

In de zon en wind mee

- De realisatie van Ambergroen -



voorrunde-opdracht van de 28^e Wiskunde Olympiade - 18 november 2016

Colofon

De Wiskunde Alympiade is een initiatief van het Freudenthal Instituut, Universiteit Utrecht. De Alympiadecommissie is verantwoordelijk voor de organisatie van de Alympiade en het vervaardigen van de opdracht.

De commissie bestaat uit:

Eric van Dijk
Lorentz Casimir Lyceum Eindhoven

Tom Goris
Fontys Lerarenopleiding, Tilburg

Dédé de Haan
Freudenthal Instituut, Utrecht & NHL Hogeschool, Leeuwarden

Senta Haas
Städtisches Gymnasium Hennef, Hennef, Duitsland

Kim Kaspers
Murmellius Gymnasium, Alkmaar

Johan van de Leur,
Mathematisch Instituut, Universiteit Utrecht

Ruud Stolwijk
CITO, Arnhem & Vrijeschool Zutphen VO

Monica Wijers
Freudenthal Instituut, Utrecht

Deze opdracht is mede tot stand gekomen met bijdragen van:

Milad Zareie
House of Mathematics, Isfahan, Iran

Secretariaat:

Liesbeth Walther en Mariozee Wintermans
Freudenthal Instituut, Utrecht

De Alympiade wordt mede mogelijk gemaakt door subsidies van:

Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap
CASIO, Amstelveen
Texas Instruments, Utrecht

Werkwijzer bij de voorronde opdracht van de Wiskunde Olympiade 2016/2017

Deze Wiskunde-Olympiade-opdracht bestaat uit vijf instapopdrachten en een uit twee delen bestaande eindopdracht. De vijf instapopdrachten vormen een aanloop naar de eindopdracht: alle verworven kennis en inzichten uit deze opdrachten is nodig om de eindopdracht succesvol te kunnen uitvoeren.

Algemene adviezen bij het werken aan deze opdracht:

- Lees eerst de volledige tekst van de opgave door zodat je weet wat jullie allemaal te doen staat.
- Bewaak de tijd die jullie besteden aan de instapopdrachten, neem ruim de tijd voor de eindopdracht, zeker wel 3 uur.
Als je taken hebt verdeeld, bespreek dan na iedere opdracht de resultaten met elkaar.
- Als je tijdens het werken aan de opdrachten bepaalde aanpakken, methodes of procedures aanpast, beschrijf in je verslag dan deze aanpassingen en geef aan waarom je ze hebt aangebracht.
- Het kan verstandig zijn om Excel of een ander rekenprogramma te gebruiken voor deze opdracht.

Inleveren:

- De eindopdracht (let op, deze bestaat uit 2 delen: een folder en een rapport)
- De instapopdrachten 1 t/m 5 als bijlage(n)

De jury krijgt een digitale kopie van jullie werk. Als er bijlagen bij het werkstuk horen, lever dan alles aan in een gezippt mapje. Vermeld de naam van de school én jullie eigen namen in de bestandsnaam.

Beoordeling:

Bij de beoordeling kan onder andere gelet worden op:

- de leesbaarheid en de duidelijkheid van de eindopdracht;
- de volledigheid van het werk;
- het gebruik van wiskunde;
- de gebruikte argumentatie en de verantwoording van gemaakte keuzes;
- de diepgang waarmee een en ander is gedaan;
- de manier van presenteren: o.a. de vorm, leesbaarheid, structuur, gebruik en functie van bijlagen;
- De (wiskundige) creativiteit in de uitwerkingen van de opdrachten.

Veel plezier en succes!

In de zon en wind mee - De realisatie van Ambergroen

Amberhavn groeit de laatste jaren flink en daarom wordt er een nieuwe woonwijk gebouwd. Het wordt een moderne duurzame wijk waarvan de naam al bekend is: Ambergroen. De locatie is ook bekend: in het zuiden, aan de oostelijke rand van de stad (zie de kaart op het voorblad). Amberhavn wil duurzame energieopwekking realiseren en onderzoeken of het haalbaar is om deze wijk energieneutraal te bouwen. Zij besluiten een experiment te doen: de nieuwe bewoners van de 175 huizen die er komen zijn gezamenlijk verantwoordelijk voor de opwekking van energie op een duurzame manier. Zij besluiten samen of en hoe er gebruik wordt gemaakt van zonne- en windenergie. De kosten worden eerlijk verdeeld over de bewoners. De bewoners willen niet alles zelf uitzoeken en regelen samen met het gemeentebestuur van Amberhavn dat onafhankelijk advies komt van experts.

Instapopdrachten

In de instapopdrachten onderzoek je de gemiddelde kosten voor een huishouden voor verschillende energiebronnen en hoe de opbrengst van deze bronnen afhangt van het weer. De gegevens waarmee je rekt zijn vaak vereenvoudigd maar berusten op de werkelijkheid.

Een belangrijke eenheid waarmee je rekt is kWh, deze afkorting staat voor kilowattuur. Kilowattuur is een eenheid voor energie. Deze eenheid wordt meestal gebruikt voor elektrische energie. Als je een apparaat met een vermogen van 1kW (dat is 1 kiloWatt = 1000 Watt) één uur laat werken, heb je 1kWh energie verbruikt.

Instapopdracht 1: Energiekosten

Bepaal met behulp van onderstaande gegevens het verschil in kosten per huishouden, tussen een energieverbruik dat volledig gebruikt maakt van fossiele energie (gas- en kolencentrales) en een verbruik waarbij de elektriciteit komt van zonnepanelen. Geef je berekeningen zo overzichtelijk mogelijk weer.

Gegevens:

- Het gemiddelde energieverbruik per huishouden per jaar is 3500 kWh aan elektriciteit (stroom), en 1500 m³ aan gas.
- De prijs van stroom uit de kolencentrale (dat is fossiele energie) is voor een huishouden gemiddeld 17 cent per kWh (daarin zijn vaste kosten, belasting en heffingskorting verrekend).
- Voor gas betaal je 28 cent per m³, en daarnaast nog 26 cent energiebelasting per m³ gas. Verder zijn de bijkomende vaste kosten gemiddeld ruim 195 euro per jaar (inclusief btw).
- Voor zonne-energie betaal je niets aan het elektriciteitsnet - je betaalt natuurlijk wel voor de aanschaf. Zonnepanelen kosten 300 euro per m², en 1 m² zonnepaneel levert gemiddeld 150 kWh per jaar op. Zonnepanelen gaan 20 jaar mee.

Instapopdracht 2: Verwarmen op gas of elektriciteit

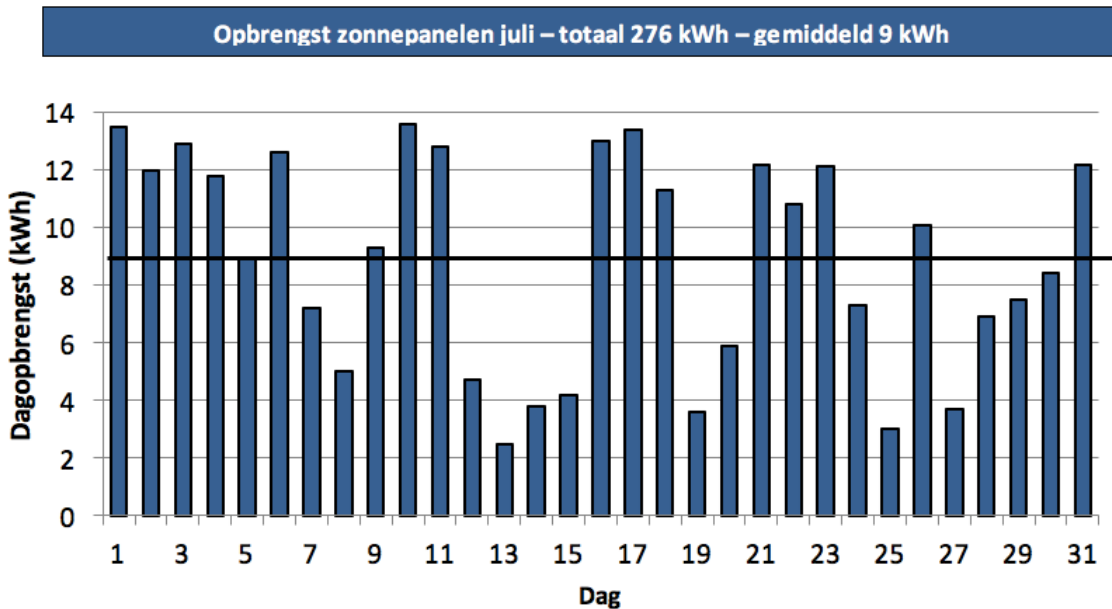
Als je je huis en het water (voor de afwas, de douche en dergelijke) wilt verwarmen op elektriciteit in plaats van gas verbruikt je 18.500 kWh extra elektriciteit.

Bereken het bedrag dat je jaarlijks uitgeeft aan het verwarmen van je huis en warm water als je dit doet op één van de volgende 3 manieren:

- 1 gas
- 2 elektriciteit opgewekt uit fossiele brandstoffen
- 3 elektriciteit opgewekt met behulp van zonnepanelen

Instapopdracht 3: Zonnepanelen

Vanzelfsprekend is de situatie in werkelijkheid een stuk ingewikkelder dan in de voorgaande opdracht. Dit heeft voornamelijk met de variatie te maken in zonkracht en in energieverbruik.



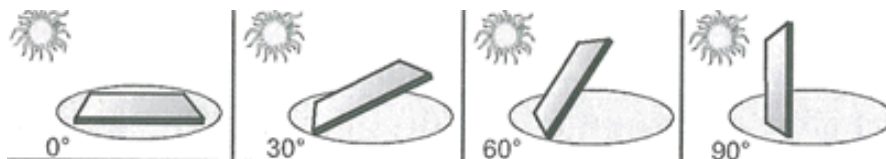
Het huishouden met de zonnepanelen uit bovenstaande grafiek gebruikt gemiddeld 8 kWh per dag aan stroom. Aangezien er deze maand gemiddeld 8,9 kWh per dag is opgewekt (zie de horizontale lijn in de figuur), zou dat voldoende moeten zijn. Toch zijn er in deze maand veel dagen waarop dit huishouden stroom te kort kwam.

Bereken het totale stroomtekort voor dit huishouden in deze maand.

Instapopdracht 4: Plaatsing van zonnepanelen

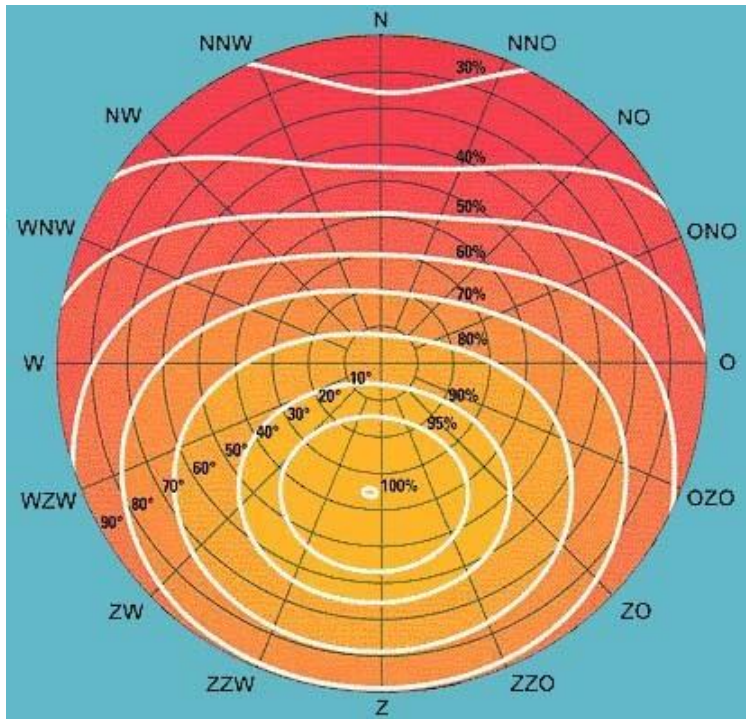
Naast de variabele zonkracht is de opbrengst van zonnepanelen ook afhankelijk van de plaatsing van de zonnepanelen. Hierbij spelen twee zaken een rol:

- 1 De **plaatsingshoek** is de hoek die het zonnepaneel maakt met de grond. Zie de figuur hieronder.

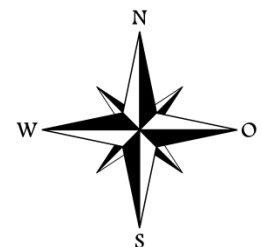
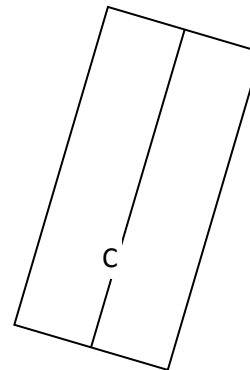
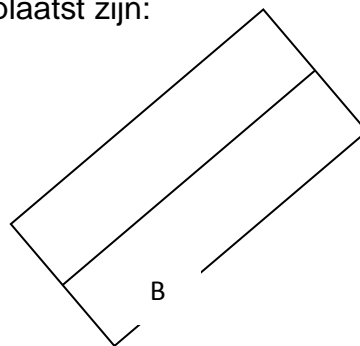
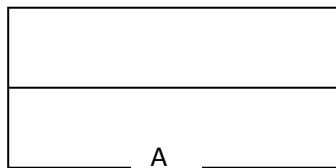


- 2 De **(wind)richting** waarin het huis staat: Een huishouden dat zonnepanelen in zuidelijke richting kan plaatsen heeft meer baat bij zonnepanelen dan een huis dat de panelen alleen pal op het oosten of westen kan plaatsen.

Onderstaand diagram (**NB: in bijlage C staat een grotere versie van dit diagram**) geeft een overzicht van de verschillende rendementen die een zonnepaneel heeft, afhankelijk van de (wind)richting van de zonnepanelen en de plaatsingshoek waaronder het zonnepaneel geplaatst is.

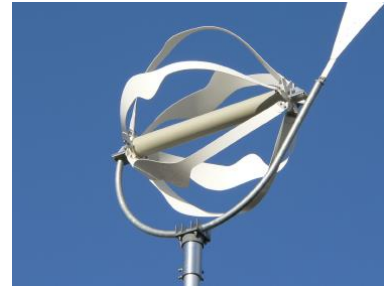


Bepaal de maximale opbrengst en ideale plaatsingshoek van zonnepanelen voor de drie huizen die als volgt geplaatst zijn:

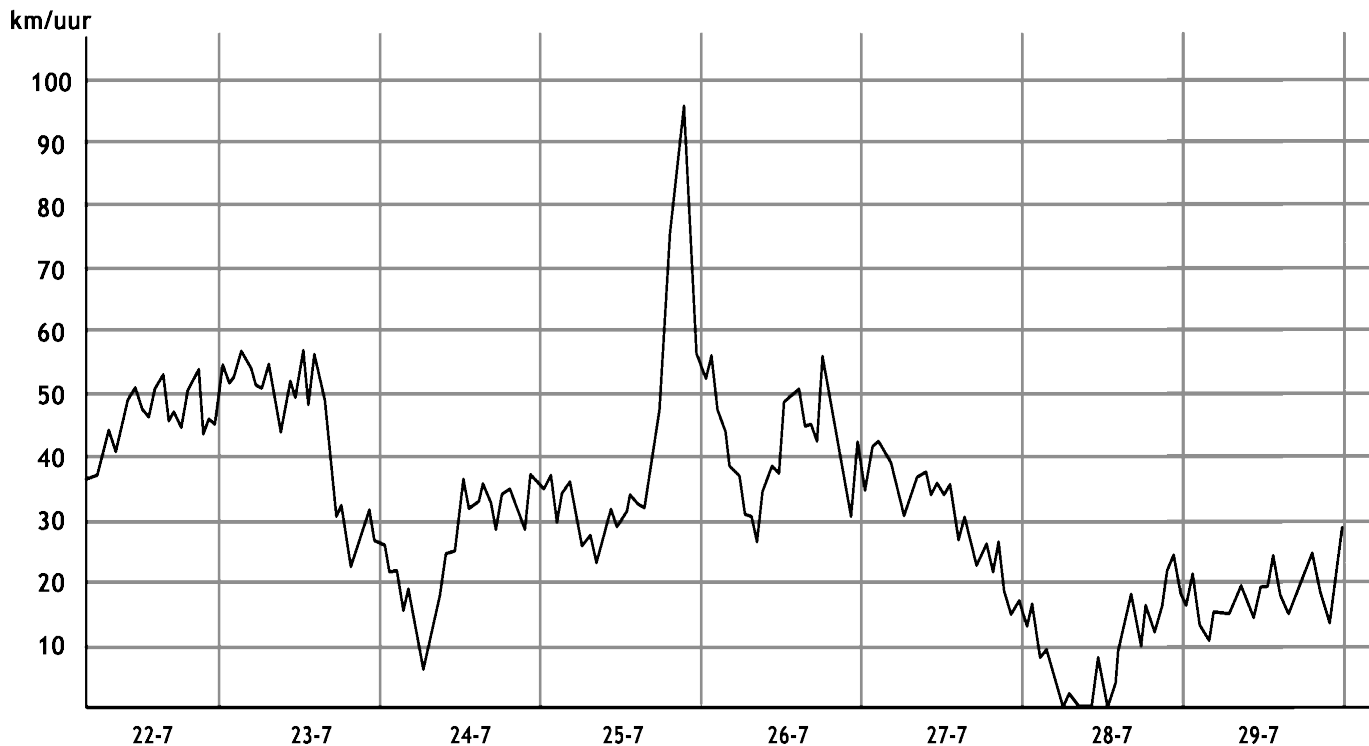


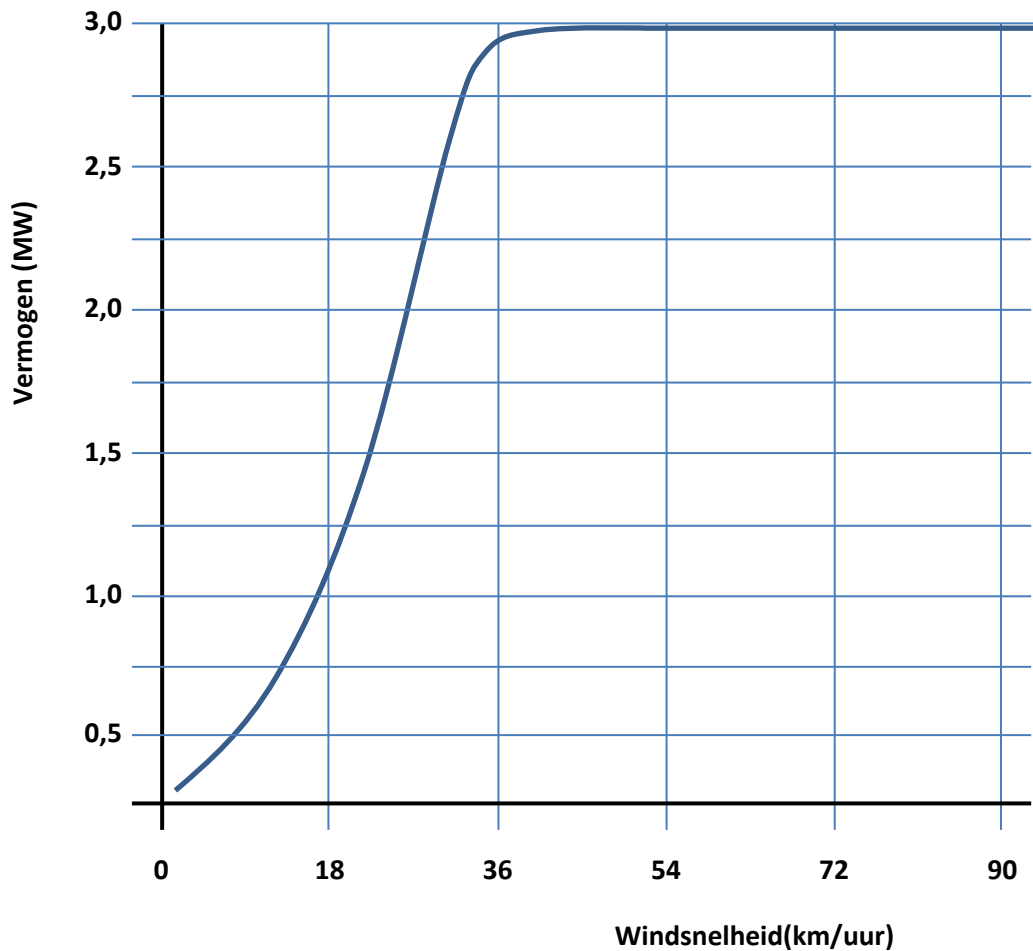
Instapopdracht 5: Wind

Tot nu bekeken we alleen zonne-energie. Een andere duurzame energiebron is wind. Een windmolen (officieel windturbine genoemd) zet windenergie om in elektriciteit. Hoeveel elektriciteit een windmolen levert hangt onder andere af van de windsnelheid, ook wel windkracht genoemd. Natuurlijk speelt de grootte van de windmolen ook een rol. Er bestaan heel grote windmolens met een vermogen van 3 MW (dat is 3 Megawatt = 3000 kW), maar er bestaan ook kleine windmolentjes die je bijvoorbeeld op een dak van een huis kunt zetten met een vermogen van 0,5 kW (zoals op de foto).



Bij windmolens speelt een soortgelijk proces als bij zonnepanelen. De windsnelheid varieert per dag en per moment van de dag. Waar bij zonne-energie de opwekking een sterk seizoensgebonden verloop heeft (en 's nachts zelfs geheel weg valt), heeft de windkracht niet zo'n duidelijk periodiek verloop. Het verloop van de wind op een bepaalde plaats in een bepaalde week in Amherhavn zie je in onderstaande grafiek. In de grafiek daarna zie je welk vermogen er bij een bepaalde windsnelheid wordt opgewekt.





Zoals eerder gemeld is Kilowattuur (kWh) een eenheid voor energie.

Voorbeeld:

Als je een apparaat met een vermogen van 2 MW (dat is 2000 kiloWatt) tien uur laat werken, heb je (2000 maal 10 is) 20 000 kWh energie verbruikt.

Bepaal zo goed mogelijk hoeveel energie deze windmolen in de week van 23 tot en met 29 juli opwekt.

Eindopdracht

Ambergroen wil voor de elektriciteitsvoorziening graag volledig overschakelen op groene energie. Anno 2016 kan dat nog niet, daarvoor is het vermogen per m² van zonnepanelen nog te klein. Maar men verwacht dat over enkele jaren dat rendement zal verdubbelen, en dan kan het wél. Een huishouden kan kiezen voor een groot zonnepaneel, een klein zonnepaneel en een windmolen of een windmolen. Voor de windmolens kan er uit drie types gekozen worden. Voor een zonnepaneel is het natuurlijk het beste als de panelen op het zuiden gericht staan. Echter, niet alle huizen staan op het zuiden, kijk maar eens naar het geplande straatbeeld van Ambergroen zoals dat hiernaast te zien is (**NB: in bijlage D staat een grotere versie**).



Ambergroen streeft er naar om door het jaar heen, dus iedere maand, alle bewoners met groene energie hun elektriciteit op te laten wekken. Helaas is het op dit moment niet mogelijk om de overschotten aan energie die er dan ontstaan terug te leveren aan het net en opslaan in accu's is nog niet rendabel.

Het elektriciteitsverbruik kan per huishouden variëren, maar een gemiddeld huishouden heeft jaarlijks gemiddeld 3600 kWh elektriciteit nodig. Voor het verwarmen wordt nog wel gewoon gas gebruikt, en we mogen aannemen dat er nauwelijks verschillen zitten in de maandelijkse elektriciteitsbehoefte.

Alle gegevens over de zonnepanelen en windmolens vind je in de bijlagen A en B.

Opdrachten

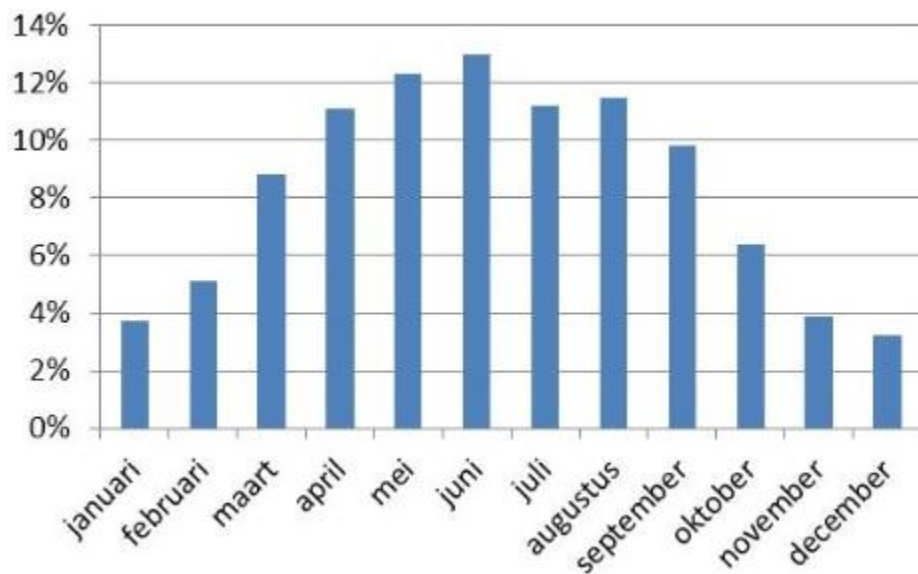
Voor ieder huis in Ambergroen zal dus een ander advies uitgebracht moeten worden over de aanschaf van zonnepanelen of een windmolen, afhankelijk van de ligging van het huis. En indien mogelijk met alternatieven, voor als je bijvoorbeeld per se geen windmolen wilt. Of geen zonnepanelen.

1. Het deelgemeentebestuur van Ambergroen geeft jullie de opdracht om een folder te maken van een A4-tje, waarin iedere bewoner van Ambergroen voor zijn eigen situatie kan bepalen wat de optimale keuze is tussen zonnepanelen en / of welke windmolen.
2. Het deelgemeentebestuur wil geen voorkeursbehandeling geven aan de bedrijven die zonnepanelen, dan wel windmolens produceren, maar dat de mensen echt de keuze maken die voor hen het beste is. Daarom moeten jullie de adviezen onderbouwen in een rapport dat aan het gemeentebestuur gericht is.

Bijlage A

De zonnepanelen

- Prijs grote set zonnepanelen (30m²): € 9000,-
- Prijs kleine set zonnepanelen (20m²): € 6000,-
- De zonnepanelen hebben een levensduur van 20 jaar
- De zonnepanelen moeten onder een hoek van 40° geplaatst worden.
- Voor de richting waarin het huis gebouwd is de opbrengst uit het diagram in bijlage C te halen.
- De maximale opbrengst per jaar (in NZ richting): 330 kWh per jaar per m².
Die 330 kWh zijn als volgt verdeeld over de maanden:



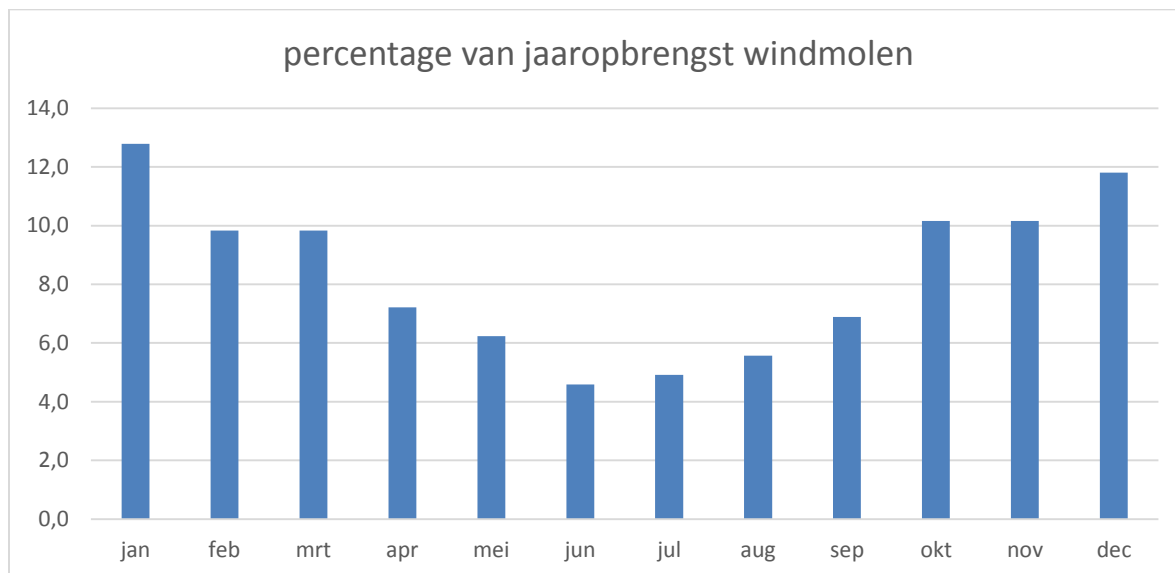
Bijlage B

De windmolens

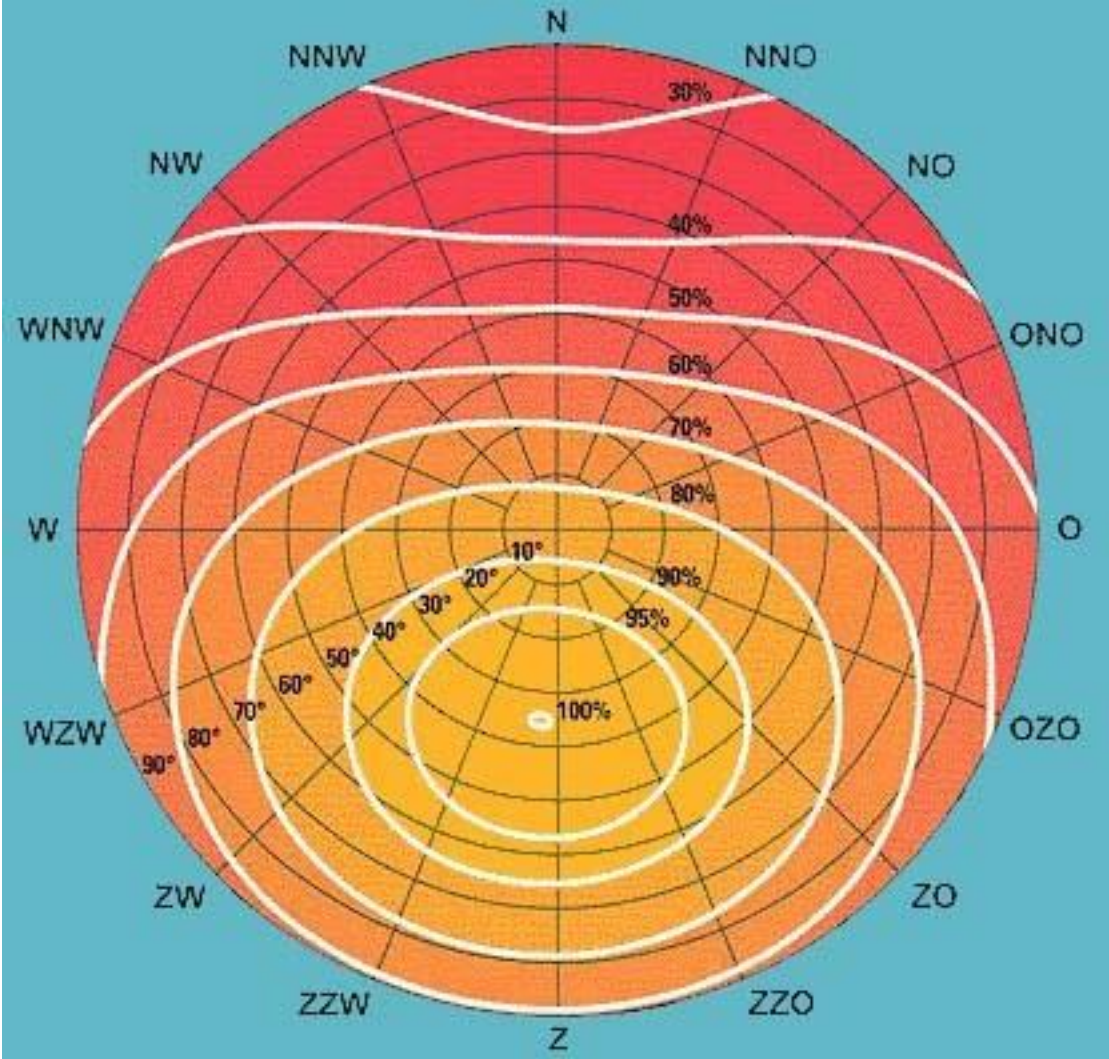
Er is keuze uit drie windmolens:

	prijs	Max energie per jaar
Matthew	€ 14000	12000 kWh
Kathrina	€ 10000	8000 kWh
Sandy	€ 3500	1100 kWh

- Windmolens hebben een levensduur van 20 jaar.
- De hoeveelheid wind is niet constant door het jaar heen. De jaaropbrengst is verdeeld volgens het onderstaande diagram:



Bijlage C



Bijlage D

