



# DE 'ZESKANTE' MOLEN

## Windonderzoek | WAARDENBURG

**Rapportnummer: 520015**

**Datum: 14 april 2020**

**Opdrachtgever:**

Waterschap Rivierenland

**Datum rapportage:**

14 april 2020

**Status:**

Concept

**Bijlagen:**

1. 520015\_Rekensheet\_Biotoop\_WAARDENBURG\_Zeskante | EAG Monuments
2. 520015-1\_Kaart\_WDB | EAG Monuments
3. 520015-1 Dwarsprofielen\_WDB; DPG\_ALM\_TG171-TG205\_KRUIJN\_01 | Waterschap Rivierenland

## Inhoud

Bronnen .....	2
1. INLEIDING .....	3
1A. Aanleiding voor het onderzoek.....	3
1B. Aanpak.....	4
2. SAMENVATTING .....	6
3. BEGRIPPEN .....	7
4. WINDVANG WAARDENBURG .....	9
5. HET WINDONDERZOEK .....	11
5.1 Huidige situatie .....	12
5.2 Toekomstige situatie .....	16
6. MOLENBIOTOOP .....	18
6.1 Ruimtelijke verordeningen Gelderland .....	18
6.2 Biotoopformule .....	20
6.3 Maximale bouwhoogtes rond de molen (volgens biotoopformule) .....	20
7. CONCLUSIES & AANBEVELINGEN .....	21
7.1 Conclusies verhoging Waalbandijk .....	21
7.2 Aanbevelingen.....	21

Voor de opstelling van dit rapport is gebruik gemaakt van de volgende bronnen:

## Bronvermelding

J. P. Bitog, I.-B. L.-S.-H.-W.-H. (2011). *Forest Science and Technology*. Opgehaald van Taylor & Francis Online: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21580103.2011.559939>

Oemraw, B. (1984). *T.R. 52; Beschuttingscorrectie wind*. De Bilt: KNMI.

Pennsylvania State University. (2017, September 8). *Windbreaks and Shade Trees*. Opgehaald van PennState Extension: <https://extension.psu.edu/windbreaks-and-shade-trees>

*Praktijk normen*. (sd). Opgehaald van Molenbiotoop: <http://onderzoek.molenbiotoop.nl/praktijknormen.html>

*Wind gegevens*. (2000-2019). Opgehaald van KNMI: <https://projects.knmi.nl/klimatologie/uurgegevens/>

## 1. INLEIDING

### 1A. Aanleiding voor het onderzoek

*Dit rapport en de gegevens in het rekenmodel zijn gebaseerd op winddata van het KNMI en de dwarsprofielen/gegevens geleverd door het Waterschap Rivierenland.*

Het Waterschap Rivierenland is voornemens om de Waalbandijk te versterken. In combinatie met de geplande dijkversterking wordt de Waalbandijk, ter plaatse van gebied van toepassing in dit onderzoek, met 0,47 meter verhoogd, dit is de aanleghoogte. Als gevolg van zettingen zal de werkelijke verhoging 0,27 meter bedragen.

De Waalbandijk loopt parallel met de Waal en doorkruist het Gelderse dorp Waardenburg. In Waardenburg staat één van de acht 'zeskante' molens van Nederland. Deze naamloze zeskante molen staat ca. 22 meter ten noorden van de dijk.

Het verhogen van objecten (gebouwen, groeiende bomen, dijken, etc...) binnen een straal van 400 meter van een windmolen kan nadelige gevolgen hebben voor de windvang van een molen. Om de effecten op de windvang van de dijkverhoging op de molen te bepalen is dit windonderzoek uitgevoerd door EAG Monuments.



*Afbeelding 1: Luchtfoto van het gebied rondom de molen van Waardenburg. De luchtfoto is zuiver noord georiënteerd. De gele cirkel geeft de straal van 400 meter rondom de molen aan; de groene cirkel een straal van 100 meter. De rode, radiale lijnen verdelen het rekengebied (paarse vlak) in 11 sectoren van 15°. Het rekengebied wordt bepaald door de uiterste raakvlakken van de Waalbandijk binnen een straal van 400 meter. De transparante, witte vlakken duiden obstakels aan binnen het rekengebied. (Bron: Google Earth).*





Afbeelding 2: Het rekengebied. De uiterste raaklijnen van de Waalbandijk binnen een straal van 400 meter van de molen zijn  $80^\circ$  en  $245^\circ$ . Ten behoeve van de het onderzoek is het rekengebied gesplitst in 11 sectoren van  $15^\circ$ . Op basis van metadata van het KNMI kan het windregime van het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation berekend worden per sector. Sector 1 is de hoek tussen  $80$  en  $95^\circ$ , de nummering van de sectoren telt op met de klok mee. De dunne blauwe streep is de Waalbandijk. (Bron: Google Earth).

## 1B. Aanpak

Het behoud van de windvang heeft bij een oude molen een directe relatie met het behoud van cultuurhistorische waarde. Een molen is een machine en deze moet in werking blijven om te kunnen voortbestaan.

Op basis van bestaande documentatie, windgegevens, tekeningen en berekeningen, kan hiervan een redelijk beeld verkregen worden. In dit rapport wordt ingegaan op de huidige situatie en de situatie na realisatie van de dijkverhoging. De situatie na realisatie van de verhoging wordt berekend in één scenario. Tevens worden de bomen meegerekend in het huidige en toekomstige scenario om een accuraat beeld te krijgen van de werkelijke windvang van de molen.

In dit rapport wordt de windvang van de zeskante molen van Waardenburg in de werkelijke situatie en de situatie na realisatie van de dijkverhoging onderzocht. Allereerst wordt gekeken hoeveel dagen per jaar de molen in de ideale situatie kan malen. Hierna wordt de huidige situatie en de toekomstige situatie na realisatie van de dijkverhoging berekend.

Aangezien het bij dit onderzoek om een zeer specifiek object (de zeskante molen van Waardenburg) in een zeer beperkt oppervlak gaat, zijn de windgegevens van het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (Herwijnen; N

51.859 O 5.146; alt. 0,7 meter) gebruikt voor dit onderzoek. De verkregen resultaten hebben een indicatief karakter.

Omdat in dit geval drie situaties met elkaar vergeleken worden, zijn de verschillen belangrijker dan de absolute waarden. Het uitrekenen van de windreductie volstaat hierbij.

Omdat het plangebied niet de gehele windroos bestrijkt (80°-245°; 46% van de windroos) wordt er uitsluitend naar de windhoeken gekeken tussen 80° en 245°.

## 2. SAMENVATTING

Er zijn drie situaties doorgerekend:

1. De ideale situatie. Dit is de situatie waarin de molen een vrije windvang heeft, dat wil zeggen, geen objecten binnen een straal van 400 meter. *Rekengebied: 80° t/m 245.*
2. De tweede situatie is de huidige situatie. Hierbij zijn de werkelijke hoogtes van de Waalbandijk, de omliggende gebouwen (beperkt tot het museumgebouw in sector 11) en bomen gebruikt in het model. *Rekengebied: 80° t/m 245.*
3. De derde situatie is de toekomstige situatie. In dit geval een verhoging van 0,47 meter van de Waalbandijk. De toekomstige situatie wordt vergeleken met situaties 1 en 2. *Rekengebied: 80° t/m 245.*

Situatie	Aantal maaldagen windhoek 80° t/m 245°	Reductie maaldagen t.o.v. ideale situatie	Reductie maaldagen t.o.v. huidige situatie
1. Ideale situatie	89	n.v.t.	n.v.t.
2. Huidige situatie	85*	4,1%	n.v.t.
3. Toekomstige situatie	81*	8,6%	<b>4,7%</b>

\*De reductie in het aantal maaldagen wordt berekend op basis van de windreductie ter hoogte van de askop.

Uit het onderzoek blijkt dat in de huidige, werkelijke situatie (2) het aantal dagen dat de molen van Waardenburg kan malen is gereduceerd tot 95,9% ten opzichte van de ideale situatie. In de toekomstige situatie waarin de dijkverhoging is gerealiseerd is de wind gereduceerd tot 91,4% ten opzichte van de ideale situatie.

Ten opzichte van de huidige situatie wordt het aantal maaldagen met 4,7% gereduceerd als de Waalbandijk met 0,47 meter wordt verhoogd. In maaldagen is dit een reductie van 4 dagen ten opzichte van de huidige situatie. Als gevolg van grondzettingen zal de werkelijke verhoging na verloop van zekere tijd 0,27 meter zijn. De reductie is dan tussen de 3 en 4 maaldagen. De reductie is berekend op basis van de grootste verhoging en zal metertijd afnemen.

De windreductie op de molen wordt uitgerekend voor het onderste end, de askop en het bovenste end. Het onderste end is de wiek die op dat moment in omwenteling verticaal naar beneden staat, het bovenste end verticaal naar boven. De windreductie op het gevluht van de molen van Waardenburg als gevolg van de dijkverhoging wordt weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 2:

Reductie wind door dijkverhoging t.o.v. huidige situatie		
Askop	Onderste end	Bovenste end
4%	8%	0%

Als de Waalbandijk met 0,47 meter wordt verhoogd wordt de wind op het onderste end met 8% gereduceerd. De reductie op de askop is 4% en het bovenste end 0%.

### 3. BEGRIPPEN

#### Molenbiotop

Onder het begrip “Molenbiotop” wordt meer verstaan dan alleen windvang. Het zijn alle omgevingsaspecten die van invloed zijn op het functioneren van een molen. Hieronder vallen niet alleen factoren die van directe invloed zijn voor de molen als maalwerktuig, zoals de bereikbaarheid voor graan- en meeltransport, de windvang en het vrije zicht op de lucht om weersveranderingen aan te zien komen. Ook het functioneren van de molen als cultureel erfgoed, zoals de gaafheid van de historische setting, de toegankelijkheid voor bezoekers en de landschappelijke waarde maakt hier onderdeel van uit.

In dit rapport wordt uitsluitend ingegaan op de windvang.

In de omgevingsverordening hanteert de provincie Gelderland de ruime definitie. Zij toetst echter alleen op de toevoer van wind en bij poldermolens en watermolens de beschikbaarheid van water.

#### Richtlijn Vereniging De Hollandsche Molen

De Hollandsche Molen houdt in haar biotooprichtlijn voor gesloten gebied als een dorpsomgeving een obstakelvrije cirkel met een straal van honderd meter rond de molen, en daarbuiten een helling met een hoek van 1 op 50 aan. Daarboven dienen obstakels te worden vermeden.

#### Omgevingsverordening provincie Gelderland

In haar omgevingsverordening hanteert de provincie voor het begrip “Molenbiotop” de volgende definitie:

De molenbiotop is de omgeving van een molen of molenrestant, voor zover die omgeving van belang is voor het (toekomstig) functioneren daarvan als maalwerktuig, voor de monumentale waarde van de molen of het molenrestant of voor beide. De toetsing geschiedt op harde gronden als de toevoer van wind en watermolens en poldermolens de beschikbaarheid van water.

In haar omgevingsverordening houdt de provincie Gelderland ook een obstakelvrije cirkel met een straal van 100 meter aan. Daarbuiten houdt de provincie eveneens een helling aan. De hellingshoek hiervan kan bepaald worden aan de hand van een formule waarin de factoren als askophoogte windreductiecoëfficiënt en ruwheidsfactor van de omgeving een rol spelen.

#### Windvang

Bij de windvang van een molen zijn twee zaken van belang: de windsnelheid en de turbulentieintensiteit.

De windsnelheid heeft een directe relatie met de hoeveelheid energie die een molen opwekt. Het verschil in snelheid voor en achter het wiekenkruis in het kwadraat maal de massa van de lucht en een rendementsfactor geeft immers het vermogen dat een molen produceert. Een oude molen met een Oud-Hollands wiekenkruis, zoals de molen van Waardenburg begint bij een windsnelheid van 5 m/s te functioneren.



Turbulentie wordt gevormd door draaiingen in de wind die het gevolg zijn van onderdruk achter obstakels. Het vermogen van een molen zal hierdoor niet noemenswaardig afnemen. Wel is het zo dat de molen onregelmatiger gaat draaien. Bij het draaien op bedrijfssnelheid kan de molen door een windvlaag tijdelijk te hard gaan draaien. Ook kan de snelheid inzakken door een zgn. zaam in de wind. Ook kan turbulentie stootbelasting op de wieken en de constructie van de molen veroorzaken.

## 4. WINDVANG WAARDENBURG

Als basis voor de berekeningen zijn de wind-technische gegevens van het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (Herwijnen) gebruikt. Aan de hand van de metadata zijn de gemiddelde windsnelheden per dag over een periode van 20 jaar (1-1-2000 t/m 31-12-2019) gecalculleerd. Ten behoeve van dit onderzoek wordt de tijd tussen 08.00 en 19.00 aangehouden als periode waarin de molenaar(s) met de molen zullen draaien. Enkel de windsnelheden tussen de uren van 08.00 en 19.00 worden gebruikt voor het berekenen van een windregime omdat het afkoelen van de lucht in de avonduren de windsnelheid/richting kan veranderen – dit zou een vertekend beeld geven als deze snelheden worden meegerekend om het windregime voor een molen te berekenen.

Het KNMI-weerstation meet de windsnelheid op een hoogte van 10 meter boven maaiveld. De hoogte van de askop van de molen van Waardenburg is 11,88 meter boven maaiveld. Windsnelheden in de oppervlakte laag (de onderste 1/5 van de planetaire grenslaag) verschillen aanzienlijk op verschillende hoogtes. De windsnelheid op 10 meter hoogte is het dubbele van de windsnelheid op 3,3 meter hoogte.

Omdat de askop 1,88 meter hoger is dan de meethoogte is er gebruik gemaakt van het logaritmische windprofiel om de juiste de windsnelheid te berekenen. Hiervoor zijn bovenstaande hoogtes en de volgende variabelen gebruikt:

$D = 2,66$  (hoogte windstil)

$Z_0 = 1$  (ruwheidslengte, regelmatig obstakeldekking)

Tevens is er gekeken naar de overheersende windrichting per dag. Hieruit wordt er een accuraat beeld verkregen van de gemiddelde windsnelheid en windrichting per dag over een periode van een jaar. In dit geval worden de windrichtingen uitgedrukt in 11 sectoren van  $15^\circ$ :

$$\text{Rekengebied} = 80^\circ \text{ t/m } 245^\circ = 165^\circ$$

$$165^\circ = (11 * 15^\circ)$$

Vervolgens wordt het aantal 'maaldagen' berekend. Een dag is een maaldag indien de gemiddelde windsnelheid tussen 08.00 en 19.00 hoger is dan, of gelijk is aan  $5,0 \text{ m/s}$  ( $>3,0$  op de schaal van Beaufort). De maaldagen worden vervolgens per windsector gecategoriseerd.

Op basis van deze gegevens wordt het totaal aantal maaldagen, per windsector, in de ideale situatie berekend. De resultaten worden in tabel 3 weergegeven.

Tabel 3:

Wind V > Vmin in het rekengebied					
Sector		Maaldagen	%	Gemiddeld/jaar	%
80-95°	1	118	7%	6	7%
95-110°	2	32	2%	2	2%
110-125°	3	82	5%	4	5%
125-140°	4	16	1%	1	1%
140-155°	5	43	2%	2	2%
155-170°	6	63	4%	3	4%
170-185°	7	139	8%	7	8%
185-200°	8	135	8%	7	8%
200-215°	9	465	26%	23	26%
215-230°	10	202	11%	10	11%
230-245°	11	481	27%	24	27%
<b>Totalen</b>		<b>1776</b>	<b>100%</b>	<b>89</b>	<b>100%</b>

Uit de bovenstaande tabel kunnen de volgende relevante conclusies worden getrokken:

- De molen kan in de ideale situatie gemiddeld 89 dagen per jaar malen met wind uit de windhoek 80°-245°, ofwel 24% van het jaar. In het rekenmodel is tevens berekend dat 51% van de wind (dus ook met windsnelheden onder de minimale windsnelheid) uit de windhoek 80°-245° komt. Deze windhoek telt voor 46% van de windroos (360°) en heeft dus een disproportionele hoeveelheid wind. Dit is immers te verwachten aangezien de meest voorkomende windrichting in Nederland het zuidwesten is. Dit is terug te zien in tabel 3 waarin sectoren 9, 10 en 11 een disproportionele hoeveelheid van de maaldagen tellen<sup>1</sup>.
- De meest voorkomende windrichting met windsnelheden boven 5 m/s is sector 11 met 27% van het totaal.
- Slechts 1% van de maaldagen zijn van wind uit sector 4.

<sup>1</sup> Hoewel sector 11 gemiddeld de meeste dagen telt met wind boven de 5 m/s is sector 9 de meest voorkomende windrichting in het rekengebied. Dit tabel is terug te vinden in de bijlage.

## 5. HET WINDONDERZOEK

Om inzicht te krijgen op de invloed die een obstakel uitoefent in de lijwaartse richting, worden de afstanden van dit obstakel tot het te beschouwen object en de hoogte van het te beschouwen object uitgedrukt in obstakelhoogten. De hoogte van het obstakel wordt hierbij op 1 gesteld. De molenhoogte wordt hierbij aangeduid met de askophoogte. De askophoogte is gerekend als de helft van het wiekenkruis plus de vrije ruimte tussen onderste tip van de wiek plus de stellinghoogte en een eventueel verschil in hoogte tussen het beschouwde terrein en het molenerf. De onderlinge afstand van obstakel en molen wordt ook uitgedrukt in obstakelhoogten.

In het rekenmodel wordt rekening gehouden met de hoek in de windroos die de objecten bestrijken. Dit wordt uitgedrukt in graden. De uiterste punten van het object bepalen het begin en eindgraad van het object gezien vanuit het hart van de molen. Vervolgens wordt er gekeken naar voor- en achterliggende (vanuit de molen gezien) objecten. Op basis hiervan wordt bepaald of het object een directe belemmering veroorzaakt.

In dit onderzoek zijn de volgende hoogtes (in meters) aangehouden:

- Bovenzijde Waalbandijk: +10,00
- Hoogte van het maaiveld van de molen: +7,67
- Onderste tip van de verticale wiek: +8,15
- Askophoogte: +19,55
- Bovenste roetop: +30,95

In dit onderzoek wordt er uitsluitend gekeken naar windhoek:

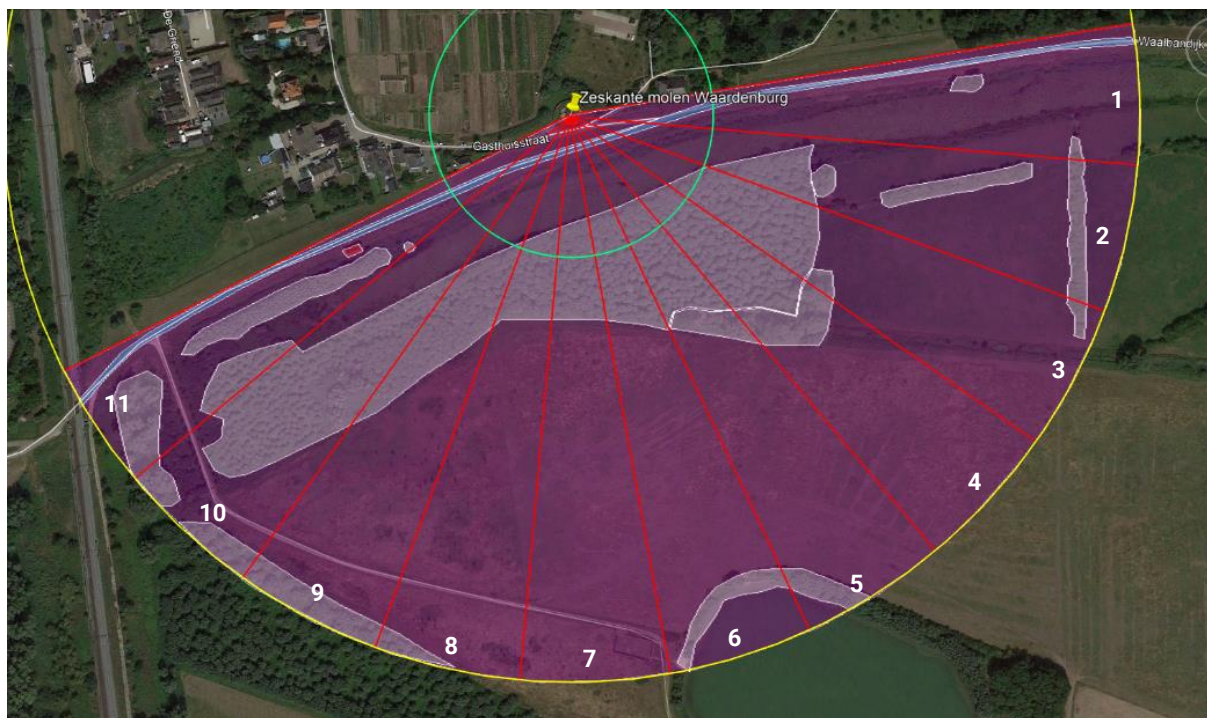
- Tussen 80° en 245° met de molen als hartpunt.

De resultaten van het onderzoek zijn aangegeven in de bijlage.

De gekozen methode is te onnauwkeurig om windreductie tot achter de komma uit te kunnen rekenen. De vermelde getallen zijn zuiver indicatief en uitsluitend bedoeld om de ene situatie met de andere te kunnen vergelijken.



## 5.1 Huidige situatie



Afbeelding 3: Het rekengebied. De Waalbandijk is de lichtblauwe streep van links naar rechts, direct onder molen. De radiale lijnen verdelen het rekengebied in 11 sectoren van 15°. Het rekengebied is bepaald door de uiterste raakvlakken van de Waalbandijk binnen een straal van 400 meter gezien vanuit het hartpunt van de molen.

In deze situatie is de werkelijk hoogte van de Waalbandijk, de hoogtes van de bomen en het museumgebouw gebruikt om het aantal maaldagen in de huidige situatie te berekenen.

### Waalbandijk:

De Waalbandijk bestrijkt 100% van het rekengebied. In de huidige situatie is de windreductie veroorzaakt in de huidige situatie als volgt:

- De gemiddelde windreductie op het onderste end is 35%. De hoogste reducties zijn in sectoren 6 & 7 met 59%.
- De gemiddelde windreductie op de askop is 0%.
- De gemiddelde windreductie op het bovenste end is 0%.

De reductie per sector wordt weergegeven op pagina 14.

Bomen:

In sectoren 1, 2, 3, 4, 5, 10 en 11 staan bomen die de windvang van de molen belemmeren. Deze worden verdeeld in boomgroepen. De belemmering is de gemiddelde reductie.

- Boomgroep H1; Hoge bomen; Sectoren 10 en 11.
  - Belemmering onderste end: 23%
  - Belemmering askop: 5%
  - Belemmering bovenste end: 4%
- Boomgroep H2; Hoge bomen; Sectoren 3, 4, en 5
  - Belemmering onderste end: 57%
  - Belemmering askop: 17%
  - Belemmering bovenste end: 8%
- Boomgroep M1: Middelgrote bomen; Sector 2
  - Belemmering onderste end: 13%
  - Belemmering askop: 7%
  - Belemmering bovenste end: 3%
- Boomgroep M2: Middelgrote bomen; Sector 1
  - Belemmering onderste end: 8%
  - Belemmering askop: 3%
  - Belemmering bovenste end: 2%

Museumgebouw:

Het museumgebouw staat in sector 11 en veroorzaakt de volgende belemmering:

- De windreductie op het onderste end is 4%.
- De windreductie op de askop is 1%.
- De windreductie op het bovenste end is 0%.

Resultaten:

De gecombineerde reductie van alle objecten op het gevlucht per sector:

Tabel 4:

Sector		Reductie askop	Reductie onderste end	Reductie bovenste end
80-95°	1	3%	8%	2%
95-110°	2	7%	41%	3%
110-125°	3	11%	84%	5%
125-140°	4	18%	99%	9%
140-155°	5	22%	100%	11%
155-170°	6	0%	59%	0%
170-185°	7	0%	59%	0%
185-200°	8	0%	56%	0%
200-215°	9	0%	44%	0%
215-230°	10	3%	46%	3%
230-245°	11	8%	34%	5%

In tabel 5 de reductie in maaldagen in de huidige situatie ten opzichte van de ideale situatie.

Tabel 5:

Sector		Ideaal	Huidig	Reductie
80-95°	1	6	6	3%
95-110°	2	2	1	7%
110-125°	3	4	4	11%
125-140°	4	1	1	18%
140-155°	5	2	2	22%
155-170°	6	3	3	0%
170-185°	7	7	7	0%
185-200°	8	7	7	0%
200-215°	9	23	23	0%
215-230°	10	10	10	3%
230-245°	11	24	22	8%
<b>MAALDAGEN</b>		<b>89</b>	<b>85</b>	<b>4,1%</b>

In de huidige situatie wordt het aantal maaldagen gereduceerd tot 85 per jaar uit de windhoek 80-245°. Dit is een reductie van 4,1%. Deze reductie is vrijwel uitsluitend veroorzaakt door de hoge bomen in sectoren 1 t/m 5, 10 en 11.

De reductie veroorzaakt door de Waalbandijk per sector:

Tabel 6:

Sector		Reductie askop	Reductie onderste end	Reductie bovenste end
80-95°	1	0%	0%	0%
95-110°	2	0%	28%	0%
110-125°	3	0%	44%	0%
125-140°	4	0%	39%	0%
140-155°	5	0%	30%	0%
155-170°	6	0%	59%	0%
170-185°	7	0%	59%	0%
185-200°	8	0%	56%	0%
200-215°	9	0%	44%	0%
215-230°	10	0%	30%	0%
230-245°	11	0%	0%	0%

Omdat de reductie in maaldagen wordt berekend op basis van de windreductie op de askop kan op basis van de data in tabel 6 worden geconcludeerd dat de Waalbandijk in de huidige situatie geen reductie in maaldagen veroorzaakt ten opzichte van de ideale situatie.

De Waalbandijk veroorzaakt in de huidige situatie wel veel turbulentie in de wind en belemmering voor het onderste end van de molen. Dit is te zien aan de sterke windreductie op het onderste end, met name in sectoren 3 t/m 9. Dit is als gevolg van een lagedrukgebied direct achter de dijk. Hierdoor zal de molen onregelmatiger gaan draaien.



## 5.2 Toekomstige situatie

Het voorlopig ontwerp van het waterschap voorziet het verhogen van de Waalbandijk met 0,47 meter ten opzichte van de bestaande situatie.

De situatie waarin de Waalbandijk binnen een straal van 400 meter van de molen wordt verhoogd met 0,47 meter is doorgerekend in het model. De resultaten worden weergegeven in tabel 7.

Tabel 7:

Sector		Ideaal	Huidig		Met dijkverhoging		
		Ideaal	Huidig	Reductie	Dijk + 0,47 m	Reductie t.o.v. ideaal	Reductie t.o.v. huidig
80-95°	<b>1</b>	6	6	3%	6	3%	0%
95-110°	<b>2</b>	2	1	7%	1	11%	5%
110-125°	<b>3</b>	4	4	11%	3	17%	7%
125-140°	<b>4</b>	1	1	18%	1	22%	4%
140-155°	<b>5</b>	2	2	22%	2	25%	3%
155-170°	<b>6</b>	3	3	0%	3	5%	5%
170-185°	<b>7</b>	7	7	0%	7	5%	5%
185-200°	<b>8</b>	7	7	0%	6	5%	5%
200-215°	<b>9</b>	23	23	0%	22	6%	6%
215-230°	<b>10</b>	10	10	3%	9	8%	5%
230-245°	<b>11</b>	24	22	8%	21	12%	4%
<b>MAALDAGEN</b>		<b>89</b>	<b>85</b>	<b>4,1%</b>	<b>81</b>	<b>8,6%</b>	<b>4,7%</b>

In tabel 7 worden de resultaten van het doorgerekende scenario vergeleken met de ideale situatie en de huidige situatie. Uit de tabel kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Als de Waalbandijk met 0,47 meter wordt verhoogd zal het aantal maaldagen met wind uit 80°-245° afnemen van 85 naar 81 dagen per jaar. Dit is een reductie van 4,7% ten opzichte van de huidige situatie.
- Ten opzichte van de ideale situatie is de reductie van het aantal maaldagen 8,6%. In de huidige situatie is deze reductie slechts 4,1%.

De windreductie op het gevlucht als gevolg van de dijkverhoging ten opzichte van de huidige situatie wordt weergegeven in tabel 8 op de volgende pagina.

Tabel 8:

Reductie windvang door dijkverhoging t.o.v. huidige situatie		
Askop	Onderste end	Bovenste end
4%	8%	0%

In tabel 8 zien we het volgende:

- De windreductie op de askop als gevolg van de dijkverhoging, dus de reductie ten opzichte van de huidige situatie is 4%.
- De windreductie op het onderste end is 8%.
- De windreductie op het bovenste end is vrijwel nihil.

In de toekomstige situatie wordt de windvang van de molen in het rekengebied gereduceerd tot 95,3% van de huidige windvang.

De berekeningen zijn gemaakt op basis van de aanleghoogte van de dijk. De werkelijke verhoging zal na een aantal jaren 0,27 meter boven het huidige niveau zijn. De reductie in maaldagen en toename in windturbulentie zal enigszins afnemen naarmate de dijk zakt. Bij een verhoging van 0,27 meter is de reductie in maaldagen tussen de 3 en 4 dagen ten opzichte van de huidige situatie.

## 6. MOLENBIOTOOP

### 6.1 Ruimtelijke verordeningen Gelderland

De Provincie Gelderland acht bescherming van de molenbiotoop belangrijk. Zij heeft hiertoe een Gelderse Molenverordening (1996, gewijzigd bij besluit GS d.d. 30 oktober 2007) vastgesteld. Ingevolge artikel 4, derde lid van de Gelderse Molenverordening is het verboden in de molenbiotoop zonder vergunning van Gedeputeerde Staten of in strijd met bij zodanige vergunning gestelde voorwaarden, bouwwerken op te richten, te wijzigen, werken aan te leggen of bomen, struiken of heesters aan te planten of te hebben van zodanige aard of omvang, dat daardoor het normale of toekomstig gebruik van een molen of molenrestant met wind- of waterkracht wordt verminderd, belemmerd of onmogelijk gemaakt of de monumentale waarde van de molen of het molenrestant wordt aangetast. Op grond van artikel 5, tweede lid van de Gelderse Molenverordening kunnen Gedeputeerde Staten criteria vaststellen ten behoeve van de beoordeling van aanvragen om een vergunning, als bedoeld in artikel 4, derde lid van de Gelderse Molenverordening. De Uitvoeringsregeling Gelderse Molenverordening (1996, gewijzigd met besluit d.d. 30 oktober 2007) strekt tot vaststelling van bedoelde criteria. Deze regeling is per 05 juli 2012 ingetrokken en vervangen door de Ruimtelijke Verordening Gelderland, eerste herziening. Deze is later opgevolgd door de omgevingsverordening Gelderland.

Onderstaand wordt artikel 2.64 Bescherming Windvang Molen uit de Omgevingsverordening Gelderland december 2018 geciteerd:

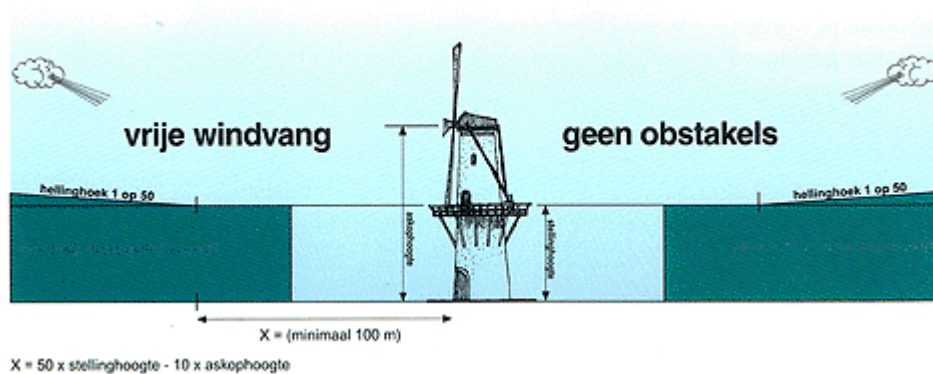
*Artikel 2.64 (bescherming windvang molen)*

- 1. Een bestemmingsplan maakt voor gronden binnen een Molenbiotoop geen nieuwe bebouwing of beplanting mogelijk als daardoor de windvang van een molen wordt beperkt.*
- 2. Het eerste lid is niet van toepassing op de molens in het Nederlands Openluchtmuseum te Arnhem.*

*Om een monumentale molen met een vrije windvang te laten functioneren, geldt dat binnen een straal van 400 meter gerekend vanaf het middelpunt van de molen, hoogtebeperkingen moeten worden gesteld aan het oprichten van bebouwing en beplanting. Verder dient rekening te worden gehouden met de belevingswaarde en het historisch karakter van de omgeving van de molen. Door maatwerk/compensatie wordt de belevingswaarde en het functioneren van de molen door middel van windvang niet beperkt. Met name in een bebouwde omgeving kunnen ook andere belangen in het geding zijn waarbij zekere beperkingen ten aanzien van de windvang of de belevingswaarde niet altijd zijn uit te sluiten.*

In deze verordening houdt de provincie Gelderland een cirkel met een straal van 400 meter aan. Binnen deze straal houdt de provincie een schuin oplopende lijn, gerekend vanuit het hart van het molenerf aan. De hellingshoek van deze lijn wordt bepaald aan de hand van een formule waarin de factoren als askophoogte, windreductiecoëfficiënt en ruwheidsfactor van de omgeving een rol spelen. Hiervoor houden wij de molenbiotoop formule van De Hollandsche Molen gebruikt. Volgens deze formule mogen binnen een straal

van 100 meter rond de molen geen gebouwen en bomen worden opgericht met een hoogte boven het onderste punt van de verticaal staande wiek. Zie hoofdstuk 6.2.



(Afbeelding: <http://onderzoek.molenbiotoop.nl/praktijknormen.html>)

Het uitgangspunt bij toetsing is dat de nieuwe situatie geen verslechtering ten opzichte van de huidige situatie mag zijn.



## 6.2 Biotoopformule

De molenbiotoopformule is als volgt:

$$H_x = X/n + c \times z$$

Waarin:

H = hoogte obstakel

X = afstand obstakel tot molen

n = 140 voor open gebied, 75 voor ruw gebied, 50 voor gesloten gebied

c = constante = 0,2

z = askophoogte (helpt van lengte gevlucht + evt. stellinghoogte)

## 6.3 Maximale bouwhoogtes rond de molen (volgens biotoopformule)

In de huidige situatie overschrijdt de Waalbandijk in elke sector van het rekengebied de biotoop norm omdat de dijk binnen een straal van 100 meter hoger is dan het onderste punt van de verticale wijk.

De maximale hoogte volgens de biotoop norm wordt daarom niet uitgerekend voor de toekomstige situatie.

## 7. CONCLUSIES & AANBEVELINGEN

### 7.1 Conclusies verhoging Waalbandijk

In zijn algemeenheid kan gesteld worden dat de locatie van de molen in windtechnisch opzicht een redelijke locatie is voor een windmolen. Zonder belemmering zou de molen 89 dagen per jaar kunnen draaien met wind uit de windhoek 80°-245°.

In de huidige situatie wordt de windvang van de molen van Waardenburg als gevolg van hoge bomen met 4,1% gereduceerd ten opzichte van de ideale situatie. De belemmering veroorzaakt door het museumgebouw in sector 11 is verwaarloosbaar.

Momenteel veroorzaakt de Waalbandijk theoretisch gezien geen reductie in het aantal maaldagen omdat er geen reductie is ter hoogte van de askop. Wel is de reductie op het onderste end groot wegens de geringe afstand tussen de dijk en de molen. Indien de dijk wordt verhoogd zal als gevolg van de toenemende reductie op het onderste end de molen onregelmatiger gaan lopen omdat het verschil in windsnelheid op het bovenste en het onderste end groter wordt.

De impact van de dijkverhoging zal merkbaar zijn voor de molen. De reductie in maaldagen ten opzichte van de ideale situatie wordt verdubbeld. Echter, omdat de reductie in de huidige situatie slechts 4,1% is, is de reductie in het geval van een dijkverhoging maar 8,6%. In het rekenmodel wordt de dijk met 0,47 meter verhoogd. In verband met zettingen zal de werkelijke verhoging van de dijk lager zijn. De resultaten geven dus een indicatie van de effecten in het ergste geval en zullen op den duur afnemen.

De toename in windturbulentie op het gevluht zal in de praktijk meer gevolgen hebben voor het malen dan de theoretische reductie in maaldagen.

### 7.2 Aanbevelingen

Indien de dijkversterking/verhoging geen negatieve invloed mag hebben voor het functioneren van de molen, zal de molen met 0,47 meter verhoogd moeten worden. De molen heeft dan ook in praktijk geen last van de toegenomen windturbulentie. Indien de molen met 0,27 meter wordt verhoogd heeft de molen een aantal jaren last van de toegenomen windturbulentie – totdat de dijk in hoogte is afgenomen als gevolg van zettingen.

De geïnventariseerde bomen zijn behoorlijk groot en kunnen nog veel groter worden. Om te zorgen dat de molen ook in de toekomst goed te laten functioneren, verdient het aanbeveling om de bestaande, wind belemmerende bomen te kappen en deze te vervangen met bomen die van nature laag blijven. Hierdoor zal het aantal maaldagen in theorie gelijk blijven als de dijk is verhoogd.