

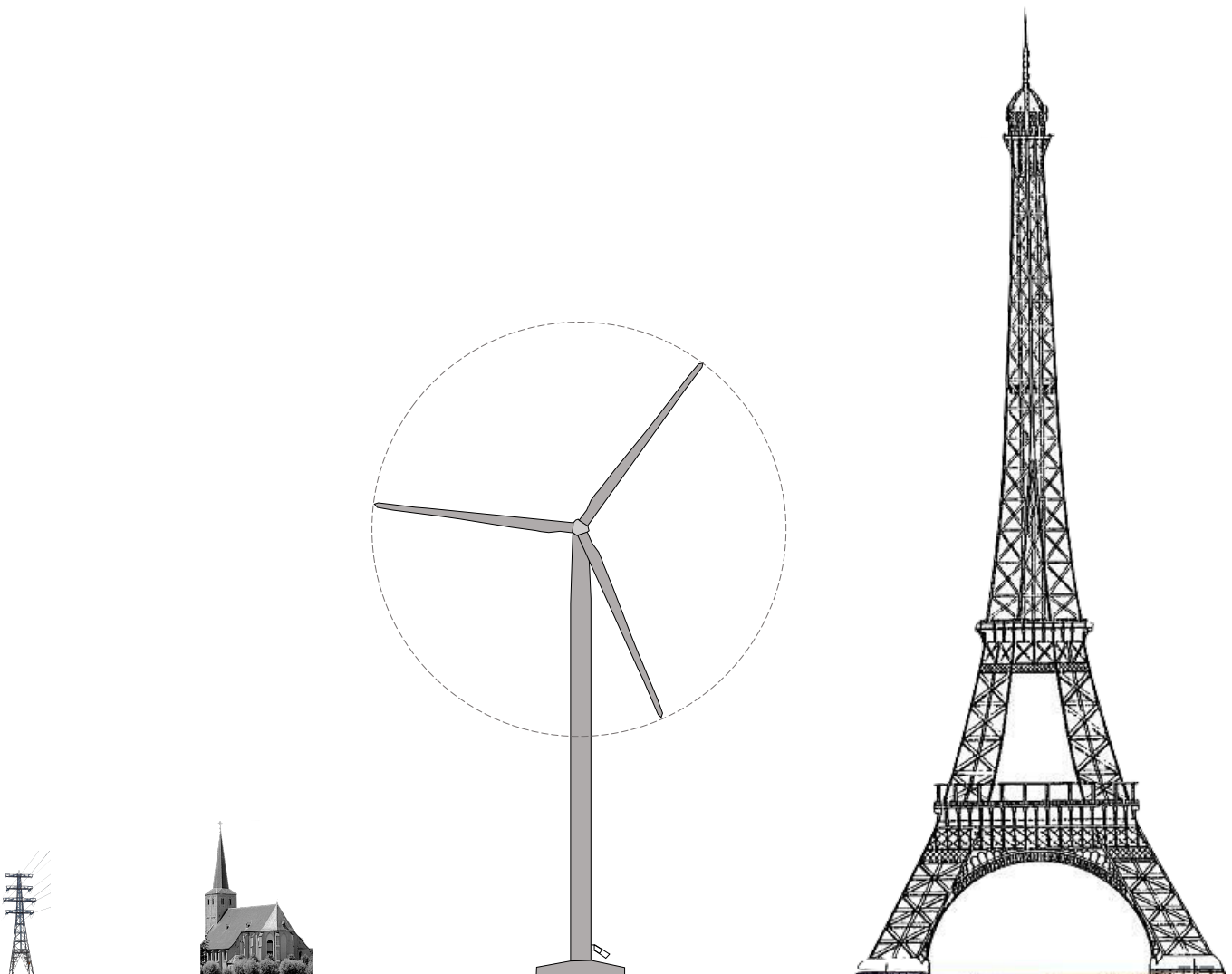
Hoe hoog is hoog?

Het is nog lang niet zeker dat er in het kader van de Regionale Energie Strategie (RES) windmolens op de Voorsterklei worden geplaatst. Maar als ze er komen, dan ziet het er naar uit dat deze molens hoog zullen worden. Vattenfall, de energieproducent die interesse heeft getoond om molens op de Voorsterklei te gaan bouwen en exploiteren, zegt uit te gaan van een mast van 150 meter en wieken van 70 meter. Als de wieken draaien, beschrijven deze een cirkel met een diameter van 140 meter, waarvan de helft boven de mast uitsteekt. Het hoogste punt van deze cirkel is de tiphoogte; in dit geval dus gelijk aan $150 + 140/2 = 220$ meter. Dit lijkt een ondergrens. Er is namelijk een tendens om de molens zo hoog als technisch mogelijk te maken omdat de energieopbrengst met de hoogte sterk toeneemt. Een tiphoogte in de richting van 250 meter lijkt dan niet uitgesloten. Bovenop de mast (dus op 150 meter hoogte) komt er een licht dat vooral 's nachts maar soms ook overdag brandt. Dit licht kan wit of rood zijn en kan al of niet knipperen.

Dit zijn objectieve maten. Maar hoe moet je je hiervan een voorstelling maken? Hieronder drie methoden om dat te doen.

A. Vergelijking met hoge objecten in de omgeving.

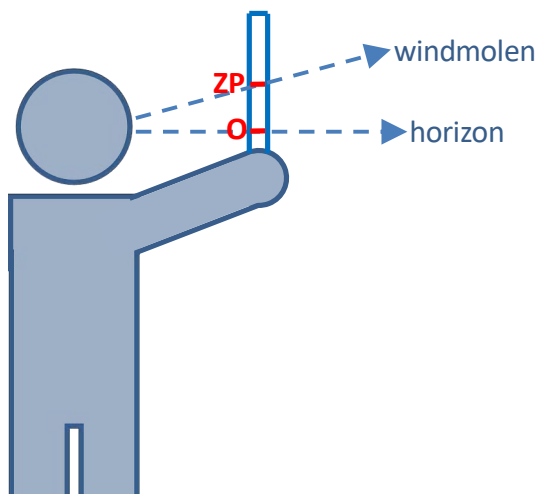
Hoge objecten op of nabij de Voorsterklei zijn de hoogspanningsmasten (30 - 35 meter) en de kerk van Voorst (ongeveer 50 meter). Diegenen die ooit in Parijs zijn geweest, kennen waarschijnlijk de Eiffeltoren van nabij (324 meter). Wanneer dit op schaal wordt gezet met een windmolen met een tiphoogte van 220 meter, ziet dit er zo uit.



B. Gebruik van een maatstok

Wanneer een nauwkeuriger indruk van de hoogte van de voorgestelde windmolens is gewenst, kan een zelfgemaakte maatstok worden gebruikt. Hiervoor heb je nodig pen en papier, een liniaal, een rekenmachine en een stok van ongeveer 50 centimeter lengte.

1. Op de laatste pagina hieronder staat een topografische kaart van de Voorsterklei. Hierin zijn ingetekend de 7 locaties die de energieproducent in gedachten heeft voor het plaatsen van windmolens¹. Print deze kaart.
2. De vierkanten op de kaart vertegenwoordigen een lengte en breedte van 1000 meter. Meet met een liniaal een van de zijden van zo'n vierkant (bijvoorbeeld: 3.8 centimeter). Bereken hiermee de schaal S van de kaart in meter/ centimeter (in dit geval: $S = 1000 / 3.8 = 263$ meter/ centimeter).
3. Kies op de kaart het uitkijkpunt P (bijvoorbeeld de eigen woning) en een van de voorgestelde molens. De locatie van deze molen is Q.
4. Meet op de kaart de afstand tussen P en Q (als voorbeeld: 4.5 centimeter). Bereken met behulp van S de afstand in het veld A tussen P en Q (in het voorbeeld: $4.5 * 263 = 1184$ meter).
5. Bepaal op de kaart ook de windrichting vanaf het uitkijkpunt P naar Q.
6. We nemen aan dat de voorgestelde molen een tiphoogte TH heeft van 220 meter. Deel TH door A, en druk dit uit als een percentage. Dit is de hellinggraad H (in het voorbeeld: $TH / A = 220 / 1184 = 18.6\%$). Nu kan de maatstok worden gemaakt.
7. Neem de stok van ongeveer 50 centimeter lengte.
8. Teken onderaan de stok een streep. Dit is de horizonstreep O.
9. Meet de lengte L van je arm – van schouder tot vuist – als je deze gestrekt naar voren houdt (bijvoorbeeld: 70 centimeter).
10. Bereken het zichtpunt op de maatlat ZP door H te vermenigvuldigen met L (in het voorbeeld: $ZP = 18.6\% * 70 = 13.0$ centimeter). Meet de waarde van ZP af op de maatstok vanaf het punt O en zet hier een tweede streep. Hiermee is de maatstok gereed.
11. Ga naar het uitkijkpunt en bepaal vanuit hier de windrichting naar de voorgestelde molen. Dit kan met een kompas; de meeste smartphones hebben een ingebouwd kompas.
12. Neem de maatstok onder streep O en houd de stok *verticaal* en *met gestrekte arm* in deze windrichting. Zie het plaatje.
13. Zet punt O op de horizon
14. Kijk vervolgens langs het zichtpunt ZP. Dit geeft een vrij nauwkeurig beeld van de tiphoogte van de voorgestelde molen vanaf het uitkijkpunt.



¹ Twee van de 7 locaties vallen net buiten de kaart en liggen tussen Gietelo en Busslo op de Nijenkler Klei.

Opmerkingen bij B.

- a) Omdat het zichtpunt ZP wordt berekend met de armlengte L die van persoon tot persoon varieert, is de maatstok persoonlijk en kan niet zonder meer tussen personen worden uitgewisseld.
- b) De berekening kan worden herhaald voor andere voorgestelde locaties. Daarmee veranderen de waarden voor Z, H en ZP en de windrichting waarin gekeken moet worden.
- c) De zichtbaarheid van het rode licht aan de bovenkant van de mast kan worden ingeschat door de berekening te herhalen met een TH van 150 meter.
- d) De maatstok geeft nog een redelijk beeld op korte afstand van het uitkijkpunt P. Een maat hiervoor is 5% van de afstand A (in het voorbeeld is de maatstok dan nog redelijk betrouwbaar op een afstand van $5\% \cdot 1184 = 59$ meter rond het uitkijkpunt).

C. De bestaande windmolens bij Zutphen als referentie

Wanneer er een vrij zicht is op de bestaande molens bij Zutphen dan kunnen deze als referentie worden gebruikt om een beeld te vormen hoe hoog de voorgestelde molens boven de horizon zullen uitsteken. In deze methode is het niet nodig om een maatstok te maken. Wel moeten van tevoren de berekeningen worden gemaakt.

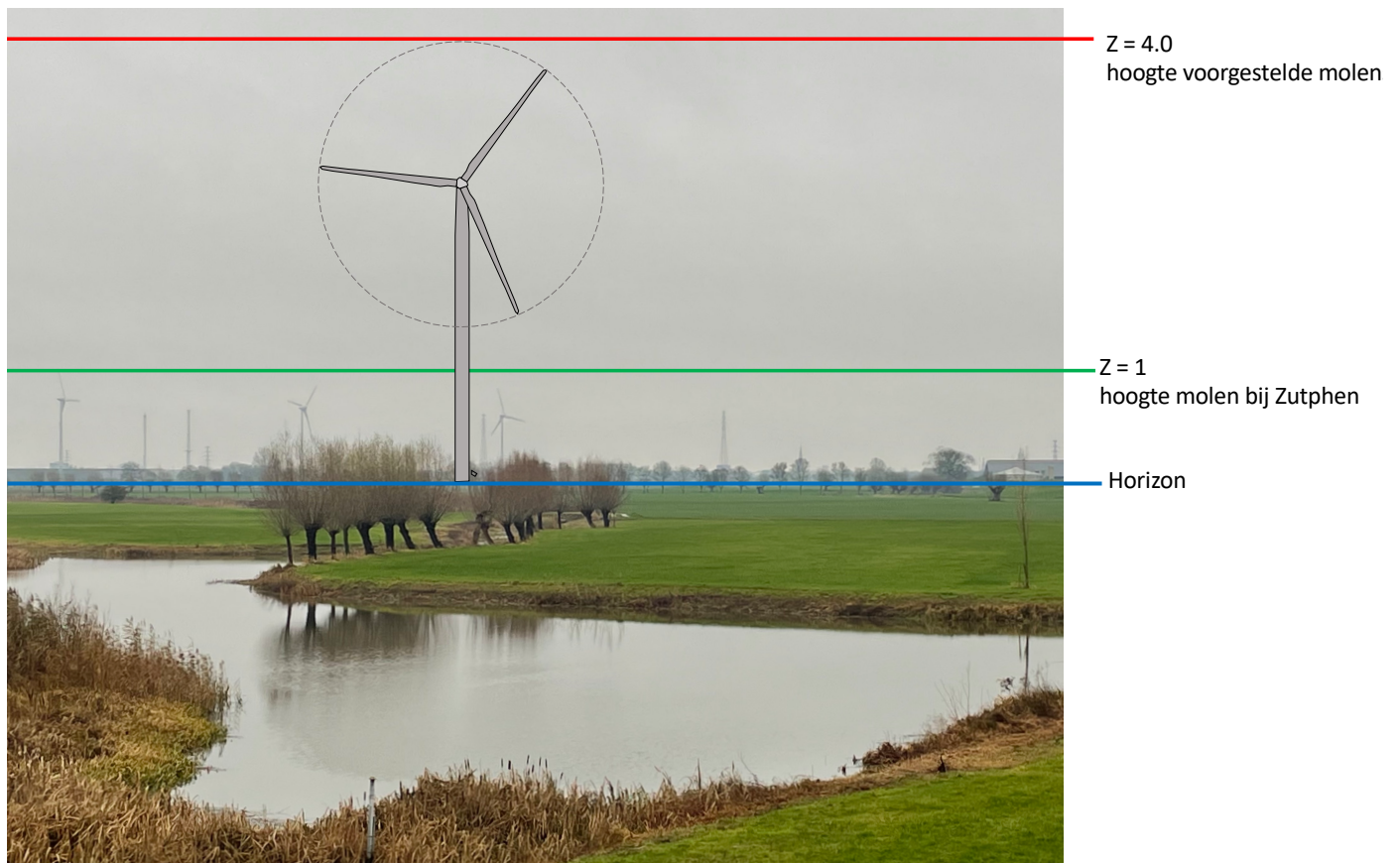
1. Kies op de kaart een uitkijkpunt P met uitzicht op de molens bij Zutphen (in het voorbeeld zijn de gemalen aan de noordkant van de Voorsterklei als uitkijkpunt genomen).
2. Kies op de kaart een van de voorgestelde molens. De locatie van deze molen is Q (In het voorbeeld is de middelste molen in het overloopgebied gekozen.)
3. Meet de afstand op de kaart tussen P en Q (in het voorbeeld: 5.0 centimeter). Gebruik de schaal van de kaart S zoals hiervoor beschreven (bij B, tweede punt). Bereken met behulp van S de afstand in het veld tussen P en Q (in het voorbeeld: 5.0 centimeter * 263 meter/ centimeter = 1315 meter)
4. Bepaal op dezelfde manier de afstand AZ tussen P en een van de molens bij Zutphen die vanuit P goed in het zicht is. De molens bij Zutphen zijn op de topografische kaart in rood ingetekend (in het voorbeeld is de middelste molen gekozen, met AZ = 10.8 centimeter * 263 meter/ centimeter = 2840 meter).
5. We nemen aan dat de voorgestelde molens een tiphoogte TH hebben van 220 meter. De bestaande molens bij Zutphen hebben een tiphoogte TH-Z van 120 meter.
6. Maak de volgende berekening:

$$Z = \frac{TH}{TH-Z} * \frac{AZ}{A}$$

(in het voorbeeld: $Z = \frac{220}{120} * \frac{2840}{1315} = 4.0$)

7. Door de hoogte van de molen bij Zutphen ten opzichte van de horizon te vermenigvuldigen met Z, krijg je een indruk van de hoogte die de voorgestelde molen zal uitsteken boven de horizon, wanneer je je bevindt op uitkijkpunt P. Zie de foto hieronder. In het voorbeeld is dit ongeveer 4 keer zo hoog.





De symbolen op een rij:

S	schaal van de topografische kaart (meter/ centimeter)
P	uitkijkpunt vanwaar een indruk van de hoogte van de voorgestelde molens is gewenst
Q	locatie van de voorgestelde molen
A	afstand van uitkijkpunt P naar de locatie van de voorgestelde molen Q (meter)
TH	tiphoogte van de voorgestelde windmolen (meter)
H	hellinggraad in % vanaf uitkijkpunt P naar de top van de voorgestelde molen
O	horizonstreep op maatlat
L	armlengte van schouder tot vuist (centimeter)
ZP	zichtpunt op maatlat (centimeter)
AZ	afstand van uitkijkpunt P tot een van de bestaande molens bij Zutphen (meter)
TH-Z	tiphoogte van de molen bij Zutphen (meter)
Z	verhouding van de hoogte van de voorgestelde molen ten opzichte van de hoogte van de bestaande molen bij Zutphen, vanaf uitkijkpunt P (-)

