

Inhoudsopgave

<i>Onderwerp:</i>	<i>pagina:</i>
Titelpagina	1
Inhoudsopgave	2
Inleiding	3
Hoofdstuk 1 Functies van een windturbine	4
§ 1.1 De onderdelen van de turbine	4
§ 1.2 Typen windturbines	4
§ 1.3 Opbrengst van de Nederlandse windturbine	5
§ 1.4 Rendement windturbine	5
§ 1.5 Ontwerp van een windturbine	6
Hoofdstuk 2 Milieuaspecten	7
§ 2.1 Geluidshinder	7
§ 2.2 Lichthinder	8
§ 2.3 Telecommunicatiestoring	8
§ 2.4 Veiligheid voor de vogels	8
§ 2.5 Veiligheid voor de mens	9
Hoofdstuk 3 Het experiment	9
§ 3.1 Wat gaan we onderzoeken	9
§ 3.2 Hoe gaat we het onderzoeken	9
§ 3.3 Het onderzoek	10
§ 3.4 De uitwerking	11
§ 3.5 Conclusie bij metingen en uitwerkingen	13
Conclusie	14
Literatuurlijst	15
Evaluatie	15

Inleiding

We hebben het onderwerp, windturbines, gekozen omdat dit goed aansluit op onze vervolgopleidingen, elektrotechniek en werktuigbouwkunde. Elektrotechniek past bij windturbines omdat ze elektriciteit opwekken en die elektriciteit ook meten en het bouwen van de windturbine is natuurlijk voor de werktuigbouwkundige.

In de beginfase van ons onderzoek naar windturbines hebben we de hoofdvraag en de deelvragen opgesteld. Deze luiden:

Hoofdvraag:

Wat is een windturbine en wat doet hij?

Deelvragen:

1. Hoe is een windturbine gebouwd en wat kan hij?
2. Welke milieuaspecten spelen bij het toepassen van windenergie een rol?
3. Wat is het verband tussen windkracht (windsnelheid) en het geleverde vermogen?

Van de deelvragen maken wij een hoofdstuk indeling. En de antwoorden op de deelvragen komen samen in de conclusie en daarmee wordt ook de hoofdvraag beantwoord. De eerste twee deelvragen zijn vooral theoretisch. En de derde deelvraag beantwoorden we met behulp van een experiment.

Bij het experiment gaan we bij verschillende windsnelheden de opgewekte elektriciteit meten. En dan gaan we het rendement uitrekenen van de dynamo. Daarvoor hebben we de kinetische energie van de wind nodig en de elektrische energie. Meer hierover in hoofdstuk 3.

Hoofdstuk 1: Functies van een windturbine

Deelvraag 1:

Hoe is een windturbine gebouwd en wat kan deze?

§ 1.1 De onderdelen van de turbine

Een windturbine is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

De rotor:

De rotor is te vergelijken met het wiekenstelsel van een windmolen. Deze zet de kinetische energie (bewegingsenergie), ofwel de windenergie om in mechanische rotatie-energie in de rotor-as.

Het energie omzettingssysteem:

Dit wordt gedaan door de generator, hier wordt de mechanische rotatie-energie omgezet in elektrische energie.

De overbrenging of transmissie:

Deze verandert het toerental van de rotor-as in het gewenste toerental voor de generator. Deze transmissie is zo ingesteld dat de generator er de meeste stroom mee op kan wekken.

Het kruissysteem:

Dit systeem zorgt ervoor dat de rotor recht in de wind staat. Dit alleen bij een windturbine met een horizontale as. In de volgende paragraaf vertellen we daar meer over.

Het regelsysteem:

Deze draait het bladprofiel (de wieken dus) zo dat de rotor op een bepaalde snelheid draait zodat de opgewekte elektrische energie optimaal is, en de mechanische belastingen op de turbineonderdelen binnen toelaatbare grenzen houdt.

De beveiligingssystemen:

Deze systemen zorgen ervoor dat bij extreme omstandigheden, zoals bij stormen, de windturbine in een veilige toestand houdt.

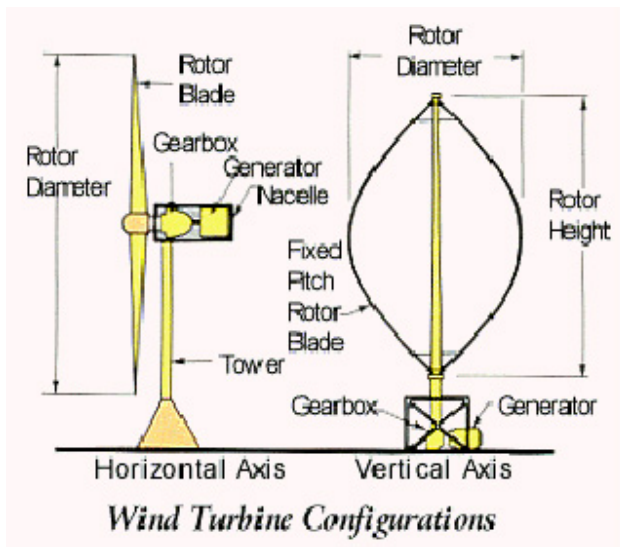
De draagconstructie:

Dit is ter ondersteuning van de gondel, waar de transmissie zich bevindt en energieomzetting en dergelijke plaatsvinden. Dit is meestal een mast of een toren.

§ 1.2 Typen windturbines

Er zijn verschillende soorten windturbines, namelijk met een horizontale as (HAWT) en windturbines met een verticale as (VAWT). De meeste windmolens in Nederland zijn van het type HAWT. Het verschil tussen een VAWT en HAWT is dat bij een VAWT de as als het ware de draagas is en bij een HAWT is er een toren of mast die de draagconstructie vormt. De VAWT is nog in ontwikkeling. De VAWT heeft een zeer groot voordeel, de windrichting heeft geen invloed op de werking van de VAWT. Het is dan natuurlijk ook logisch daar bij dit type windmolens geen kruissysteem nodig is.

Er zijn ook nadelen aan de VAWT. Hij moet ten eerste op gang geholpen worden, wat natuurlijk niet altijd handig is. Ook heeft de VAWT last van trillingen, waardoor hij lastig trillingsstabiël is te krijgen. Ook zijn er natuurlijk weer verschillende typen van een VAWT. De bekendste daarvan is de naar zijn uitvinder genoemde darrieusrotor, waarvan de rotor een vorm heeft die op een ellips lijkt. In figuur 1 zie je de twee verschillende typen windturbines zowel de HAWT (links op het plaatje) en de VAWT (rechts op het plaatje).



Figuur 1, de HAWT en VAWT

§ 1.3 Opbrengst van de Nederlandse windturbine

Natuurlijk draait een windturbine niet altijd, er is natuurlijk niet altijd genoeg wind om de rotor aan het draaien te krijgen. De meeste windturbines draaien pas bij 4 à 5 meter per seconde, dit is windkracht 3 op de beaufortschaal en ongeveer 16 kilometer per uur. En het maximale vermogen wordt bereikt bij een windsnelheid van 12 à 13 meter per seconde, dat is windkracht 6 op de beaufortschaal en ongeveer 45 kilometer per uur. Doordat het op zee harder waait, leveren windturbines op zee tot 50% meer elektriciteit dan windturbines boven het land. Bij zeer hoge windsnelheden, 20 à 25 meter per seconde, windkracht 9 op de beaufortschaal en 72 kilometer tot 90 kilometer per uur, wordt de windturbine echter stilgezet om veiligheidsredenen. Het aerodynamische rendement van de rotor van een moderne windturbine is 3 tot 4 maal zo hoog als van een Nederlandse windmolen, dankzij de vorm van het profiel van de bladen (wieken) van de rotor. Van de kinetische energie van de lucht die per seconde gaat door een doorsnede waarvan het oppervlak gelijk is aan het door de wieken bestreken vlak, kan theoretisch ten hoogste 16/27 (of 59,3%) in mechanische rotatie-energie van de as worden omgezet. Deze fractie wordt de coëfficiënt van Betz genoemd. In praktijk ligt het gemiddelde omzettingsrendement van windenergie naar elektrische energie vrijwel nooit boven 35%. Echter heeft het centrum van energie studies in New Delhi aangetoond dat de ideale kracht coëfficiënt ligt bij 89% van de kinetische energie van de wind. Die kracht coëfficiënt is gelijk aan het rendement. Het vermogen van een windturbine voor windrijke kust- en polderlocaties ligt op ca. 400 Watt per vierkante meter voor windturbines met een rotordiameter tot 20 meter. Voor windturbines met een rotordiameter tot 30 meter 500 Watt per vierkante meter, en tot 60 meter in diameter 600 Watt per vierkante meter. De grotere windturbines kunnen immers op eenzelfde locatie gebruik maken van het effect dat de windsnelheid met de hoogte toeneemt. De gangbare hoogte voor een 600 kilowatt windturbine (doorsnede van de rotorbladen is ongeveer 44 meter) is ca. 50 meter. Inmiddels worden windmolens geïnstalleerd waarvan de rotorbladen een doorsnede hebben van 70 meter, het vermogen daarvan is 2 mega Watt, dat is genoeg om ruim 1500 huishoudens van stroom te voorzien.

§ 1.4 Rendement windturbine

Voor de algemene formule voor het rendement geldt:

$$\eta = P(\text{nuttig}) / P(\text{in}) * 100\%$$

η is gegeven in procenten, $P(\text{nuttig})$ en $P(\text{in})$ is gegeven in Watt.

Dus $P(\text{nuttig})$ is het elektrisch geleverde vermogen van de windturbine en $P(\text{in})$ is het vermogen van de wind die op de bladen valt. $P(\text{nuttig})$ wordt berekend door het voltage maal de stroomsterkte te doen:

$$P = U * I$$

Het vermogen van de wind is uit te rekenen door de kinetische energie van de lucht per seconde te nemen. De formule hiervoor is:

$$E_k = \frac{1}{2} * m * v^2$$

Hierin is **E_k** de energie in Joule, **m** in kilogram en **v** in meter per seconde.

De massa van de lucht die in 1 seconde op de bladen valt is de oppervlakte(**O**) van de windbladen ($\pi * r^2$) maal de windsnelheid (**v**) maal de dichtheid van lucht (**ρ(lucht)**).

Dus de formule wordt:

$$P(\mathbf{in}) = \frac{1}{2} * (\pi * r^2) * v * \rho(\mathbf{lucht}) * v^2$$

Hierin is **P(in)** het vermogen van de wind op de rotorbladen in Watt, ($\pi * r^2$) is de oppervlakte, v is de windsnelheid en **ρ(lucht)** is de dichtheid van lucht in kg per m³.

§ 1.5 Ontwerp van een windturbine

Hoofdproblemen bij het ontwerpen van windturbines zijn de voorspelling van het dynamische gedrag van de installatie, en het zodanig ontwerpen dat materiaalmoetheid en slijtage geen ernstige defecten binnen de gestelde levensduur veroorzaken.

De mechanische belastingen in windturbinematerialen leiden bij toenemende windsnelheid snel tot ontoelaatbare waarden. De hoeveelheid energie die aan de wind onttrokken wordt, neemt kwadratisch toe met de lengte van de rotorbladen en met de derdemacht van windsnelheid. Dus als de lengte van de rotorbladen 2 keer zo groot wordt dan wordt de opgewekte energie 4 keer zo groot. Als de windsnelheid 2 keer zo groot wordt dan wordt de opgewekte energie 8 keer zo groot. Daarom is het gebruik van geavanceerde materialen voor de wieken met een grote sterkte/gewichtverhouding, zoals met glasvezel en koolstofvezel versterkte kunststoffen en gelamineerd hout met epoxy, in de wieken geboden. Ook worden flexibele naafelementen ontwikkeld om de buigende momenten bij de bevestiging van de bladen aan de naaf te verminderen. Niet alleen de gewichtsbesparing die hier het gevolg van is, leidt tot kostenbesparing, maar ook het toepassen van passieve elementen, waardoor het aantal dure en gecompliceerde componenten en regelsystemen verminderd kan worden. Voorbeelden hiervan zijn: achter de toren draaiende rotoren die zichzelf op de wind gericht houden en de wieken die onder invloed van middelpuntzoekende kracht en luchtkracht (dus niet actief gestuurd) een dusdanige bladhoekverdraaiing uitvoeren, dat toerental en vermogen binnen de gestelde grenzen blijven.

Hoofdstuk 2: Milieuaspecten

Deelvraag 2:

Welke milieuaspecten spelen bij het toepassen van windenergie een rol?

Er zijn verschillende milieuaspecten die een rol spelen bij de toepassing van windenergie namelijk; geluidshinder, lichthinder, telecommunicatiestoring, veiligheid voor vogels en als laatste de veiligheid voor de mens. In de volgende paragrafen gaan we dieper op deze verschillende deelonderwerpen in.

§ 2.1 Geluidshinder

Het geluid dat van een windturbine afkomt, is aan de ene kant de geluidsproductie van de transmissie en aan de andere kant het geluid van de rotorbladen. Het lawaai van de transmissie is eenvoudig te beperken door isolatie aan te brengen tegen geluid. De geluidsproductie van de bladen wordt steeds sterker naarmate de snelheid van de tip hoger wordt. Bij een hogere windsnelheid neemt niet alleen het geluid van de rotorbladen sterk toe, ook het geluid van de transmissie wordt steeds sterker. De geluidsproductie op naafhoogte is ongeveer maximaal 100dB, In figuur 2 zie je hoe dat gemeten wordt. Het is natuurlijk logisch dat naarmate de afstand tot de windturbine groter wordt, de geluidshinder afneemt. Ook de locatie, waar de luchturbine dus staat, speelt een belangrijke rol bij de mate van geluidshinder. Het is natuurlijk zo dat in een industriegebied het toegestane achtergrondgeluid veel hoger is dan in bijvoorbeeld een woonwijk, of een centrum van een stad. In stiltegebieden is het toegestane achtergrondgeluid zelfs zo laag dat er geen windturbines geplaatst mogen worden.



Figuur 2, een deskundige die een geluidsmeting van de windmolen doet.

§ 2.2 Lichthinder

Naast geluidshinder is er ook nog de lichthinder die een windturbine heeft. Windturbines kunnen op twee manieren lichthinder veroorzaken. Ten eerste slagschaduwen en ten tweede lichtreflectie. De slagschaduwen worden veroorzaakt door de draaiende rotorbladen en de lichtreflectie wordt veroorzaakt door de glimmende rotorbladen. Het spreekt voor zich dat de rotorbladen niet-reflecterend gemaakt worden, zodat lichthinder zo goed mogelijk voorkomen kan worden.

§ 2.3 Telecommunicatiestoring

Het klinkt misschien vreemd, maar ook windturbines kunnen de telecommunicatie verstoren. De rotorbladen van de turbine kunnen namelijk de voortplanting van elektromagnetische straling beïnvloeden waardoor de telecommunicatie gestoord kan worden. Het is niet precies bekend in welke mate deze storingen ook echt aanwezig zijn.

De KPN beperkt in Nederland de plaatsingsmogelijkheden van windturbines in de buurt van radiozendmasten, televisiezendmasten, verbindinglijnen tussen twee stations van het microgolftelecommunicatienetwerk en in gebieden rondom antennes van het vaste satellietontvangststation in Burum, wat in Friesland ligt.

§ 2.4 Veiligheid voor de vogels

Het wordt vaak gezegd dat windturbines veel vogellevens eist, maar tot op heden hebben windturbines nog geen vogelslachtoffers geëist. Naast vogelaanvaringen kunnen windturbines echter ook op andere manieren hinderlijk zijn voor vogels. Vooral verontrusting van vogels door het geluid en de beweging van windturbines kan van invloed zijn op de trekroutes, foerageerplaatsen en broedgebieden. In 1990 is hiernaar een onderzoek gedaan. Maar dit onderzoek heeft niet geleid tot verontrustende conclusies.



Figuur 3, vogels die de windturbines mijden

§ 2.5 Veiligheid voor de mens

Niet alleen de veiligheid van de vogels zou in gevaar kunnen komen, ook die van de mens is in het geding. Door het afbreken van rotorbladen of in ieder geval onderdelen ervan zou de veiligheid van de mensen in de omgeving van de windturbine in gevaar kunnen komen. Als een stuk rotorblad afbreekt kan hij een tot ongeveer 400 meter wegvliegen. Niet alleen onderdelen maar ook stukken ijs op de rotorbladen vormen in principe een veiligheidsrisico voor de mens, vooral in de wat koudere gebieden. De risico's van windturbines kunnen in het algemeen sterk beperkt worden door het aanbrengen van beveiligingen. Ook moet er goed nagedacht worden over de onderdelenbelasting in de windturbine voor minder slijtage. Als laatste is natuurlijk belangrijk dat er regelmatig inspectie is aan de windturbines om de turbine te controleren op eventuele storingen en overmatige slijtage.

Hoofdstuk 3: Het experiment

Deelvraag 3:

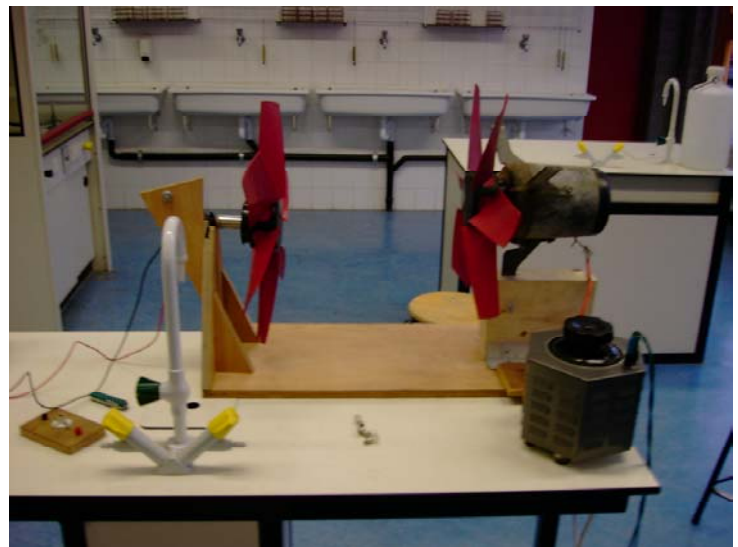
Wat is het verband tussen windkracht (windsnelheid) en het geleverde vermogen?

§ 3.1 Wat gaan we onderzoeken

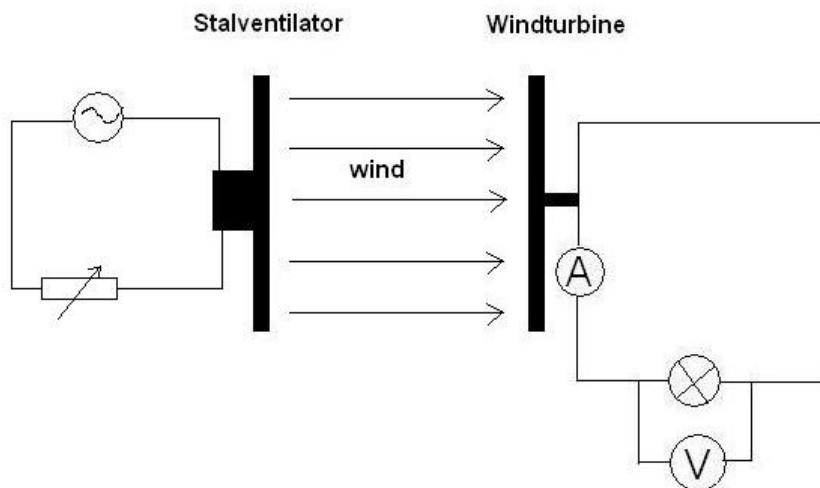
We willen een eigen windturbine bouwen, maar dan natuurlijk in het klein. Daarmee willen we de elektrische energie meten die de dynamo of iets dergelijks opwekt. Ook willen we de kinetische energie meten van de wind. Dit doen we door het blaas oppervlak van een ventilator te meten en met een anemometer (windsnelheidsmeter) de windsnelheid te meten. Als we dit dan maal de dichtheid doen dan krijgen we de massa die door de ventilator gaat. Dit vullen we in in de formule, en daarvoor geldt: kinetische energie = $\frac{1}{2}$ maal de massa maal de windsnelheid in het kwadraat. Dus $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$. De elektrische energie per seconde is het aantal Watt. Het aantal Watt is het voltage maal de stroomsterkte. Die meten we met multimeters. En dan delen we de opgewekte elektrische energie door de kinetische energie en dat levert het rendement op.

§ 3.2 Hoe gaat we het onderzoeken

Als leverancier van de windenergie gebruiken we een stalventilator en om variabele windsnelheden te verkrijgen koppelen we hem aan een transformator. We gebruiken een anemometer om de windsnelheid te meten. En als elektriciteitsproducent gebruiken we een computerventilator of een dynamo met windbladen eraan vast. Eerst testten we de computer ventilator maar zelfs bij hoge snelheden met een föhn leverde de ventilator weinig tot geen meting. We hadden hier eigenlijk voor gekozen omdat het zo gemakkelijk draait. Toen gingen we over op de dynamo met windbladen. De dynamo gingen we kopen bij Halfords, waar we een hoog rendement dynamo aantreffen. Nu alleen nog de windbladen. De eerste poging was het zelf maken van de bladen van blik. Dit bleek toch niet zo stevig zijn, en zeker niet toen we hadden gemerkt dat zo'n stalventilator best hard blaast. Dus vonden we het wel een goed idee om de dynamo te voorzien van dezelfde windbladen als die van de stalventilator zelf. Nu alleen nog de stellage erom heen. Dit maakten we van hout en stevige schroeven en hoekprofielen van aluminium. Zie figuur 4 en 5. We hebben dit alles in elkaar gezet in de werkplaats op school.



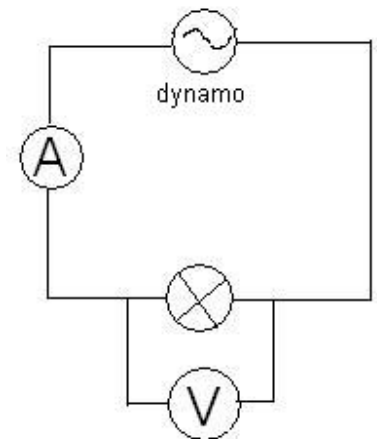
Figuur 4, de proefopstelling



Figuur 5

§ 3.3 Het onderzoek

Het onderzoek deden we op vrijdag 26 november in lokaal 065. De stelling zette we vast op de tafel met lijklemmen, want anders blies de stelling zichzelf weg. Aan de dynamo hingen we een lampje, een spanningsmeter en een ampèremeter. Het bleek dat de dynamo wisselspanning leverde en dat we een speciale ampèremeter nodig hadden. En de spanningsmeter moesten we anders instellen. Toen we het eenmaal op gang hadden ging de proef gesmeerd. Hieronder hebben we een schakelschema getekend hoe het lampje aan de dynamo hing, zie figuur 6. We meten hier de spanning over het lampje en de stroomsterkte door de hele stroomkring.



Figuur 6, het schakelschema van de proef

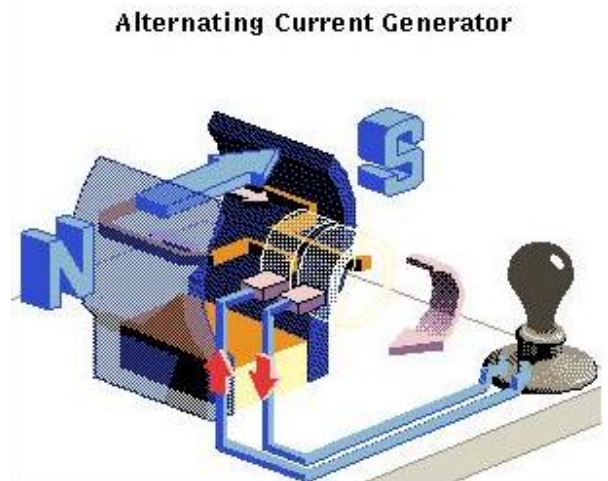
De meetresultaten hebben we hieronder in een schema gezet. In het schema staan: De spanning die over de stalventilator stond, de snelheid van de wind, de spanning over het lampje en de stroomsterkte door de hele stroomkring. Ook hebben we het vermogen uitgerekend door de Spanning maal de Stroomsterkte te berekenen. Zie schema 1.

Spanning over stalventilator (V)	Windsnelheid (m/s)	Spanning over het lampje (V)	Stroomsterkte door de stroomkring (A)	Vermogen van dynamo (W)
120	3,2	1,0	0,21	0,210
130	3,7	1,3	0,24	0,312
140	4,3	1,6	0,26	0,416
150	5,2	1,9	0,29	0,551
160	5,9	2,4	0,32	0,768
170	6,5	2,9	0,34	0,986
180	7,0	3,2	0,37	1,184
190	7,7	3,5	0,38	1,330
200	8,4	3,7	0,39	1,443

Schema 1: meetresultaten & het berekende vermogen van de dynamo in Watt

Met onze dynamo werd wisselstroom opgewekt, dat is zo omdat de er in de elektromotor een spoel in de dynamo ronddraait tussen een magneet met dus een noordpool en een zuidpool. Eerst gaat de stroom de ene kant op en na een halve slag de andere kant op. Via borstels op het uiteinde geeft de generator de stroom door aan de draden waarna de lamp gaat branden. In deze positie is de spanning optimaal en als de spoel verticaal staat is de spanning 0 omdat de spoel dan precies in het midden staat van de magneet. Dit is ook te zien in figuur 7.

De windsnelheid hebben we gemeten met een anemometer die we bij Conrad hebben gekocht. Deze hebben we in een klem gezet tussen de stalventilator en de windturbine.



Figuur 7, een elektrische generator

§ 3.4 De uitwerking

Een deel van de uitwerking hebben we al beschreven, dat was het uitrekenen van het vermogen bij die windsnelheden. Nu rest ons alleen nog het uitrekenen van het vermogen van de wind op de stalventilator. In schema 2 staan de windsnelheid en de kinetische energie van de luchtstroom per seconde. De diameter van de windbladen is 0,450 meter met in het midden een vlak met een diameter van 0,100 meter dat niet meetelt omdat deze er niet voor zorgt dat de dynamo gaat draaien, dus het oppervlak is $(\pi \text{ maal } 0,450^2) - (\pi \text{ maal } 0,100^2)$ is 0,605 vierkante meter. De dichtheid van lucht is 1,293 kilogram per kubieke meter. De kinetische energie in Joule is ook gelijk aan het aantal Watt omdat de massa van de lucht de massa is van lucht die in 1 seconde door de windbladen gaat. We kunnen dit doen omdat overal de windsnelheid gelijk is. In § 1.4 hebben wij al de formule voor het vermogen van de wind gebruikt:

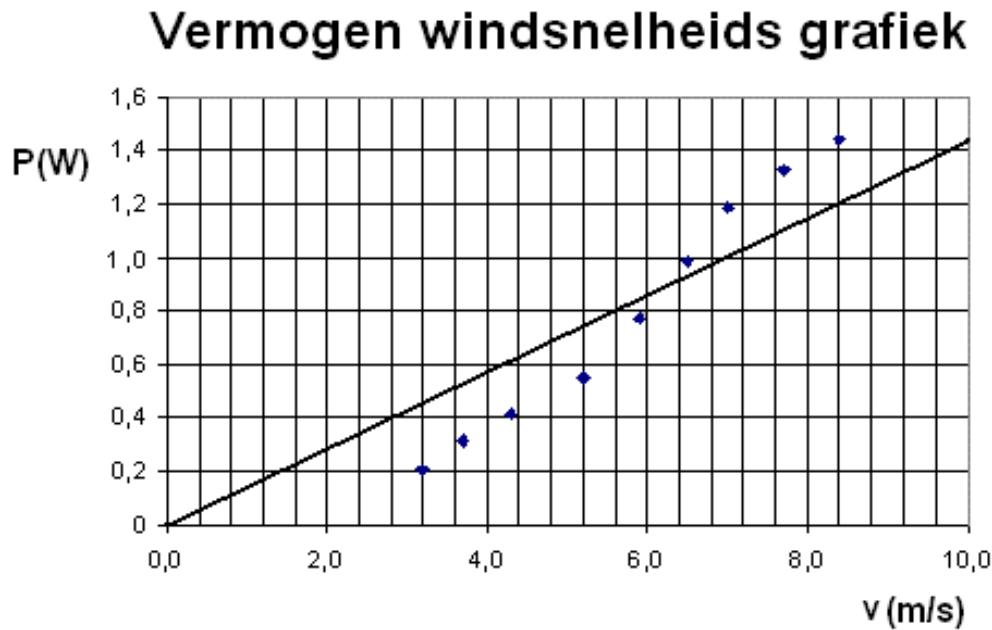
$$P(\text{in}) = \frac{1}{2} * ((\pi * r^2) * v * \rho(\text{lucht})) * v^2$$

Hierin is **P(in)** het vermogen van de wind op de rotorbladen in Watt, $(\pi * r^2)$ is de oppervlakte, v is de windsnelheid en $\rho(\text{lucht})$ is de dichtheid van lucht in kilogram per m³. Zie schema 2.

Windsnelheid (m/s)	Massa lucht (kg)	Kinetische Energie lucht per seconde (W)
3,2	2,5	13
3,7	2,8	20
4,3	3,3	31
5,2	4,0	55
5,9	4,6	80
6,5	5,05	1,1.10 ²
7,0	5,4	1,3.10 ²
7,7	6,0	1,8.10 ²
8,4	6,5	2,3.10 ²

Schema 2, uitwerking kinetische energie per seconde

Hieronder staat een grafiek met het vermogen(P) van de wind tegen de windsnelheid(v). Zie figuur 8:



Figuur 8, Grafiek met P tegen v(wind)

Nu alleen nog het rendement uitrekenen:

$$\eta = P(\text{nuttig}) / P(\text{in}) * 100\%$$

η is gegeven in procenten, P(nuttig) en P(in) is gegeven in Watt.

Dus P(nuttig) is het elektrisch geleverde vermogen van de windturbine en P(in) is het vermogen van de wind die op de bladen valt. P(nuttig) wordt berekend door het voltage maal de stroomsterkte te doen:

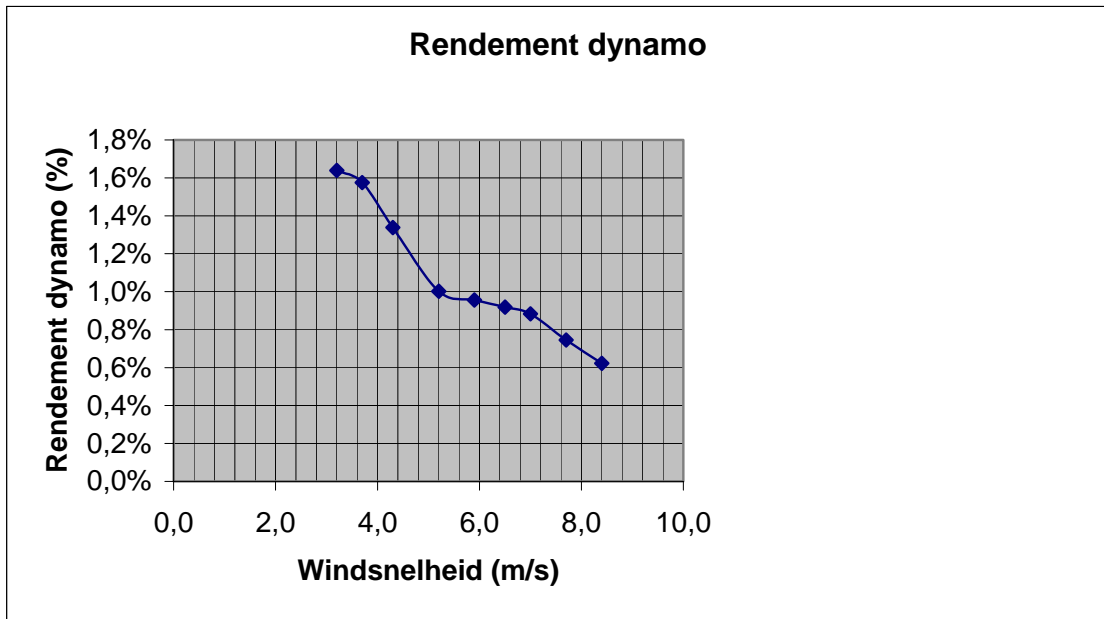
$$P = U * I$$

Hieronder staat schema 3 waarin de uitkomsten staan bij de verschillende windsnelheden. Zie schema 3.

Windsnelheid (m/s)	Het vermogen van de wind (W)	Vermogen van dynamo(W)	Rendement dynamo (% met significantie)
3,2	13	0,21	1,6
3,7	20	0,31	1,6
4,3	31	0,41	1,3
5,2	55	0,55	1,0
5,9	80	0,77	0,96
6,5	$1,1 \cdot 10^2$	0,99	0,92
7,0	$1,3 \cdot 10^2$	1,2	0,88
7,7	$1,8 \cdot 10^2$	1,3	0,75
8,4	$2,3 \cdot 10^2$	1,4	0,62

Schema 3, uitwerking rendement

Hieronder staat een grafiek waarin het rendement tegenover de windsnelheid staat weergegeven. En het is op zich een redelijk rechte lijn. Zie figuur 9.



Figuur 9, grafiek met het rendement van de dynamo tegenover de windsnelheid

§ 3.5 conclusie bij metingen en uitwerkingen

We kunnen uit de grafiek concluderen dat het rendement kleiner wordt naarmate de dynamo bij zijn maximale vermogen komt. We zijn eigenlijk niet dicht genoeg bij het maximale vermogen van de dynamo geweest, want die was namelijk 3 Watt terwijl wij maximaal 1,4 Watt hebben verkregen. Maar het was niet veilig genoeg om meer dan 200 Volt over de stalventilator te zetten omdat de windbladen op de dynamo een lichte speling hadden, en bij hoge snelheden zouden we een kritiek punt tegen kunnen komen en het leek ons verstandig om daar te stoppen. Dus als we de lijn door zouden trekken zou het rendement gelijk aan nul zijn voor het maximale vermogen is verkregen. Daarom deden we nog een extra proef om te kijken hoe hoog het toerental van de dynamo is in vergelijking met een dynamo op een fietswiel. Het toerental bleek 7.6 omwentelingen per seconde te zijn. Dit hebben we als volgt onderzocht. Bij onze proefopstelling gebruikte we nu ook nog een regelbare stroboscoop. En op 1 van de bladen van de turbine plakten we een wit stickertje. We lieten de windsnelheid weer oplopen tot 8.4 m/s. En stelde de stroboscoop zo in dat we steeds hetzelfde beeld te zien kregen. Dat bleek bij 7.6 Hz te zijn. Dus de stroboscoop knipperde 7.6 keer per seconde. Dus ook het toerental van de dynamo is 7.6 omwentelingen per seconde. Nu gaan we dat vergelijken met het aantal omwentelingen dat een dynamo maakt op een fiets met een snelheid (v) van 18 km/u ofwel 5 m/s. De omtrek van onze dynamo (O) is 9.5 cm. Nu gaan we het aantal omwentelingen van de dynamo op de fiets berekenen met de volgende formule:

$$v / O = \text{het aantal omwentelingen per seconde}$$

$$5 / 0.095 = 53 \text{ omwentelingen per seconde}$$

Dus het toerental is 53 omwentelingen per seconde. Bij onze metingen draaide de dynamo met 7.6 omwentelingen per seconde. De dynamo bij de proef draaide dus maar $7.6 / 53 * 100\% = 14\%$ van een normaal toerental.

Conclusie

Hoofdvraag:

Wat is een windturbine en wat doet deze?

Antwoord geven op de hoofdvraag doen we door de antwoorden op de deelvragen onder elkaar te zetten. De deelvragen luiden:

1. Hoe is een windturbine gebouwd en wat kan deze?
2. Welke milieuaspecten spelen bij het toepassen van windenergie een rol?
3. Wat is het verband tussen windkracht (windsnelheid) en het geleverde vermogen?

Antwoord op deelvraag 1:

Een windturbine is zo gebouwd dat hij stabiel is en dat het vermogen optimaal is, daarvoor worden de volgende systemen gebruikt:

- Het regelsysteem is voor de hoek van de windbladen om de bladen sneller of langzamer te laten draaien.
- Het kruissysteem is ervoor om te zorgen dat de bladen in de wind gericht blijven.
- De overbrenging wordt gebruikt om het toerental van de generator-as te veranderen.
- De draagconstructie is natuurlijk voor de ondersteuning van de gondel.

Antwoord op deelvraag 2:

Er zijn een aantal aspecten waar windturbines mee te maken hebben met betrekking tot het milieu. Zo is er geluidshinder door de transmissie en bladen van de windmolen. Lichthinder; doordat de grote windmolen zorgt voor een grote slagschaduw. Telecommunicatiestoring; de rotorbladen van de windmolen kunnen de elektromagnetische straling beïnvloeden waardoor de telecommunicatie gestoord kan worden. Veiligheid van de vogels; vogels zouden aanvaringen kunnen krijgen met de molen en hun trektochten zouden beïnvloedt kunnen worden door de beweging en het geluid van de bladen. Ten slotte de veiligheid van de mens; onderdelen of stukken van bladen of de windmolen zelf zouden af kunnen breken en mensen kunnen verwonden.

Antwoord op deelvraag 3:

Uit onze proef is gebleken dat als de windkracht groter wordt dat dan ook het geleverde vermogen van de turbine omhoog gaat. Maar hoe hoger de windkracht wordt hoe langzamer het vermogen omhoog gaat. Dus het rendement van onze windturbine gaat ook omlaag, en als de lijn doorgetrokken zou worden zou hij al bij nul zijn voordat het maximale vermogen van de dynamo bereikt is. Helaas zijn we niet dicht genoeg bij het maximale vermogen geweest wegens de veiligheid.

Literatuurlijst

Encarta Reference Library 2003: gebruikt voor de eerste 2 hoofdstukken.

Evaluatie

We zijn een beetje afgeweken van het plan van aanpak. We hebben namelijk naarmate het onderzoek voortduurde de deelvragen wat aangepast zodat ze beter in het verslag passen. Ook het tijdschema bleek niet helemaal reëel te zijn, dit komt ook omdat we de windsnelheidsmeter wat laat kregen. En het bouwen van de windturbine en bijbehorende attributen duurde ook langer dan verwacht.

De samenwerking:

De samenwerking liep gesmeerd. We hebben duidelijke afspraken met elkaar gemaakt en alles samen gemaakt en getypt. Er zijn verder ook geen “ruzies” of conflicten ontstaan. Kortom de samenwerking was goed.

Het proces:

Het zoeken van de informatie was niet zo moeilijk, we vonden meteen wat we nodig hadden op Encarta, helaas was dat wel in het engels maar daar hadden wij niet zo'n last van. Verder gebruikten we veel eigen kennis. Het onderzoek was wel iets lastiger, eerst wilden we een pc-ventilator gebruiken maar daar kregen we al helemaal geen vermogen uit dus moesten we wat anders zoeken. Toen hadden we het idee om een fietsdynamo te gebruiken. Die moest goed vast komen te zitten aan de windbladen en aan het houten frame om alles zo stabiel mogelijk te krijgen. We hadden eerst ook zelf windbladen van blik. Maar die waren niet stevig genoeg en daarom gebruikten we maar de bladen van een andere stalventilator. Nu waren de windbladen van de blazer en die van de turbine ook even groot. De stalventilator moest ook nog vast worden gemaakt aan de ondergrond. Nu was alles wel stevig, maar we hadden er wel veel uren in zitten. De proef ging eerst ook wat lastiger omdat we te maken hadden met wisselstroom, en daar hadden we een andere ampèremeter voor nodig en moesten we de spanningsmeter anders instellen. Maar nadat dat allemaal in orde was liep de proef verder gesmeerd. De extra proef was ook zo gedaan. De definitieve versie typen heeft ook nog wel even geduurd maar ging ook volgens plan.

