



Kragten Design

Populierenlaan 51
5492 SG Sint-Oedenrode
Nederland

*Gespecialiseerd in het ontwerpen van elektriciteit
opwekkende windmolens en PM-generatoren*

ing. Adriaan Kragten

telefoon: 0413 475770
e-mail: kragten.design@tridodsl.nl
www.bidnetwork.org/en/member/adriaankragten
bank nr. : ING 2062399
BTW nr.: 064460447B01
Kamer van Koophandel nr. : 17241478

Adriaan Kragten

Twaalf rapporten over kleine windmolens gratis beschikbaar

Al vanaf 1975 ben ik professioneel bezig met het ontwikkelen van kleine windmolens. Van 1975 tot 1990 als constructeur van water pompende windmolens voor ontwikkelingslanden bij de (voormalige) windenergiegroep van de TU-Eindhoven en vanaf 1989 tot heden als constructeur van elektriciteit opwekkende windmolens voor mijn constructiebureau Kragten Design uit Sint-Oedenrode. De windenergiegroep van de TU-Eindhoven maakte deel uit van de CWD, Consultancy services Wind energy Developing countries. In maart van dit jaar ben ik met pensioen gegaan en ik heb besloten om een aantal van mijn rapporten vrij te geven, met name die rapporten die van belang zijn voor ontwikkelingslanden. Sinds een paar jaar ben ik PUM-expert op het gebied van kleine windmolens. Informatie over Kragten Design, mijn VIRYA-windmolens en mijn openbare KD-rapporten is te vinden op mijn pagina op de website van Bidnetwork: www.bidnetwork.org/en/member/adriaankragten

Op deze pagina staan momenteel twaalf Engelstalige KD-rapporten over allerlei aspecten van kleine windmolens die gratis te downloaden zijn. Om volledig toegang te krijgen tot mijn pagina moet men wel lid worden van Bidnetwork maar dit is gratis en het verplicht tot niets. De meeste rapporten vereisen geen speciale kennis van windenergie om ze te kunnen begrijpen, alleen algemene kennis van energie. Deze algemene kennis wordt gegeven in het gratis rapport KD 378 en ik raad dan ook aan om met dit rapport te beginnen als men mijn rapporten wil bestuderen. De specifieke kennis over windenergie wordt gegeven in mijn rapport KD 35 (niet gratis) waarover een speciale folder staat op mijn pagina van Bidnetwork. Er staat een film van 14 minuten op You Tube over mijn VIRYA windmolens die bij mij thuis is opgenomen. U vindt deze film door bij You Tube mijn naam Adriaan Kragten in te typen. De twaalf gratis rapporten hebben de volgende titels:

- KD 215 The Darrieus rotor, a vertical axis wind turbine (VAWT) with only a few advantages and many disadvantages.
- KD 294 Coupling of a windmill to a single acting piston pump by means of a crank mechanism.
- KD 321 Combination of the VIRYA-2.8B4 windmill with a rope pump.
- KD 341 Development of the permanent magnet (PM) generators of the VIRYA windmills.
- KD 364 Derivation of the formulas for torque and volumetric efficiency for a single acting piston pump with a floating valve.
- KD 378 Basic knowledge about electrical, chemical, mechanical, potential and kinetic energy to understand literature about the generation of energy by small windmills.
- KD 416 Windmills using aerodynamic drag as propelling force; a hopeless concept.
- KD 467 Calculations executed for the 2-bladed rotor of the VIRYA-3B2 windmill.
- KD 480 Ideas about an 8-pole, 3-phase permanent magnet generator with a stator without iron in the coils.
- KD 485 Safety systems for small wind turbines which turn the rotor out of the wind at high wind speeds.
- KD 490 Water pumping with a windmill.
- KD 492 Ideas about a 16-pole, 3-phase axial flux permanent magnet generator for the VIRYA-3B2 windmill using circular neodymium magnets size 20 * 10 mm.

Rapport KD 490 heb ik geschreven als voorbereiding op een PUM-project in Marokko waar men van plan is om water pompende windmolens te gaan bouwen. Het is momenteel onzeker of dit project doorgaat maar het rapport kan ook voor anderen van belang zijn. Hoewel ik geen ontwerpen van water pompende windmolens lever, weet ik er wel het nodige van af vanwege mijn tijd bij de TU-Eindhoven. Het ontwerpen van een goede waterpompende windmolen is erg moeilijk, vooral als gebruik gemaakt wordt van een zuigerpomp.

Samenvatting rapport KD 490: Water pumping with a windmill

In rapport KD 490 worden vier methodes beschreven waarop met een windmolen water gepompt kan worden.

De eerste methode is de traditionele water pompende windmolen. Dit type molen heeft een langzaam draaiende rotor met zeer veel bladen die een grote instelhoek hebben waardoor de rotor een groot startkoppel levert. Meestal bevindt zich in de kop een vertragende overbrenging met tandwielen die in een oliebad draaien. De tandwielkast is van gietijzer. Deze tandwielkast is nodig om een lage pompfrequentie te verkrijgen waardoor dynamische pompstangkrachten gereduceerd worden. De roterende beweging van de krukas wordt omgezet in een op en neer gaande beweging van de pompstang door middel van een krukstangmechanisme. In de put bevindt zich een enkelwerkende zuigerpomp. Een dergelijke pomp vraagt een constante kracht in de opgaande beweging en geen kracht in de neergaande beweging. Het gevolg hiervan is dat er op de krukas een sinusvormig koppel gevraagd wordt tijdens de opgaande beweging en geen koppel tijdens de neergaande beweging. Aangetoond kan worden dat het piekkoppel een factor π hoger is dan het gemiddelde koppel tijdens één omwenteling van de krukas. De rotor start pas wanneer dit piekkoppel geleverd kan worden en dit is de reden dat een rotor met een zeer hoog startkoppel gebruikt moet worden. Dergelijke rotoren zijn erg zwaar en de gehele molen wordt ook nog eens extra zwaar vanwege de tandwielkast en de zware toren die erg breed is aan de onderkant omdat hij meestal direct boven een grote gemetselde put staat. Het maximum rotortorental wordt begrensd doordat de rotor bij hoge windsnelheden uit de wind draait en verschillende systemen zijn hiervoor in gebruik (zie KD 485). De formules die het verband geven tussen de rotorgeometrie en de pompgeometrie worden gegeven in rapport KD 294. Vanwege de inherente startproblemen van dit concept raad ik af om dit type water pompende windmolen opnieuw te ontwikkelen.

De tweede methode is een waterpompende windmolen volgens het CWD-concept. Het startprobleem kan opgelost worden als de pomp onbelast aanloopt. Het idee dat hiervoor op de TU-Eindhoven ontwikkeld werd is de drijvende klep (zie KD 364). De pomp is voorzien van een holle polypropyleen klep die drijft waardoor de klep bij lage pompfrequenties open staat. Daardoor stroomt het water tijdens de opgaande slag gewoon door de zuiger en is er geen kracht en geen koppel nodig. Hierdoor kan een lichte rotor gebruikt worden die maar een gering startkoppel levert. Bij een bepaalde watersnelheid tussen de onderkant van de klep en de klepzitting ontstaat er een onderdruk waardoor de klep plotseling dicht slaat. Dit gebeurt voor het eerst halverwege de opgaande slag en het slagvolume van de pomp is dan de helft van het theoretische slagvolume. Als het pomptorental toeneemt dan gaat de klep steeds eerder dicht en bij hoge torentallen sluit de klep maar iets nadat het onderste dode punt gepasseerd is, waardoor het slagvolume nog maar iets minder is dan het theoretische slagvolume. Het gevolg hiervan is dat molen en pomp veel beter op elkaar aangepast kunnen worden en dat een veel grotere pomp gebruikt kan worden zonder dat de molen startproblemen krijgt. De opbrengst van een dergelijke molen is zeker een factor drie hoger dan die van een traditionele water pompende windmolen met dezelfde start windsnelheid. Een nadeel van de drijvende klep is wel dat het water plotseling versneld moet worden als de klep dicht slaat.

Dit geeft behoorlijk stoten in de pompstang maar die kunnen verminderd worden met een elastisch element in de pompstang of met windketels in de zuig- en persleiding. De drijvende klep werd alleen getest in CWD-2000 windmolen en het concept werkte fantastisch. Vanwege de stotende pompstangbelasting aarzel ik echter toch om dit concept aan te raden, vooral als men een beveiliging gebruikt met een excentrisch opgestelde rotor. In dat geval is namelijk een tuimelaar nodig om de rotatie van de rotoras om te zetten naar de oscillatie van de pompstang. The hoge slijtage in de scharnieren in deze tuimelaar was de reden dat de CWD-2000 nog niet uitontwikkeld was toen de CWD in 1990 ontbonden werd omdat de subsidie door het ministerie van ontwikkelingssamenwerking beëindigd werd.

De derde methode is het gebruik maken van een touwpomp. De touwpomp is momenteel in ontwikkelingslanden zoals Nicaragua sterk in opmars als handpomp. Een touwpomp bestaat uit een lang nylon touw waar een groot aantal zuigertjes op zitten. Dit touw wordt door een PVC stijgbuis omhoog getrokken en elk zuigertje draagt maar een deel van de waterkolom. Daardoor staat er maar een gering drukverschil over elk zuigertje en de zuigertjes hoeven daarom niet erg goed af te dichten. Het touw loopt aan de bovenkant over een groot wiel dat gemaakt is van twee halve autobanden. Het wiel wordt als handpomp aangedreven met behulp van een zwengel. Het omlaag lopende deel van het touw loopt gewoon vrij in de put. Aan de onderkant zit een geleiding om te maken dat de zuigertjes weer soepel de stijgbuis inlopen. Een touwpomp is te maken en te repareren met geringe hulpmiddelen. Er is een constante kracht nodig om het touw door de stijgbuis omhoog te trekken en daardoor is ook een constant koppel nodig om het wiel aan te drijven. Wanneer de touwpomp enige tijd stil staat lekt al het water langs de zuigertjes omlaag. Als je begint te draaien is het koppel daardoor nul en het neemt evenredig toe naarmate het water verder in de stijgbuis is gestegen. Deze karakteristiek is uitermate gunstig voor aandrijving door een windmolen en dit concept wordt beschreven in rapport KD 321. De touwpomp heeft een horizontale as die zich op ongeveer 1 meter boven de grond bevindt. De windmolen heeft een horizontale as ter hoogte van de top van de toren. Er zijn in Nicaragua een aantal molens gebouwd waarbij beide assen verbonden werden met een ronde snaar maar aangezien de kop zich in de wind moet kunnen richten, werkt dit alleen voor gebieden waarbij de wind altijd uit dezelfde richting waait. Als de kop te ver wegdraait dan loopt de snaar van de wielen. Dit probleem is op te lossen door een verticale as in de toren toe te passen maar dit vereist een haakse overbrenging aan de boven- en aan de onderkant van de verticale as. In rapport KD 320 (nog niet vrijgegeven) wordt een transmissie beschreven met een ronde snaar en één hulpwiel waarbij een versnelling gerealiseerd kan worden tussen de rotoras en de verticale as en waarmee gelijktijdig ook een bepaalde excentriciteit overbrugd kan worden. De versnelling is nodig om te voorkomen dat het reactiekoppel van de verticale as een te grote invloed heeft op de beveiliging van de molen die er voor zorgt dat de rotor bij hoge windsnelheden uit de wind draait. Ik heb een uitzet van een molen met deze transmissie gemaakt maar deze molen (de VIRYA-2.8B4) is nog niet uitgetekend, gebouwd en getest. Ik denk dat een touwpomp een heel goed en goedkoop concept is indien het lukt om een windmolen te ontwikkelen met een verticale as in de toren.

De vierde methode is het gebruiken van een elektrische pomp en een windmolen die elektriciteit opwekt. Dit concept werd al in 2003 getest met de VIRYA-3D windmolen en een Solaflex zonnepomp. Het grote voordeel van een elektrische pomp is dat de pompmotor bij lage spanningen losgekoppeld kan worden van de generator van de windmolen. Daardoor loopt de rotor onbelast aan en kan een lichte snellopende rotor gebruikt worden. Andere belangrijke voordelen zijn dat de molen ook nog voor andere doeleinden dan waterpompen gebruikt kan worden en dat de molen op een behoorlijk afstand van de put geplaatst kan worden. Meestal staan er bomen direct om de put waardoor de windsnelheid aanmerkelijk gereduceerd wordt. Nadelen zijn dat er rendementsverlies in de generator en in de pompmotor optreedt en dat de pomp geïmporteerd zal moeten worden.

De Solaflux pomp is een verdringerpomp met twee kleine zuigers die door een nokkenas worden aangedreven. Daardoor kan de pomp een zeer hoge druk leveren en is er al opbrengst bij een laag toerental. De VIRYA-3D is niet meer leverbaar maar ik heb in KD 491 (nog niet vrijgegeven) aangetoond dat dit concept ook werkt met mijn huidige VIRYA-3B3 windmolen. Ik ben daarvoor uitgegaan van een Solaflux pomp met een nokhoogte van 2,6 mm en met deze nok kan de pomp een opvoerhoogte leveren van maximaal 100 m. Dit concept raad ik daarom vooral aan als het water erg diep zit en wanneer het benodigde debiet niet erg hoog is.

De VIRYA windmolens

Mijn VIRYA windmolens lijken allemaal op elkaar. Alle molens hebben een direct drive PM-generator die gemaakt wordt van een standaard kortsluitankermotor (zie KD 341). Er worden 2- en 3-bladige rotoren toegepast met wieken die gemaakt zijn van hout, van gegalvaniseerd staalplaat of van roestvrij staalplaat. De molens zijn voorzien van het zogenaamde scharnierendzijvaanbeveiligingssysteem (zie KD 485). De grotere molens hebben vrijstaande slanke torens die scharnierbaar met de fundering verbonden zijn. Op onderstaande foto is de VIRYA-1.8D te zien die een 3-bladige rotor heeft met wieken die gemaakt zijn van gewelfd plaatstaal. Er zijn folders met een specificatie van alle molens.



De VIRYA-1.8D