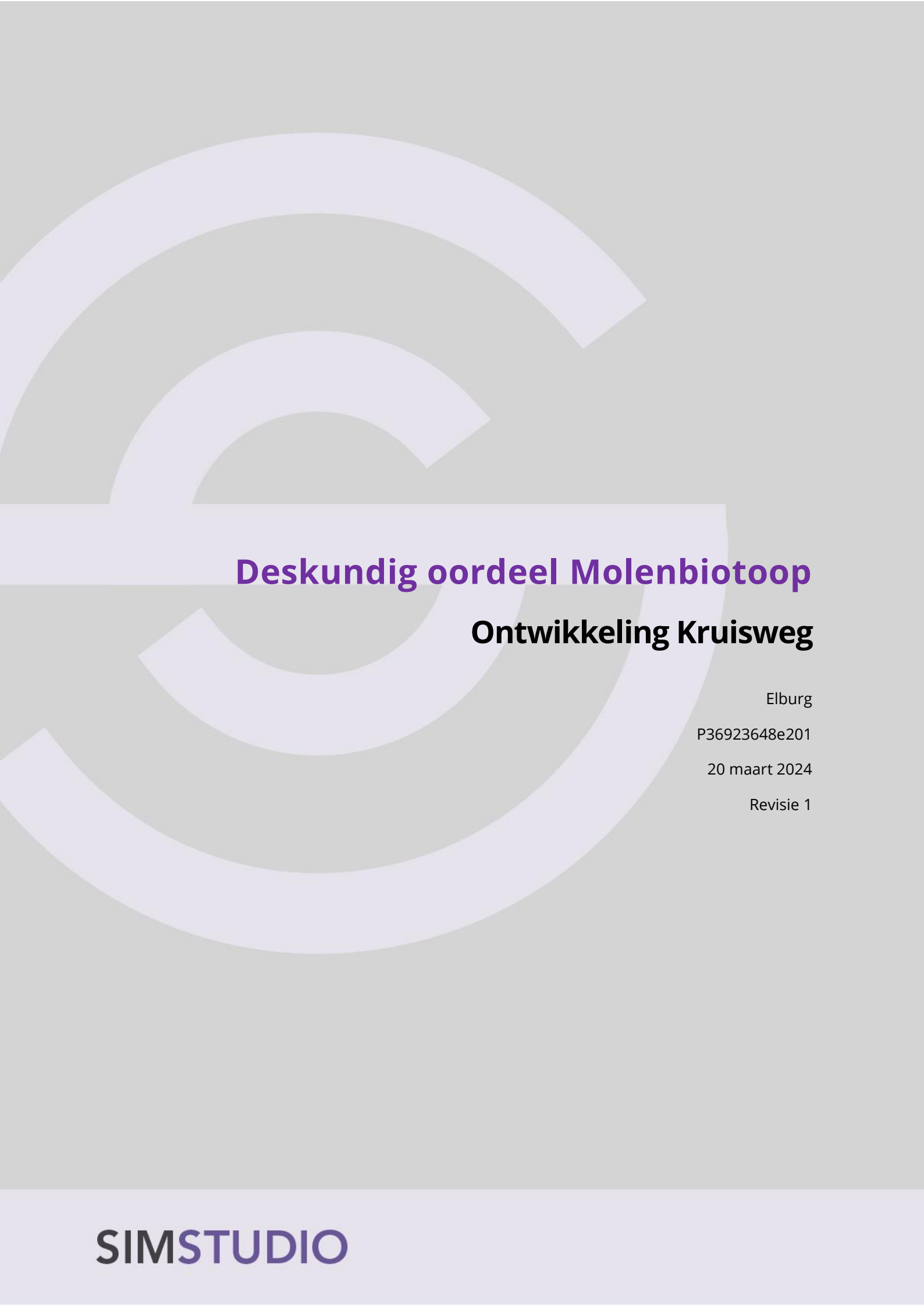




Deskundig oordeel Molenbiotoop

Ontwikkeling Kruisweg

Elburg

P36923648e201

20 maart 2024

Revisie 1

Project	Ontwikkeling Kruisweg
Locatie	Elburg
Onderwerp	Deskundig oordeel Molenbiotoop
Document	P36923648e201
Revisie	1
Datum	20 maart 2024
Status	Definitief
Opdrachtgever	Prins bouw
	t.a.v. Gerda de Raad Nijverheidsweg 20 8084 GW 't Harde
Stromingsleer expert	Windsafe Projects
	Poeldonkweg 5 5216 JX 's-Hertogenbosch sales@windsafe.nl www.windsafe.nl
CFD-expert	SIMSTUDIO International Consultants
	Baron de Coubertinlaan 6 2719 EL Zoetermeer info@simstudio-ic.com www.simstudio-ic.com

Huidige versie			
Uitgifte nummer:	201	Uitgifte datum:	15/03/2024
	Auteur:	Gecontroleerd door:	Reden voor uitgave:
Naam:	Martin Eimermann	Cindy Rinket	Aanpassingen naar aanleiding ontvangen zienswijze van Stichting tot behoud Korenmolen "De Tijd" te Ootendorp (gemeente Elburg)

Vorige versies				
Uitgifte nr.:	Datum:	Auteur:	Controle:	Reden voor uitgave:
200	02/11/2023	Pieter Bügel	Martin Eimermann	
102	31/10/2023	Pieter Bügel	Martin Eimermann	
101	20/06/2023	Pieter Bügel	Martin Eimermann	Aanpassing 1/100 naar 1/50 regel
100	21/04/2023	Pieter Bügel	Martin Eimermann	Eerste uitgave met 1/100 regel

1	INLEIDING	4
1.1	Ontwikkeling Kruisweg	4
1.2	Onderzoeksdoel	5
1.3	Molenbiotoop	5
1.4	Achterliggende theorie	5
2	SITUATIE	6
2.1	Ligging	6
2.2	Geplande ontwikkeling Kruisweg	8
2.3	Molen De Tijd	9
3	ANALYSE	10
3.1	Berekening biotoopformule	10
3.2	Winddata	12
3.3	Analyse molen De Tijd	14
4	CONCLUSIE	18
A.	BIJLAGE WINDKLIMAAT PRINCIPES TOEGELICHT	20
A.1	Wind	20
A.2	Effect van gebouwen op de wind	21

1 Inleiding

1.1 Ontwikkeling Kruisweg

Voor de ontwikkeling aan de Kruisweg in Elburg is een deskundig oordeel Molenbiotoop uitgevoerd. De ontwikkelingslocatie is gelegen aan de Kruisweg 18 in Elburg. Op de ontwikkelingslocatie is één molenbiotoop van toepassing, die van molen De Tijd.

Binnen de provincie Gelderland wordt maximale bouwhoogte bepaald door de molenbiotoop regeling. De rekenregel is afhankelijk van de omgevingsruwheid. De omgeving van molen De Tijd wordt geclassificeerd als een 'stedelijk gebied', de hierbij behorende ruwheidsconstante voor de biotoopformule is 50. Vanaf 100m wordt de biotoopformule toegepast als richtlijn om de maximale hoogte van obstakels op een zekere afstand van de molen te berekenen. De biotoopformule schrijft daarmee het volgende voor:

- a. Voor obstakels binnen 100m gelden molen type specifieke eisen.
- b. Voor obstakels op een afstand groter dan 100m en kleiner dan 400m van de molen wordt de biotoopregel toegepast als richtlijn voor het bepalen van de maximale bouwhoogte, voor deze locatie gebaseerd op een ruwheidsconstante van 50.
- c. Voor obstakels op een afstand van meer dan 400m zijn geen beperkingen ten aanzien van de hoogte in relatie tot de molenbiotoop.

In de huidige situatie is het perceel deels bebouwd. De maximale hoogte van de huidige bebouwing is 4.8m. Het voorgestelde bouwplan bestaat uit vijf rijwoningen en een losstaand appartementencomplex. De hoogte van de woningen is maximaal 10m en van het appartementencomplex 12.65m.

De minimale afstand tussen molen De Tijd en de eerste woning is 313m. De ontwikkeling ligt ten noordnoordwesten van molen De Tijd.

Een impressie van de ontwikkeling is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Impressie Ontwikkeling Kruisweg, Vinke Design.

1.2 Onderzoeksdoel

Bebouwing kan een impact hebben op de door de molen ontvangen wind. Volgens wet en regelgeving betreffende de molenbiotoop, dient de impact van gebouwen binnen een invloedsfeer van 400 meter te worden onderzocht. De molenbiotoop houdt in dat de uitstraling, functie, locatie en omgeving als een geheel is wat niet uit balans mag komen. Het onderhavige onderzoek beschouwd enkel de door de molen ontvangen wind.

Het doel van het onderzoek is om het effect van de geplande ontwikkeling op de huidig door de molen ontvangen wind in te schatten. Verandering in ontvangen wind resulteert in verandering van potentiële draaiuren. Hierbij wordt voor molen De Tijd de beschikbare wind uit noordnoordwestelijke richting onderzocht. Voor het bepalen van de potentiële draaiuren is rekening gehouden met een minimale windsnelheid van 3,4 m/s. Dit is gelijk aan windkracht 3.

1.3 Molenbiotoop

Voor het goed in stand houden van (historische) windmolens is, naast (onderhoud aan) de molen zelf, de molenbiotoop (de omgeving rondom een molen) van belang. De molenbiotoop heeft betrekking op de omgeving van de molen, voor zover die van invloed is op het functioneren van de molen als maalwerktuig en als monument. Aangezien molens "levende" monumenten betreffen, dienen zij regelmatig te draaien ten behoeve van instandhouding. Voor een goed functionerende molen is vrije windvang van essentieel belang; gebouwen, bouwwerken, solitaire bomen, boomgroepen en houtopstanden kunnen de windvang van een molen nadelig beïnvloeden. Bij windbelemmeringen in de molenbiotoop wordt de windtoevoer diffuus, onvoorspelbaar fluctuerend en turbulent en wordt de aan- en afvoer van wind negatief beïnvloed. Gevolgen hiervan zijn een verminderde draaivaardigheid, een toename van zeislagen en een sterk wisselende belasting van de wieken (roeden, hekwerk etc.) die grote schade kan veroorzaken. Daarnaast leidt een belemmerde afvoer van de wind tot drukopbouw van de wind tegen de achterzijde van de wieken, waardoor extra druk op het de wieken en het wiekenkruis ontstaat, wat schade aan de molen in de hand werkt.

1.4 Achterliggende theorie

Het effect van de geplande ontwikkeling op het windklimaat ter hoogte van de betreffende molen wordt ingeschat gebaseerd op literatuur, kennis en ervaring. Een samenvatting van achterliggende theorieën zijn terug te vinden in bijlage A.

2 Situatie

2.1 Ligging

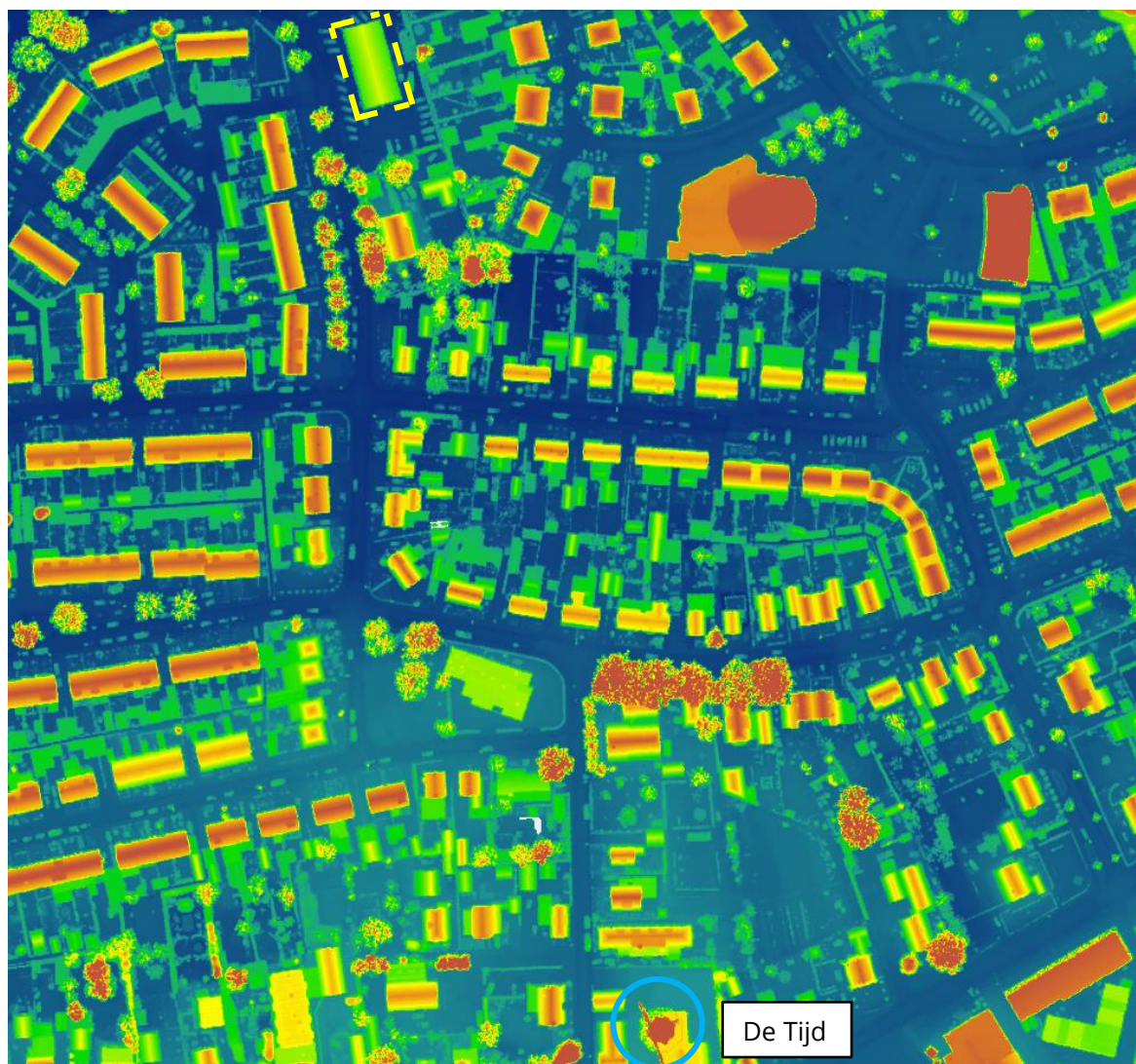
De ontwikkelingslocatie is gelegen aan de Kruisweg in Elburg. Ten zuidzuidoosten van de ontwikkeling ligt molen De Tijd. De ligging van de ontwikkeling en de molen is aangegeven in Figuur 2. Figuur 3 geeft de hoogte kaart weer voor het gebied tussen de molens en de ontwikkeling. Figuur 4 geeft voor een aantal gebouwen de N.A.P hoogte weer. De hoogte van het maaiveld van de molen is 2.7m.

Daarnaast staan er op 113m afstand verschillende bomen met een minimale hoogte van 18m.

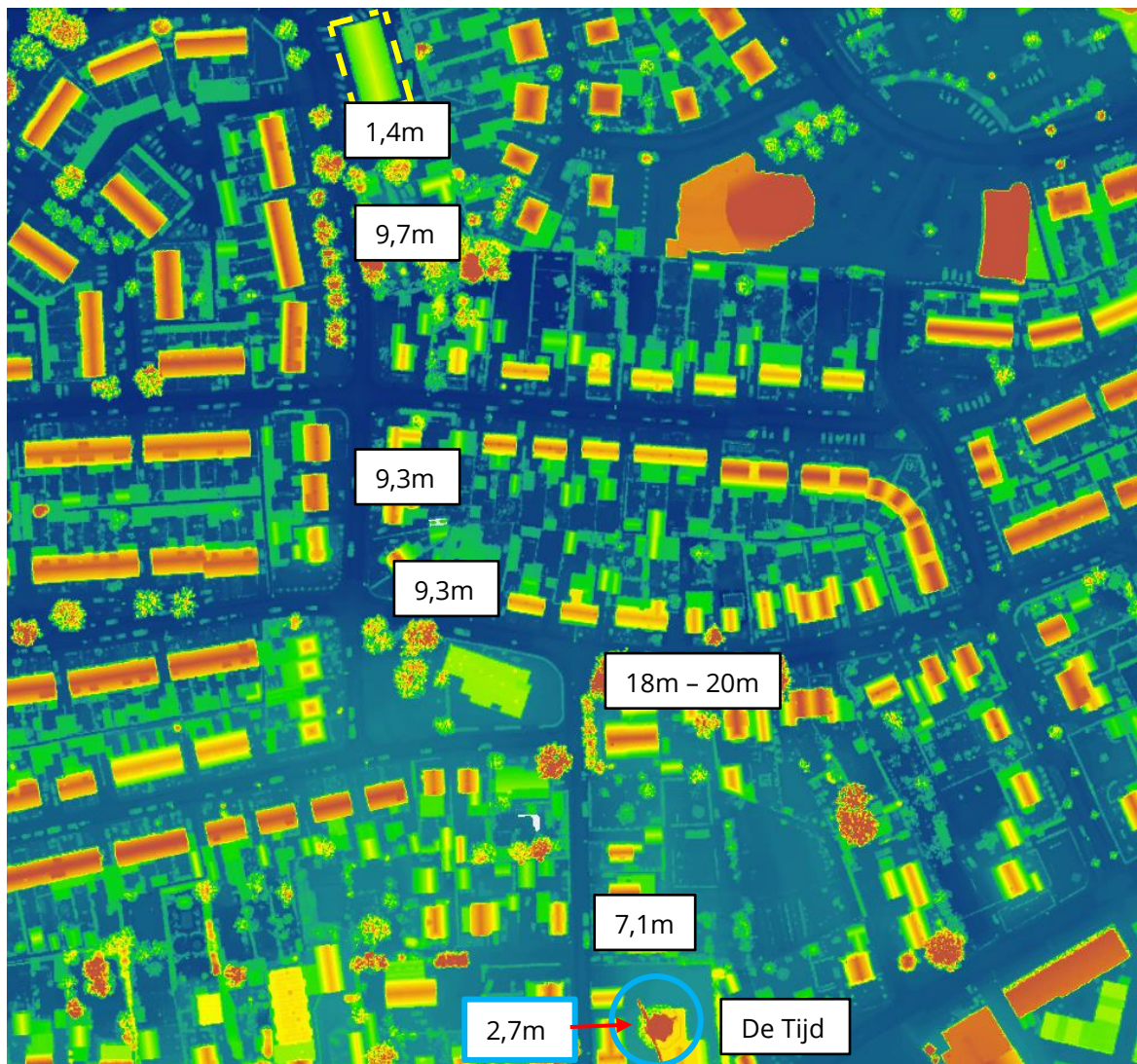
De hoogte van het maaiveld bij de toekomstige ontwikkeling is 1,4m. Het verschil in hoogte tussen de locaties is 1,3m. Deze wordt meegenomen in het berekenen van de toegestane hoogte.



Figuur 2: Ligging ontwikkelingsplan en molen De Tijd, geel gestippelde lijn ontwikkelingsplan, Google Earth.



Figuur 3: Hoogtekaart Elburg, Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN).



Figuur 4: Hoogtekaart Elburg, hoogte N.A.P., Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN).

2.2 Geplande ontwikkeling Kruisweg

Het voorgestelde bouwplan bestaat uit vijf rijwoningen en een losstaand appartementencomplex. De woningen bestaan uit drie bouwlagen met een puntdak. De maximale bouwhoogte van de woningen is 10m. De minimale afstand tussen de molen en de woningen is 313m. Opgemerkt dient te worden dat de lengterichting van de nok evenwijdig loopt aan de windrichting naar de molen.

Het geplande appartementencomplex heeft bouwhoogte van 12,24m. Echter is er volgens het bestemmingsplan een toegestane bouwhoogte van 12,65m. De minimale afstand van het appartementencomplex tot de molen van 368m. Het appartementencomplex bestaat uit 3 volledige bouwlagen en een 60% bebouwing op de vierde bouwlaag.

Voor de analyse is rekening gehouden dat het bebouwde deel van de vierde bouwlaag is gelegen aan de zijde die het dichtste bij de molen ligt. Daarnaast wordt de hoogte uit het bestemmingsplan getoetst in plaats van de werkelijke bouwhoogte.

2.3 Molen De Tijd

Molen De Tijd is een korenmolen uit het jaar 1854 en is gelegen aan de Zuiderzeestraatweg Oost 18 in Oostendorp. De korenmolen heeft een vlucht (spanwijdte) van 22,8m en is maalvaardig. De hoogte van het maaiveld bij de molen is 2,7m en de stellinghoogte is 3,9m. Figuur 5 geeft molen De Tijd weer.

De onderkant van het verticale wiekenblad is aangenomen op 3,9m. Voor het bepalen van de maximale hoogte volgens de molenbiotoop regel is tevens de hoogte van de askop nodig. Deze wordt bepaald door de helft van de vlucht en de hoogte van de onderkant van het verticale wiekenblad. Voor molen De Tijd geldt dat de askop hoogte op 15,3m ligt.

De ontwikkeling aan de Kruisweg ligt in noordnoordwestelijke richting (tussen 339° en 346°) van de molen. De grondhoogtes en de hoogte van de woning zijn weergegeven in Figuur 4.



Figuur 5: Impressie molen De Tijd. Bron: debakkersmolen.nl.

3 Analyse

3.1 Berekening biotoopformule

Binnen de provincie Gelderland als richtlijn van de maximale bouwhoogte biotoopformule gehanteerd, waarbij geldt:

- Voor obstakels binnen 100m gelden molen type specifieke eisen.
- Voor obstakels op een afstand groter dan 100m en kleiner dan 400m van de molen wordt de biotoopregel toegepast als richtlijn voor het bepalen van de maximale bouwhoogte, voor deze locatie gebaseerd op een ruwheidsconstante van 50.
- Voor obstakels op een afstand van meer dan 400m zijn geen beperkingen ten aanzien van de hoogte in relatie tot de molenbiotoop.

De biotoopformule is hieronder weergegeven.

$$H(x) = x/n + c * z$$

Waarin:

H(x)	=	maximale hoogte van een obstakel op afstand x
x	=	horizontale afstand tot de molen
n	=	ruwheidsconstante (open gebied: n=140; ruw gebied: n=75; gesloten gebied: n=50)
c	=	constante = 0,2
z	=	askop hoogte

De toegepaste ruwheidsconstante 'n' Molen De Tijd is 50 omdat de molen in een bebouwd gebied staat.

3.1.1 Berekening Rijwoningen

De minimale horizontale afstand tot de rijwoningen is 313m. Volgens de biotoopformule is de maximaal toegestane hoogte van een obstakel op deze afstand 9,32m ten opzicht van de grondhoogte ter plaatse van de molen. Bij het beoordelen van het plan dient hierbij rekening gehouden te worden met het verschil in grondhoogte.

$$H(x) = \frac{313m}{50} + 0,2 * 15,3m = 9,32m$$

De grondhoogte van de rijwoningen is 1,3m lager dan de grondhoogte van de molen. De maximaal toegestane bouwhoogte van de rijwoningen komt daarmee op 10,62m. Opgemerkt dient te worden dat dit de nok betreft welke evenwijdig loopt aan de windrichting tussen de woningen en de molen. De rijwoningen overschrijden daarmee niet de richtlijn van de maximale bouwhoogte conform de biotoopregeling.

3.1.2 Appartementen

De minimale horizontale afstand tussen de ontwikkeling en de molen is 368m. Volgens de biotoopformule is de maximaal toegestane hoogte van een obstakel op deze afstand 11,72m ten opzicht van de grondhoogte ter plaatse van de molen. Bij het beoordelen van het plan dient hierbij rekening gehouden te worden met het verschil in grondhoogte.

$$H(x) = \frac{368}{50} + 0,2 * 15,3 = 10,42m$$

De grondhoogte van het appartementencomplex is 1,3m lager dan de grondhoogte van de molen. De maximaal toegestane bouwhoogte van de rijwoningen komt daarmee op 11,72m.

Het appartementencomplex heeft in het bestemmingsplan een maximale hoogte van 12,65m, voorliggende plan heeft een maximale bouwhoogte van 12,24m. Hiermee overschrijdt het bouwplan de richtlijn voor de maximale hoogte met 0,52m en de hoogte in het bestemmingsplan met 0,93m.

In de volgende paragrafen wordt een verdere analyse gedaan naar het effect van de overschrijding van het appartementencomplex van de richtlijn.

3.2 Winddata

Voor de analyse is gebruik gemaakt van winddata van Meteoblue voor Elburg.

Figuur 6 toont de windroos met windsnelheden in kilometer per uur. De snelheidscategorieën in deze windroos zijn gebaseerd op de schaal van Beaufort (bft). Wind tussen 1 en 5 km/h is gelijk aan 1bft, daarboven per categorie 1bft hoger. De windroos is opgebouwd 16 windrichtingen. In Figuur 6 is met licht blauw aangegeven welke richtingen betrekking hebben op molen De Tijd.

De windroos toont dat de meest voorkomende windrichtingen tussen zuid en westelijke richting liggen. In totaal komt de wind meer dan 47% van het jaar uit deze richting.

Voor dit onderzoek wordt aangenomen dat molens kunnen draaien bij een minimale windsnelheid van 3,4 m/s (windkracht 3).

Uit de beschikbare windgegevens blijkt dat in Elburg 70% van de tijd de windkracht hoger of gelijk is aan windkracht 3. In Tabel 1 is het percentage wind per jaar per richting weergegeven en het percentage wind hoger of gelijk aan windkracht 3.

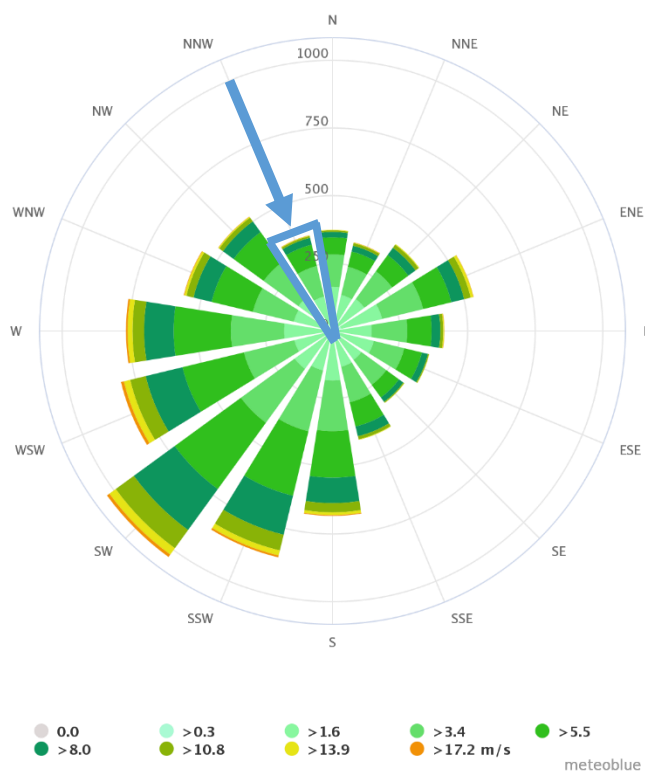
Bij molen De Tijd komt wind met een kracht 3 of meer voor ongeveer 2.6% van het jaar uit de richting van het geplande appartementencomplex. De eventuele invloed ten gevolge van de beperkte overschrijding van de rekenregel heeft daarmee enkel effect op 2,6% van het jaar.

Dit geeft inzicht op de mogelijke impact van de overschrijding op het draaibereik van de molen. Op basis van deze analyse kan gesteld worden dat als er al een effect is van de geringe overschrijding van de rekenregel op de windvang van de molen deze zeer beperkt en verwaarloosbaar is.

De ontwikkeling heeft geen effect op wind afkomstig uit overige windrichtingen.

Windrichting		Percentage wind per jaar	Percentage Beschikbare wind per jaar	Onderzocht voor molen
Noord	0°	4.27%	2.39%	
Noordnoordoost	22,5	3.85%	2.25%	
noordoost	45°	4.53%	2.83%	
Oostnoordoost	67,5°	6.13%	3.85%	
Oost	90°	4.73%	3.03%	
Oostzuidoost	112,5°	4.20%	2.40%	
Zuidoost	135°	3.73%	2.21%	
Zuidzuidoost	157,5°	4.71%	3.14%	
Zuid	180°	7.80%	5.56%	
Zuidzuidwest	202,5°	9.82%	7.81%	
Zuidwest	225°	11.78%	9.35%	
Westzuidwest	247,5°	9.19%	7.13%	
West	270°	8.72%	6.40%	
Westnoordwest	292,5°	6.46%	4.67%	
Noordwest	315°	5.97%	4.13%	
Noordnoordwest	337,5°	4.16%	2.63%	Molen De Tijd
Totaal		100%	69.77%	

Tabel 1: Beschikbare wind te Elburg voor de te onderzoeken windrichtingen.



Figuur 6: Windroos Meteoblue voor Elburg, inclusief onderzochte windrichting van de molen.

3.3 Analyse molen De Tijd

Conform de berekening, uitgewerkt in hoofdstuk 3.1.2, overschrijdt zowel het bouwplan als het bestemmingsplan betreffende het appartementencomplex de richtlijn voor de maximale hoogte conform de biotoop berekening. Het bouwplan met 0,52m en het bestemmingsplan met 0,93m.

3.3.1 Effect obstakel op windprofiel

Bij het aanstromen van een obstakel wordt het windprofiel beïnvloed. De invloedsfeer van een obstakel op het windprofiel in de vrij ruimte is op basis van literatuur maximaal 20 keer de hoogte van het betreffende obstakel (zie appendix A.2.1). Dit houdt in dat op basis van literatuur het bouwplan een invloed heeft tot op 244,8m en het bestemmingplan tot op 253m vanaf het appartementencomplex.

Op basis hiervan wordt gesteld dat er geen effect op het windprofiel ter hoogte van de molen is ten gevolge van de geplande ontwikkeling en de maximale hoogte van het bestemmingsplan.

3.3.2 Bebouwing

In Figuur 7 wordt de situatie weergegeven tussen het appartementencomplex en de molen. In Figuur 8 wordt de situatie weergegeven vanaf de rand van Elburg tot aan de molen op over de lijn van het appartementencomplex naar de molen. In deze beide figuren is het bestemmingplan opgenomen. In het blauw de locatie waarvoor een maximale hoogte is opgenomen in het bestemmingsplan van 12,65m waarbinnen het appartementencomplex met een geplande hoogte van 12,24m wordt gerealiseerd. De magenta streep geeft het wiekenblad van de molen weer in de betreffende richting. De twee blauwe lijnen geven het van invloed zijnde gebied weer waarbinnen de ontwikkeling valt.

Molen de Tijd is gelegen in aan de zuidelijke rand van Elburg. Het geplande appartementencomplex is iets zuidelijk van het midden van Elburg gelegen. De planlocatie wordt omringd door bestaand bebouwing. Vanuit de windrichting waarbij de ontwikkeling mogelijk effect heeft op de molen is de afstand tussen de rand van Elburg en de ontwikkeling circa 820m. Deze 820m is dichtbebouwd met woningen van 2 tot 3 lagen, met een korte tussenafstand. Wanneer obstakels op een kortere afstand staan dan 5 keer de hoogte wordt gesproken van een stedelijk dek. Wanneer obstakels op een kortere afstand staan dan 2 keer de hoogte wordt dit, aerodynamisch gezien, een aaneengesloten gebouw.

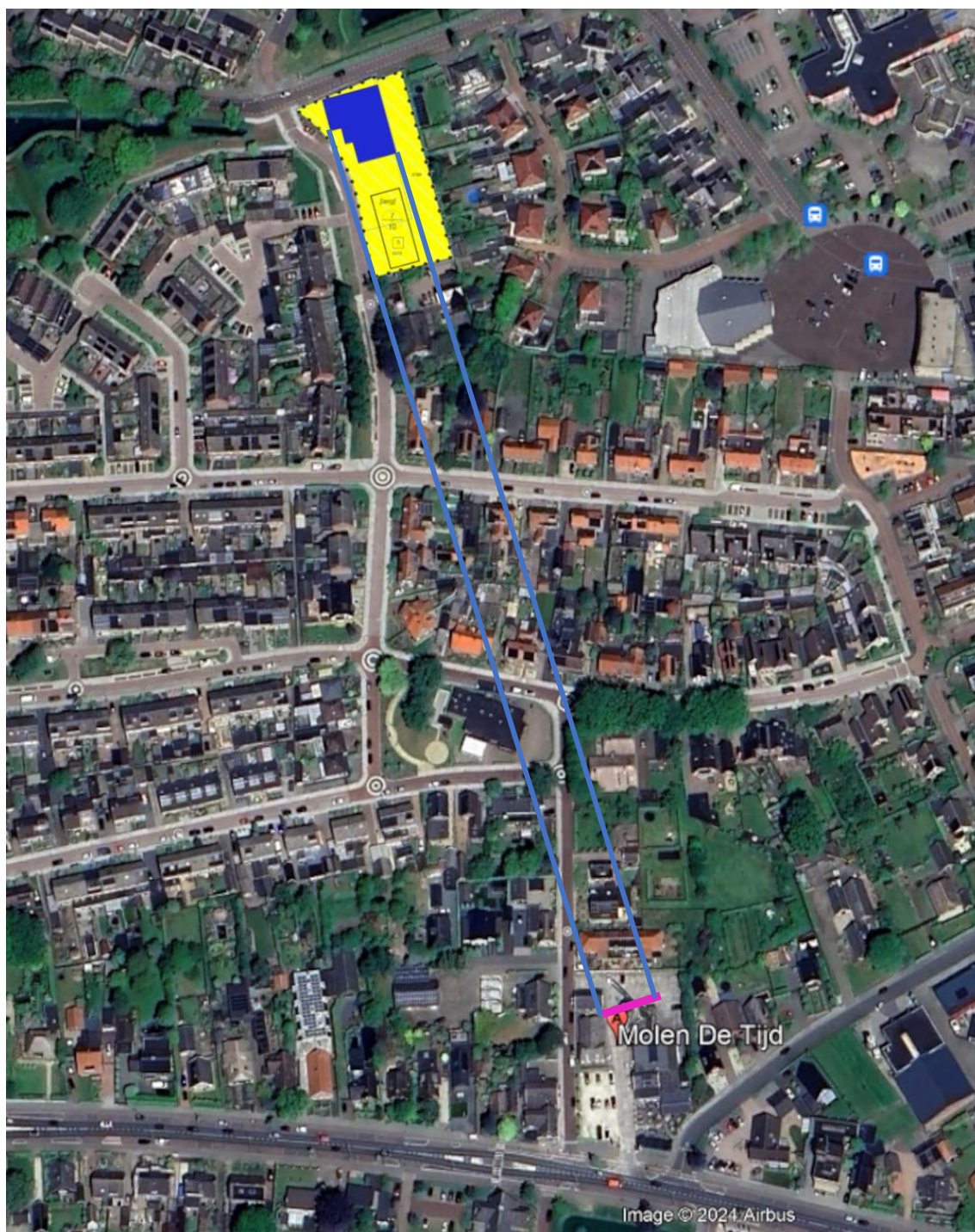
De wind aanstroming van het geplande appartementencomplex wordt sterk beïnvloed door de voorliggende bebouwing. Deze staat veelal op 2 tot 5 keer de hoogte van elkaar en op meerdere plekken op een kortere afstand dan 2 keer de hoogte. De laatste woningen voor het aanstromen van het appartementencomplex is circa 10m hoog en ligt op een afstand van circa 75m. Deze laatste stap vormt dus geen stedelijk dek. Wel wordt het appartementencomplex verstoord aangestroomd.

In de circa 200m na het geplande appartementencomplex staan verschillende woningen op zeer korte afstand van elkaar welke een stedelijk dek creëren. Daarna staan over een afstand van circa 70m verschillende bomen. In de laatste 60m staan 3 woongebouwen met de nok haaks op de windrichting met een hoogte van circa 7m.

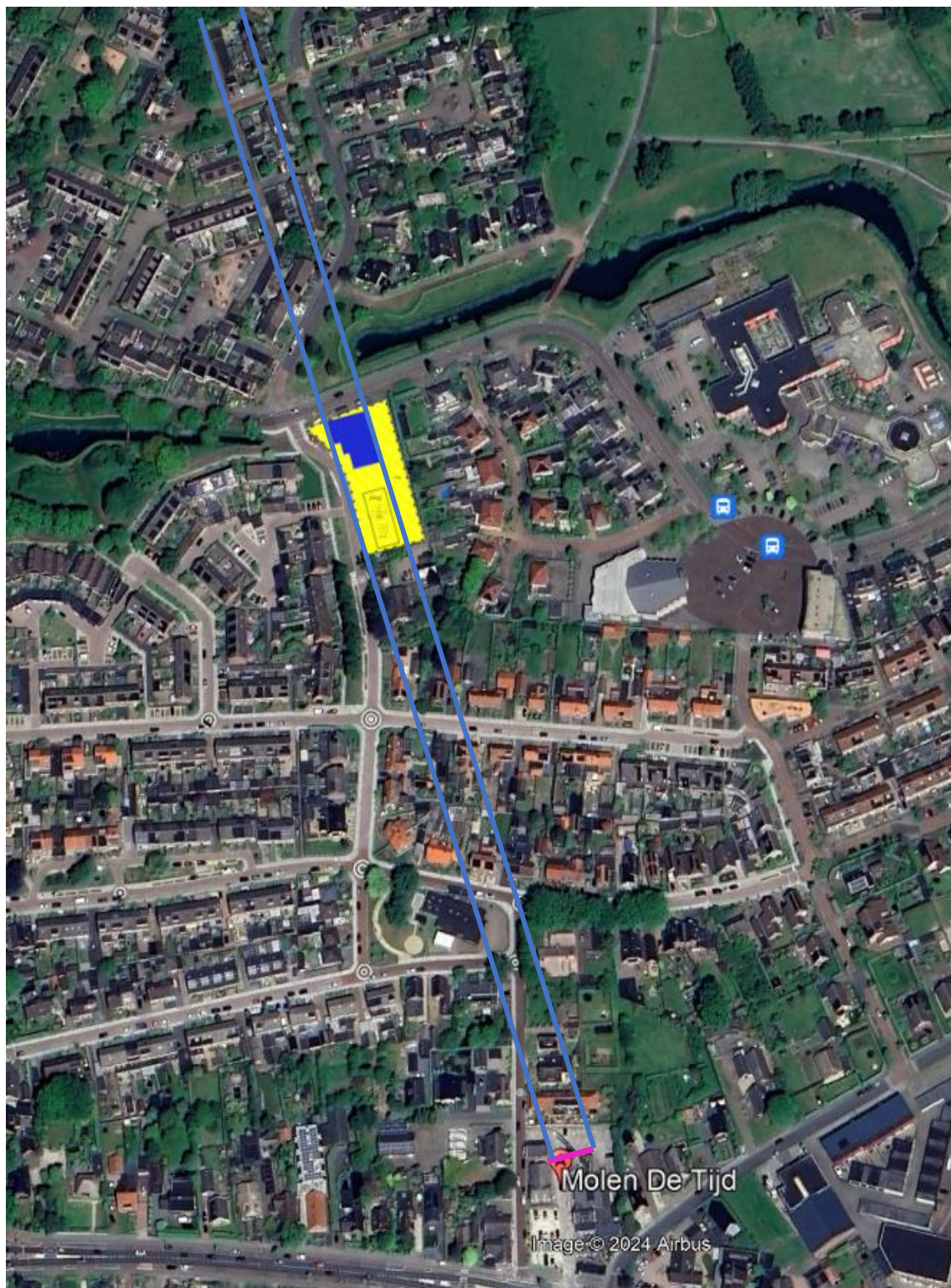
Op basis van de analyse van de bebouwing voorliggend aan het appartementencomplex wordt gesteld dat het windprofiel verstoord op het gebouw aanstroomt. Hiermee neemt het effect van het appartementencomplex zelf op het windprofiel af.

Op basis van de analyse van de bebouwing tussen het appartementencomplex en de molen wordt gesteld dat het windprofiel welke aanstroomt op de molen bepaald wordt door de bebouwing die reeds bestaat. De gebouwen in de eerste 60m hebben de grootste invloed op de aanstroom van wind op de molen. De bebouwing tot op 250m van de molen realiseert een zogenaamd stedelijk dek.

De geplande bebouwing en de maximale hoogte in het bestemmingsplan hebben geen invloed op hoe de wind de molen bereikt. De overschrijding van de richtlijn maximale hoogte conform de biotoop berekening wordt hierdoor gerechtvaardigd, gezien er geen invloed zal zijn op de windvang van de molen.



Figuur 7: Bebouwing tussen het appartementencomplex en de molen.



Figuur 8: Bebouwing voor en tussen het appartementencomplex en de molen.

4 Conclusie

Voor de ontwikkeling aan de Kruisweg in Elburg is een deskundig oordeel Molenbiotoop uitgevoerd. De ontwikkelingslocatie is gelegen aan de Kruisweg 18 in Elburg. Op de ontwikkelingslocatie is één molenbiotoop van toepassing, die van molen De Tijd. Om deze reden is een onderzoek door de gemeente verzocht.

Voor molen De Tijd ligt de geplande ontwikkeling in noordnoordwesten windrichting.

Het plan bestaat uit twee delen, rijwoningen en een appartementencomplex. Allereerst is er de biotoop berekening gehanteerd om te bepalen of de richtlijn voor de maximale bouwhoogte wordt overschreden. Hieruit blijkt dat alleen het appartementencomplex deze richtlijn met een geringe overschrijding overstijgt. De hoogte conform het bestemmingsplan overschrijdt de richtlijn met 0,93m en het bouwplan met 0,52m. Op basis hiervan is een verdere analyse uitgewerkt ten aanzien van de mogelijke invloed op de windvang van de molen.

Eerst is gekeken naar de windvang van de molen vanuit de richting van de ontwikkeling. Uit historische klimaatgegevens is vastgesteld dat voor slechts ongeveer 2,6% van de tijd bruikbare wind uit de betreffende richting afkomstig is. Op basis hiervan wordt gesteld dat als het appartementencomplex invloed heeft op de windvang dit voor slecht een gering aandeel van de windvang geldt.

Daarna is een analyse gemaakt van het obstakel en de bebouwing in het voorliggende deel van de ontwikkeling en de bebouwing tussen de ontwikkeling en de molen.

Op basis van literatuur heeft een obstakel in het vrije veld effect op het windprofiel tot op maximaal 20 keer de hoogte. In dit geval betekend dit dat het effect op het windprofiel in het vrije veld rijkt tot op maximaal 253m (in het geval van de maximale hoogte van het bestemmingsplan). Deze afstand is korter dan de werkelijke afstand. Op basis hiervan wordt gesteld dat er geen invloed op het windprofiel is ten gevolge van het appartementencomplex.

Tussen de rand van Elburg en de ontwikkeling staan veel 2 of 3 laags woningen met een korte tussenafstand. Hierdoor ontstaat een stedelijk dek. Het laatste gebouw voor het appartementencomplex staat op circa 75m en is circa 10m hoog. Hiertussen ontstaat geen stedelijk dek, maar de wind stroomt wel verstoord het gebouw aan.

In de circa 200m na het geplande appartementencomplex staan verschillende woningen op zeer korte afstand van elkaar welke een stedelijk dek creëren. Daarna staan over een afstand van circa 70m verschillende bomen. In de laatste 60m staan 3 woongebouwen met de nok haaks op de windrichting met een hoogte van circa 7m.

Op basis van de analyse van de bebouwing tussen het appartementencomplex en de molen wordt gesteld dat het windprofiel welke aanstroomt op de molen bepaald wordt door de bebouwing die reeds bestaat. De gebouwen in de eerste 60m hebben de grootste invloed op de aanstroom van wind op de molen. De bebouwing tot op 250m van de molen realiseert een zogenaamd stedelijk dek.

De geplande bebouwing en de maximale hoogte in het bestemmingsplan hebben geen invloed op hoe de wind de molen bereikt. De overschrijding van de richtlijn maximale hoogte conform de biotoop berekening wordt hierdoor gerechtvaardigd, gezien er geen invloed zal zijn op de windvang van de molen.

De conclusie van dit onderzoek is dat de geplande ontwikkeling geen invloed heeft op de windvang van de molen.

A. Bijlage windklimaat principes toegelicht

A.1 Wind

Wind is een natuurlijke luchtbeweging van de atmosfeer. Deze ontstaat door horizontale luchtdrukverschillen. Hierbij stroomt lucht altijd van een hoogdrukgebied naar een laagdrukgebied (Wikipedia, n.d.). Het heersende windklimaat in het onderste gedeelte van de atmosfeer, waar in wij leven, wordt beïnvloed door de ruwheid (steden, bomen, bergen etc.) van het aardoppervlak. Ondanks deze ruwheid stroomt de wind altijd van A naar B. Dit betekent dat als er een stad of gebouw staat, de wind tegen of om het gebouw heen stroomt waarna het zich in de heersende windrichting zal vervolgen. De wind stopt dus niet met stromen.

Doordat wind altijd een uitweg zoekt om in de heersende windrichting verder te stromen zorgt dat in steden voor plekken met relatief meer wind. Hoe hoger het gebouw des te meer wind op grondniveau. Echter is de oorzaak van windhinder vaak niet eenduidig, maar een combinatie van verschillende oorzaken. Deze oorzaken zijn de reden waarom de wind in een bepaalde manier beweegt.

In de onderstaand hoofdstukken worden een aantal basisprincipes van wind, het effect van gebouwen op het lokale windklimaat en oplossingen voor het verminderen van slecht windklimaat besproken.

A.1.1 Atmosferische druk

Bebouwing heeft effect op het windklimaat in het onderste gedeelte van de atmosfeer. Het bewoonbare gedeelte van de atmosfeer heeft maar een geringe hoogte in vergelijking met de totale atmosfeer. Alle bovengelegen luchtlagen liggen als het ware op de onderste luchtlaag. Dit zorgt voor een grote drukkende kracht op de onderste luchtlaag. Wanneer wind tegen hoogbouw aan stroomt kan de wind daardoor niet (geheel) naar boven weg stromen. De wind wordt daardoor naar beneden geduwd.

A.1.2 Snelheidsprofiel

Wind stroomt met een snelheidsprofiel. Dit houdt in dat wind dicht bij het maaiveld minder snel stroomt dan op 60m hoog.

Dit snelheidsprofiel is afhankelijk van de ruwheid (bijv. gebouwen) op de grond. Een toename in ruwheid zorgt voor een verlaging van de snelheid op grondniveau. De mate van invloed op het snelheidsprofiel wordt beschreven door de ruwheidlengte (Troen & Petersen, 1991).

A.1.3 Zog

Bij aanstroming van wind op een object is aan de voorzijde veel wind en aan de achterkant weinig wind (lijzijde). Wind stroomt om het object heen, waarnaar het de originele windrichting weer aanneemt. Achter het gebouw ontstaat daardoor een gebied met weinig wind (lage druk). Dit heet een zog. Het zog achter het gebouw is afhankelijk van de afmetingen van het gebouw, maar ook afhankelijk van het dak en eventuele doorgangen.

A.2 Effect van gebouwen op de wind

A.2.1 Afstand gebouwen in windrichting

Het windklimaat tussen twee of meerdere gebouwen in is afhankelijk van de afstand tussen de gebouwen in. Bij een grote afstand tussen de gebouwen in (15 tot 20 keer de gebouwhoogte (H)), is het zog achter het gebouw als het waren opgelost. Wind van een hoger luchtlaag rijkt hierbij weer tot de grond. Ook heeft het daarmee effect op het volgende gebouw.

Bij een afstand van $5H$ tot $15H$ mengen het zog en de hogere luchtlagen zich in het tussengelegen gebied. De ongestoorde lucht heeft maar deels effect op het volgende gebouw.

Wanneer de afstand tussen de twee gebouwen kleiner is dan $5H$ stroomt de wind over de gebouwen heen. Hierbij hebben hogere luchtlagen weinig tot geen effect op het windklimaat tussen de gebouwen. In deze situatie wordt er gesproken van een stedelijk dek.

Bij een tussenliggende afstand die kleiner is dan $2H$ ontstaat er, aerodynamisch gezien, een aaneengesloten gebouw.