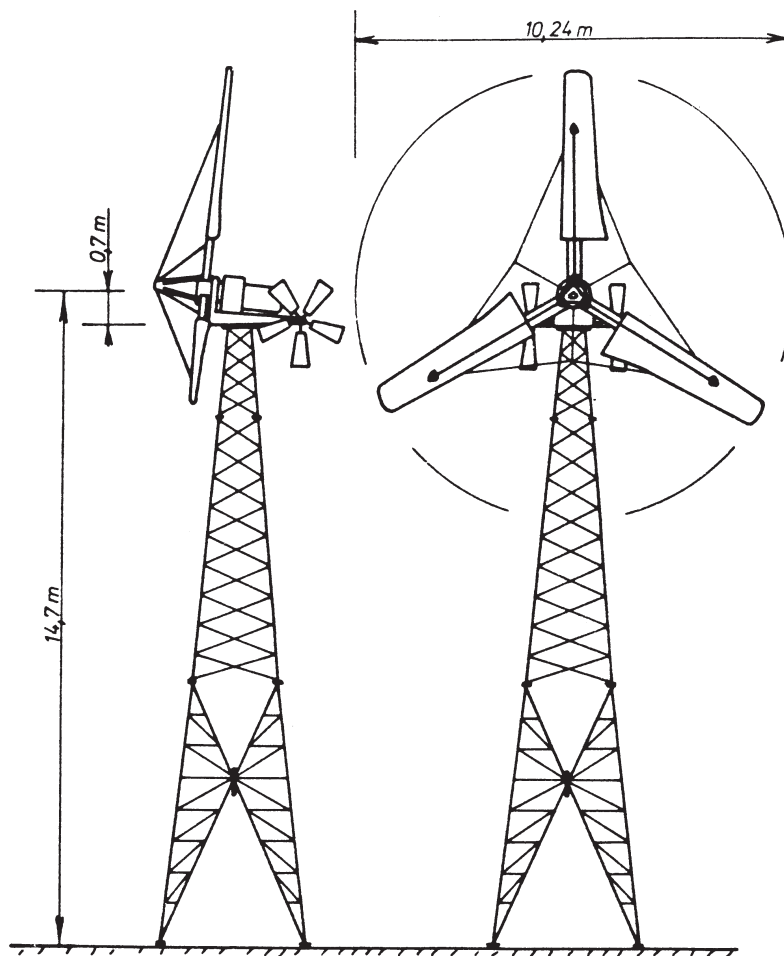


# Opgavesæt om vindmøller



ELMUSEET  
2000

# Indholdsfortegnelse:

	Side
Forord .....	1
Opgaver i udstillingen	
1. Poul la Cour .....	1
2. Vindmøllens bestrøgne areal.....	3
3. Effekt .....	4
4. Vindmøller og drivhuseffekt .....	5
Praktiske opgaver	
5. Vindens effektkurve .....	6
6. Vindmøllens effektkurve .....	7
7. Vindmøllens nyttevirkning .....	8
8. Lav en simpel vindmølle .....	10
Områdekort .....	12

Dette hæfte er med til at give Folkeskolens fysikundervisning et indhold og perspektiv, der opfylder læseplanens krav.

Ved at benytte hæftet i undervisningen og eventuelt lade klassen få en vindmølledag på Elmuseet, vil eleverne få mulighed for at lære om forholdet mellem fysik, teknologi, samfund og miljø.

Det skal pointeres, at der er tale om et forsøg. Elmuseet vil derfor modtage alle tilbagemeldinger med tak.

Forsøgs materialet er udviklet med økonomisk støtte fra Undervisningsministeriet.

Niveau: 8. - 10.klasse.

**Forside:** Skitse af Riisager-vindmølle med 30kW generator og 10 m rotor.

## ELMUSEET

Bjerringbrovej 44, Tange  
8850 Bjerringbro

Tlf: 86 68 42 11

Fax: 86 68 04 70

E-mail: [elmus@elmus.dk](mailto:elmus@elmus.dk)

Hjemmside: [www.elmus.dk](http://www.elmus.dk)

## Forord

Elmuseets vindudstilling viser vindmøllernes udvikling fra Poul la Cours tid og op til nutiden.

Opgaverne i dette hæfte løses i udstillingen og på Elmuseets område og er både teoretiske og praktiske. For at kunne løse opgaverne er det nødvendigt at have arbejdet med hæftet ”Vindmøller - i medvind og modvind”.

Halvdelen af klassen skal løse opgaver i selve udstillingen, mens den anden halvdel laver forsøg med vindmøller. Efter en time bytter holdene med hinanden.

## Opgaver i udstillingen

### 1. Poul la Cour

Poul la Cour var den første i Danmark, der fandt på at lave vindmøller om til små elværker. En stor del af udstillingen fortæller derfor med tekst og billeder om, hvad Poul la Cour lavede.

**Opgave 1.1** *Hvornår levede Poul la Cour, og hvilken uddannelse havde han?*

**Svar:**

**Opgave 1.2** *Hvor arbejdede han fra 1878 til 1908?*

**Svar:**

Poul la Cour lavede forsøgsmøller for at finde frem til den bedste vindmølle-model. Han fik penge fra staten til sine forsøg. Gennem sine forsøg fandt han frem til det ideelle antal vinger på en vindmølle.

**Opgave 1.3** *Hvor mange vinger er der på den ideelle vindmølle?*

**Svar:**

Elektriciteten fra forsøgsmøllen blev i de første år anvendt til *elektrolyse*.

**Opgave 1.4** *Hvilken væske blev brugt til elektrolyse, og hvilke to luftarter udviklede elektrolysen?*

**Svar:**

Midt i udstillingen hænger en 5 meter lang vinge møllevinge lavet på Christian Riisagers værksted.

**Opgave 1.5** *Vingen er flad på den ene side og buer på den anden. Hvorfor?*

**Svar:**

I 1970erne byggede Christian Riisager vindmøller, der kunne sende deres strøm ud på *ledningsnettet*.

**Opgave 1.6** *Hvor mange Riisagermøller byggede Christian Riisager?*

**Svar:**

I udstillingen er der en opstilling, der hedder "Vinden over Danmark", som du kan starte ved at trykke på kontakten

**Opgave 1.7** *Tryk på kontakten. Hvad viser opstillingen?*

**Svar:**

I 1970erne var der kamp om energien. Nogle mente, at Danmark skulle vælge atomkraft, mens andre mente, at landet skulle udnytte vedvarende energi.

**Opgave 1.8** *En kendt højskole byggede en stor mølle ved Ulfborg. Hvad hedder møllen og hvor meget strøm kan den lave?*

**Svar:**

## 2. Vindmøllers bestrøgne areal

I skal bruge målebånd og lommeregner

På det udendørs-område af vindudstillingen står en Riisagermølle. Den er bygget i 1976, og er en af de mange Riisagermøller, der blev opstillet i Danmark i 1970'erne, og som leverede strøm til ledningsnettet. Vingernes længde på 5 meter er med til at bestemme, hvor stor en effekt møllen har.

### Opgave 2.1 *Beregn Riisagermøllens bestrøgne areal*

Svar:

Den store møllevinge på området er en forsøgsvinge fra en moderne vindmølle lavet i 1992. Vi kalder den Avedøremøllen. Møllen er opstillet ved Avedøre Holme syd for København. Vingen vejer 3.300 kg.

### Opgave 2.2 *Beregn Avedøremøllens bestrøgne areal.*

Svar:

Riisagermøllen og Avedøremøllen viser vindmøllernes udvikling fra 1976 til 1992.

### Opgave 2.3 *Hvor mange gange er det bestrøgne areal vokset i denne periode?*

Svar:

Inde i udstillingen hænger der en vinge fra en Riisagermølle.

### Opgave 2.4 *Hvilke materialer er vingerne på Riisagermøllen og Avedøremøllen lavet af?*

Svar:

Moderne møllevinger dækker et stort område, når de drejer rundt. Deres bestrøgne areal kan bedst sammenlignes med en parcelhusgrund. Den er med hus og have og græsplæne på omkring 800 m<sup>2</sup>.

**Opgave 2.5** *Hvor mange byggegrunde/parcelhusgrunde svarer Avedøremøllens bestrøgne areal til?*

**Svar:**

### 3. Effekt

Inde i udstillingsbygningen kan du aflæse, hvilken hastighed vinden har i dag.

**Opgave 3.1** *Aflæs vindhastigheden*

**Svar:**

**Opgave 3.2** *Beregn effekten i vinden, der i dag strømmer igennem Riisagermøllens bestrøgne areal. Se side 8 i "Vindmøller - i medvind og modvind".*

**Svar:**

Riisagermøllen udnytter 30% af vindens effekt i det bestrøgne areal.

**Opgave 3.3** *Hvor mange watt giver Riisagermøllen i dag?*

**Svar:**

Vi forudsætter, at vinden ikke ændrer sig i det kommende døgn. Vi kan så beregne, hvor meget elektrisk energi Riisagermøllen vil lave i det kommende døgn. Elektrisk energi beregnes i kWh, hvor  $h$  er antal timer, møllen er i gang,  $W$  er møllens effekt og  $k$  betyder 1000.

Energi-beregningen foregår på følgende måde:

**Møllens effekt ganges med 24 timer. Resultatet divideres med 1000. Så fås energien i kWh.**

**Opgave 3.4** *Hvor mange kWh producerer Riisagermøllen i dette døgn?*

**Svar:**

En dansk familie bruger i gennemsnit 5.000 kWh om året.

**Opgave 3.5** *Hvor mange familiers elforbrug kan Riisagermøllen dække i det kommende døgn?*

**Svar:**

#### **4. Vindmøller og drivhuseffekt**

Vindmøller producerer elektricitet ved hjælp af vind. Den er en vedvarende energikilde, og vindmøller øger ikke atmosfærens indhold af kuldioxid  $\text{CO}_2$ . Et for stort indhold af  $\text{CO}_2$  i atmosfæren vil give en større *drivhuseffekt*, som kan skabe store forandringer i Jordens klima. De fleste store elværker bruger kul til at producere elektricitet, og afbrænding af kul giver masser af  $\text{CO}_2$ . Kulfyrede kraftværker har filtre i skorstenene, så skadelige luftarter ikke kommer op i atmosfæren, men der findes ingen filtre, der kan optage  $\text{CO}_2$ . Det kan kun de grønne planter. Mange videnskabsmænd mener, at vi ved at opstille flere vindmøller kan forhindre en større drivhuseffekt. Du kan selv beregne, hvor meget  $\text{CO}_2$  en vindmølle sparer atmosfæren for.

Hver gang du har brugt 1 kWh har et kulfyret kraftværk udledt 800 gram  $\text{CO}_2$ , der fylder 450 liter i atmosfæren.

**Opgave 4.1** *Hvor mange kg  $\text{CO}_2$  har Riisagermøllen sparet atmosfæren for i dette døgn?*

**Svar:**

## Praktiske opgaver

Til opgaverne skal I bruge en hurtigløbermølle + stativ, watt-meter, vindmåler, bilhorn, båndoptager og lommeregner.

Opgaverne laver I ved indløbskanalen og dæmningen ved Tange Sø (se nr. 4 på områdekortet).

### 5. Vindens effektkurve

Elmuseets hurtigløbermølle har en vinge med en længde på 1,20 m.

**Opgave 5.1** *Beregn størrelsen af møllens bestrøgne areal.*

**Svar:**

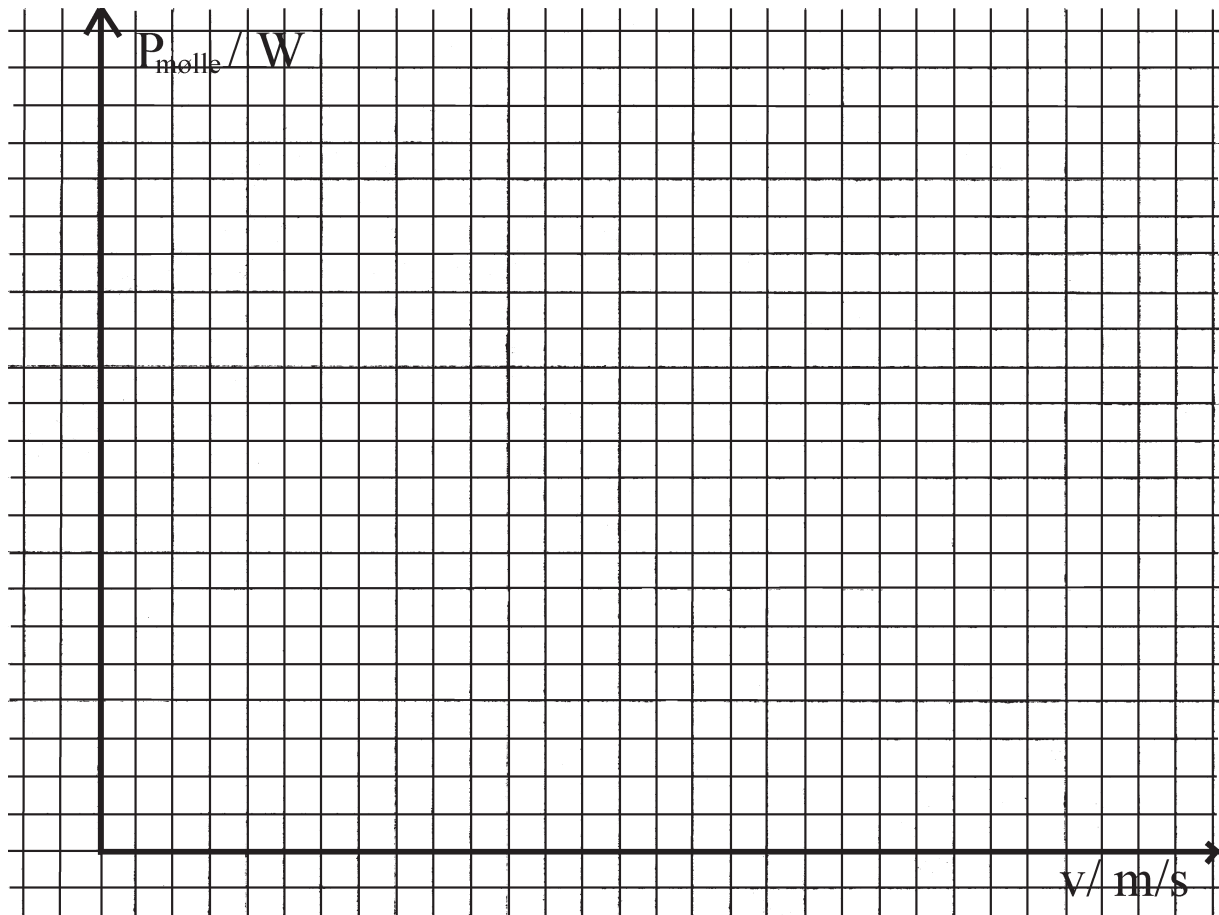
I hæftet *Vindmøller - i medvind og modvind* finder du formlen for vindens effekt  $P_{\text{vind}}$  gennem møllens bestrøgne areal.

**Opgave 5.2** *Beregn effekten  $P_{\text{vind}}$  for vindmøllen ved følgende vindhastigheder.*

v/ m/s	0	4	6	8	10	12	15
$P_{\text{vind}}/\text{W}$							

Indsæt de sammenhørende værdier mellem vindens hastighed og dens effekt gennem møllens bestrøgne areal i koordinatsystemet på side 7 og tegn vindens effektkurve.





## 6. Vindmøllens effektkurve

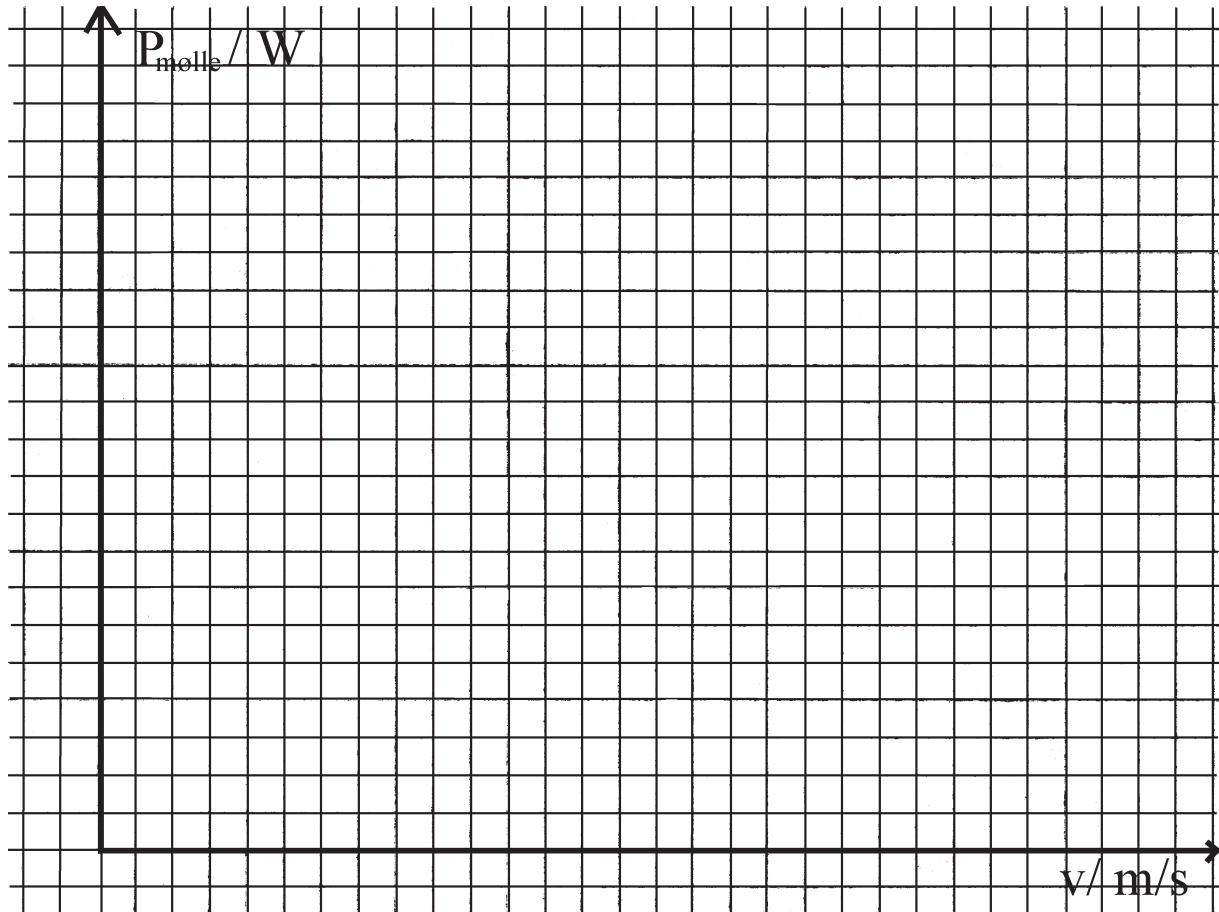
Opstil vindmåleren og vindmøllen forskellige steder i området med det formål at måle sammenhørende værdier mellem vindens hastighed og den effekt, møllen producerer. I skal bruge vindmåler og watt-meter.

**Opgave 6.1** *I hvilken højde skal vindmåleren måle vindhastigheden?*

**Svar:**

**Opgave 6.2** *Lav et skema hvor I skriver sammenhørende værdier for vindens hastighed,  $v$ , og møllens effekt,  $P_{mølle}$ .*

**Opgave 6.3** Afsæt de sammenhørende værdier i skemaet i koordinatsystemet nedenunder. Tegn vindmøllens effektkurve, således at de afsatte punkter ligger pænt fordelt omkring kurven.



## 7. Vindmøllens nyttevirkning

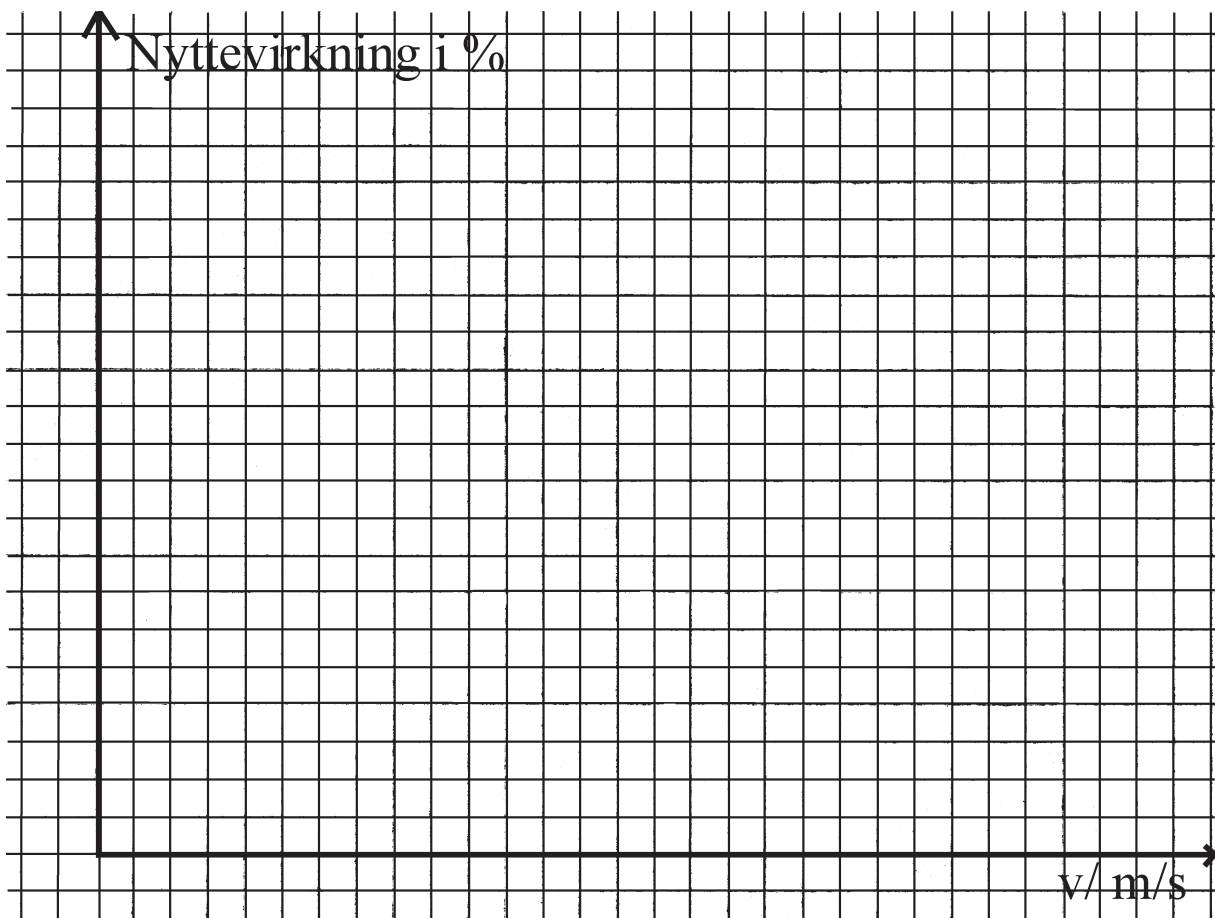
I skal nu beregne møllens nyttegrad, altså hvor stor en del af vindens effekt den udnytter. Nytttevirkningen skal angives i %.

I skal sammenligne vindens effektkurve og vindmøllens effektkurve ved bestemte vindhastigheder for at kunne beregne møllens nyttevirkning.

$$\text{Nytttevirkning} = \frac{P_{\text{mølle}}}{P_{\text{vind}}} \cdot 100 \%$$

**Opgave 7.1** De sammenhørende værdier mellem vindens hastighed og møllens nyttevirkning i % indføres i tabellen på næste side.

Vindens hastighed v/ m/s	$P_{\text{vind}} / \text{W}$	$P_{\text{mølle}} / \text{W}$	Nyttevirkning/ %



Afsæt de sammenhørende værdier af vindens hastighed og møllens nyttevirkning i koordinatsystemet oven over og tegn en kurve over møllens nyttevirkning.

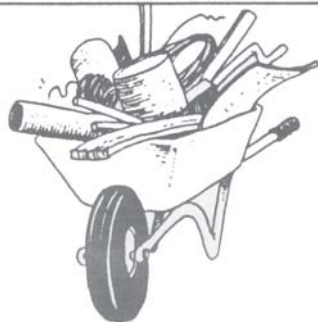
**Opgave 7.2** *Hvad kan vindmøllens strøm anvendes til? Kan møllen producere så meget effekt, at båndoptageren kan spille og bilhornet tude?*

**Svar:**

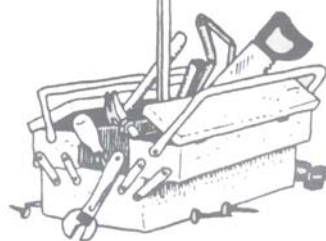
## 8. Du kan selv med simple midler lave en vindmølle

### Hurtigløber

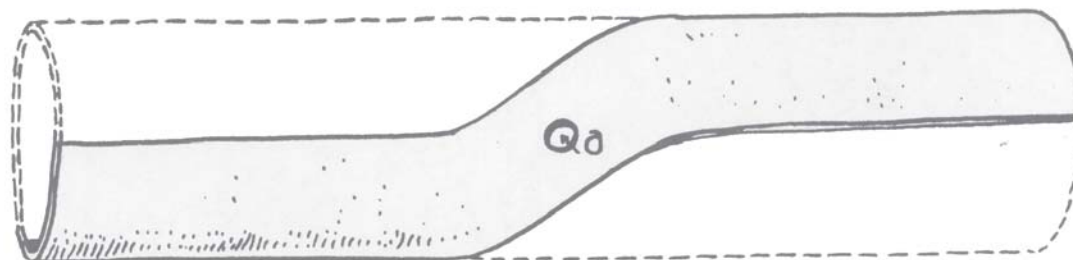
- plastictagrør (ca. 50 cm)
- cykeldynamo
- aluminiumsplade (30 x 20 cm)
- rundjern
- rafte
- pære
- fatning
- ledning
- skruer og møtrikker
- leje



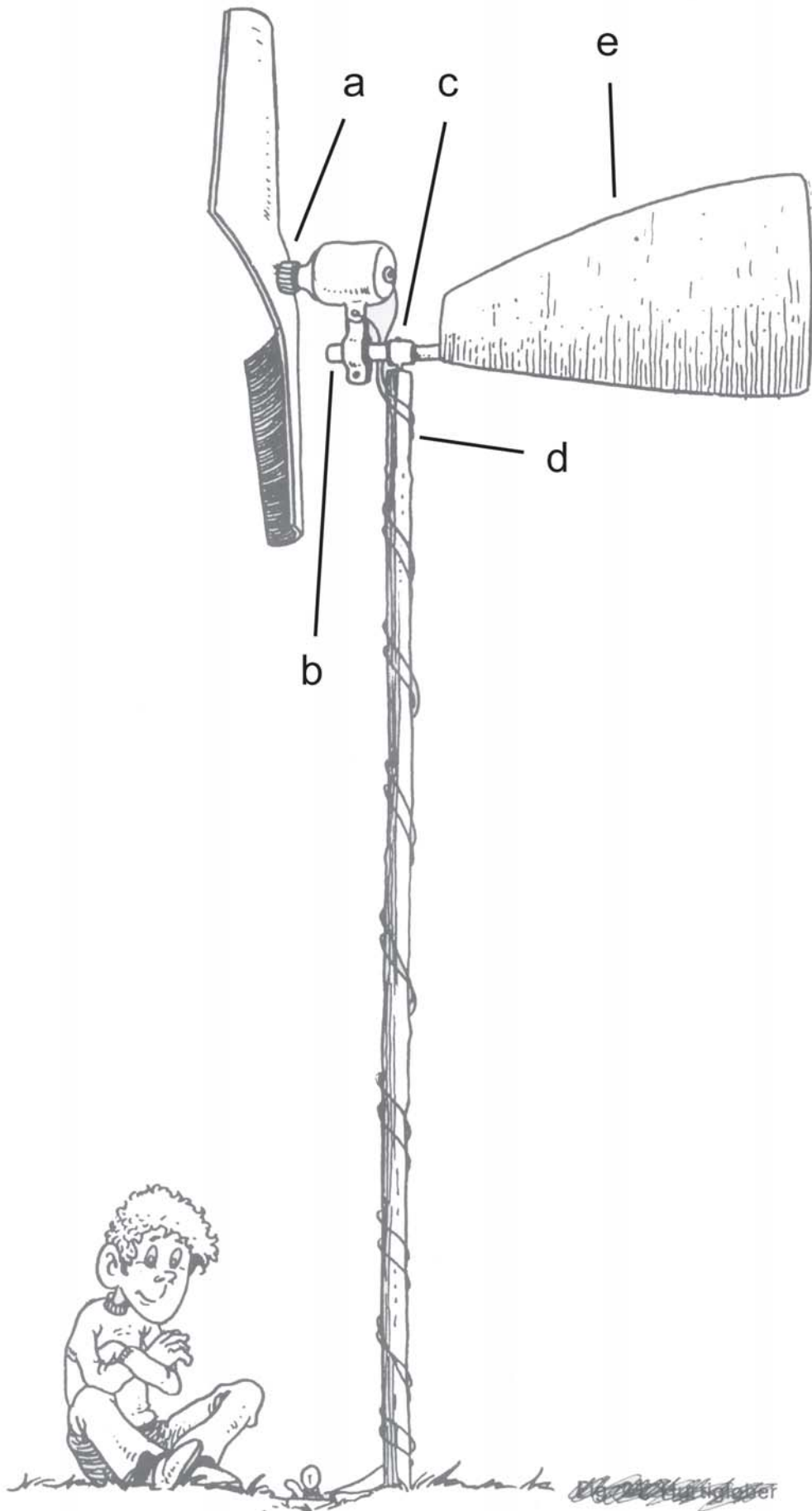
- hobbykniv
- pladesaks
- fil
- skruenøgle
- skruetrækker
- bor

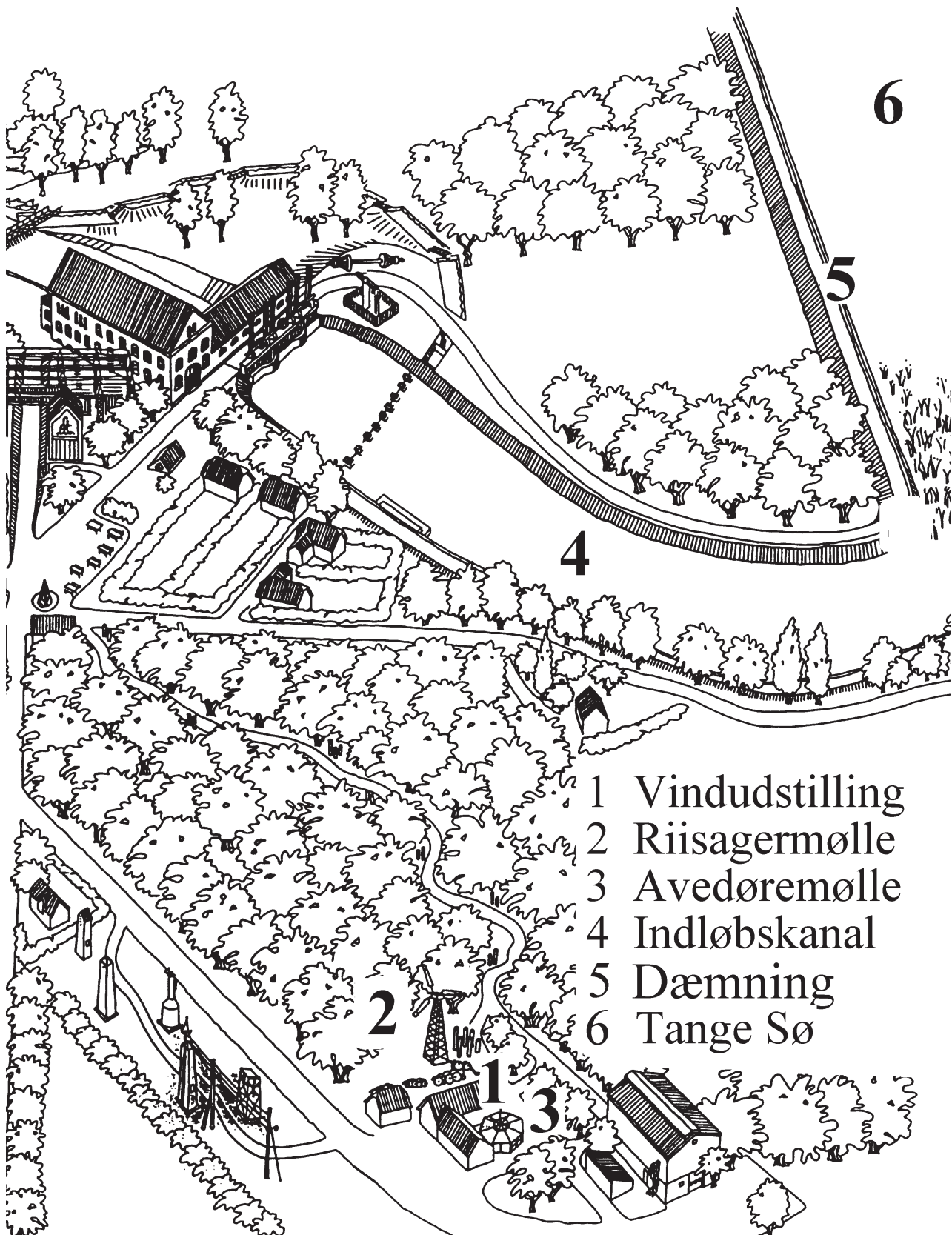


Vingen skæres ud af et plastictagrør, som vist på modeltegningen nedenfor. Der bores hul i vingen (a). Vingegn monteres på dynamoen se side 11. Dynamoen fastgøres til et rundjern (b), som gennem et leje (c) er monteret på en rafte (d). I enden af rundjernet anbringes en hale (e), der er udskåret af en aluminiumsplade. Dynamoer leverer nu strøm til en lille pære eller en lysdiode.



Modeltegning af vingen til en hurtigløber





Områdekort til "Opgavesæt om vindmøller"

Tekst: Erik Jørgensen  
Lay-out: Henrik Munch Pedersen

© Elmuseet 2000

Skrifter fra Elmuseet (14)  
Opgavesæt om vindmøller

ISSN: 0905-2992  
ISBN: 87-89292-41-3

SKRIFTER FRA ELMUSEET NR.14

ISSN: 0905-2992  
ISBN: 87-89292-41-3