

RAPPORT WINDONDERZOEK
ONDERWERP: DORPSWEG 22-24

MOLEN "DE FORTUIN"
MOLENBELT 5
8051 EV HATTEM

Opdrachtgever:

Piedra Vastgoed C.V.

robert@vandekolk.nl (namens Piedra Vastgoed)

Onderzoeker en auteur:

EAG Monuments te Montfoort

E. van der Elst | ezra@eagm.nl | 06-41290853

Datum:

14 augustus 2023 | VERSIE 2

Copyright:

© EAG Monuments, projectnummer: 523026

Montfoort, 3 augustus 2023

Disclaimer:

De inhoud van dit rapport is met uiterste zorg samengesteld. De informatie in dit document wordt aangeboden zonder enige garantie. EAG Monuments sluit alle aansprakelijkheid uit voor enigerlei directe of indirecte schade, van welke aard dan ook, die voortvloeit uit of verband houdt met het gebruik van dit document. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd of openbaar gemaakt door middel van drukwerk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder schriftelijke toestemming van EAG Monuments en de opdrachtgever, noch zonder toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

1. Windvangonderzoek

1.1 Inleiding

In juli 2023 heeft Van de Kolk, namens Piedra Vastgoed, EAGM verzocht om een gerichte windvangstudie uit te voeren met betrekking tot het ontwikkelingsplan voor de locatie aan de Dorpsweg 22-24. Het doel van dit onderzoek is objectief te beoordelen welk effect het voorgenomen ontwikkelingsplan heeft op de windvang van molen De Fortuin, terwijl de impact op de functionaliteit en historische waarde van de molen wordt onderzocht.

Molen De Fortuin, een stellingmolen in eigendom en beheer van de gemeente Hattem, bevindt zich op een prachtige locatie nabij de dorpskern. Als een draai- en maalvaardige molen is het afhankelijk van voldoende wind om efficiënt en veilig te functioneren. Het is belangrijk om op te merken dat veranderingen in de omgeving, zoals het plaatsen, verhogen, verwijderen of aanpassen van objecten binnen een specifieke straal, een potentiële invloed kunnen hebben op de windvang en werking van de molen.

Het onderzoek richt zich specifiek op het effect van het ontwikkelingsplan van Piedra Vastgoed voor de locatie aan de Dorpsweg 22-24 op de windvang van molen De Fortuin. Hierbij wordt objectief gekeken naar de mogelijke gevolgen van het plan op de volgende maatstaven:

Onderzoeksmaatstaven:

1. Windsnelheid: Het onderzoek zal de mogelijke veranderingen in de windsnelheid rond de molen in kaart brengen en analyseren hoe het ontwikkelingsplan van invloed kan zijn op de windsnelheid die de molen kan opvangen.
2. Oppervlaktedruk: Er zal gekeken worden naar de drukverschillen en -patronen rondom de molen en hoe het ontwikkelingsplan deze oppervlaktedruk kan beïnvloeden, wat van invloed is op de werking van de molen.
3. Energieverlies als gevolg van turbulentie: Het onderzoek zal de mate van turbulentie rond de molen onderzoeken en de impact van het ontwikkelingsplan op het energieverlies als gevolg van deze turbulentie beoordelen.
4. Vermogen en energieopwekking: Er zal geëvalueerd worden hoe het ontwikkelingsplan de opwekking van vermogen en energie door de molen kan beïnvloeden en welke eventuele consequenties dit heeft.

Door middel van deze windvangstudie kan worden vastgesteld of het ontwikkelingsplan van Piedra Vastgoed voor de locatie aan de Dorpsweg 22-24 een positief of negatief effect heeft op de windvang van molen De Fortuin, en of de functionaliteit en historische waarde van de molen worden beïnvloed. Uiteindelijk is het aan de gemeente Hattem om op basis van deze bevindingen te bepalen of het ontwikkelingsplan voldoet aan de biotoopregels en welke maatregelen genomen moeten worden om de molen te beschermen en het culturele erfgoed te behouden.

1.2 Beoordelingscriteria

Het vaststellen van beoordelingscriteria voor windvangonderzoeken is een uitdagend en complex proces, niet alleen voor de gemeente Hattem maar ook voor veel andere gemeenten in Nederland. Dit komt omdat er geen uniforme landelijke standaard bestaat voor dergelijke criteria. Het ontbreken van een nationale richtlijn leidt ertoe dat verschillende gemeenten hun eigen criteria en normen moeten vaststellen, wat kan leiden tot inconsistentie en onzekerheid.

Typische beoordelingscriteria voor windvangonderzoeken kunnen betrekking hebben op diverse aspecten, waaronder de invloed van het voorgenomen bouwproject op de windsnelheid, windrichting, turbulentie, en de functionaliteit van nabijgelegen windmolens. Daarnaast kunnen ook de visuele impact en de mogelijke verstoring van het landschap een rol spelen in de beoordeling.

Voor gemeenten zoals Hattem is het van belang om bij het uitvoeren van windvangonderzoeken nauw samen te werken met experts op het gebied van landschapsarchitectuur, cultuurhistorie en ruimtelijke ordening. Door multidisciplinaire teams in te schakelen, kunnen gemeenten een grondige en goed gefundeerde evaluatie van windvangonderzoeken garanderen, wat leidt tot weloverwogen beslissingen voor duurzame ontwikkeling en behoud van waardevol cultureel erfgoed.

1.3 Overige belangen

Het behoud van cultureel erfgoed, met in het bijzonder het behoud van windrecht voor historische molens, staat vaak op gespannen voet met maatschappelijke ontwikkeling en vooruitgang. Het unieke karakter en de historische waarde van windmolens maken ze van onschatbare waarde voor onze geschiedenis, identiteit en cultuur. Het behouden van het windrecht voor historische molens is van cruciaal belang om hun authentieke functie en betekenis te behouden.

Het windrecht van historische molens verwijst naar het recht om vrij en ongehinderd van wind te kunnen profiteren om te kunnen malen of andere functies uit te voeren. Dit recht was essentieel voor het functioneren van deze molens in vroegere tijden, en het behoud ervan is van groot belang om hun oorspronkelijke doel en karakter te behouden. Door het windrecht te beschermen, kunnen historische molens hun traditionele functie blijven vervullen en kunnen ze een tastbare link vormen met ons verleden.

Maatschappelijke ontwikkeling brengt echter vaak nieuwe uitdagingen met zich mee, zoals de bouw van moderne gebouwen, infrastructuur of andere projecten die de windvang van historische molens kunnen beïnvloeden. Het is van essentieel belang om deze ontwikkelingen zorgvuldig af te wegen tegen het behoud van het culturele erfgoed. Dit vereist een gebalanceerde benadering waarbij zowel de economische en sociale behoeften van de samenleving als de waarde van het cultureel erfgoed worden gerespecteerd.

Het vinden van een evenwicht tussen maatschappelijke ontwikkeling en het behoud van windrecht voor historische molens vereist een nauwe samenwerking tussen lokale gemeenschappen, beleidsmakers, erfgoedorganisaties en andere belanghebbenden. Het is belangrijk om de waarde van historische molens te erkennen en de potentiële impact van nieuwe ontwikkelingen op hun windvang zorgvuldig te onderzoeken.

Door te investeren in innovatieve technieken, zoals CFD-simulaties, kunnen we beter begrijpen hoe nieuwe bouwprojecten van invloed kunnen zijn op de windvang van historische molens. Dit geeft ons de mogelijkheid om op basis van objectieve gegevens weloverwogen beslissingen te nemen die de historische waarde van deze molens beschermen, terwijl we tegelijkertijd ruimte bieden voor maatschappelijke ontwikkeling en vooruitgang.

Het behoud van windrecht voor historische molens is niet alleen een kwestie van behoud van erfgoed, maar ook van het bewaken van ons collectieve verleden en het doorgeven van dit waardevolle erfgoed aan toekomstige generaties. Door cultureel erfgoed te koesteren en tegelijkertijd te streven naar verantwoorde maatschappelijke ontwikkeling, kunnen we een harmonieuze balans vinden tussen het verleden, het heden en de toekomst.

2. Aanpak

2.1 Onderzoeksmethodiek

Met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD)-software kan de luchtstroming rondom molen De Fortuin gesimuleerd worden. CFD is een krachtige numerieke simulatiemethode die de complexe luchtstromen en drukverdelingen rond een object, zoals een molen, in kaart brengt. Door nauwkeurige invoer van parameters, zoals terreinhoogte, terreinruwheid, windsnelheid, wrijvingscoëfficiënten, porositeit en hoogteverschillen, verkrijgt men een gedetailleerd en realistisch beeld van de werkelijke biotoop van de molen in diverse scenario's.

De CFD-simulaties leveren waardevolle gegevens op voor het onderzoek naar de invloed van het ontwikkelingsplan van Piedra Vastgoed op molen De Fortuin. Verschillende essentiële molen- en windtechnische aspecten worden hiermee berekend, waaronder windsnelheid, oppervlaktedruk, energieverlies als gevolg van turbulentie, en vermogen en energieopwekking. Deze maatstaven zijn cruciaal om te beoordelen of het ontwikkelingsplan een positief of negatief effect zal hebben op de windvang van de molen en haar functionaliteit.

Deze CFD-simulaties worden gevalideerd aan de hand van KNMI-metadata, waardoor de behaalde resultaten kunnen worden teruggerekend over de beschikbare urendata. Hiermee kan worden vergeleken hoe de gemodelleerde scenario's zich verhouden tot werkelijke metingen, waardoor een betrouwbaar inzicht ontstaat in de daadwerkelijke impact van obstakels op de luchtstroming rondom de molen.

Het uitvoeren van dit onderzoek met CFD-technieken en real-world data-analyse stelt ons in staat een objectieve beoordeling te maken van de gevolgen van het ontwikkelingsplan van Piedra Vastgoed. De resultaten bieden een wetenschappelijk onderbouwde basis voor de gemeente Hattem om te beslissen of het plan voldoet aan de biotoopregels en welke eventuele maatregelen genomen moeten worden om de molen te beschermen en haar cultureel erfgoed te behouden. Zo kan het rijke historische karakter van molen De Fortuin gewaarborgd blijven voor toekomstige generaties.

2.2 Scenario's

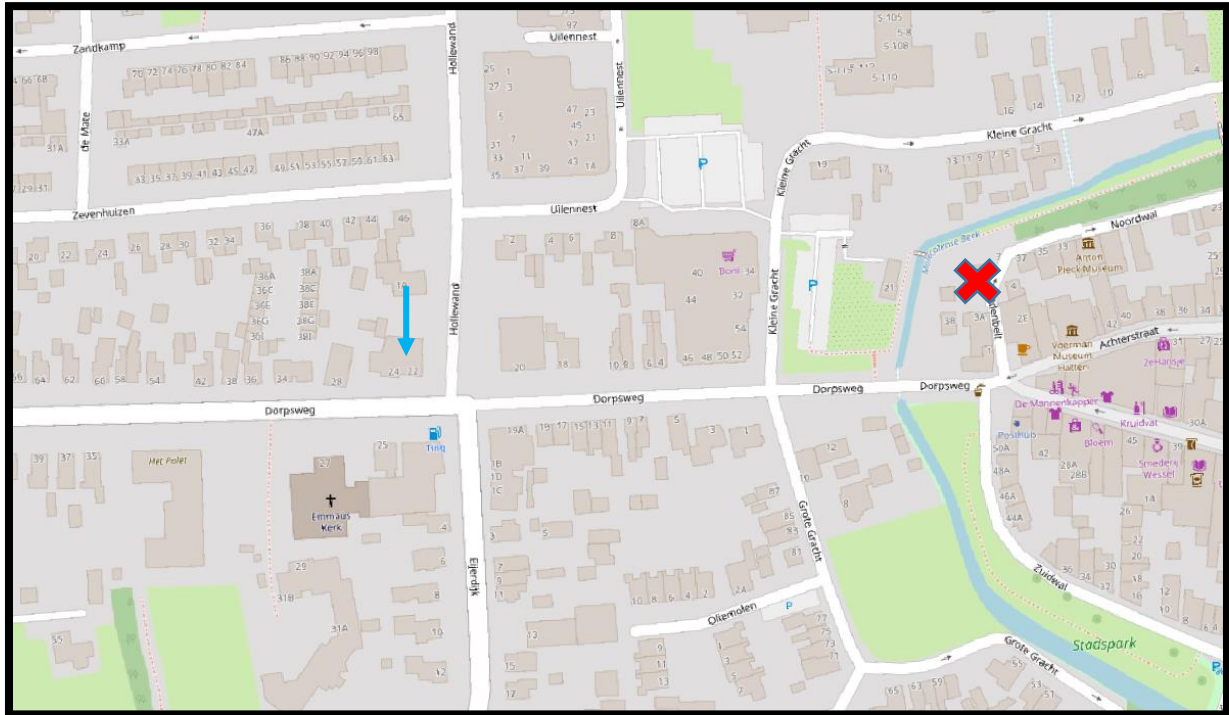
In het onderzoek zijn drie scenario's doorgerekend:

0. Nul-situatie: In deze situatie wordt rekening gehouden met het omliggende terrein en ruwheidsfactoren. Er zijn geen gebouwen of bomen in de directe omgeving. Hiermee wordt een nulmeting gecreëerd om de huidige omstandigheden te begrijpen.
1. Huidige situatie: Hierbij zijn de werkelijke gebouwen binnen een straal van circa 1 vierkante kilometer gemodelleerd, om een realistisch beeld te krijgen van de huidige omgeving van de molen. Dit scenario dient als referentiepunt voor de vergelijking met de voorgenomen situatie.
2. Voorgenomen bouwproject: In dit scenario is het voorgenomen pand aan de Dorpsweg in het model geplaatst om de verschillen en effecten op de windvang van de molen nauwgezet te bepalen.

Alle bovengenoemde scenario's zijn doorgerekend met behulp van CFD-software. CFD-simulaties bieden de mogelijkheid om nauwkeurige invoergegevens te modelleren. Hierdoor wordt een realistisch en gedetailleerd beeld verkregen van de werkelijke biotoop van de molen in de verschillende scenario's.

De resultaten van de CFD-simulaties zijn geanalyseerd met behulp van rekentools die door EAGM zijn ontwikkeld. Hiermee kunnen de effecten op de windsnelheid, oppervlaktedruk, energieverlies als gevolg van turbulentie, en vermogen en energieopwekking zorgvuldig worden beoordeeld. De analyse biedt een inzicht in de potentiële impact van het voorgenomen bouwproject op de molen De Fortuin.

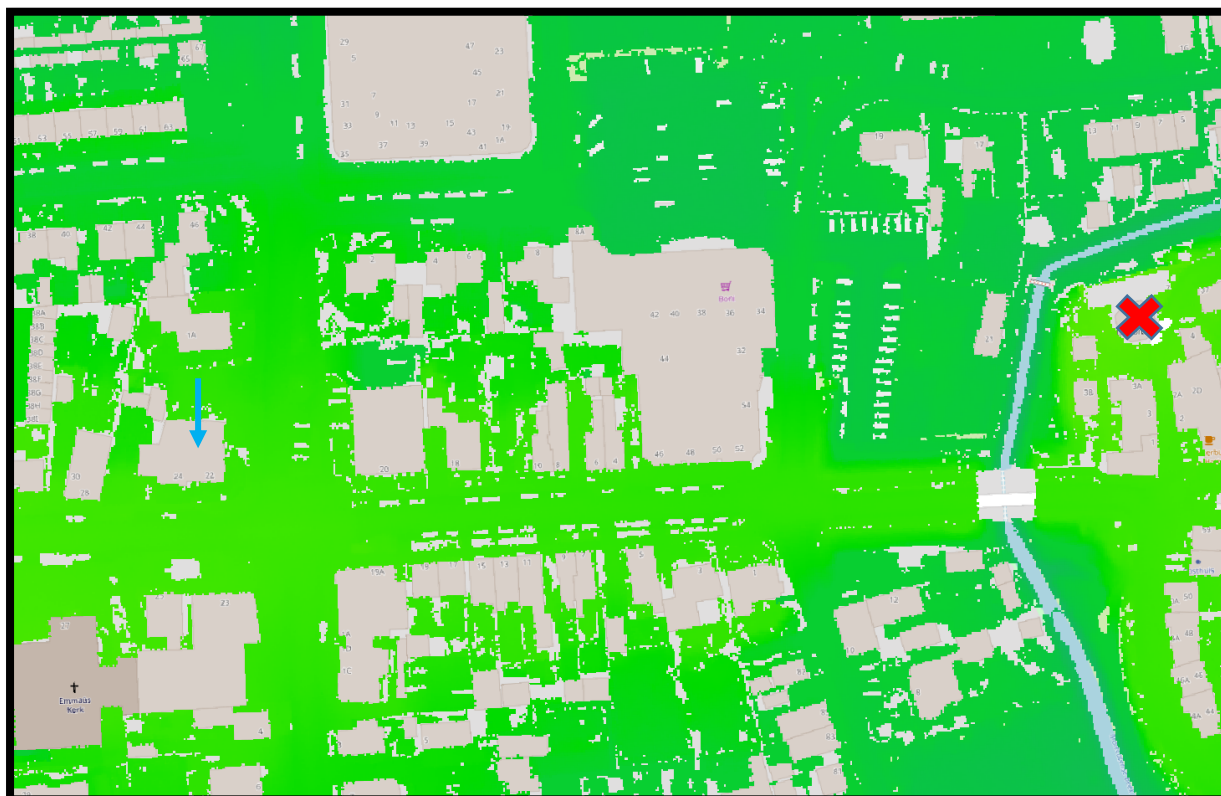
3. Overzicht van de bouwplannen



De molen (rode kruis) en de ontwikkelingslocatie aan de Dorpsweg 22-24 (blauwe pijl). De afstand tussen de molen en de bouwlocatie is circa 215 meter. De kaart is zuiver noord georiënteerd.



De kadastrale kaart van de omgeving ten westen van de molen.



Terreinhoogte model van de omgeving ten westen van de molen.



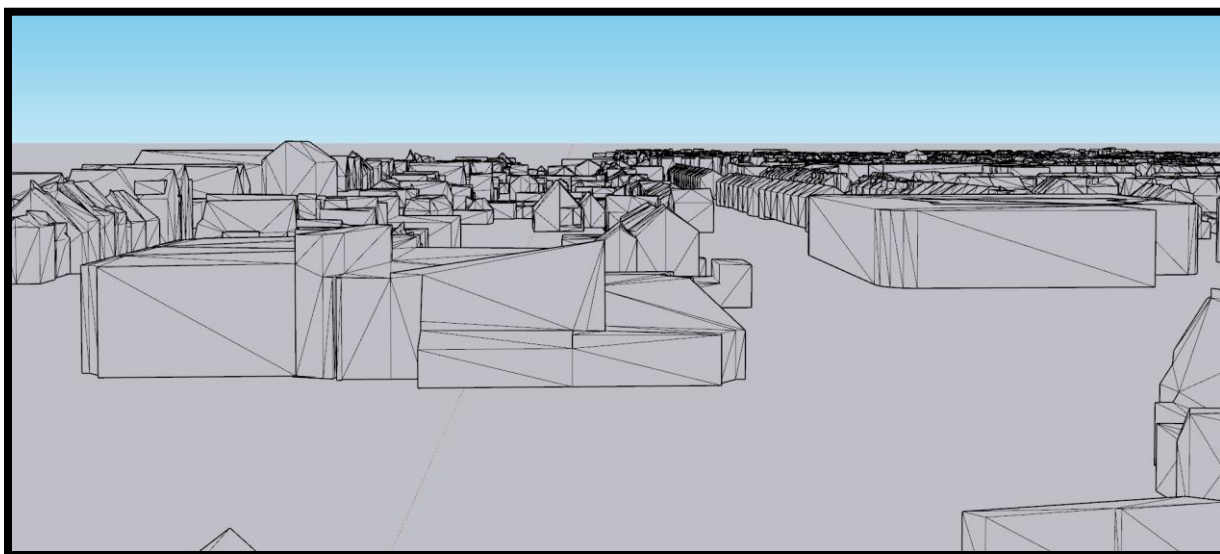
Infraroodsatellietfoto waarop de begroeiing in de directe omgeving ten westen van de molen duidelijk zichtbaar wordt.



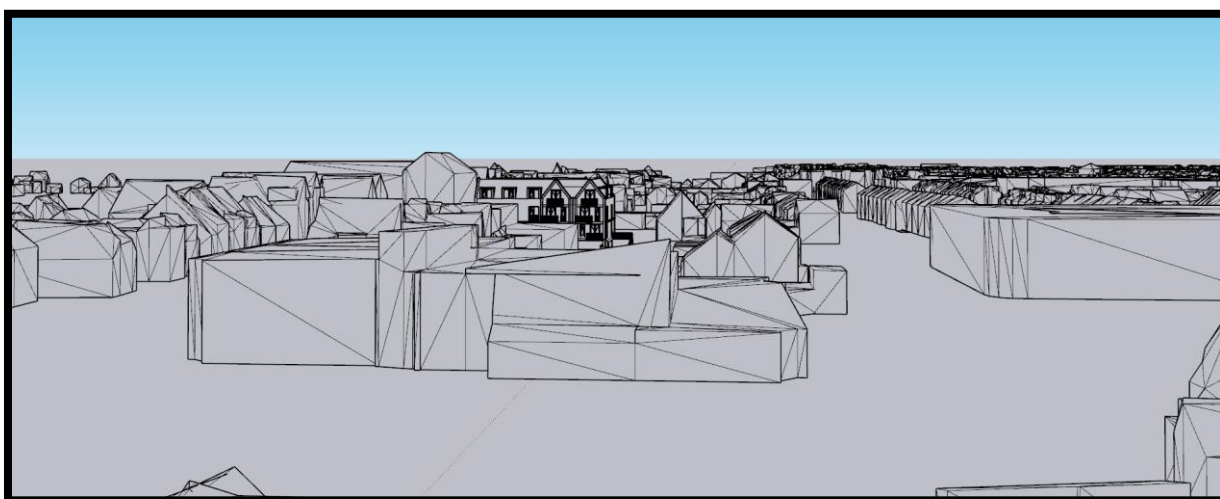
*De bestaande panden aan de Dorpsweg 22-24. Hoogte boven begane grond niveau circa 6,60 meter.
(bron: Google Street View)*



*Sfeerimpressie van het voorgenomen pand. Maximale hoogte boven begane grond niveau = 10,42
meter. Getekend door Boxxis Architecten te Barneveld.*



De bebouwing in de huidige situatie, gezien vanaf de stelling van de molen. Kijkrichting circa 260°.



De bebouwing in de nieuwe situatie, gezien vanaf de stelling van de molen. Kijkrichting circa 260°.

3. Windregime Hattem

3.1 Data

Voor het bepalen van het windregime is gebruik gemaakt van de triangulatiemethode, waarbij de weerstations van Heino, Marknesse en Deelen als driehoekspunten zijn gebruikt. Deze stations zijn gewogen op respectievelijk 55%, 29% en 16% om de invloed van elk station in het windregime nauwkeurig te kunnen bepalen. De periode die in beschouwing is genomen, omvat de jaren 2011 tot 2020, waarbij specifiek de dagelijkse urendata van 08:00 uur tot 18:00 uur zijn geselecteerd, wat resulteert in totaal 40.183 meetmomenten per station.

Het gebruik van winddata uit de avonduren voor het beoordelen van windregimes overdag kan een vertekend beeld geven van de werkelijkheid. Dit komt omdat de windcondities 's nachts vaak anders zijn dan overdag. Historische windmolens waren doorgaans voornamelijk overdag in bedrijf, en daarom is het van groot belang om de windgegevens te baseren op de tijdstippen waarop de molen daadwerkelijk actief was.

De windsnelheid en -richting kunnen variëren gedurende de dag, afhankelijk van de weersomstandigheden, temperatuurverschillen en andere factoren. Overdag is er vaak meer thermische activiteit, wat kan leiden tot veranderingen in het windpatroon.

Door gebruik te maken van winddata uit de avonduren, die doorgaans een ander windpatroon vertonen dan overdag, kunnen de berekende windregimes onnauwkeurig zijn. Dit kan resulteren in verkeerde conclusies over de potentiële energieopwekking en werking van molens.

Echter, er is een belangrijke uitzondering op deze regel, namelijk poldermolens. Deze molens hadden een vitale rol in het beheersen van het waterpeil in polders, en daarom moesten ze vaak ook 's nachts malen.

Met behulp van de KNMI temperatuur- en luchtdrukdata is de luchtdichtheid voor elk uur berekend, waardoor het vermogen per vierkante meter windoppervlak kon worden vastgesteld. De triangulatiemethode biedt een betrouwbare en nauwkeurige benadering om het windregime te bepalen, wat van cruciaal belang is voor verdere analyses en ontwerpbeslissingen in het kader van het onderzoek.

Het gebruik van zo kort mogelijke tijdseenheden bij het berekenen van het windregime is essentieel vanwege de significante impact van windsnelheid op het vermogen van wind. Windvermogen neemt namelijk toe met de derde macht van de windsnelheid.

Wanneer de windsnelheid stijgt, neemt het vermogen disproportioneel toe¹. Zelfs kleine veranderingen in de windsnelheid kunnen dus aanzienlijke gevolgen hebben voor het totale vermogen dat kan worden opgewekt. Om een nauwkeurig beeld te krijgen van het windregime en het potentiële energiepotentieel, is het cruciaal om de windsnelheid met grote precisie te meten en te berekenen.

Door met korte tijdseenheden te werken, bijvoorbeeld urengegevens, kunnen we een gedetailleerder inzicht krijgen in de variabiliteit van de windsnelheid gedurende de dag. Dit stelt ons in staat om piekmomenten en trends te identificeren en een betrouwbaar gemiddeld windregime vast te stellen.

Het windregime en de windsnelheid op het wiekenkruis worden bepaald aan de hand van het log windprofiel. Het log windprofiel is een belangrijk concept in de windenergie dat de verandering van de windsnelheid met hoogte beschrijft.

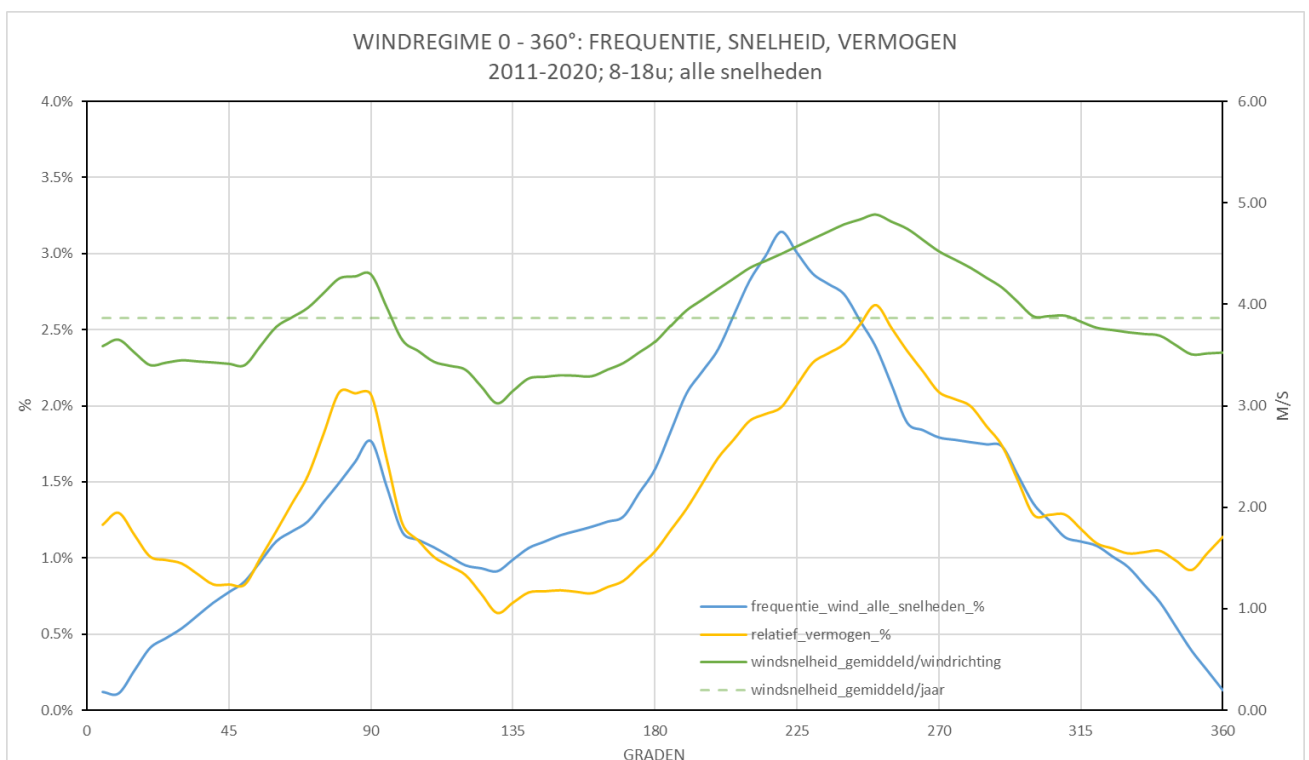
Volgens het log windprofiel neemt de windsnelheid toe naarmate men hoger boven het aardoppervlak komt. Dit komt door wrijvingskrachten tussen de lucht en het aardoppervlak, waardoor de

¹ $P = 1/2(m^2 \cdot \rho \cdot V^3 \cdot \eta)$

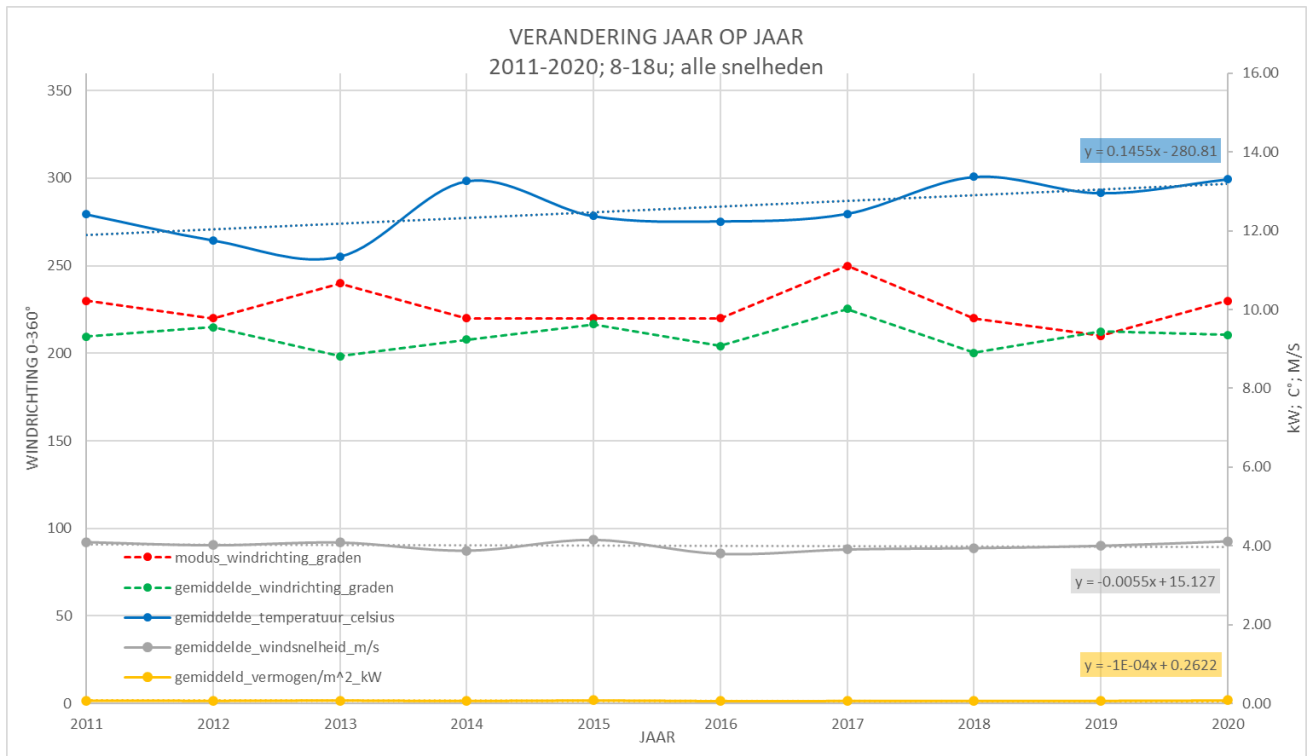
windsnelheid dicht bij de grond relatief laag is. Naarmate de hoogte toeneemt, neemt de invloed van deze wrijvingskrachten af en wordt de windsnelheid geleidelijk hoger.

Voor het bepalen van het windregime en de windsnelheid op het wiekenkruis wordt gebruik gemaakt van meetgegevens van op 10 meter (KNMI). Deze gegevens worden vervolgens in een logaritmische vergelijking geplaatst om het log windprofiel te schatten. Door deze vergelijking te extrapoleren naar de hoogte van de (verticale) wiekenkruisdiameter kan de windsnelheid op die specifieke hoogte worden berekend.

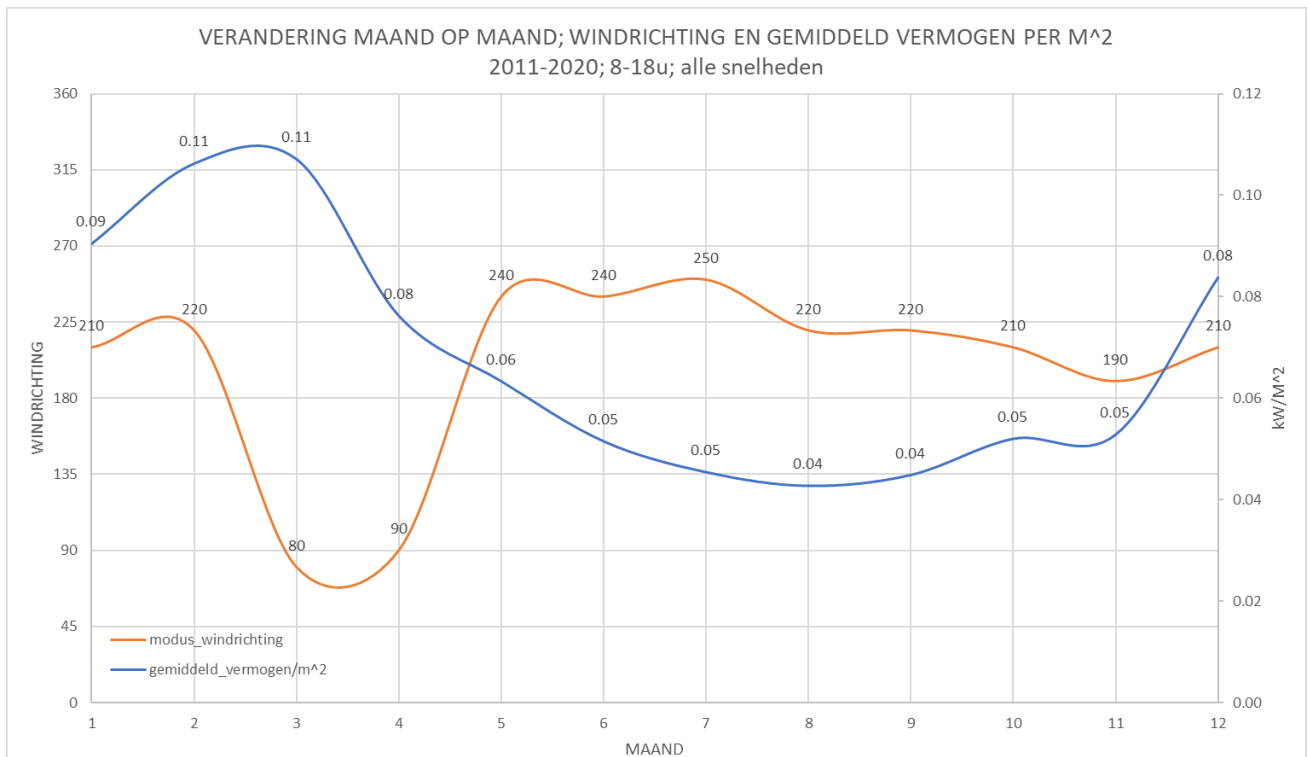
Het is van cruciaal belang om het windregime en de windsnelheid op het wiekenkruis nauwkeurig te bepalen. De windsnelheid op dit punt is namelijk van invloed op de energieopbrengst. Hoe hoger de windsnelheid op de wieken, des te meer energie kan worden opgewekt.



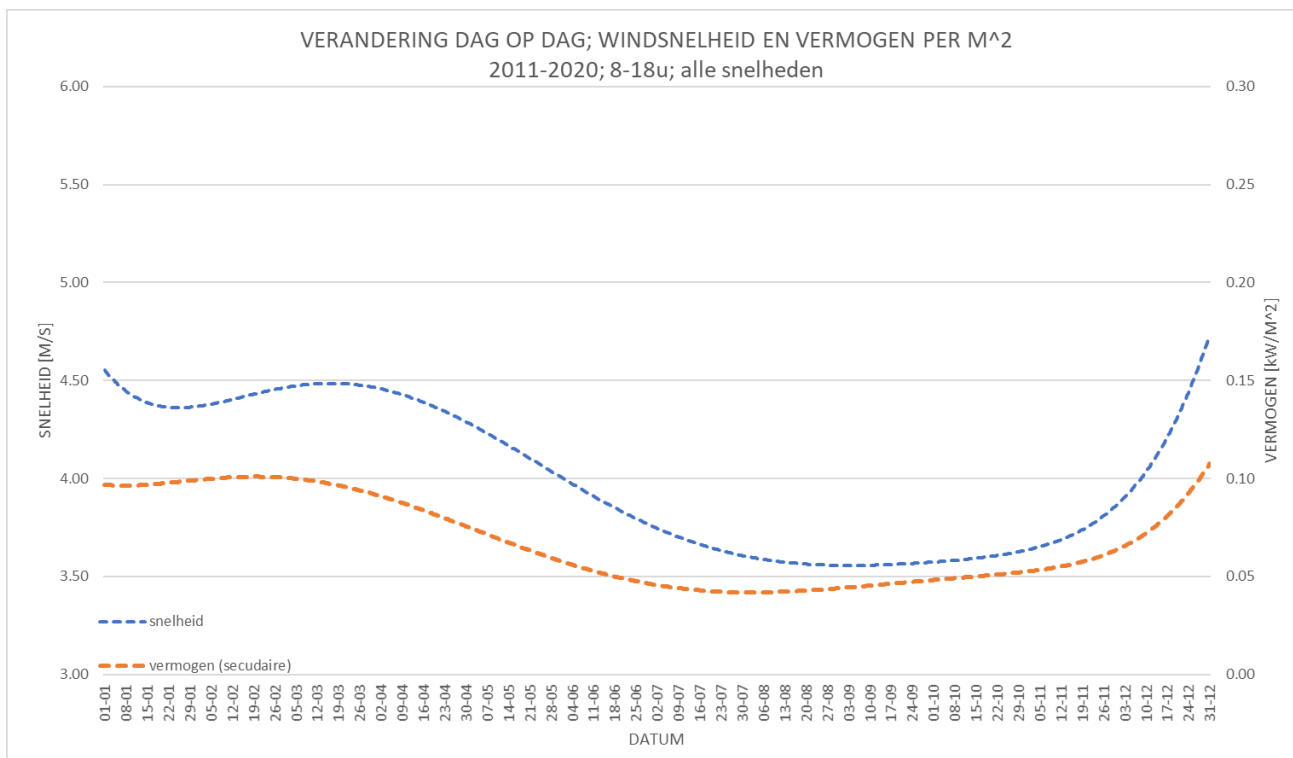
Grafiek 1: de frequentie, windsnelheid en vermogen over een gemiddeld jaar verdeeld over de windroos (360°, X-as). 220° is de windrichting met de meeste wind. De windhoek 250° daarentegen heeft de 'sterkste' wind.



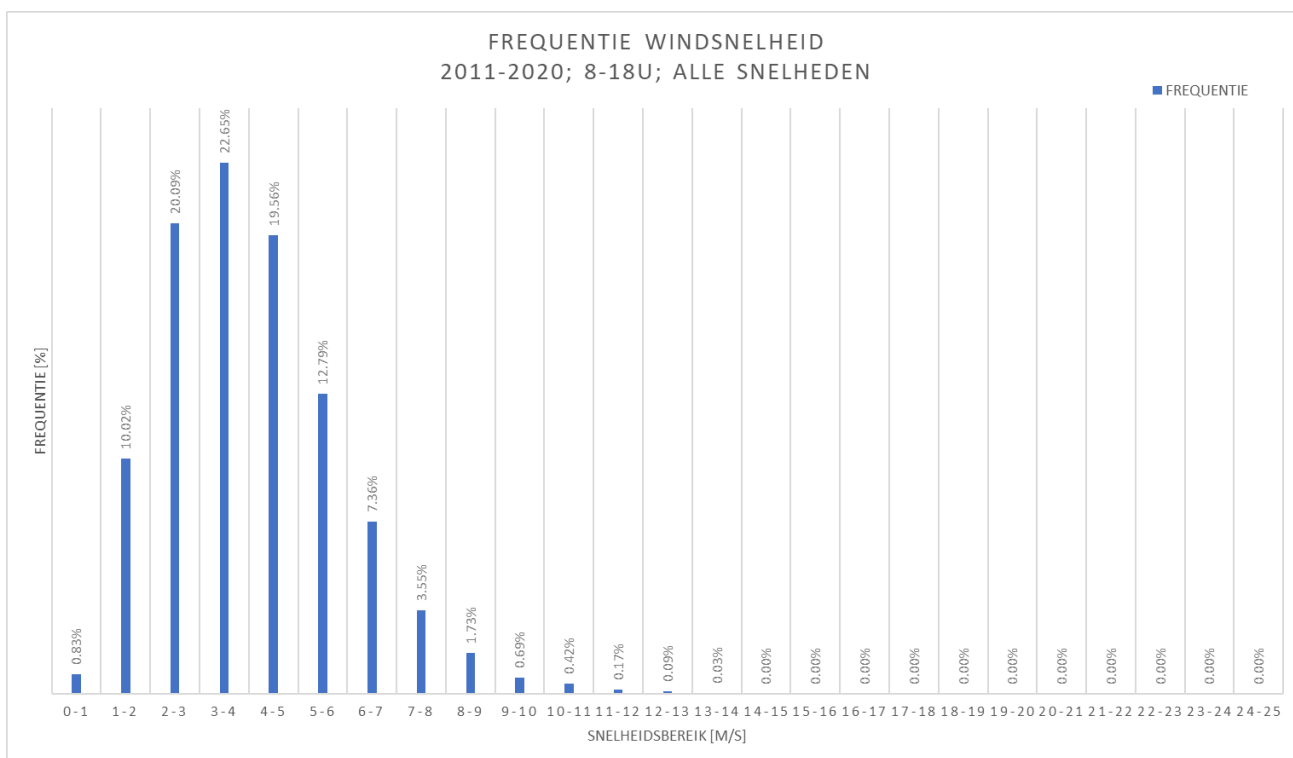
Grafiek 2: veranderingen jaar op jaar. [modus van de windrichting; gemiddelde windrichting; gemiddelde temperatuur; gemiddelde windsnelheid; gemiddeld vermogen]



Grafiek 3: veranderingen maand op maand, gezien over een gemiddeld jaar. [modus windrichting; gemiddeld vermogen/m²]. De wind is sterker in de wintermaanden (koude lucht is zwaarder; meer massa = meer vermogen). In het voorjaar draait het wind naar het oosten, maar komt voornamelijk uit het zuidwesten.



Grafiek 4: veranderingen dag op dag, gezien over een gemiddeld jaar. [snelheid; vermogen].



Grafiek 5: relatieve frequentie van alle windsnelheden. +/- 60% van alle wind in Hattem, op 10 meter hoogte, varieert tussen 2 – 5 m/s.

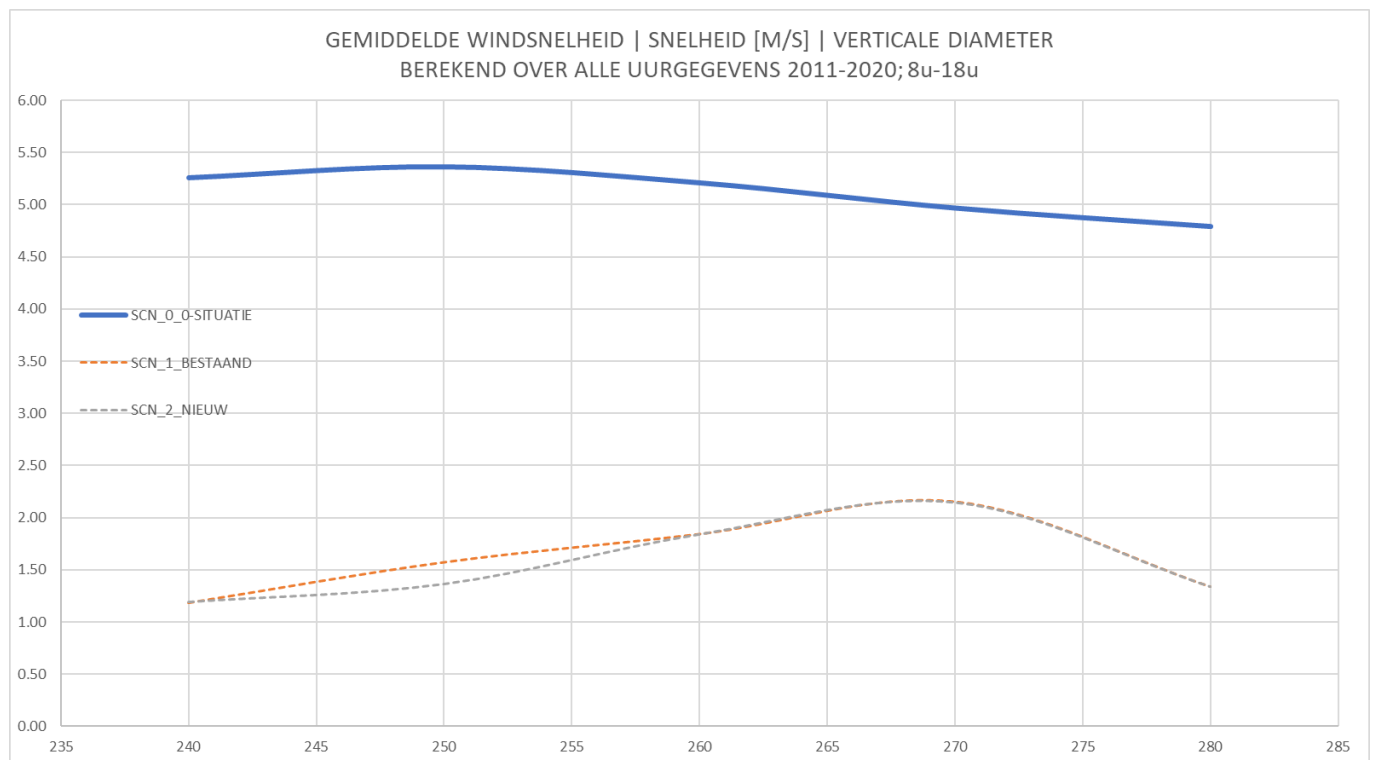
4. Resultaten

4.1 Grenzen

De locatie Dorpsweg 22-24 bevindt zich tussen circa 261°-268° ten opzichte van de molen. Hoewel de invloed van het object op de luchtstroming zich voornamelijk in dit gebied manifesteert, is het belangrijk op te merken dat het niet beperkt is tot specifiek deze windhoek. Om dit invloedsgebied nauwkeurig te bepalen, zijn rekenmodellen en CFD-analyses gebruikt, waardoor de grenzen van de invloed van het object in kaart zijn gebracht.

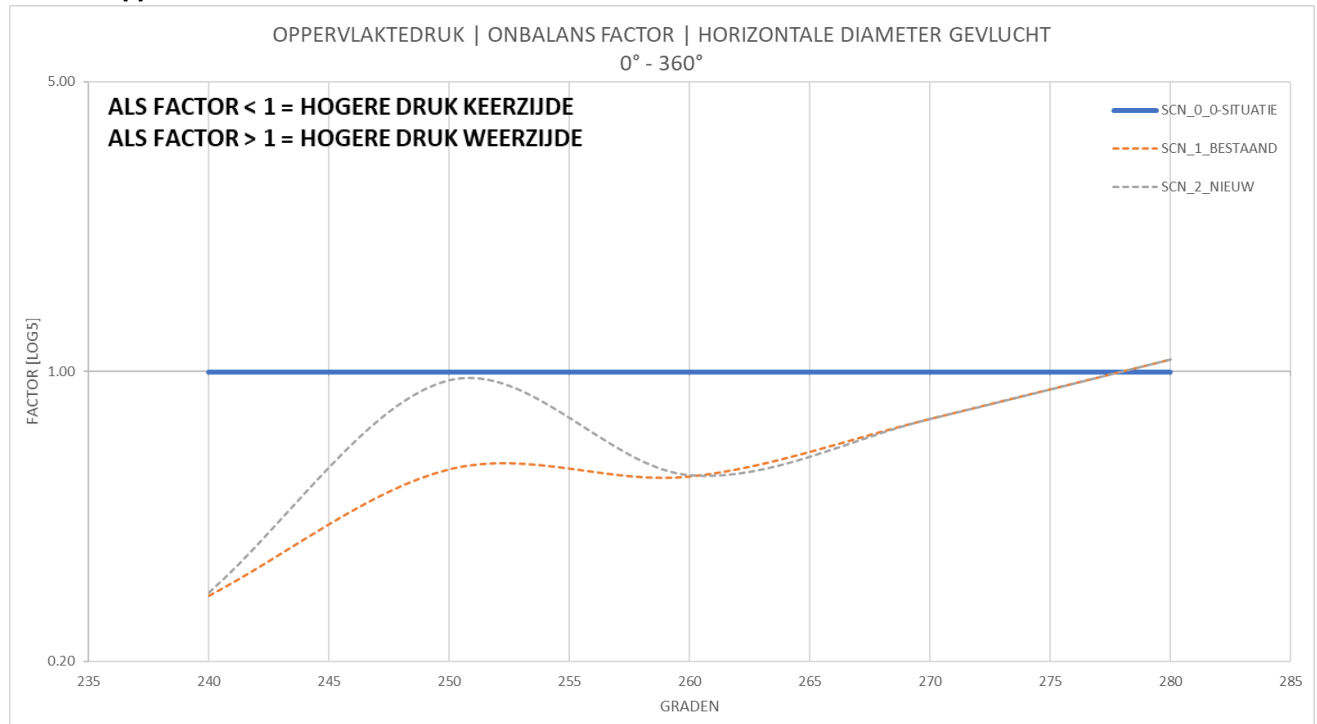
De uiterste grenzen van het 'invloedsgebied' zijn vastgesteld op 240°-280°. Het verschil in grenzen tussen het zuidelijke en noordelijke deel van het object wordt veroorzaakt door de topografie en de opbouw van het dorp, waarbij wegen fungeren als windcorridors. Deze factoren hebben invloed op de luchtstroming en verklaren de ongelijkheid in het invloedsgebied rondom het object.

4.2 Windsnelheid

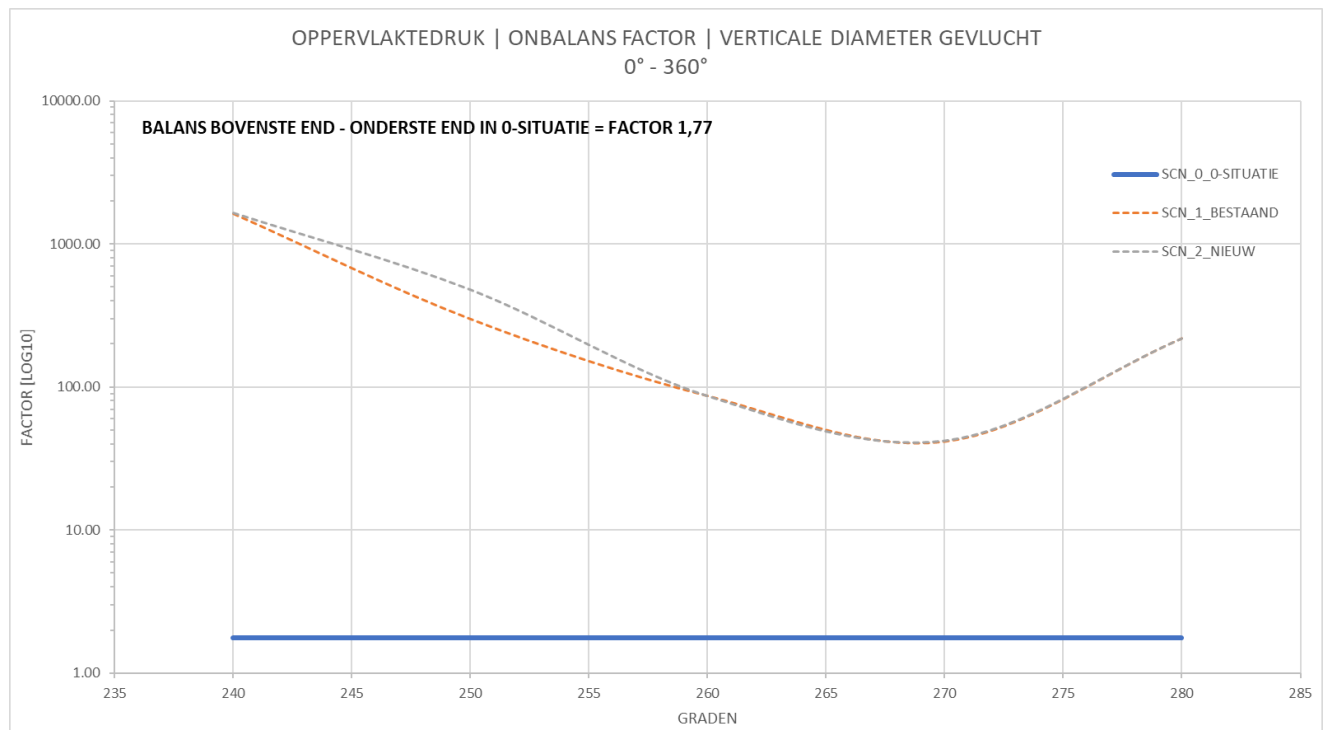


Grafiek 6: de windsnelheid in de drie scenario's, tussen 240°-280°. De doorgetrokken blauwe lijn is de nul-situatie. De oranje stippellijn is de bestaande/huidige situatie. De grijze stippellijn is de nieuwe situatie. Het nieuwbouwpand belemmert de windsnelheid enigszins in de hoek 240°-260° als gevolg van toegenomen wrijving ten noorden van de open windcorridor, de Dorpsweg.

4.3 Oppervlakedruk

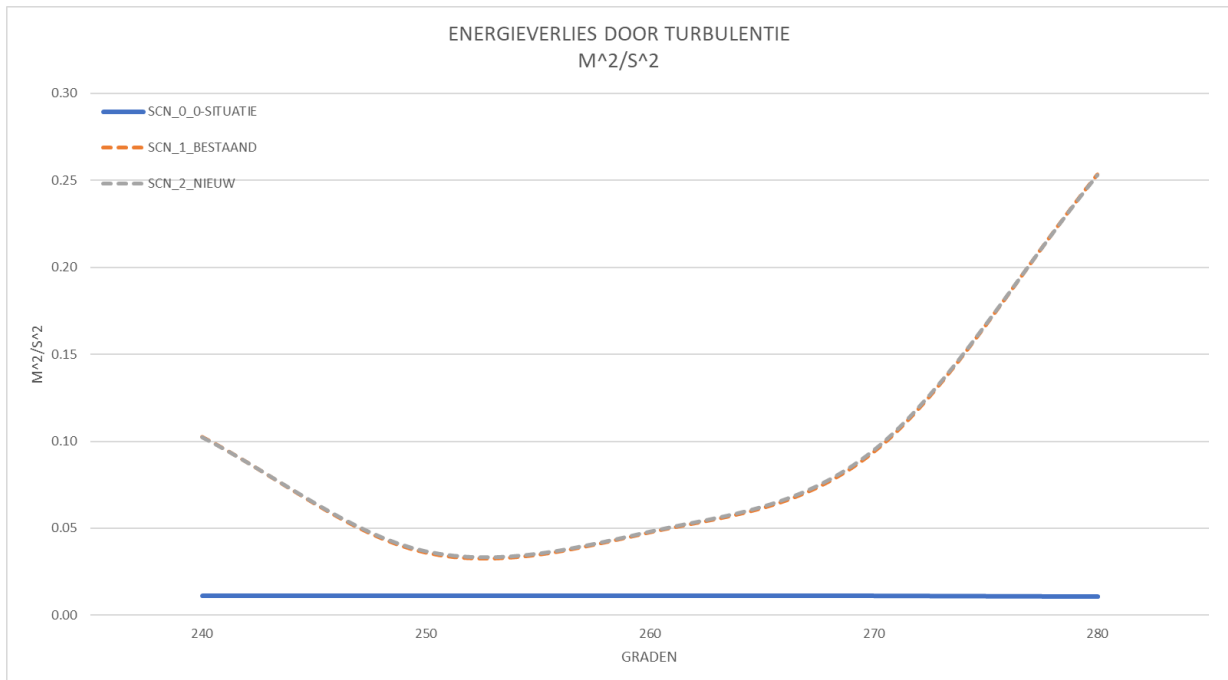


Grafiek 7: de verdeling van de oppervlakedruk over de horizontale diameter van het wiekenkruis. In de voorgenomen situatie is de balans gunstiger dan in de huidige situatie.



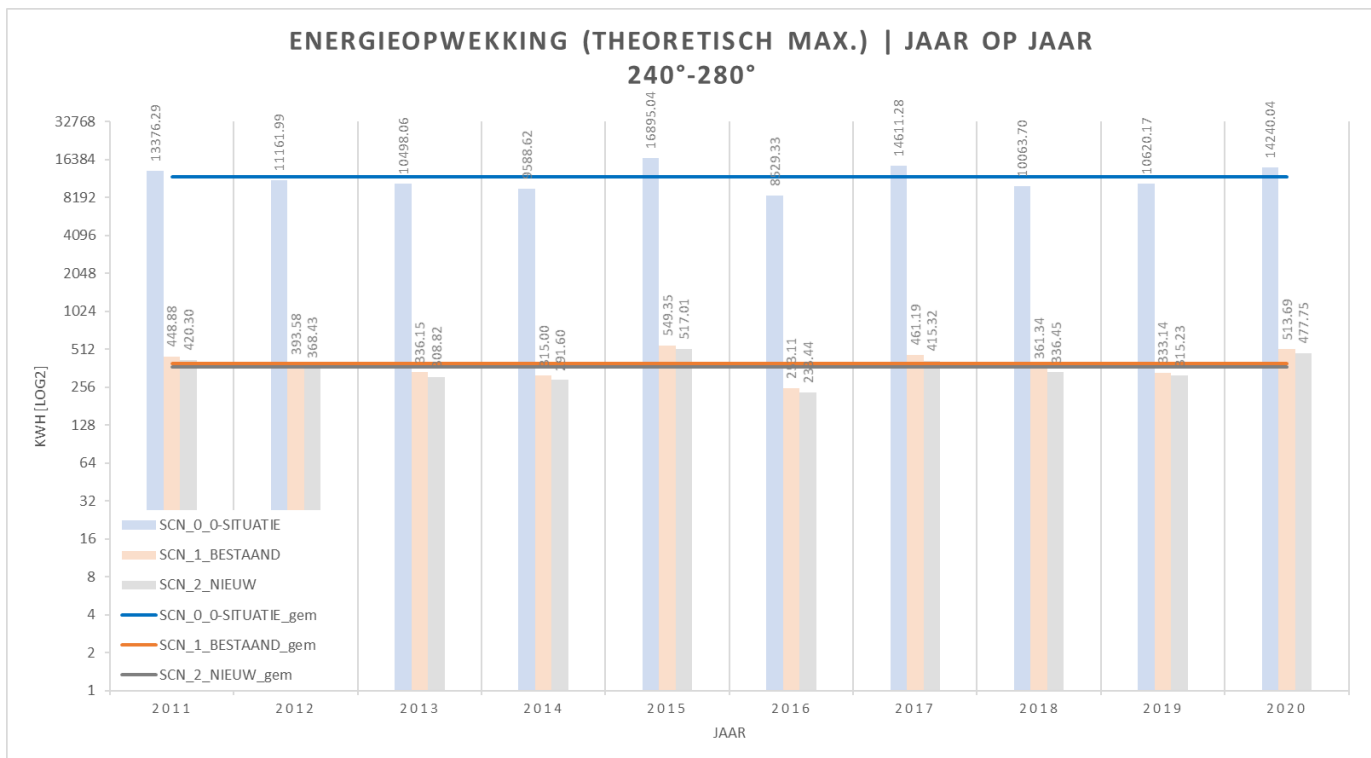
Grafiek 8: Dezelfde grafiek, maar nu gericht op de verticale diameter. Hier toont de voorgenomen situatie zich ongunstiger in vergelijking met de huidige situatie. De Y-as heeft een Log10-schaal. Op de hoek van 240°, zowel in de huidige als de voorgenomen situatie, ervaart het bovenste uiteinde van het wiekenkruis een druk die circa 2000 keer groter is dan die aan het onderste uiteinde.

4.4 Energieverlies



Grafiek 9: energieverlies als gevolg van turbulentie. Het verschil tussen de huidige en de voorgenomen situatie is vrijwel nihil.

4.5 Energieopwekking



Grafiek 10: energieopwekking (askop; $\eta=0.30$; van Bussel), teruggerekend over de werkelijke urendata per jaar. Y-as op basis van Log2. Uit de windhoek 240°-280° wordt het theoretisch maximum dat de molen kan opwekken in de voorgenomen situatie gereduceerd met (gemiddeld) 7% ten opzichte van de huidige situatie.

5. Conclusie

5.1 Samenvatting

Dit rapport, uitgevoerd door EAG Monuments in opdracht van Piedra Vastgoed C.V., presenteert een analyse van de invloed van het voorgenomen ontwikkelingsplan voor de locatie aan de Dorpsweg 22-24 op molen "De Fortuin" in Hattem. Het onderzoek heeft als doel om de impact van het plan op de windvang van de molen te evalueren, met speciale aandacht voor de historische waarde en functionaliteit van de molen. Hieronder volgt een samenvatting van de belangrijkste bevindingen en conclusies.

5.2 Maatstaven en impact

Het onderzoek heeft zich gericht op verschillende maatstaven, waaronder windsnelheid, oppervlaktedruk, energieverlies door turbulentie, vermogen en energieopwekking. Deze maatstaven zijn essentieel om de potentiële effecten van het ontwikkelingsplan op de molen te beoordelen.

5.3 Windregime

Het rapport benadrukt het belang van het nauwkeurig vaststellen van het windregime voor de molenlocatie. Met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD)-simulaties en historische KNMI-winddata is het windregime bepaald. Hieruit blijkt dat de gemiddelde windsnelheid in de voorgenomen situatie afneemt ten opzichte van de huidige situatie, met uitzondering van enkele specifieke windrichtingen.

5.4 Oppervlaktedruk

Het rapport illustreert dat er een aanzienlijke onbalans is in de oppervlaktedruk over het wiekenkruis van de molen, vooral in de huidige situatie. In de voorgenomen situatie is er een gunstigere balans over de horizontale diameter ten opzichte van de huidige situatie.

5.5 Energieverlies en -opwekking

De analyse laat zien dat er vrijwel geen verschil is in energieverlies als gevolg van turbulentie tussen de huidige en voorgenomen situatie. Echter, het vermogen en de energieopwekking van de molen zouden in de voorgenomen situatie gemiddeld met 7% kunnen afnemen ten opzichte van de huidige situatie.

5.6 Algemeen

Over het algemeen kan geconcludeerd worden dat de windvang van de molen in de huidige situatie aanzienlijk beperkt is binnen het onderzoeksgebied, in vergelijking met de nul-situatie. In bepaalde omstandigheden kan de verstoring van de luchtstroming, met name de onevenwichtigheid in de luchtdruk over het wiekenkruis, potentieel risicovol zijn.

Hoewel het voorgenomen plan naar verwachting geen aanzienlijke verslechtering teweeg zal brengen, noch een gevaarlijkere situatie zal veroorzaken, toont dit onderzoek aan dat het voorgenomen ontwikkelingsplan mogelijk een negatieve invloed heeft op de windvang, energieopwekking en functionaliteit van molen "De Fortuin".

Het rapport biedt inzichten en aanbevelingen die als basis kunnen dienen voor de gemeente Hattem om weloverwogen beslissingen te nemen. Zo kunnen ze het culturele erfgoed beschermen en tegelijkertijd ruimte bieden voor duurzame ontwikkeling.