

## **Eksperimentmølle med udskiftelige remskiver og variabelt vingetal**

*Af tidl. seminarielektor Povl-Otto Nissen, medarbejder ved Poul la Cour Museet.*

Denne mølle er oprindeligt konstrueret af en arbejdsgruppe på et fysik/kemiårskursus 7711-1, "Fornyelse af fysik/kemiundervisningen", som gennemførtes i skoleåret 1986-87 ved Danmarks Lærerhøjskoles Esbjerg-afdeling. Den gang bestemte vi, at ophavsretten til møllen tilhørte konstruktørerne. Der er imidlertid nu gået 27 år, uden at nogen af dem er gået videre med idéen. Men jeg synes, at den er for god til at gå i glemmebogen, så nu tiltager jeg mig den frihed, at offentliggøre den her til fælles bedste.



Møllens overstrøgne areal har en diameter på 65 centimeter. Den er fremstillet af gængse materialer, og en hver fysik/kemilærer vil nemt i samarbejde med en metalsløjdlærer kunne lade en 9. eller en 10. klasse bygge møllen - eller for den sags skyld en gymnasieklasse, hvis de ellers har tid til det for eksamensræset.

Den korte beskrivelse er, at møllelejet er et cykelforhjulsnæv på et lodret stativ af firkantjern, "mølletårnet". Se arbejdstegningen. På den ene ende af akslen er skruet en rotorskive af acryl, som på genial vis er forsynet med huller, der gør det muligt at påsætte henholdsvis 2, 3, 4 eller 6 vinger. På den anden ende af akslen kan der påsættes remskiver drejet i træ med forskellige diametre (vi valgte 6, 8 og 10 cm), som muliggør eksperimenter med udveksling til generatoren. Som generator anvendte vi en 12 volts eksperimentmotor fra SF, men man kan sikkert også bruge en almindelig cykeldynamo.



## Vingerne

Vi forsøgte med forskellige materialer til vingerne, men endte alligevel med at foretrække PVC-tagrende. Det er nemt at arbejde med. Her var vi inspireret af Oles Hurtigløber, som lige var blevet udviklet den gang. Man kan naturligvis også eksperimentere med vingerens længde og form med henblik på at gøre møllen så effektiv som muligt. Se henvisning nedenfor. Til prototypen valgte vi en vingelængde på 33 cm, og formen var inspireret af Riisager-møllen med den største vingebredde inderst ved akslen. Se figur 1 og 4.

Til at holde møllen krøjet op i vinden kan den forsynes med et haleror af tilpas længde. Dette laves af et stykke fladjern snoet og bukket på hensigtsmæssig måde og pånippet en aluminiumsplade. Se arbejdstegning. Nogle vil måske undre sig over, at "mølletårnet" - vistnok som det eneste i Verden - har fået et knæk. Men den første afprøvning viste, at vinden nemt pressede vingerne ind mod "tårnet". Derfor!

Materialeliste	Bredde	Længde
Firkantjernrør	20 mm	ca. 70 cm
Vinkeljern	3 cm	ca. 7 cm
Cykelforhjulsnæv		
Acrylskive	ca. 16 cm Ø	6 mm
Vinger af PVC-tagrende		6 X 35 cm
Firkantjernrør til muffe	22 mm	ca. 5 cm
Rundjern med gevind		ca 20 cm
Fladjern		
Aluminiumsplade		
12 små bolte med møtrikker	3 mm (f.eks.)	

Skiver og møtrikker til fastspænding af nav, acrylplade og remskiver

Formålet med at udvikle møllen var meget ambitiøst, nemlig at undersøge sammenhængen mellem vingestrykningsareal og effekt, vindhastighed og effekt, energiindhold i vinden før og efter passage af møllen, sammenhængen mellem vingeanstal og effekt.

Til det formål blev der også udviklet nogle små kop-anemometre (vindhastighedsmålere) - baseret på nogle små hobby-elmotorer og kaffeskeer. Tanken var at måle vindhastigheden før og efter møllen (ca 80 cm) for at måle nedbremsningen af vinden og sammenligne med den leverede effekt. Som vejledning i at fremstille kop-anemometre vil jeg dog anbefale "Lærervejledning" til "Vindmøller i skolen" af Ole Anker Oksbjerg, ISBN 87-89380-12-6. I den bog findes god en byggebeskrivelse af et letløbende anemometer baseret på lejerne i en cykeldynamo af Rindertypen. Der findes også teori og forslag til elektronisk måleudstyr. Der har også været beskrivelser i tidligere numre af Fysik-Kemi bladet. Til det teoretiske kan man også finde hjælp i bogen "Vindenergi og vindmøller" af Elvekjær og Nielsen, ISBN 87-87229-00-5.

I disse bøger vil man bl.a. kunne læse, at mølleeffektivitet er forholdet mellem mølleeffekt og vindeffekt i et "rør" med tværsnitsareal som det overstrøgne. Denne mølleeffektivitet er maximal, nemlig 59%, når forholdet mellem vindhastighed efter møllen og vindhastigheden før møllen er  $1/3$ .

Der er endvidere en afhængighed mellem en mølles effektivitet og et hastighedsforhold mellem den indgående vindhastighed og vingernes tip-hastighed. Det kan bruges til at dimensionere vingerne til at give møllen maximal effektivitet ved den fremherskende vindhastighed.

Vi nåede desværre ikke den gang at sætte et større måleprogram i gang, blandt andet fordi det ville have været tidkrævende også at skulle bygge måleudstyret.

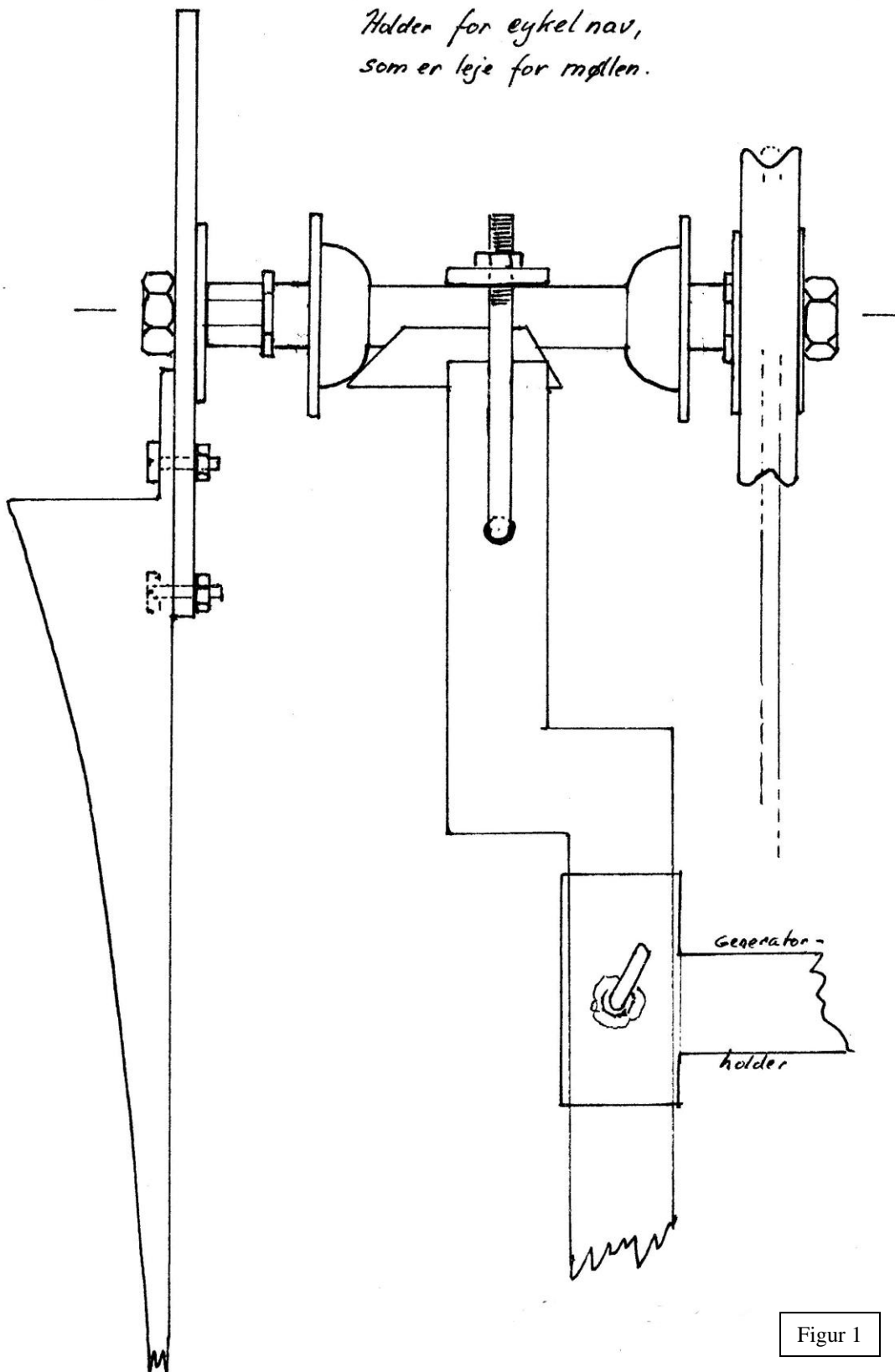
Vi opnåede dog nogle indledende erfaringer:

PVC-tagrender er et nemt og anvendeligt materiale. Forinden prøvede vi også med finér og fast acryl (kold og/eller varmpresning), men uden synderligt held. Ideen til at bruge tagrende som materiale stammer som nævnt fra DHL helt tilbage i 70'erne. For at kunne sætte flere end to vinger på måtte vi imidlertid dele dem enkeltvis og udforme dem i enden, så de kunne skrues på acrylskiven i de ønskede vinkler. Se figur 3.

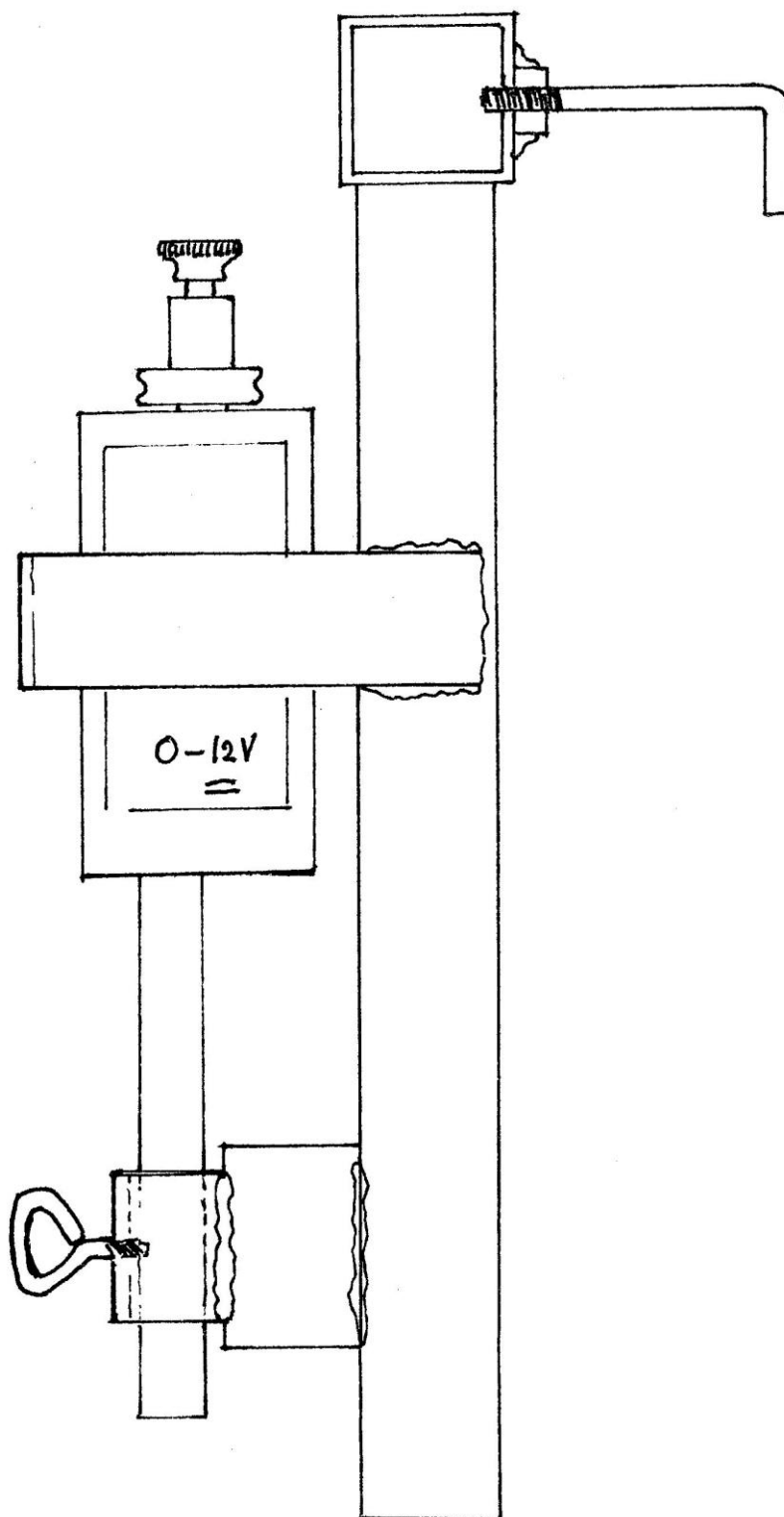
Under afprøvningerne viste det sig nødvendigt at foretage udveksling mellem rotorakslen og generator, da effekten fra generatoren er stærkt afhængig af omdrejningstallet. Vi kan anbefale at forsøge med remskiver med diametre på 6, 8 og 10 cm. De blev drejet i træ. En gummirem af hensigtsmæssig længde kan købes i enhver maskinforretning. Efter mange forsøg viste det sig den tendens, at den 3-vingede rotor opnåede højest omdrejningstal og effekt, mens den 6-vingede rotor starter ved lavere vindhastighed og kunne med tilpasset udveksling yde næsten samme effekt, som den 3-vingede rotor.

Nu findes der imidlertid en hel del avanceret men brugervenligt computerbaseret måle- og præsentationsudstyr på markedet, f.eks. Coachlab eller Science Workshop. Det ville derfor være glædeligt om nogen af denne artikel ville blive provokeret til at bygge møllen og give sig i kast med et måleprogram. Indtil videre findes møllen kun som en prototype, der beror på Poul la Cour Museet i Askov. Ideen er hermed lagt frem til fri anvendelse.

ADVARSEL: Møllen bør sættes op, så vingerne underkørslen er over hovedhøjde, for ikke at være til fare for personer i nærheden. Det er også en god idé at binde en løs snor i vindfanen eller have en stang parat, så man kan dreje møllen ud af vinden, før den tages ned.

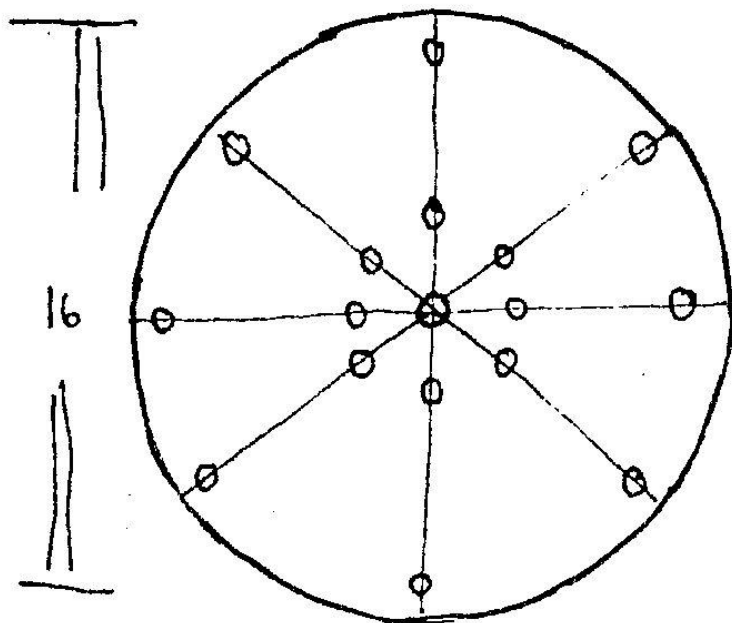


*Generator holder*

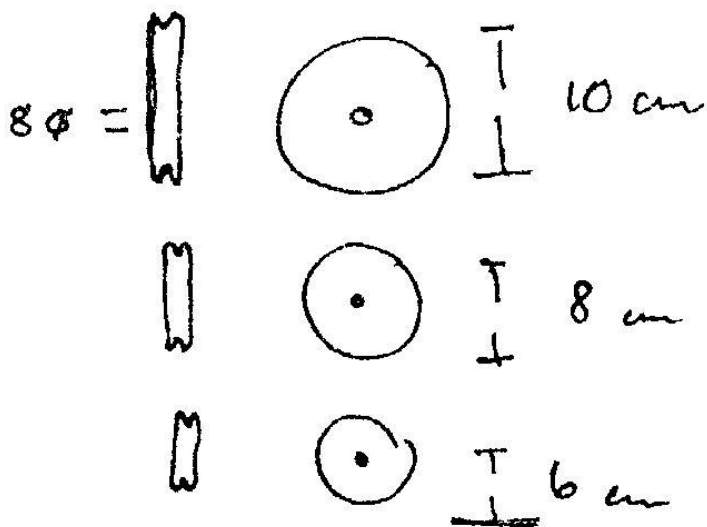


Figur 2

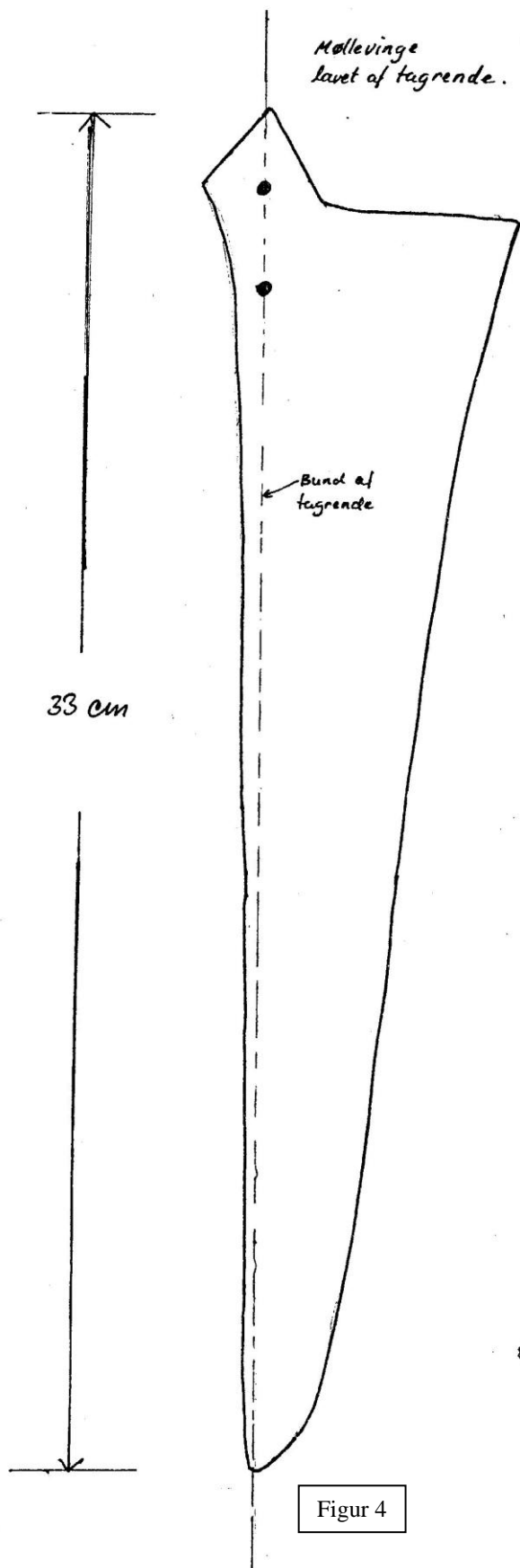
Acryl skiven.



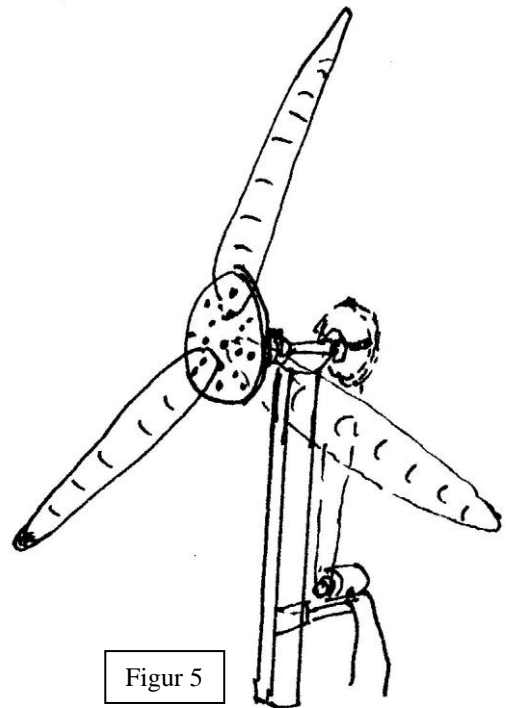
Remskiverne



Figur 3



Figur 4



Figur 5



84 Nu bruges møllemodellen af gymnasieelever til deres eksperimentelle målinger til SRP-opgaver i Poul la Cour Museet.

Tekst, tegninger og layout v/ Povl-Otto Nissen