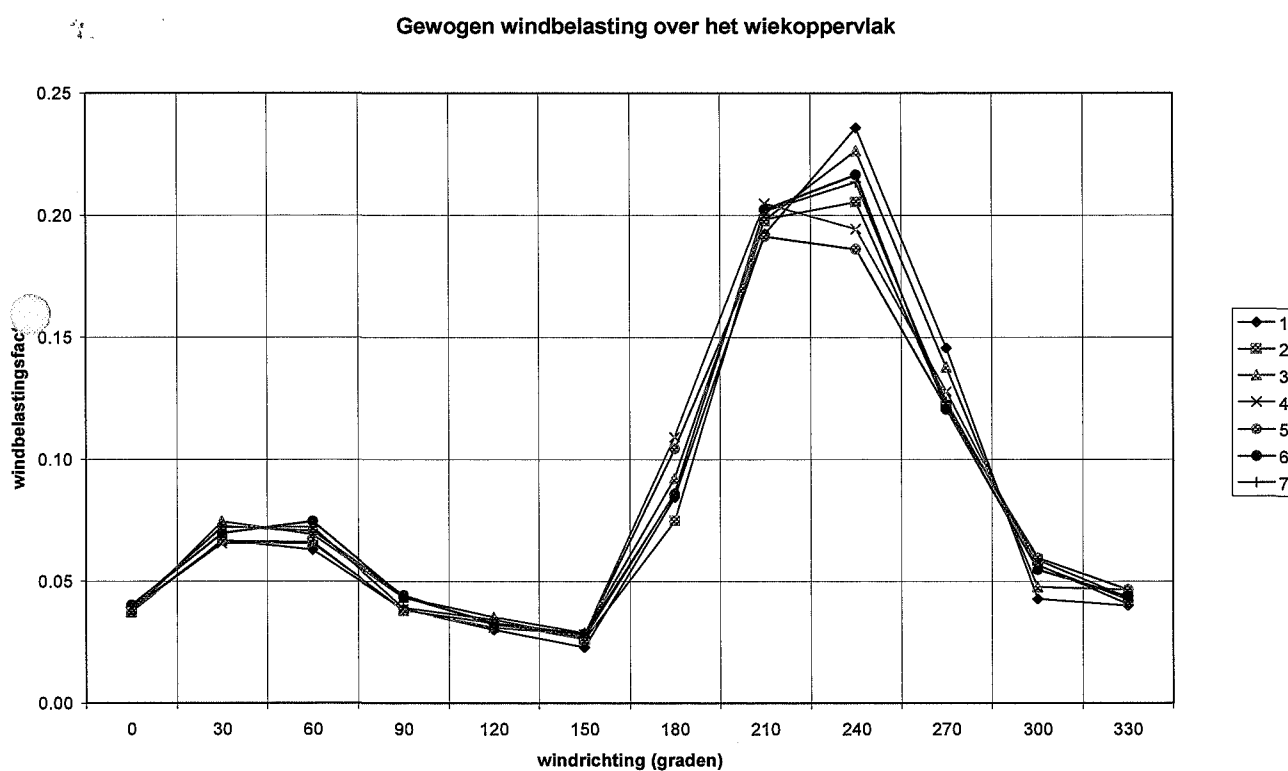
Gewogen maximale turbulentie-intensiteiten over het wiekoppervlak



Figuur 17 Gewogen maximale turbulentie-intensiteiten over het wiekoppervlak.

4.5 Windbelasting

De resultaten worden gegeven in bijlage 4. Het verloop van de gewogen windbelasting over het wiekoppervlak met de windrichting wordt gegeven in figuur 18. Uit figuur 18 en uit bijlage 4 blijkt dat de gewogen windbelasting over het wiekoppervlak veruit het hoogst is in de windsector 210°-240°. De geprojecteerde nieuwbouw geeft bij alle configuraties voor bovengenoemde windsector een verlaging van de gewogen windbelasting.



Figuur 18 Gewogen windbelastingen over het wiekoppervlak.

De over de windroos gesommeerde belastingfactor laat een afname met bijna 3% zien bij configuratie 2 (met nieuwbouw bij Withof) en een toename met 3,5% bij configuratie 3 (met nieuwbouw Munnikkenheide College) ten opzichte van de huidige situatie (bijlage 4). Bij alle andere configuraties zijn de verschillen gering.

5 Conclusies

Het effect van de nieuwe bebouwing op het windveld bij de Bisschopsmolen is beoordeeld door de waarde van een aantal kengetallen met de geprojecteerde bebouwing te vergelijken met de waarde van deze kengetallen in de huidige situatie. De kengetallen zijn: het gemiddelde aantal draaiuren per jaar van de molen, de jaargemiddelde windsnelheden over het wiekoppervlak, maximale windsnelheidsverschillen over het wiekoppervlak, turbulentiefactor en belastingfactor. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de resultaten. Hierin is voor elk kengetal de geprojecteerde situatie vergeleken met de huidige situatie (configuratie 1). Het verschil wordt gegeven in procenten. Een negatief percentage is een verslechtering en een positief percentage is een verbetering ten opzichte van de huidige situatie.

De eerste twee kengetallen (draaiuren en gemiddelde windsnelheid) zijn bepalend voor de beoordeling van het effect van de geprojecteerde bebouwing op het windveld bij de molen. De andere kengetallen zijn tweede of derde effecten. Ze geven inzicht in het effect van de geprojecteerde nieuwbouw op het gedrag van de molen, maar ze zijn niet beslissend voor de beoordeling.

Configuratie	Eerste orde kengetallen		Tweede en derde orde kengetallen		
	Draaiuren	Gemiddelde windsnelheid over het wiekoppervlak	Verhouding maximale/minimale windsnelheid over het wiekoppervlak	Gewogen maximale turbulentie-intensiteiten over het wiekoppervlak	Windbelasting
2	0	-0,6	-1,4	-0,9	+2,9
3	-0,4	-0,3	-9,0	-1,5	-3,5
4	-1,0	-2,1	-4,3	-5,2	0
5	-0,9	-2,1	-6,3	-7,3	+0,5
6	-0,2	-0,8	-0,7	-4,2	-1,3
7	+0,1	+0,1	-4,2	-0,7	-0,4

Uit bovenstaande tabel kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De nieuwbouw bij Klooster het Withof (configuratie 2) en de nieuwbouw op het terrein van het Munnikkenheide College (configuratie 3) blijken apart beschouwd weinig effect te hebben op het windveld en het aantal draaiuren van de molen. In combinatie is het effect wat ongunstiger (configuratie 4). De afname van het aantal draaiuren blijft met 1% reductie echter beperkt. De verschillen tussen de voorgenomen nieuwbouw en de maximale hoogten volgens het bestemmingsplan (configuratie 5) zijn gering.
- Het verlagen van het meest zuidelijke nieuwbouw blok bij Klooster het Withof tot 7 m (configuratie 6) blijkt een gering negatief effect te hebben op het windveld bij de molen ten opzichte van de ontwerp situatie. Als het meest zuidelijke nieuwbouw blok niet gebouwd zou worden (configuratie 7) is er geen meetbaar negatief effect meer van de voorgenomen bebouwing bij Klooster het Withof op het windveld bij de molen.
- Bij de meeste nieuwbouw configuraties laten de tweede en derde orde effecten zien dat de effecten op de molen wat ongunstiger worden ten opzichte van de huidige situatie. Alleen de windbelasting over het wiekoppervlak wordt bij de configuraties 2 (nieuwbouw bij Klooster het Withof) en 5 (maximale hoogten volgens bestemmingsplan) wat gunstiger.

6 Referenties

- [1] Visser, G.Th. (2002).
Windtunnelonderzoek naar het effect van bebouwing op het windveld bij de Bisschopsmolen in Etten-Leur. TNO rapport R 2002/384, juli 2002.
- [2] Vermeulen, P.E.J; Hooftman, P (1980).
Methode ter bepaling van het verband tussen de windsnelheid bij een gebouw en de lokale windsnelheden zoals gemeten bij een maquette in de windtunnel. MT-TNO rapport 80-02760.
- [3] Profielenboek windtunnel.
TNO-MEP.
- [4] Gemeente Etten-Leur (2002).
Brief Gemeente Etten-Leur d.d. 19-9-2002 (kenmerk RO).

7 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

Woonstichting Etten-Leur
t.a.v de heer M. Kortsmit
Postbus 140
4870 AC Etten-Leur

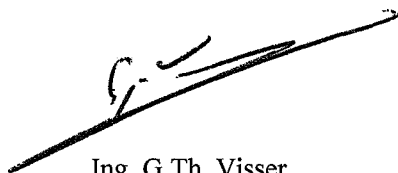
Namen en functies van de projectmedewerkers:

G.Th. Visser - projectleider
F.C. Balster - meetassistent

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:
n.v.t.

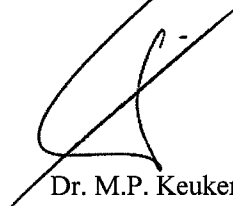
Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:
maart 2008

Ondertekening:



Ing. G.Th. Visser
onderzoeksleider

Goedgekeurd door:



Dr. M.P. Keuken
team manager

1 Gemiddelde windsnelheden

Gemiddelde windsnelheden over het wiekoppervlak (m/s)

conf.	WINDRICHTING B (GRADEN)												Ugem
	(Noord = 0 ; Oost = 90 ; Zuid = 180 ; West = 270)												
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
1	2.07	2.06	3.12	3.74	2.60	2.86	3.51	3.68	3.97	3.46	3.62	3.15	3.41
2	2.13	2.12	3.04	3.74	2.66	2.89	3.51	3.73	3.86	3.41	3.48	3.23	3.38
3	2.10	2.06	3.04	3.69	2.60	2.83	3.24	3.68	4.07	3.46	3.57	3.19	3.40
4	2.10	2.09	3.04	3.78	2.60	2.77	3.31	3.64	3.86	3.36	3.48	3.15	3.33
5	2.13	2.09	3.12	3.74	2.63	2.83	3.24	3.59	3.76	3.55	3.53	3.15	3.33
6	2.16	2.12	3.08	3.78	2.63	2.89	3.63	3.78	3.76	3.36	3.48	3.19	3.38
7	2.13	2.09	3.12	3.82	2.66	2.86	3.55	3.73	3.92	3.41	3.53	3.23	3.41

Procentuele verandering ten opzichte van configuratie 1

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Ugem
2	2.8	2.9	-2.4	0.0	2.4	1.0	0.0	1.3	-2.6	-1.3	-3.6	2.5	-0.6
3	1.4	0.0	-2.4	-1.1	0.0	-1.0	-7.9	0.0	2.6	0.0	-1.2	1.3	-0.3
4	1.4	1.5	-2.4	1.1	0.0	-3.1	-5.6	-1.3	-2.6	-2.6	-3.6	0.0	-2.1
5	2.8	1.5	0.0	0.0	1.2	-1.0	-7.9	-2.6	-5.2	2.6	-2.4	0.0	-2.1
6	4.2	2.9	-1.2	1.1	1.2	1.0	3.4	2.6	-5.2	-2.6	-3.6	1.3	-0.8
7	2.8	1.5	0.0	2.2	2.4	0.0	1.1	1.3	-1.3	-1.3	-2.4	2.5	0.1

2 Verhouding maximale/minimale windsnelheid over het wiekoppervlak

Verhouding Umax/Umin over het wiekoppervlak

WR	1	2	3	4	5	6	7
0	1.50	1.50	1.50	1.52	1.51	1.52	1.51
30	1.90	1.85	2.07	1.84	2.02	1.87	1.98
60	1.41	1.45	1.48	1.45	1.47	1.50	1.46
90	1.34	1.34	1.40	1.33	1.40	1.40	1.33
120	1.47	1.49	1.55	1.47	1.52	1.50	1.51
150	1.26	1.29	1.33	1.35	1.34	1.31	1.31
180	1.56	1.48	1.87	1.98	2.00	1.52	1.54
210	1.88	1.92	1.85	1.98	1.95	1.91	1.94
240	1.65	1.56	1.56	1.48	1.52	1.66	1.57
270	1.61	1.48	1.60	1.53	1.45	1.51	1.52
300	1.21	1.31	1.24	1.31	1.32	1.29	1.30
330	1.39	1.42	1.44	1.40	1.46	1.43	1.38
max	1.90	1.92	2.07	1.98	2.02	1.91	1.98
verschil tov conf.1 (%)		-1.4	-9.0	-4.3	-6.3	-0.7	-4.2

3 Turbulentie-intensiteiten

Maximale turbulentie intensiteit over het wiekoppervlak bij de metingen

WR	1	2	3	4	5	6	7
0	0.36	0.35	0.35	0.36	0.37	0.37	0.36
30	0.48	0.48	0.51	0.48	0.52	0.48	0.49
60	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
90	0.27	0.27	0.27	0.26	0.27	0.26	0.26
120	0.29	0.28	0.29	0.30	0.29	0.29	0.29
150	0.24	0.24	0.25	0.26	0.25	0.26	0.25
180	0.36	0.33	0.46	0.45	0.44	0.33	0.33
210	0.44	0.44	0.45	0.48	0.49	0.48	0.45
240	0.37	0.38	0.33	0.36	0.38	0.38	0.36
270	0.28	0.30	0.28	0.30	0.28	0.30	0.29
300	0.21	0.24	0.21	0.24	0.23	0.24	0.24
330	0.29	0.30	0.31	0.30	0.31	0.30	0.29
max	0.48	0.48	0.51	0.48	0.52	0.48	0.49

Gewogen maximale turbulentie-intensiteiten over het wiekoppervlak

WR	1	2	3	4	5	6	7
0	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
30	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09
60	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
90	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
120	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
150	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
180	0.08	0.08	0.11	0.10	0.10	0.08	0.08
210	0.22	0.22	0.23	0.24	0.25	0.24	0.23
240	0.23	0.23	0.21	0.22	0.24	0.24	0.22
270	0.10	0.11	0.10	0.11	0.10	0.11	0.10
300	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
330	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
som	1.00	1.01	1.02	1.05	1.07	1.04	1.01
verschil tov conf.1 (%)		-0.9	-1.5	-5.2	-7.3	-4.2	-0.7

4 Windbelasting

Gewogen windbelasting over het wiekoppervlak

WR	Configuratie						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
30	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
60	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
90	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
120	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
150	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
180	0.08	0.07	0.09	0.11	0.10	0.09	0.09
210	0.19	0.20	0.20	0.20	0.19	0.20	0.20
240	0.24	0.21	0.23	0.19	0.19	0.22	0.21
270	0.15	0.12	0.14	0.13	0.12	0.12	0.12
300	0.04	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06
330	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04
som	1.00	0.97	1.03	1.00	1.00	1.01	1.00
verschil tov conf.1 (%)		2.9	-3.5	0.0	0.5	-1.3	-0.4