

**MASARYKOVA UNIVERZITA**

**PEDAGOGICKÁ FAKULTA**

Katedra fyziky



**Obnovitelné zdroje energie  
– školní experimenty**

*Bakalářská práce*

Brno 2007

Autor práce: Michaela Kremeňová

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Petr Sládek, CSc.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracovala samostatně. Všechny zdroje, prameny a literaturu, z nichž jsem při zpracování bakalářské práce čerpala, řádně cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

V Brně dne 19.4.2007

.....

Podpis

## **Poděkování**

Na tomto místě bych velmi ráda poděkovala panu Doc. RNDr. Petru Sládkovi, CSc. za cenné rady, připomínky a čas, který mi věnoval při zpracování daného tématu.

## **Anotace**

Předmětem bakalářské práce jsou obnovitelné zdroje energie. První část této práce se zabývá shrnutím nejvyužívanějších obnovitelných zdrojů energie na území České republiky. Hlavní zaměření je na solární energii, dále na vodní zdroje energie, na větrnou energii, energii z biomasy a geotermální energii. Druhá část je experimentální a zabývá se experimenty především na snížení spotřeby energie v domácnosti při běžných činnostech jako je vaření, svícení, vytápění. Ty lze využít ve školách nebo zájmových kroužcích.

## **Annotation**

The bachelor thesis deals with the renewable energy sources. The first part summarizes the renewable energy sources available in the Czech Republic. The main focus is given to solar energy, hydropower energy, wind energy, biomass energy and geothermal energy. The main task of the second experimental part is to describe experiments that lead to the decrease of the energy consumption in the household sector (cooking, lighting, heating). These experiments can be provided in the schools or in the hobby groups.

## Obsah

1	Úvod.....	7
	<b>Teoretická část.....</b>	<b>8</b>
2	Obnovitelné zdroje energie.....	8
3	Solární energie .....	10
3.1	Vznik sluneční energie.....	10
3.2	Využití sluneční energie .....	12
3.3	Princip sluneční elektrárny .....	13
3.3.1	Přeměna na teplo.....	13
3.3.2	Přímá přeměna .....	14
3.3.3	Nepřímá přeměna.....	14
3.4	Sluneční elektrárny v České republice.....	14
3.5	Fotovoltaická elektrárna na PdF Masarykovy univerzity .....	15
3.6	Výhody a nevýhody sluneční energie.....	16
4	Vodní energie.....	17
4.1	Vodní kolo .....	17
4.2	Vodní turbíny .....	18
4.3	Princip vodní elektrárny.....	18
4.4	Využití vodní energie.....	19
4.4.1	Malé vodní elektrárny .....	19
4.4.2	Přečerpávací vodní elektrárny .....	20
4.4.3	Akumulační vodní elektrárna.....	20
4.5	Vodní elektrárny v České republice.....	21
4.6	Výhody a nevýhody využití vodních elektráren .....	22
5	Větrná energie.....	23
5.1	Hustota výkonu větru.....	24
5.2	Princip větrné elektrárny.....	24
5.3	Větrné elektrárny v České republice.....	25
5.3.1	Často diskutované otázky .....	25
5.4	Výhody a nevýhody využití větrných elektráren .....	26
6	Energie biomasy .....	27
6.1	Proces výroby z biomasy .....	27

6.1.1	Spalování a zplyňování biomasy .....	27
6.1.2	Biochemická přeměna.....	28
6.1.3	Mechanicko-chemická přeměna .....	28
6.2	Výhřevnost biomasy .....	28
6.3	Využití biomasy v ČR.....	29
6.4	Přehled vybraných energeticky využitelných rostlin.....	29
6.5	Výhody a nevýhody využití biomasy .....	30
7	Geotermální energie.....	31
7.1	Geotermální elektrárny .....	31
7.2	Tepelná čerpadla .....	31
7.2.1	Princip tepelného čerpadla.....	32
7.3	Geotermální energie v ČR .....	33
	<b>Experimentální část.....</b>	<b>34</b>
8	Experimenty.....	34
8.1	Úspora energie při vaření.....	34
8.2	Úspora energie úspornou žárovkou .....	36
8.3	Přímá přeměna tepla na elektrickou energii .....	38
8.4	Tepelné čerpadlo – určení účinnosti .....	40
8.5	Stirlingův motor jako tepelné čerpadlo.....	42
8.6	Stirlingův motor jako sluneční motor .....	45
8.7	Spočítejte si, kolik vás stojí provoz elektrospotřebičů .....	48
9	Závěr .....	49
10	Seznam použité literatury .....	50

# 1 Úvod

Předmětem bakalářské práce jsou obnovitelné zdroje energie. Cílem první části této práce je snaha o shrnutí nejvyužívanějších obnovitelných zdrojů energie na území České republiky. Cílem druhé části je ukázat na několika experimentech, jak se dá snížit spotřeba energie v domácnosti.

Úplně na začátku práce je řečeno, jaké zdroje energie si máme představit pod pojmem obnovitelné zdroje energie. Na území České republiky je to hlavně solární energie, dále pak vodní energie, větrná energie, energie z biomasy a geotermální energie. V následujících kapitolách už je každý zdroj rozebrán samostatně. Snahou je, aby se čtenář dozvěděl nejzákladnější informace o každém zdroji energie. Například v kapitole o solární energii si přečtete, jak vůbec solární energie vzniká, její využití a na jakém principu solární elektrárny pracují.

V druhé části se nachází experimenty ukazující na možnosti úspor energie. V experimentech je ukázáno, jak lze snížit spotřebu energie v domácnosti při běžných činnostech, jako je vaření, svícení, vytápění. Například v experimentu o vaření jsou použity dva různé hrnce a je na nich dokázáno, že energie, která je potřebná k tomu, aby se ohřálo 0,5 l vody je různá. Tato část obsahuje i tabulku, v které se dozvíte, kolik vás stojí provoz některých elektrospotřebičů, jak v pracovním režimu, tak i v pohotovostním režimu.

# Teoretická část

## 2 Obnovitelné zdroje energie

Proto, aby mohlo lidstvo udržet rozvoj a kvalitu života, je v současnosti nutno hledat a využívat nových zdrojů energie. Pro udržitelný rozvoj jsou obnovitelné zdroje energie jediným východiskem. Fyzikální omezení a limity planety Země ani jiné možnosti dlouhodobě prakticky nenabízí. [4]

Obnovitelné zdroje energie zatím nepatří mezi příliš atraktivní z několika následujících důvodů. Jedna z hlavních příčin spočívá v našem plýtvavém nakládání s přírodními zdroji a s energií. Dostupnost neobnovitelných zdrojů je snadná a tak odstavuje obnovitelné zdroje v průmyslových zemích na druhou kolej. Na neobnovitelných zdrojích je založena celá infrastruktura a na jejich podporu se vynakládá 90 % veřejných prostředků a prostředků na vědu a výzkum. [4]

Do obnovitelných zdrojů energie je zahrnována vodní energie, energie větru, sluneční energie, energie mořských vln, energie přílivu a odlivu a konečně geotermální energie. V poslední době se často používá pojem „nové obnovitelné zdroje energie“, aniž by byl tento pojem náležitě definován. Za klasické využívání obnovitelných zdrojů energie je možné považovat využívání biomasy vzniklé v přírodě bez bližšího určení pro energetické účely, využívání odpadů z dřevozpracujícího průmyslu a využívání hydraulického potenciálu ve velkých vodních elektrárnách. Tyto energetické zdroje se tedy do nových energetických zdrojů nezapočítávají. [1]

Mezi nové zdroje nepochybně patří biomasa, uměle pěstovaná pro energetické účely. S jistou dávkou tolerance je možné do nových energetických zdrojů zařadit i biomasu získanou jako odpad při údržbě lesů, sadů. Nepochybně mezi nové energetické zdroje patří využívání energie větru pro výrobu elektrické energie, ačkoliv i dříve byla energie větru využívána, především u větrných mlýnů. Obdobně je možno počítat mezi nové obnovitelné zdroje sluneční energii spotřebovanou při výrobě elektrické energie, při vytápění různých objektů a při ohřívání vody, přestože i sluneční energie byla dříve využívána. Méně problematické je zařazení do nových energetických zdrojů energie vln, energie přílivu a odlivu a geotermální energie. [1]

V současné době jsou v ČR nejrozšířenějším zdrojem energie fosilní paliva a to především uhlí a zemní plyn. Tyto paliva sice patří mezi přírodní zdroje, ale



rozhodně je nemůžeme považovat za nevyčerpatelné zdroje. Vezmeme-li v úvahu například uhlí k jehož přeměně do využitelné podoby bylo zapotřebí milióny let, podařilo se během pouhých sto let jeho zásoby natolik snížit, že se jejich vyčerpání předpokládá již v první polovině tohoto století. Všechna ostatní fosilní paliva (plyn, ropa) je třeba dovážet, přičemž se dá předpokládat celosvětový nárůst jejich cen. Dalším aspektem ukazujícím v neprospěch fosilních paliv je jejich negativní účinek při spalovacích procesech, kdy vznikají oxidy uhlíku a dusíku, které se významnou měrou podílejí na skleníkovém efektu. [8]

Z výše uvedených skutečností, tj. snižování zásob, stoupající ceny a negativní působení používání fosilních paliv na životní prostředí, vyplývá nutnost snižování jejich spotřeby a současně vyšší využívání obnovitelných zdrojů energie. Jejich podíl na celkové energetické bilanci bude v závislosti na zeměpisné poloze, přírodních podmínkách, společenských i politických podmínkách jednotlivých oblastí různý. Odlišný bude i význam jednotlivých zdrojů (slunce, zemská kůra, biomasa, voda a vítr). [8]

V následujících kapitolách se seznámíme s nejvyužívanějšími obnovitelnými zdroji energie v České republice. Je to především solární energie (využívá se pro ohřev teplé užitkové vody a přitápění pomocí solárních kolektorů, a v současné době stále více k výrobě elektrické energie pomocí fotovoltaických panelů), energie biomasy, geotermální energie (využívající zemského tepla k vytápění pomocí tepelných čerpadel) a energie vody a větru.

Druh obnovitelných zdrojů energie	Elektřina (GWh)	Tepelná energie (PJ)
Větrná energie	4	-
Vodní energie (MVE < 10 MW)	750	-
Velké VE (> 10 MW)	1 165	-
Solární tepelné systémy	-	0,4
Fotovoltaické systémy	0,03	-
Geotermální energie	-	0,2
Energie biomasy	420	22
Biopaliva motorová	-	2,5
<b>Celkem</b>	<b>2 339</b>	<b>25,1</b>

**Tabulka 1** Současné využití energie z obnovitelných zdrojů v ČR

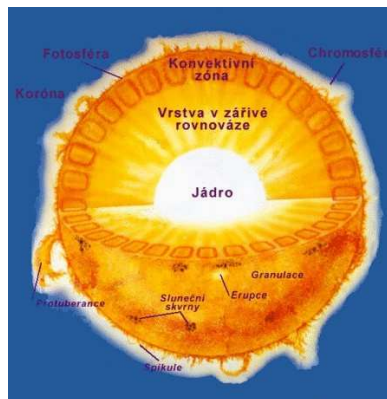
(převzato z [14])

### 3 Solární energie

Sluneční energie je základním a nezastupitelným činitelem podmiňujícím existenci lidstva. Na Zemi dopadá pouze jedna dvoumiliardtina energie vyzářená Sluncem, tj. její množství dosahuje za jednu sekundu více energie, než kolik jí dokázali lidé vyrobit za celé své dějiny. [3]

#### 3.1 Vznik sluneční energie

Zdrojem sluneční energie je sluneční jádro. Termonukleární jadernou reakcí v jádru Slunce je uvolněná energie do zářivé zóny transportována na základě konvektivních procesů a ze zářivé zóny je transportována do kosmického prostoru radiací. V konvektivní zóně dochází k promíchání plynů a k přenosu energie prouděním. Fotosféra je povrchová zóna, která má teplotu asi 5 700 K. Oblasti s poněkud nižší teplotou jsou tmavší a nazývají se sluneční skvrny. Chromosféra je tenká vrstva přiléhající k povrchu Slunce s prudce klesající hustotou ve směru od středu Slunce, ale se stoupající teplotou od 10 do 100 tisíc stupňů. [1]



Obrázek 1 Struktura Slunce

(převzato z [15])

Sluneční energie vzniká na základě jaderných procesů při syntéze jader vodíku na jádra helia za vysokých teplot a tlaků v jádře Slunce. Slunce je vlastně vodíková koule s centrálním jaderným reaktorem pracujícím na principu syntézy při ohromných

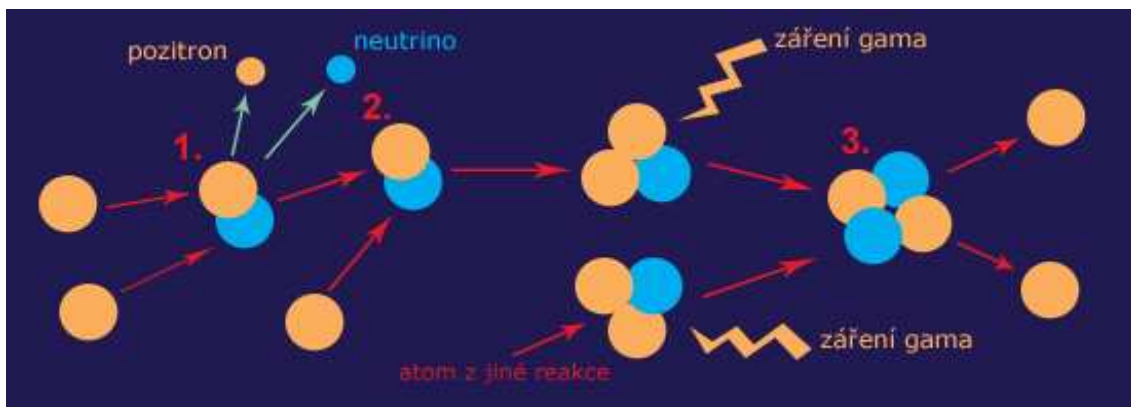
tlacích daných velikou hmotností Slunce a při teplotách asi 15 milionů stupňů a při uvedené hustotě. [1]

První krok v řetězci jaderných reakcí, které vedou ke vzniku helia, je syntéza dvou protonů (jader normálního vodíku) na jádro deuteria (proton a neutron) a vznikne jeden pozitron. V následujícím kroku sloučením jádra deuteria a jádra vodíku vznikne jádro tritia (proton a dva neutrony). V posledním kroku ze dvou jader tritia vznikne jádro helia (dva protony a dva neutrony) a dvě jádra vodíku. V průběhu tohoto procesu přeměny vodíku na helium dojde ke zmenšení celkové klidové hmotnosti a k uvolnění energie podle uvedené Einsteinovy rovnice. [1]

Při jaderné syntéze se uvolňuje energie (ve formě tepla  $Q$ ) v důsledku změny hmotnosti systému  $\Delta m$  podle slavné Einsteinovy rovnice

$$Q = \Delta m \cdot c^2$$

kde  $c = 2,988 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  je rychlost světla ve vakuu. [1]



Obrázek 2 Diagram přeměny atomů vodíku na atomy helia

(převzato z [16])

Čím více energie Slunce vydá, a tedy čím více vodíku je přeměněno na helium, tím vyšší je teplota Slunce. Jednou teplota Slunce dosáhne takové výše, že dojde k výbuchu a zhroucení Slunce. Slunce jako hvězda zanikne. [1]

Ačkoliv se ve středu Slunce každou sekundu přemění na energii 4 miliony tun hmoty, má naše hvězda – Slunce – takové obrovské rozměry, že dokáže tímto způsobem vyrábět energii ještě asi 10 miliard let. [1]

## 3.2 Využití sluneční energie

Sluneční energie se přímo využívá odpradáвна, ale rozsah jejího využití závisí na intenzitě slunečního záření v dané oblasti a na dostupnosti jiných energetických zdrojů. Nejrozšířenější je sušení nejrůznějších materiálů, od prádla až po potraviny. Dlouhodobě je také rozšířeno využití sluneční energie pro vytápění skleníků. [1]

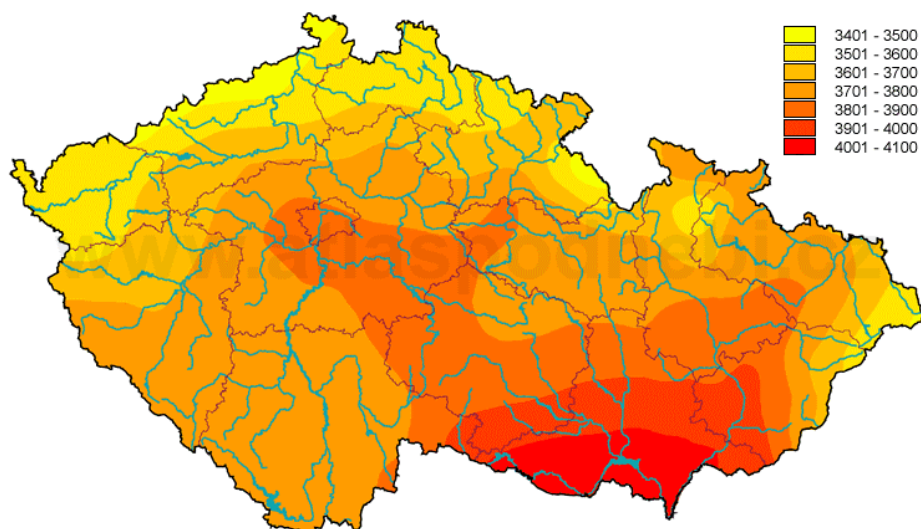
V posledním půlstoletí se podstatně rozšiřuje využití sluneční energie pro ohřívání vody s využitím slunečních kolektorů a zásobníků ohřáté vody. Pro vytápění domů a jiných objektů lze využít sluneční stěny nebo sluneční kolektory a akumulátory tepla. Ve světě je již několik tisíc takzvaných slunečních domů, v nichž hraje sluneční energie podstatnou roli při vytápění, ohřívání vody a dokonce i při chlazení. [1]

Sluneční energii je možno využít i v technologických procesech, které vyžadují vysokou teplotu. Musí se však zajistit soustředění slunečních paprsků soustavou vhodných fokusačních zařízení, nejčastěji zrcadel, která musí být vybavena natáčecím zařízením. [1]

K výrobě elektřiny je možno využít fotovoltaické články, které zachycují přímo dopadající sluneční paprsky, nebo tepelného cyklu se soustředěním slunečních paprsků na výměník, ve kterém je teplo předáváno do cyklu. [1]

Sluneční energie je možno využít i k čerpání vody ze studní. Podle několika známých projektů se nejčastěji předpokládá získání potřebné mechanické energie pro pohon čerpadel pomocí tepelného oběhu s vhodnou pracovní látkou, přičemž sluneční energie se využívá ve výparníku a k chlazení kondenzátoru se využívá čerpaná voda. [1]

Na území ČR lze energii slunečního záření velmi dobře využít. Celková doba slunečního svitu (bez oblačnosti) je od 1 400 do 1 700 hodin za rok. Z těchto čísel je vidět, že při dobré účinnosti solárního systému lze získat z poměrně malé plochy (podstatně menší než je střecha rodinného domku) poměrně velký výkon. V našich podmínkách je solární systém o výkonu 1 kW schopen vyrobit 900-1000 kWh elektrické energie za rok. [8]



Obrázek 3 Sluneční záření na území ČR

(převzato z [17])

### 3.3 Princip sluneční elektrárny

Energie slunečního záření se dnes využívá jako přeměna na teplo, nebo jako přímá nebo nepřímá přeměna na elektrickou energii.

#### 3.3.1 Přeměna na teplo

V našich podmínkách je možné solární energii využívat zejména k přeměně na teplo, a to k ohřevu teplé užitkové vody, vody v bazénech a také k dotápní objektů. Z důvodu malého procenta účinnosti je méně vhodné, i když v některých případech těžko zastupitelné, využití přeměny sluneční energie na elektrickou energii fotovoltaickými články. Přeměna solárního záření na teplo (fototermální přeměna) může být pasivní nebo aktivní. [8]

*Pasivní systémy* - pasivní systémy, fungující na principu skleníkového efektu, lze dobře využít zejména u nově budovaných staveb, kdy se jim musí přizpůsobit již architektonické řešení. Množství získané energie závisí na poloze, druhu, architektonickém řešení budovy a použitých materiálech. [8]

*Aktivní systémy* - spočívají v použití speciálních technických systémů, které nepřímo přeměňují energii slunečního záření na teplo nebo elektrickou energii. Mezi aktivní solární systémy lze zařadit všechny typy solárních kolektorů a fotovoltaické články. [9]

### 3.3.2 Přímá přeměna

Přímá přeměna využívá fotovoltaického jevu, při kterém se v určité látce působením světla (fotonů) uvolňují elektrony. Tento jev může nastat v některých polovodičích (např. v křemíku, germaniu, selenu, kadmia aj.). Fotovoltaický článek je tvořen nejčastěji tenkou destičkou z monokrystalu křemíku, použít lze i polykrystalický materiál. Destička je z jedné strany obohacena atomy trojmocného prvku (např. bóru), z druhé strany atomy pětímocného prvku (např. arzenu). Přiložíme-li na obě strany destičky elektrody a spojíme je drátem, začne protékat elektrický proud. [7]

Sluneční články se zapojují buď za sebou, abychom dosáhli potřebného napětí (na jednom článku je 0,5 V), nebo vedle sebe tak, abychom získali větší proud. Spojením mnoha článků vedle sebe a za sebou vzniká sluneční panel. Rozměry jednoho článku jsou asi  $10 \times 10$  cm, spojují se do panelů o výkonech od 10 do 300 W. [7]

### 3.3.3 Nepřímá přeměna

Nepřímá přeměna je založena na získání tepla pomocí slunečních sběračů. V ohnisku sběračů umístíme termočlánky, které mění teplo v elektřinu. Termoelektrická přeměna spočívá na tzv. Seebeckově jevu (v obvodu ze dvou různých drátů vzniká elektrický proud, pokud jejich spoje mají různou teplotu). Jednoduché zařízení ze dvou různých drátů spojených na koncích se nazývá termoelektrický článek. Jeho účinnost závisí na vlastnostech obou kovů, z nichž jsou dráty vyrobeny, a na rozdílu teplot mezi teplým a studeným spojem. Větší množství termoelektrických článků vhodně spojených se nazývá termoelektrický generátor. [7]

## 3.4 Sluneční elektrárny v České republice

V případě České republiky je větší využití sluneční energie zatím na počátku svého rozvoje. V průběhu poslední dekády minulého století se v ČR omezilo na ostrovní systémy pro nezávislé napájení objektů a zařízení v lokalitách bez připojení na rozvodnou síť. První sluneční elektrárna o výkonu 10 kW byla uvedena do provozu až v roce 1998 na vrcholu hory Mravenečník v Jeseníkách (dnes je umístěna jako demonstrační zařízení v areálu JE Dukovany coby součást informačního centra). [7]

Státní správa a místní samospráva zavádějí podpůrné nástroje na podporu fotovoltaiky od roku 2000, a to jak podporou demonstračních projektů, tak podporou



vývoje a výzkumu. Příkladem je vládou schválený Národní program na podporu úspor a využívání obnovitelných zdrojů energie nebo Státním fondem životního prostředí vyhlášený program Slunce do škol. Od roku 2003 jsou Státním fondem životního prostředí poskytovány 30% dotace na instalaci solárních systémů pro soukromé i právnické osoby. [7]

### 3.5 Fotovoltaická elektrárna na PdF Masarykovy univerzity

Začátkem dubna 2005 byl uveden do provozu 40 kW<sub>P</sub> fotovoltaický systém na budově Pedagogické fakultě Masarykovy univerzity. Solární panely jsou rozděleny do tří sekcí. První sekce o celkovém výkonu 5 kW<sub>P</sub> je umístěna ve vertikálním pásu v horní části fasády budovy Poříčí 31, druhá sekce je umístěna na střeše (30 kW<sub>P</sub>). Třetí sekce (5 kW<sub>P</sub>) je osazena tzv. „fotovoltaickými dvojskly“, které se na první pohled liší svou nahnědlou barvou. [4]

Zkušební roční provoz ukázal, že reálný potenciál výroby elektrické energie v lokalitě Pedagogické fakulty MU vykazuje velmi dobrou shodu v oblasti špiček odběru elektřiny a její výroby z FV panelů. V létě pokrývají téměř celou denní potřebu elektrické energie fakulty, zejména mezi 12-16 hodinou. To platí za slunného dne; pro dny kdy je zataženo a Slunce je níže na obloze, tento příznivý stav klesá na 5-10% jejich špičkové hodnoty. [4]



**Obrázek 4** Fotovoltaický střešní systém na budově Pedagogické fakulty MU  
(materiály PdF MU)

### 3.6 Výhody a nevýhody sluneční energie

#### **Výhody**

- Slunce je bezpečný jaderný reaktor, od něhož se v době řádově miliard let nemusíme obávat žádné havárie či výraznější změny funkce.
- Sluneční energie je velice kvalitní, to znamená, že se poměrně snadno přeměňuje na jiné formy energie (energie tepelná, elektrická, ...).
- Sluneční energie je čistá, nezpůsobuje žádné toxické odpady, zápach, zplodiny, prach, ...

#### **Nevýhody**

- Nevýhodou je pokles výkonu při zatažené obloze na pouhých 5-10 procent.
- Je potřeba stálého slunečního svitu.
- Z mnoha případů použití solárních zařízení vyplývá, že využití energie slunečního záření v přeměně na elektřinu není příliš levná.



## 4 Vodní energie

Energie proudící vody patří spolu s energií větru mezi nejstarší využívané druhy energie. Používání vodních kol různých typů a velikostí se datuje již od nejstarších civilizací. Vodní kola byla poprvé využívána pro zavlažování před rokem 600 př. n. l., ale pro mletí zrní byla vodní energie použita v různých částech světa někdy kolem roku 100 př. n. l. Vynálezem vodního kola se zrodil první motor, který spolehlivě sloužil lidem po tisíce let. Moderní vědecké výzkumy a výpočty přivedly pak na svět vodní turbínu, mnohem účinnější než klasické kolo. Vodní turbíny se staly výhradním zdrojem energie pro generátory na výrobu elektrického proudu v hydroelektrárnách. Druh vodního kola závisel na tom, jaká byla rychlost vodního proudu. Jejich konstrukce se s časem zdokonalovala a v 19. století předznamenala nástup průmyslové éry. Teprve s příchodem elektřiny se však mohly uplatnit velké hydroelektrárny s různými typy vodních turbín. [2]

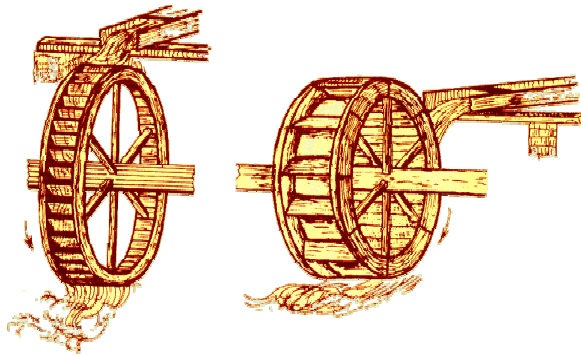
### 4.1 Vodní kolo

Kolo je úžasným technickým vynálezem, dílem neznámého tvůrčího génia, který zmizel v propasti času. Vodní kolo jako zdroj energie, kolo jako motor. [6]

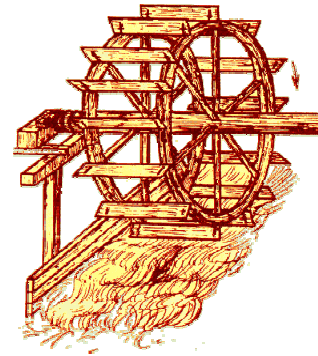
Tekoucí proud vody, ale i poklidně se čeřící jezero v sobě skrývají obrovskou a nevyčerpatelnou zásobu energie. Vodní "síla" je tím větší, čím větší je množství vody a u proudící vody také čím větší je spád vodního toku. Velkou výhodou energie skryté ve vodních tocích je její velmi snadná přeměna na energii mechanickou, kterou už přímo můžeme využít při nejrůznějších lidských činnostech. A právě k tomu nám již tisíciletí slouží vodní kolo. [6]

Vodní kola se využívala pro pohon nejrůznějších mechanismů. Poháněla pily, valchy, hamry, využívala se pro čerpání vody, nejčastěji se s nimi však setkáváme u mlýnů na obilí. A tak se tomuto ve skutečnosti univerzálnímu vodnímu motoru začalo říkat obecně mlýnské kolo. [6]

Z hlediska působení vodního proudu rozlišujeme tři typy vodních kol, kola na spodní vodu, kola na svrchní vodu a kola na střední vodu. [6]



Obrázek 5 Vodní kola na svrchní a střední vodu



Obrázek 6 Vodní kolo na spodní vodu

(převzato z [6])

## 4.2 Vodní turbíny

Jen zdánlivě se vývoj vodního kola zastavil až do 19. století, kdy se objevují přehradý a s nimi i dokonalejší a účinnější vodní motory - turbíny. Princip turbíny byl totiž znám mnohem dříve a aplikován, především k čerpání vody, nejpozději v 16. století. Rozmach však nastal až na přelomu 19. a 20. století spolu s využitím tří základních typů turbín - Peltonovy, Francisovy a Kaplanovy. Ta poslední se zrodila za Kaplanova působení na technice v Brně, a její autor dlouho bojoval o uznání svých patentů. [11]



Obrázek 7 Základní typy turbín (zleva: Francisova, Kaplanova, Peltonova)

(převzato z [11])

## 4.3 Princip vodní elektrárny

Ve vodní elektrárně voda roztáčí turbínu. Ta je na společné hřídeli s elektrickým generátorem (dohromady tvoří tzv. turbogenerátor). Mechanická energie proudící vody

se tak mění na energii elektrickou, která se transformuje a odvádí do míst spotřeby. Odborný princip využívá i uhelná nebo jaderná elektrárna. [7]

Výběr turbíny závisí na účelu a podmínkách celého vodního díla. Nejčastěji se osazují turbíny reakčního typu (Francisova nebo Kaplanova turbína), a to v řadě modifikací. Pro vysoké spády (někdy až 500 m) se používá akční Peltonova turbína. Turbíny reakčního typu se někdy označují jako přetlakové, akční jako rovnotlaké. V rovnotlakých turbínách zůstává tlak vody stále stejný, to znamená, že voda vychází z turbíny pod stejným tlakem, pod jakým do ní vstupuje. U přetlakových turbín vstupuje voda do oběžného kola s určitým přetlakem, který při průtoku klesá. Při výstupu z turbíny má tedy voda nižší tlak než při vstupu do ní. [4]

## 4.4 Využití vodní energie

### 4.4.1 Malé vodní elektrárny

K využití potenciálu vodních toků v ČR slouží i kategorie tzv. malých vodních elektráren (instalovaným výkonem do 10 MW). Většina malých vodních elektráren slouží jako sezónní zdroje. Průtoky toků, na kterých jsou zřizovány, jsou kolísavé a silně závislé na počasí a na ročním období. [7]

Malé vodní elektrárny	Instalovaný výkon MW	Rok uvedení do provozu
Lipno II	1 × 1,5	1957
Hněvkovice	2 × 4,8	1992
Kořensko I	2 × 1,9	1992
Mohelno	1 × 1,2; 1 × 0,56	1977
Dlouhé Stráně II	1 × 0,16	2000
Kořensko II	1 × 0,94	2000
Želina	2 × 0,315	1994
<b>Celkem</b>	<b>727</b>	

Tabulka 2 Malé vodní elektrárny

(převzato z [6])

#### 4.4.2 Přečerpávací vodní elektrárny

Přečerpávací vodní elektrárna je v principu soustava dvou výškově rozdílně položených vodních nádrží. Voda vypouštěná spádem z horní vyrábí elektřinu v době její největší potřeby, mimo špičku se při využití tzv. levné elektřiny voda přečerpává z dolní nádrže zpět do horní. [6]

Rozvoj přečerpávacích elektráren vedl k vývoji reverzibilních turbín, které jsou schopny pracovat jako turbíny nebo po změně směru otáčení oběžného kola jako čerpadla. Některé technické problémy s těmito turbínami s dvojitým smyslem otáčení odstranily jednosměrné reverzibilní turbíny. [4]

Velkou předností přečerpávacích vodních elektráren je schopnost při fázování do elektrifikační sítě s plným výkonem v několika minutách. Tato schopnost je ostatně vlastní všem vodním elektrárnám. [7]

Přečerpávací vodní elektrárny	Instalovaný výkon MW	Rok uvedení do provozu
Štěchovice II	1 × 45	1947 – 1948
Dalešice	4 × 112,5	1978
Dlouhé Stráně I	2 × 325	1996
<b>Celkem</b>	<b>1145</b>	

Tabulka 3 Přečerpávací vodní elektrárny

(převzato z [6])

#### 4.4.3 Akumulační vodní elektrárna

Vedle průtokových vodních elektráren patří mezi nejznámější typy vodních elektráren elektrárny akumulací. Jsou součástí vodních děl – nádrží. Tato vodní díla kromě akumulace vody pro výrobu elektrické energie stabilizují průtoky říčním korytem, chrání před povodněmi a podporují plavební možnosti toku. [10]

Břehy nádrží mohou sloužit jako rekreační oblasti. Mnohdy jsou nádrže také zdrojem pitné vody pro vodárny, zdrojem technologické vody pro průmysl a závlahové vody pro zemědělství. [10]

Umístění vlastní elektrárny může být různé podle tvaru terénu, výškových a spádových možností a podle množství vody. Existují elektrárny zabudované přímo do tělesa hráze, jinde je elektrárna vystavěna hluboko v podzemí. Voda se k ní přivádí tlakovým potrubím a odvádí se podzemním kanálem. [10]

## 4.5 Vodní elektrárny v České republice

V České republice nejsou přírodní poměry pro budování vodních energetických děl ideální. Hydroenergetika je perspektivní především v oblastech prudkých toků s velkými spády. Naše toky nemají potřebný spád ani dostatečné množství vody. Proto je podíl výroby elektrické energie ve vodních elektrárnách na celkové výrobě v ČR poměrně nízký. [10]

Významným posláním vodních elektráren v ČR je pracovat jako doplňkové zdroje primárních zdrojů.

Všechny velké vodní elektrárny (s výjimkou Dalešic a Dlouhých Strání) jsou situovány na toku Vltavy, kde tvoří kaskádový systém – Vltavskou kaskádu. Představují svým výkonem více než 17 % celkového instalovaného výkonu ČEZ, a.s. Mají energetický, vodohospodářský i ekologický význam. V rámci Skupiny ČEZ se vodní elektrárny soustřeďují převážně i na tocích Labe, Dyje a Moravy. [6]

Vodní elektrárny	Instalovaný výkon MW	Rok uvedení do provozu
Lipno I	2 × 60	1959
Orlík	4 × 91	1961 – 1962
Kamýk	4 × 10	1961
Slapy	3 × 48	1954 – 1955
Štěchovice I	2 × 11,25	1943 – 1944
Vrané	2 × 6,94	1936
<b>Celkem</b>	<b>705</b>	

Tabulka 4 Vodní elektrárny v ČR

(převzato z [6])



Obrázek 8 Vodní elektrárna Orlík



Obrázek 9 Vodní elektrárna Slapy

(převzato z [6])

## 4.6 Výhody a nevýhody využití vodních elektráren

### Výhody

- Výhodou vodních elektráren je to, že vytvářejí elektrický proud téměř zadarmo.
- Vodní elektrárny neznečišťují ovzduší, nedevastují krajinu a povrchové či podzemní vody těžbou a dopravou paliv a surovin, jsou bezodpadové, nezávislé na dovozu surovin a vysoce bezpečné.
- Vysokým stupněm automatizace přispívají k vyrovnávání změn na tocích a vytvářejí nové možnosti pro revitalizaci (prokysličování vodního toku).
- Výhodou je akumulace vody a stabilizace průtoku říčním korytem.
- Při vlastní spotřebě elektrické energie se vyhneme přenosovým ztrátám.
- Přebytky vyrobené elektrické energie může výrobce prodávat do veřejné rozvodné sítě na základě smluvního vztahu s distribuční společností a tím může výrazně ovlivnit návratnost vložených finančních prostředků.

### Nevýhody

- Vodní hráze brání migračním cestám vodních živočichů.
- Mění se klimatické podmínky v kraji.
- Je zde hrozba protržení hráze.
- Fáze před vlastní realizací výstavby je časově a finančně náročná a také výstavba vyžaduje vysoké investiční náklady.
- Návratnost vložených finančních prostředků je závislá na využití vyrobené elektrické energie.
- Poměrně složitá obsluha a údržba zařízení.

## 5 Větrná energie

Větrná energie byla odnepaměti využívána ve větrných mlýnech a při čerpání vody. Takové využití větrné energie je zpravidla započítáváno klasické obnovitelné zdroje energie. Mezi nové obnovitelné zdroje energie se započítává využití energie větru pro výrobu elektrické energie. [1]

Zemská atmosféra je stále neklidná. Otáčivý pohyb naší planety způsobuje pravidelné proudění vzduchu nad mořem i pevninou. Pravidelnost tohoto proudění nepříznivě ovlivňuje střídání teplot i tepelné rozdíly mezi mořem a pevninou, horami a údolími, zalesněnými a holými plochami aj., takže v proudění vzduchu dochází velmi často k výkyvům, které mohou vyvrcholit větrnými bouřemi. [3]

Pohyb větru je převážně vodorovný. Je charakterizován jednak směrem, odkud vane, jednak silou nebo rychlostí měřenou podle Beaufortovy stupnice (tabulka 4). [3]

Beaufortovo číslo	Rychlost větru ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	Označení	Popis
0	0,0 – 0,4	Klid	Kouř stoupá kolmo vzhůru
1	0,5 – 1,5	Lehký větřík	Směr větru vychyluje kouř
2	2,0 – 3,0	Lehký vítr	Je cítit ve tváři, listí stromů šelestí
3	3,5 – 5,0	Mírný vítr	Vítr napíná praporky, čeří hladinu vody
4	5,5 – 8,0	Střední vítr	Zvedá prach a útržky papíru, pohybuje slabšími větvemi stromů
5	8,1 – 10,9	Čerstvý vítr	Keře se hýbou
6	11,4 – 13,9	Silný vítr	Pohybuje tlustými větvemi, dráty sviští, obrací deštník
7	14,1 – 16,9	Téměř bouře	Pohybuje celými stromy, nesnadná chůze
8	17,4 – 20,4	Bouře	Ulamuje větve, znemožňuje chůzi
9	20,5 – 23,9	Silná bouře	Menší škody na stavbách, strhává střešní krytinu
10	24,4 – 28,0	Vichřice	Vyvrací stromy, škody na obydlích
11	28,4 – 32,5	Prudká vichřice	Rozsáhlé škody
12	32,6 – 35,9	Hurikán	Odnáší střechy, demoluje těžké předměty

Tabulka 5 Beaufortova stupnice síly větru

(převzato z [4])

V tropických a subtropických pásmech je proudění větru pravidelné. Směrem k rovníku proudí pasáty a v horních vrstvách opačným směrem antipasáty. Ve střední Evropě dosahuje rychlost nejsilnějšího větru asi 10. stupně Beaufortovy stupnice. [3]

Energie vzdušných proudů má horizontální pohyb vzhledem k zemskému povrchu. Vzdušné proudy vznikají nerovnoměrným zahříváním vzduchu slunečním zářením, takže prvotním zdrojem jejich energie je energie slunce. [3]

## 5.1 Hustota výkonu větru

Pod hustotou výkonu větru  $P$  rozumíme výkon, který by bylo možno získat stoprocentním využitím kinetické energie větru proudícího jednotkovou plochou kolmou na směr proudění. Lze ho určit podle vztahu  $P = \frac{1}{2} \rho \cdot u^3$  kde  $\rho$  je hustota vzduchu a  $u$  je rychlost vzduchu. [6]

Hustota výkonu větru proudícího plochou  $S$  kolmou na směr proudění je určena vztahem  $P_s = \frac{1}{2} S \cdot \rho \cdot u^3$  kde se za  $S$  dosazuje plocha rotoru větrné elektrárny. Výkon odebraný proudícímu vzduchu rotorem turbíny  $P_s$  je určen vztahem  $P_s = \frac{1}{2} c_p \cdot S \cdot \rho \cdot u^3$  kde  $c_p$  je součinitel výkonu, který je závislý na tom, v jaké míře rotor snižuje rychlost protékajícího vzduchu. Výkonový součinitel má teoretické maximum  $c_{pmax} = 0,593$ . [6]

Z uvedených vztahů vyplývá, že výkon větrné elektrárny je závislý mimořádně citlivě na rychlosti větru. [6]

## 5.2 Princip větrné elektrárny

Vítr vzniká v atmosféře na základě rozdílu atmosférických tlaků jako důsledku nerovnoměrného ohřívání zemského povrchu. Teplý vzduch stoupá vzhůru, na jeho místo se tlačí vzduch studený. Zemská rotace způsobuje stáčení větrných proudů, jejich další ovlivnění způsobují morfologie krajiny, rostlinný pokryv, vodní plochy. [6]

Působením aerodynamických sil na listy rotoru převádí větrná turbína umístěná na stožáru energii větru na rotační energii mechanickou. Ta je poté prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie. Podél rotorových listů vznikají aerodynamické



síly; listy proto musejí mít speciálně tvarovaný profil, velmi podobný profilu křídel letadla. Se vzrůstající rychlostí vzdušného proudu rostou vztahové síly s druhou mocninou rychlosti větru a energie vyprodukovaná generátorem s třetí mocninou. Je proto třeba zajistit efektivní a rychle pracující regulaci výkonu rotoru tak, aby se zabránilo mechanickému a elektrickému přetížení větrné elektrárny. [6]

### 5.3 Větrné elektrárny v České republice

Využití větru ve větrných mlýnech má na území našeho státu svou tradici. Historicky je postavení prvního větrného mlýna na území Čech, Moravy a Slezska doloženo již v roce 1277 v zahradě Strahovského kláštera v Praze. První větrné elektrárny vznikaly koncem 80. let minulého století. V současné době větrné elektrárny pracují na desítky lokalit v ČR, jejich nominální výkon se pohybuje od malých výkonů (300 W) pro soukromé využití až po 2 MW. Ke konci roku 2006 v ČR bylo instalováno zhruba 55 MW. [7]

Pro výstavbu větrných elektráren se počítá s plochami v nadmořských výškách zpravidla nad 600 m, technologický rozvoj však již umožňuje vyrábět elektřinu z větru efektivně i v mimohorských oblastech. Až na výjimky se nicméně vhodné lokality nacházejí v horských pohraničních pásmech Krušných hor a Jeseníků, popř. v oblasti Českomoravské vrchoviny. Místa, kde jsou příznivé větrné podmínky, leží převážně v oblastech, které patří mezi zákonem chráněné oblasti. Odhaduje se, že z tohoto důvodu odpadá 60–70 % vhodných ploch pro výstavbu větrných elektráren. V současné době, kdy výška stožárů dosahuje až 100–150 metrů, se otevírá možnost využít i zalesněných ploch. Podle odborných studií má největší potenciál větrné energie oblast severních Čech a severní Moravy, následuje jižní Morava a západní Čechy. Nejméně „větrné“ jsou jižní Čechy. [6]

Větrné elektrárny, které jsou v ČR v provozu, jsou například Břežany, Boží Dar II, Petrovice, Pavlov, Drahaný, Vesí u Oder, větrná elektrárna Mravenečník, atd.

#### 5.3.1 Často diskutované otázky

**Hlučnost** - Konstrukce moderních větrných elektráren pokročila natolik, že ve vzdálenosti cca 500 m od stožáru větrné elektrárny o výkonu 2 MW hladina hluku

splňuje hygienické limity, tj. 40 dB. Negativní zkušenosti s hlukem se vztahují zejména k větrným elektrárnám starší konstrukce z první poloviny 90. let minulého století. [6]

**Ohrožení ptáků a plašení zvěře** - Dle výzkumu britské Královské společnosti pro ochranu ptáků na základě měření ve Walesu připadá na každých deset tisíc ptáků pouze jedna smrtelná kolize. Neskonale větší problém pro ptactvo představuje automobilový provoz nebo vedení vysokého napětí. [6]

Dle výzkumu, který prováděl Ústav pro výzkum divoce žijících zvířat na veterinární univerzitě v Hannoveru, se provádělo srovnání území s větrnými elektrárnami a bez větrných elektráren. Výzkum nepotvrdil obavy, že by větrné elektrárny zapříčinily stěhování divoce žijící zvěře (zajáci, srnčí, lišky a další zvěř). [6]



**Graf 1** Postoje obyvatel ČR ke stavbě větrných elektráren  
(převzato z [18])

## 5.4 Výhody a nevýhody využití větrných elektráren

### Výhody

- Vliv na životní prostředí je minimální.
- Větrné elektrárny vyrábějí čistou energii bez odpadů a krajiny zdevastované uhelnými doly.
- Větrné elektrárny pomohou snížit emise oxidu uhličitého, a přispívají tak k odvrácení změny světového podnebí.

### Nevýhody

- Nestabilní zdroj.
- Mění ráz krajiny a znamenají určité nebezpečí pro tažné ptáky.
- Poměrně finančně a časově náročná předrealizační fáze.

## 6 Energie biomasy

Významným obnovitelným zdrojem energeticky využitelné energie je biomasa, v níž je uložena sluneční energie. Pojem biomasa je definována jako hmota organického původu. Za základní zdroj biomasy se považují rostliny, které jsou pomocí světelné energie Slunce zachycené v zeleném barvivu schopny vytvořit sacharidy a následně bílkoviny. V souvislosti s energetikou jde nejčastěji o dřevo a dřevní odpad, slámu a jiné zemědělské zbytky včetně exkrementů užitkových zvířat, či o energeticky využitelný tříděný komunální odpad nebo plynné produkty vznikající při provozu čistíren odpadních vod. [6]

### 6.1 Proces výroby z biomasy

Rozlišujeme biomasu "suchou" (např. dřevo) a "mokrou" (např. tzv. kejda - tekuté a pevné výkaly hospodářských zvířat promísené s vodou). Základní technologie zpracování se dělí na suché procesy (termochemická přeměna) jako je spalování, zplyňování a pyrolýza a procesy mokré (biochemická přeměna), které zahrnují anaerobní vyhnívání (metanové kvašení), lihové kvašení a výrobu biovodíku. Zvláštní podskupinu potom tvoří lisování olejů a jejich následná úprava, což je v podstatě mechanicko-chemická přeměna (např. výroba bionafty a přírodních maziv). [7]

#### 6.1.1 Spalování a zplyňování biomasy

Biomasa je velmi složité palivo, protože podíl částí zplyňovaných při spalování je velmi vysoký (u dřeva je 70 %, u slámy 80 %) a vzniklé plyny mají různé spalovací teploty. Proto se také stává, že ve skutečnosti hoří jenom část paliva. Podmínkou dokonalého spalování je vysoká teplota, účinné směřování se vzduchem a dostatek prostoru pro to, aby všechny plyny dobře shořely. [6]

Ze suché biomasy se působením vysokých teplot uvolňují hořlavé plynné složky, tzv. *dřevoplyn*. Jestliže je přítomen vzduch, dojde k hoření, tj. jde o prosté spalování. Pokud jde o zahřívání bez přístupu vzduchu, odvádí se vzniklý dřevoplyn do spalovacího prostoru, kde se spaluje obdobně jako jiná plynná paliva. Část vzniklého tepla je použita na zplyňování další biomasy. Výhodou je snadná regulace výkonu, nižší emise, vyšší účinnost. [7]

### 6.1.2 Biochemická přeměna

*Bioetanol* - Fermentací roztoků cukrů je možné vyprodukovat ethanol. Vhodnými materiály jsou cukrová řepa, obilí, kukuřice, ovoce nebo brambory. Teoreticky lze z 1 kg cukru získat 0,65 l čistého ethanolu, který je vysoce hodnotným kapalným palivem pro spalovací motory. Jeho přednostmi jsou ekologická čistota a antidetonační vlastnosti, nedostatkem je schopnost vázat vodu a působit korozi motoru, což lze odstranit přidáním antikoročních přípravků. [4]

*Bioplyn* - Při rozkladu organických látek (hnůj, zelené rostliny, kal z čističek) v uzavřených nádržích bez přístupu kyslíku vzniká bioplyn. Tento proces, kdy se organická hmota štěpí na anorganické látky a plyn, vzniká díky bakteriím pracujícím bez přístupu kyslíku (anaerobně). Bioplyn obsahuje cca 55 až 70 objemových procent metanu, výhřevnost se proto pohybuje od 19,6 do 25,1 MJ/m<sup>3</sup>. [4]

### 6.1.3 Mechanicko-chemická přeměna

*Bionafta* - Z řepkového semene se lisuje olej, který se působením katalyzátoru a vysoké teploty mění na metylester řepkového oleje, jenž je použitelný jako bionafta. Nazývá se "bionafta první generace". Protože výroba metylesteru je dražší než běžná motorová nafta, mísí se s některými lehkými ropnými produkty, nebo s lineárními alfa-olefiny, aby jeho cena mohla konkurovat běžné motorové naftě. Tyto produkty se nazývají "bionafty druhé generace", musí obsahovat alespoň 30 % metylesteru řepkového oleje, zachovávají si svou biologickou odbouratelnost a svými vlastnostmi, jako je např. výhřevnost, se více přibližují běžné motorové naftě. Motory však musí být pro spalování bionafty přizpůsobeny (např. pryžové prvky). [4]

## 6.2 Výhřevnost biomasy

Výhřevnost dřeva a dalších rostlinných paliv kolísá nejen podle druhu dřeva či rostliny, ale navíc i s vlhkostí, na kterou jsou tato paliva citlivější. Dřevní hmota při přirozeném provětrávání pod střechou sníží svůj obsah vody na 20 % za jeden rok, řepková sláma za stejných podmínek na 13 %. [7]

Obsah energie v 1 kg dřeva s nulovým obsahem vody je asi 5,2 kWh. V praxi však nelze dřevo vysušit úplně, zbytkový obsah vody je asi 20 % hmotnosti suchého

dřeva. Protože se při spalovacím procesu část energie spotřebuje na vypaření této vody, je nutné počítat s energetickým obsahem 4,3 až 4,5 kWh na 1 kg dřeva. [7]

### 6.3 Využití biomasy v ČR

V České republice pokrývá energie biomasy asi dvě třetiny energie získané ze všech obnovitelných zdrojů (včetně odpadů) a její podíl bude nadále růst. Tradiční zdroje biomasy, jako jsou odpady z lesů a sadů, odpady ze zemědělství a z dřevozpracujícího průmyslu, jsou již téměř vyčerpány. Proto se oprávněně rozbíhá umělé pěstování biomasy. Uměle pěstované energetické plodiny by měly přinést větší efekt než odpadní biomasa. [1]

Využívání přírodních odpadů představuje nejlevnější zdroj biomasy, přičemž nejpoužívanějším druhem biomasy je právě odpad dřevní. V České republice při zpracování a těžbě dřeva vzniká zhruba polovina odpadu (těžba dřeva činí zhruba 30 % odpadu, následné zpracování cca 25 %). [6]

Pro splnění stanoveného cíle – zvýšení podílu OZE na celkové výrobě energie – a s ohledem na zvyšující se poptávku po dřevním odpadu nelze opomenout pěstování energetických rostlin. V ČR se jen pomalu zakládají plantáže s rychle rostoucími dřevinami. Kromě rychle rostoucích dřevin existují i energetické rostliny bylinného charakteru. Pro pěstování energetických rostlin lze s výhodou využít půdu, která není potřebná pro produkci potravin a krmiv nebo půdu, která není vhodná k jejich pěstování. Bylo prokázáno, že je možné pěstovat energetické rostliny i na devastované půdě z důlních činností či složištích elektrárenského popílku. [6]

### 6.4 Přehled vybraných energeticky využitelných rostlin

*Kukuřičná sláma* – Výnos je 32 až 40 tun na hektar. Výhřevnost této rostliny je 18,1 GJ/t a výsev je kilogram na hektar. Sklizeň kukuřičné slámy probíhá při plné zralosti a až je rostlina vysušená. [4]

*Řepka olejka* – Výnos je 2,8 až 4,5 tun na hektar (pro energetiku až 10 t/ha). Výhřevnost je 22 GJ/t a výsev je kilogram na hektar. Řepka olejka se v poslední době častěji používá pro výrobu bionafty. Sklízí se kombajnem a zpracovává do balíků. [4]



Obrázek 10 Kukuřičná sláma



Obrázek 11 Řepka olejka

(převzato z [6])

Existují další energeticky využitelné rostliny jako například Čiroky, Konopí seté, Laskavec, Hořčice saperská, Světlice barvířská, Komonice bílá, atd.

## 6.5 Výhody a nevýhody využití biomasy

### Výhody

- Značný energetický potenciál, do 15 let může pokrývat až 30 % celkové spotřeby energie (zatím pouze do 1,5 %).
- Spalování biomasy je ekologické (jedná se o uzavřený kruh), nezvyšuje se množství plynů, které vytvářejí skleníkový efekt, popele je velmi málo a je výborným hnojivem, těžké kovy je u větších kotelen separovat.
- Energie obsažená v biomase může být využívána v době, kdy ji nejvíce potřebujeme – biomasa představuje obrovský energetický akumulátor.

### Nevýhody (závisí na typu biomasy)

- U výroby a využití bioplynu poměrně vysoké investiční náklady na technická zařízení, což zvyšuje cenu vyrobené energie.
- Nutnost úpravy paliva (tvarování, sušení, atd.) vyžadují investice do nových zařízení.
- Poměrně složitá manipulace s palivem ve srovnání s plynem, elektřinou.

## 7 Geotermální energie

Geotermální energie je projevem tepelné energie zemského jádra, která vzniká rozpadem radioaktivních látek a působením slapových sil. Jejími projevy jsou erupce sopek a gejzírů, horké prameny či parní výrony. Využívá se ve formě tepelné energie, či pro výrobu elektrické energie. [12]

### 7.1 Geotermální elektrárny

Tuto energii lze v příznivých podmínkách využívat k vytápění nebo výrobě elektřiny v geotermálních elektrárnách. Tyto elektrárny se staví zejména ve vulkanicky aktivních oblastech, kde využívají k pohonu turbín horkou páru stoupající pod tlakem z gejzírů a horkých pramenů, nebo teplonosné médium, které se vtlačuje do vrtů, v hloubi země ohřívá a ohřáté vyvádí na povrch. [7]

Celkový instalovaný výkon geotermálních elektráren ve světě se odhaduje na 8000 MW. Na rozdíl od většiny jiných typů elektráren, jako je například jaderná elektrárna, nepotřebují geotermální elektrárny žádné palivo. Jejich nevýhodou je, že jsou dostupné pouze na některých místech zemského povrchu. Výstavba geotermální elektrárny je zhruba pětkrát dražší než stavba jaderné elektrárny. [7]

### 7.2 Tepelná čerpadla

Pro vytápění, ohřívání vody a podobně je možné využít různá nízkopotenciální tepla z přírodních zdrojů, jako je například vzduch, voda z řek, jezer nebo z moře, případně ze spodních vod a tak dále. Rovněž je možné využít teplo z půdy nebo odpadní teplo z různých technologií. Taková tepla však mají nízkou teplotu, a proto je třeba ji zvýšit na 30 až 50 °C pro velkoplošné vytápěcí systémy a na 60 až 80 °C pro klasické vytápěcí systémy. K tomu se používají tepelná čerpadla. [1]

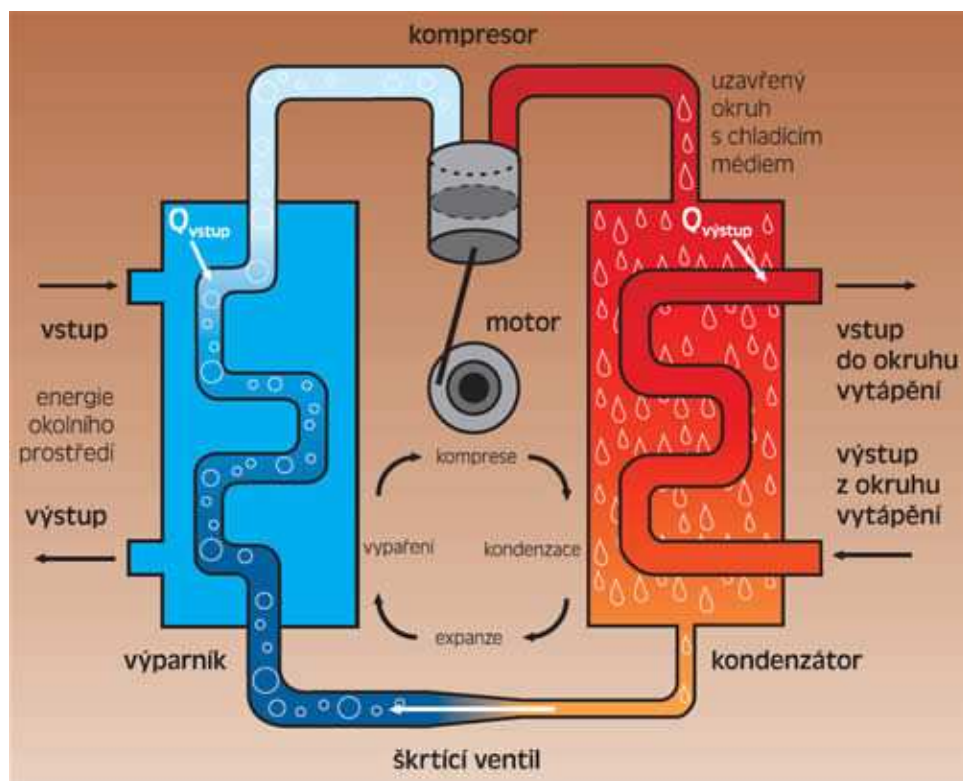
Tepelná čerpadla jsou zařízení, která umožňují odnímat teplo okolnímu prostředí, převádět je na vyšší teplotní hladinu a předávat ho cíleně pro potřeby vytápění nebo pro ohřev teplé užitkové vody. Tepelná čerpadla neprodukují vyhořelé palivo, jaderný odpad, jde o zcela bezodpadovou technologii. [7]



### 7.2.1 Princip tepelného čerpadla

Principem tepelného čerpadla je uzavřený chladicí okruh (obdobně jako u chladničky), jímž se teplo na jedné straně odebírá a na druhé předává. Chladnička odebírá teplo z vnitřního prostoru a předává je kondenzátorem na své zadní straně do místnosti. Tepelné čerpadlo místo potravin ochlazuje například vzduch, půdu nebo podzemní vodu. Teplo odebrané těmito zdroji předává do topných systémů. [7]

Pro přečerpání tepla na vyšší teplotní hladinu, tedy i pro provoz tepelného čerpadla, je třeba dodat určité množství energie. Prakticky to znamená, že tepelné čerpadlo spotřebovává pro pohon kompresoru elektrickou energii. Protože její množství není zanedbatelné, lze tepelné čerpadlo považovat za alternativní zdroj tepla pouze částečně. Samozřejmě záleží na tom z čeho je elektrická energie vyráběna, ale v našich podmínkách se jedná většinou o spalování uhlí nebo energii z jaderných elektráren. [4]



Obrázek 12 Princip tepelného čerpadla

(převzato z [19])



### 7.3 Geotermální energie v ČR

Využitelný potenciál geotermální energie je nesrovnatelně menší než energie slunečního záření dopadajícího na Zemi. Zdroje geotermální energie mohou být: sopky, gejzíry, horké prameny, parní výrony. V ČR je několik regionů, kde je tento zdroj dobře využitelný (viz. vytápění Děčína). [13]

Snadnou a bezkonfliktní možností využití geotermální energie v ČR jsou některá stará důlní díla. Díky tepelným čerpadlům lze využívat vodu dokonce už od 10°C, neboť půvab dolů spočívá v tom, že jsou schopny teplotu udržet přes celou zimu i v případě, že je odčerpávána a nahrazována chladnější vodou. Ideální jsou příbramské uranové doly (dosahující hloubky až přes 1600 m), kde však bude zatápění ukončeno až za několik let. [13]

V současnosti se využívá teplo důlních vod jen na jedné lokalitě v Jáchymově. V obci Olší na Žďársku se však realizuje další projekt. I v Příbrami se počítá s využitím vody z hloubky "jen" 600 m, takže starých dolů, které přicházejí v úvahu pro podobné využití, je více. Nejnadějnější lokality jsou pravděpodobně na Ostravsku a v Rosicko-oslavanském revíru. [13]

Geotermální energie není v ČR příliš rozšířena a proto také využití této energie významně nezasahuje do energetické bilance ČR.

# Experimentální část

## 8 Experimenty

V této části bakalářské práce ukážeme na několika experimentech, jak lze snížit spotřebu energie v domácnosti při běžných činnostech jako je vaření, svícení, vytápění.

### 8.1 Úspora energie při vaření

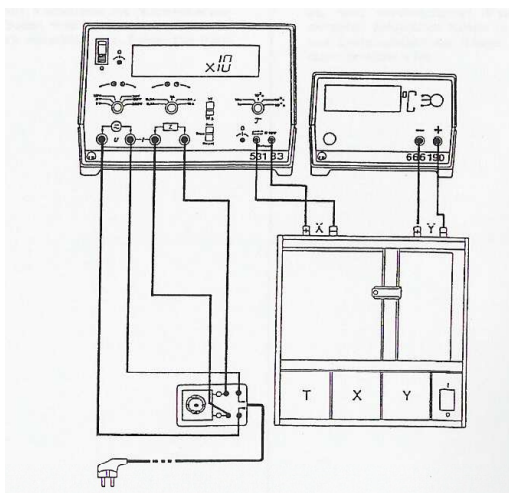
#### Úvod:

V době rostoucích nákladů na spotřebu energie, se na trhu objevuje spousta nádobí označená etiketou „energeticky úsporné“. Z fyzikálního hlediska se však ukazuje, že pro úsporu energie můžeme učinit více pouhým vlastním přístupem k ohřívání vody. Pokusy s různými hrnci dokazují, že energie, která je potřebná, aby se ohřálo 0,5 l vody je různá.

- Hrnc s rovným dnem, ohřev vody s pokličkou.
- Hrnc s nerovným dnem, ohřev vody bez pokličky.

#### Pomůcky:

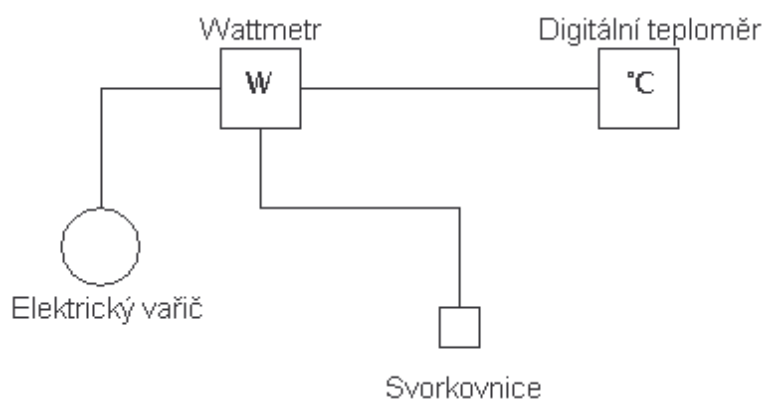
Wattmetr (resp. Joulemetr), teploměr, digitální teploměr, elektrický vaříč, svorkovnice, stativ, stativová tyčka, univerzální spona, kádinka 1000 ml, hrnc 1 l.



Obrázek 13 Sestava pro pokus

(převzato z [5])

Na obr. 13 vidíme blokové schéma tohoto experimentu, ale konkrétní zapojení, které se použilo je vidět na obr.14.



**Obrázek 14 Schéma zapojení**

### ***Postup:***

a) Vaříč připojíme přes Wattmetr (resp. Joulemetr), ale ještě ho nezapínáme. Hrncem naplníme vodou (0,5 l). Nasadíme pokličku a zasuneme teploměr dírou v pokličce. Špička teploměru se musí potopit do vody, ale neměla by se dotýkat dna hrnce. Zapneme vaříč a počkáme až z vody začne jít pára (asi 70°C). Následně vaříč vypneme a počkáme, až voda začne vařit. Zapisujeme spotřebovanou energii pro dosažení jednotlivých teplot.

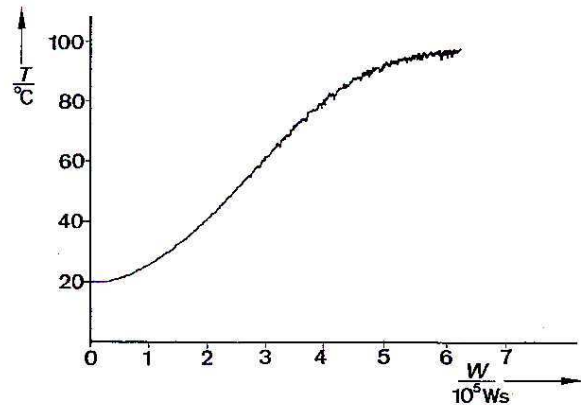
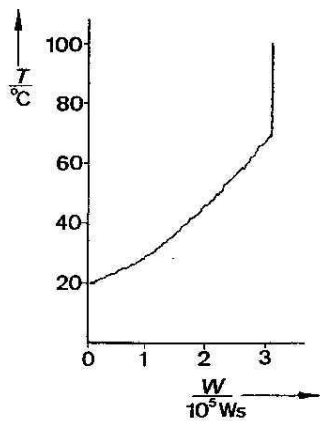
b) Experiment po vychladnutí vaříče opakujeme. Postupujeme stejně jako v případě za a), až na to, že hrncem s nerovným dnem je bez pokličky. Opět zapisujeme hodnoty spotřebované energie pro jednotlivé teploty.

Nakonec porovnáme naměřené hodnoty spotřeby energie pro různý ohřev vody.

### ***Závěr:***

Jaký význam má dobrý hrncem a uzavření pokličky na energii a její spotřebu ukazuje srovnání obrázků 15 a 16. Na obrázku 15 vidíme, že přísun energie napřed neohřívá vodu, ale plotýnku a dno hrnce. Teprve potom se ohřívá voda. Po vypnutí vaříče stoupá teplota na 100°C, aniž by dále byla přiváděna elektrická energie. Teplo uchované v plotýnce je odevzdáno vodě (zbytkové teplo). Při pokusu b) se plotýnka

zahřívá na značně vyšší teplotu než v případě a) a proto potřebujeme delší dobu ohřevu a hlavně spotřebujeme více energie než v případě b).



Obrázek 15 Rovné dno hrnce, s pokličkou      Obrázek 16 Nerovné dno hrnce, bez pokličky  
(převzato z [5])

## 8.2 Úspora energie úspornou žárovkou

### Úvod:

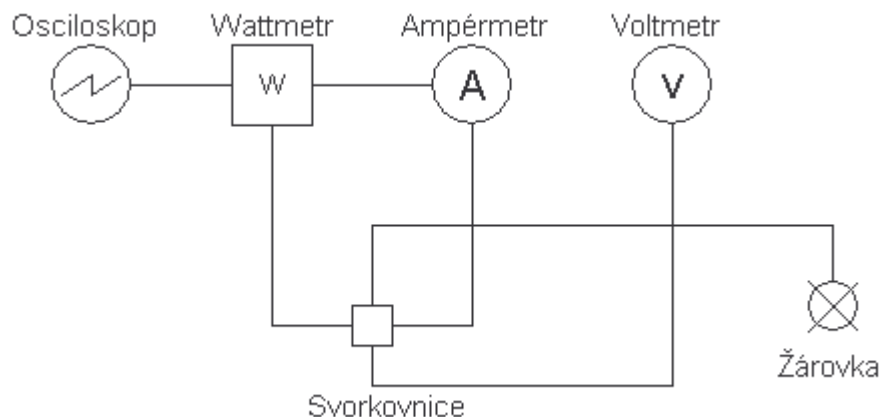
Úsporná žárovka je ohledně spotřeby energie srovnávána s žárovkou zhruba stejné svítivosti.

### Pomůcky:

Joulemetr (event. Wattmetr), oscilometr, ampérmetr 300 mA/1 A, voltmetr 300 V/1000 V, svorkovnice, podstavec, šňůra od lampy do zásuvky, 2 černé vodiče 100 cm, 2 červené vodiče 50 cm, 2 žluté vodiče 50 cm, žárovka 75 W, úsporná žárovka (úsporka) 25 W.

### Postup:

Žárovku připojíme podle obrázku 17 varianty a) (úsporku nahradíme žárovkou 75 W) s ampérmetrem, voltmetrem a s wattmetrem (resp. Joulemetrem). Osciloskop napojíme na analogový výstup wattmetru. Nastavíme měřidla na  $U = 300 \text{ V}$ ,  $I = 1 \text{ A}$ . Měření provedeme nejdříve na 75 W žárovce, pak na úsporce. Světelnost žárovek porovnáme subjektivně (kvalitně očima).



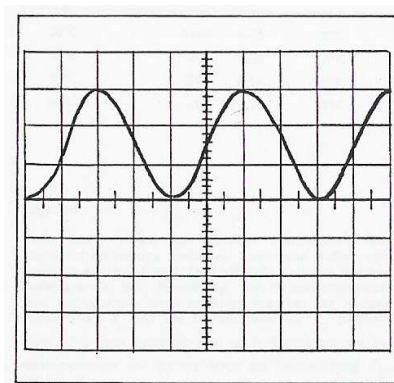
Obrázek 17 Schéma zapojení

**Příklad měření:**

- a) měření na žárovce

$$U = 230 \text{ V}, \quad I = 0,36 \text{ A}, \quad U \cdot I = 82,8 \text{ VA}, \quad P = 81,9 \text{ W}$$

Úsporná žárovka se nejprve jeví zhruba stejně svítivá jako 75 W žárovka. Výkon je zřejmě v dobrém přiblížení násobkem proudu a napětí. Průběh okamžitého výkonu odpovídá křivce  $\sin^2$ , která poukazuje na ohmickou zátěž (odpor).



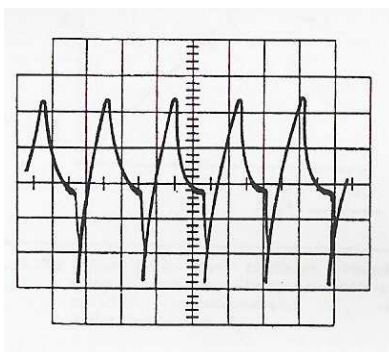
Obrázek 18 Nákres osciloskopu: okamžitý výkon při ohmickém zatížení  
(převzato z [5])

- b) měření na úsporné žárovce

$$U = 230 \text{ V}, \quad I = 0,37 \text{ A}, \quad U \cdot I = 85,1 \text{ VA}, \quad P = 26,7 \text{ W}$$

Spotřeba proudu je u úsporky vyšší než u žárovky, přesto je skutečný výkon podstatně menší. To je překvapivé zjištění. Rozpor objasníme průběhem okamžitého výkonu na osciloskopu. Okamžitý výkon sestává ze sledu vysokých výkonových špiček,

které jsou z poloviny negativní. Negativní výkon znamená, vrácení elektrické energie do sítě. Tato energie je v úsporce po nějakou dobu uchována jako energie magnetického pole. Kvůli silné odchylce proudu v sinusoidě není údaj ampérmetru správný. Ten je správný jen při sinusovém průběhu.



**Obrázek 19** Nákres osciloskopu: okamžitý výkon úsporné žárovky  
(převzato z [5])

#### **Závěr:**

U úsporné žárovky vyšel výkon asi třikrát menší než u žárovky. Pokud jej budeme počítat z hodnoty napětí a proudu dojdeme však ke stejným údajům u žárovky a úsporky. To je způsobeno silnou odchylkou v sinusoidě a tak údaj ampérmetru je nesprávný. Vnímání světla může být rozdílné díky různému vyzařovanému spektru (žárovka má spojité spektrum, úsporka čarové).

### **8.3 Přímá přeměna tepla na elektrickou energii**

#### **Úvod:**

Termočlánek přeměňuje tepelnou energii přímo v elektrickou. Elektrický proud je dokázán magnetickým polem, které tím vzniká.

Přítomnost „termonapětí“ lze dokázat v proudovém okruhu mezi dvěma různými materiály, pokud spoje mají různé teploty. Vzniká tedy proud, který je úměrný teplotnímu rozdílu („Seebeckův jev“).

Tento jev se používá u termočlánků sloužících k měření teploty. Z polovodičů, které mají zvlášť vysoké termonapětí, lze dokonce vytvořit výkonné „termogenerátory“, které však mají nízkou účinnost (menší jak 1 %).

Názorná demonstrace je možná s „termo-elektromagnetem“. Okruh sestává z větší části z mědi, z části z konstantanu. Spoje se zahřejí na velmi různé teploty. Termoproud vytvoří silné magnetické pole, postačující ke zvednutí 5 kg.

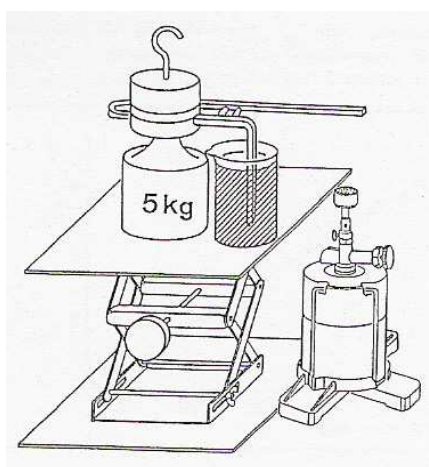
***Pomůcky:***

Kádinka 250 ml, voda, termo-elektromagnet, laboratorní zvedací plošina, hořák, sada tří plynových kartuší. K přípravě termo-elektromagnetu brusný papír, dřevěné kladivo.

***Postup:***

Nejprve očistíme plošky železného jádra od jakýchkoliv zbytků rzi. Pokud je zjištěna i malá rezonance, plošky opatrně otřeme vlhkým hadříkem, vyleštíme zubní pastou a při viditelné rzi očistíme smirkovým papírem. Složíme termo-elektromagnet a ověříme, zda se měděná smyčka dá při stlačení obou částí jádra ještě lehce posunovat. Pokud tomu tak není, sejmeme horní část jádra a silnými údery dřevěným kladivem opět narovnáme měděnou smyčku, která je uložena v drážkách spodní části.

Sestavíme termo-elektromagnet. Jeden konec měděné smyčky ponoříme co možná nejhluběji do kádinky s vodou, kterou postavíme i s magnetem na plošinku. Druhý konec smyčky zahříváme hořákem. Pozor hořák nesmíme nahýbat, neboť hrozí vyšlehnutí plamene. Po několika minutách je teplotní rozdíl mezi mědí a konstantanem tak velký, že magnetické pole udrží železné jádro pohromadě, a lze je na háku vyzvednout. Tím se dokázala přímá přeměna tepla v elektrickou energii.



**Obrázek 20**      Souprava na pokus

(převzato z [5])

### **Závěr:**

Seebeckův jev nám nabízí možnost přímé přeměny tepla v elektrickou energii, nicméně pro běžnou potřebu je téměř nepoužitelný, protože jeho účinnost je velmi nízká (necelé 1%).

## **8.4 Tepelné čerpadlo – určení účinnosti**

### **Úvod:**

Tepelné čerpadlo je zařízení, které odebírá vnějšímu prostředí teplo a dodává ho do teplejšího prostředí.

U kompresorového tepelného čerpadla se určuje ukazatel účinnosti  $\varepsilon$ , tj. poměr vydaného množství tepla  $\Delta Q_2$  k použité elektrické energii:  $\varepsilon = \frac{\Delta Q_2}{\Delta W}$

Tepelné čerpadlo má účinnost větší než 1. To se na první pohled zdá, jako prohřešek proti zákonu zachování energie, neboť účinnost je poměr množství tepla  $\Delta Q_2$ , které čerpadlo odvádí do zásobníku s teplotou  $T_2$  a vydané el. energii  $\Delta W$   $\varepsilon = \frac{\Delta Q_2}{\Delta W}$ .

Rozpor se rozplyne, když uvážíme, že elektrická energie je použita k odčerpání množství tepla  $\Delta Q_1$  z druhého zásobníku o nižší teplotě  $T_1$ .

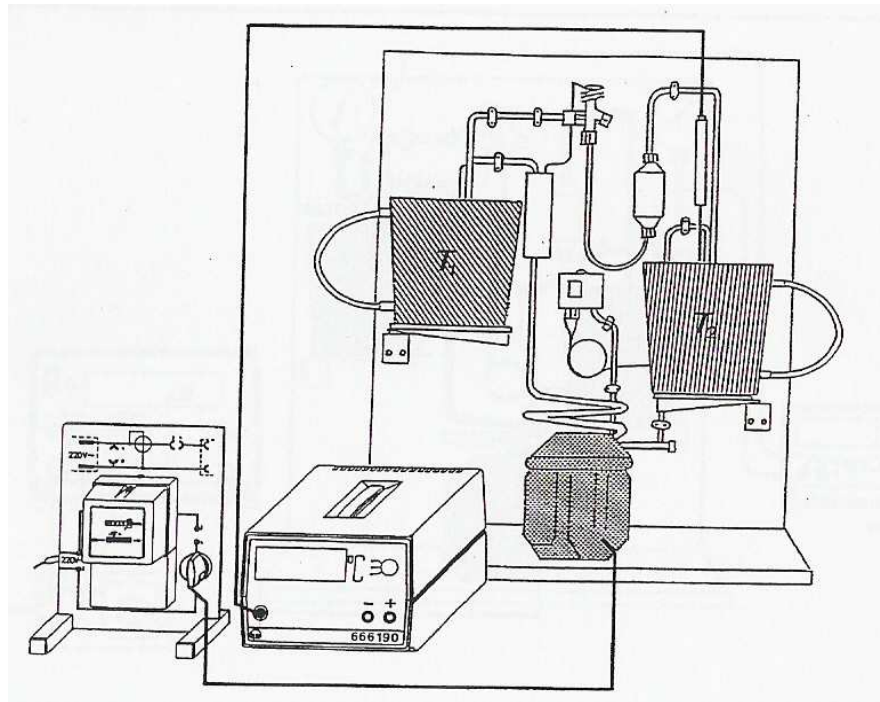
Zákon zachování energie platí pro celkový proces (všechny energie jsou počítány kladně)  $\Delta Q_2 = \Delta Q_1 + \Delta W - \Delta Q_V$  kde  $\Delta Q_V$  je ztrátové teplo, které se uvolní z kompresoru nebo trubek čerpadla do okolí.

V našem pokusu budeme určovat  $\Delta Q_2$  z ohřevu známého množství vody.  $\Delta W$  je měřeno elektroměrem pro střídavý proud.

### **Pomůcky:**

Elektroměr pro střídavý proud, teploměr, ruční digitální teploměr, tepelné čerpadlo.





Obrázek 21 Sestava pro určování výkonu tepelného čerpadla  
(převzato z [5])

**Postup:**

Přístroje sestavíme a propojíme podle obr. 21. Přičemž čerpadlo ještě nebudeme připojovat na elektroměr. Horní ( $T_1$ ) i dolní ( $T_2$ ) zásobník vody spojíme hadičkami a koncovkami. Oba zásobníky naplníme vodou až po označení 4 l a připravíme k použití. Napojíme čerpadlo na elektroměr a asi 10 minut necháme běžet – zahřát. Pokud se značka na disku elektroměru objeví ve středu okénka, odpojíme čerpadlo od elektroměru a v obou kbelících vyměníme vodu. Důležité je, že červený kbelík (teplá voda) musíme naplnit přesně do 4 l.

Poté čerpadlo opět připojíme a necháme opět 10 minut běžet. Přitom vodou stále pomale mícháme a počítáme otáčky na disku elektroměru. Když se opět objeví značka na disku elektroměru na středu okénka (po 10 min.), znovu odpojíme tepelné čerpadlo od elektroměru a teplotu  $T_2$  v zásobníku s teplou vodou změříme.

**Příklad měření:**

Počet otáček disku elektroměru: 12

Teplota na počátku pokusu:  $T_1 = 18^\circ\text{C}$

Teplota na konci pokusu:  $T_2 = 32^\circ\text{C}$

### **Závěr:**

Elektroměr má konstantu 600 otáček/kWh. Při 12 otáčkách přijal tedy kompresor tepelného čerpadla  $12 \text{ kWh}/600 = 72\,000 \text{ Ws}$ . Aby se ohřály 4 kg vody na 18 °C, je zapotřebí tepelné energie  $\Delta Q_2 = 4,19 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 4 \text{ kg} \cdot 14 \text{ K} = 234600 \text{ J}$

Účinnost tepelného čerpadla je tedy  $\varepsilon = \frac{234600}{72000} = 3,26$

Tento výsledek se může v jednotlivých měřeních lišit (rozptyl hodnot účinnosti tepelného čerpadla je 2,5 - 3,9), neboť teplota vody, teplota okolí, ale také rozdělení chladiva v čerpadle mohou mít vliv na účinnost.

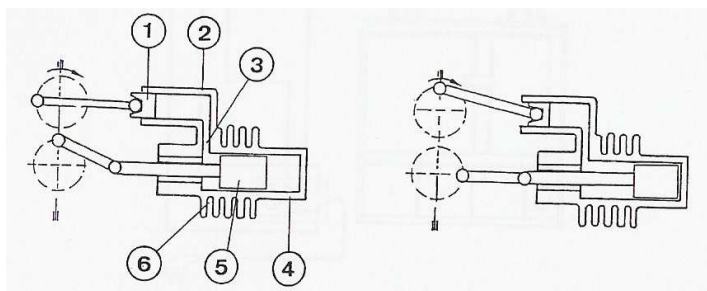
## **8.5 Stirlingův motor jako tepelné čerpadlo**

### **Úvod:**

Stirlingův motor je provozován jako tepelné čerpadlo a jako chladicí zařízení. Stirlingův motor má dva písty (obr. 22) – pracovní píst (1), který těsně pasuje do pracovního válce (2) a stlačuje plyn (vzduch), a výtlačný píst (5), který se pohybuje ve výtlačném válci (4). Mezitím, kdy je mezi stěnou výtlačného pístu a výtlačného válce štěrbina, nestlačuje se pracovní píst výtlačným pístem, nýbrž se pohybuje pouze sem a tam. Oba válce jsou spojeny kanálkem (3).

Když se uvede motor zvenčí do chodu, působí – podle směru otáček – jako tepelné čerpadlo nebo jako chladicí zařízení. Při provozu jako tepelné čerpadlo je plyn zatažením výtlačného pístu přesunut na konec výtlačného válce, načež je vysunutím pracovního pístu stlačen. Přitom se ohřívá a předává energii válci. Poté je výtlačný píst vysunut a tím se plyn dostane do kontaktu s chladicími žebry (6). Píst při následné expanzi (zatažení pracovního pístu) odnímá teplo.

Při provozu jako chladicí stroj se jen změní směr otáčení, takže jednotlivé procesy probíhají v jiném pořadí. Nejprve expanduje plyn za příjmu energie na konec výtlačného válce, který přitom ochlazuje. Poté se plyn mezi chladicími žebry zahřeje kompresí a předá toto teplo chladícím žebřům. Směr otáčení motoru tedy určuje, na kterou stranu bude výtlačný válec plyn stlačovat a tím odevzdá (resp. při expanzi přijme) teplo.



**Obrázek 22** Stirlingův motor: řez při dvou různých postaveních pístu  
(převzato z [5])

***Pomůcky:***

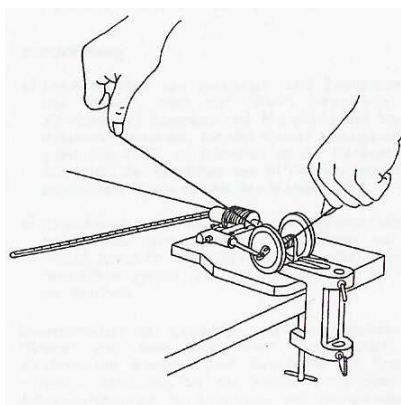
Stolní svorka, Stirlingův motor. K měření teploty: teplotní čidlo, digitální teploměr nebo ruční digitální teploměr, fólie z tekutých krystalů (optický indikátor teploty).

***Postup:***

Motor připevníme svorkou na stůl. Výtlačný válec pro demonstraci změny teploty ovineme fólií z tekutých krystalů. Použijeme-li teplotní čidlo, musíme je nasadit svisle na čelní plochu výtlačného válce.

Omotáme asi 80 cm vlasce kolem osy setrvačnicku, napneme a pevnými tahy napnutého vlasce sem a tam budeme pohánět motor, přičemž je potřeba vlasce vždy při zpětném pohybu povolit.

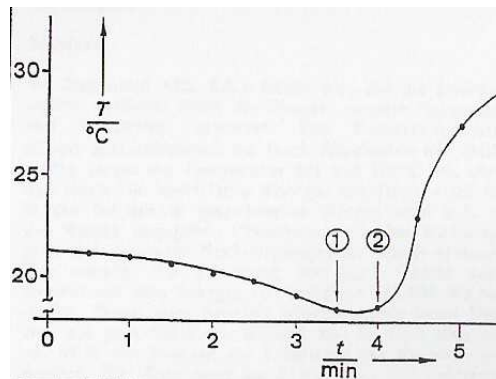
Otáčení osy doprava (viděno ze strany pracovního válce) = provoz tepelného čerpadla. Otáčení doleva = provoz jako chladicí zařízení.



**Obrázek 23** Stirlingův motor jako chladicí stroj nebo jako tepelné čerpadlo  
(převzato z [5])

### **Závěr:**

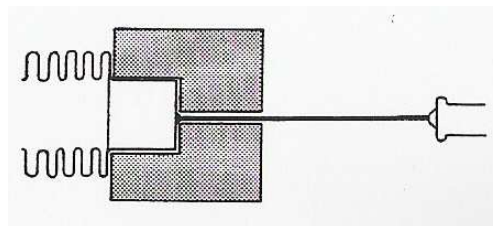
Obrázek 24 ukazuje průběh teplot na povrchu výtlačného pístu, když je motor provozován nejprve jako chladicí stroj, a po několika minutách po změně směru otáčení jako tepelné čerpadlo. Při užití fólie z tekutých krystalů ukazují změny barvy průběh teploty.



**Obrázek 24** Příklad měření: od  $t = 0$  do  $t = 3,5$  min s pohonem jako chladicí stroj, v (1) vypnuto, v (2) obrácení otáček na tepelné čerpadlo  
(převzato z [5])

### **Poznámka:**

Pokus je ještě efektivnější, když výtlačný válec tepelně izolujeme pěnovým polystyrenem. To vyrobíme tak, že na motor ohřátý provozem nastrčíme blok polystyrenu (polystyren přiložíme na motor asi 20 s po uhašení plamene). Výtlačný válec v polystyrenu vyhloubí svůj tvar (teplem). Poté sejmeme polystyren z výtlačného válce. Po úplném ochlazení motoru a očištění válce (acetonem) nasadíme polystyren opět na válec motoru. Do dutiny v polystyrenu zastrčíme teploměr, kdy špičku namažeme nebo navlhčíme. Následně měříme teplotu.



**Obrázek 25** Použití pěnového polystyrenu k dosažení obzvláště velkého rozdílu teplot  
(převzato z [5])

## 8.6 Stirlingův motor jako sluneční motor

### a) Stirlingův motor jako tepelný motor:

Tepelný motor je zařízení, které odebírá ze svého okolí teplo a koná užitečnou práci. Pracovní cyklus Stirlingova tepelného motoru se skládá ze dvou izotermických dějů (komprese, expanze) a dvou izochorických dějů (ohřev, chlazení). Pracovní plyn je ohříván elektrickým topením a chlazen okolím (izotermické děje). Tepelná změna během izochorických dějů probíhá mezi plynem a generátorem (stěna komory). Rozsah změny objemu plynu je dán rozměry pracovní komory. Vzhledem k interakcím s okolím jde o systém uzavřený (nedochází k výměně látky), nikoli však izolovaný (dochází k výměnám energie).



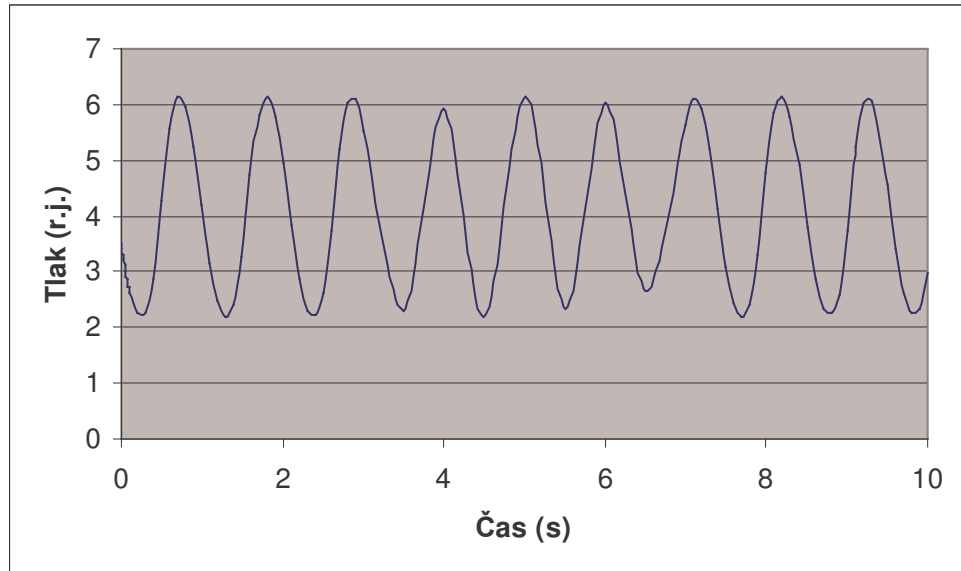
Obrázek 26 Stirlingův motor jako tepelný motor

Pracovní látkou Stirlingova motoru je vzduch. Vnitřní energie plynu  $U$  je rovna součtu kinetických energií tepelného pohybu všech molekul ideálního plynu. Je úměrná termodynamické teplotě plynu. Změna vnitřní energie může nastat buď konáním práce nebo tepelnou výměnou.

**Příklad:**

Teplota u dna výtlačného válce:  $T_1 = 54^\circ\text{C}$

Teplota u stropu výtlačného válce:  $T_2 = 23^\circ\text{C}$



**Graf 2** Závislost tlaku (v relativních jednotkách) na čase  
při teplotním rozdílu  $T_1 - T_2 = 31^\circ\text{C}$

Tlak nám symbolizuje sílu a je indikátorem toho, že stroj koná práci.

**b) Strlingův motor jako sluneční motor**

Na stejném příkladě ukážeme, že plyn nemusí být ohříván pouze elektrickým topením, ale může být ohříván například slunečním zářením. Stirlingův motor můžeme pohánět sluneční energií, pokud se konkávním zrcadlem zkoncentruje na výtlačný válec motoru.

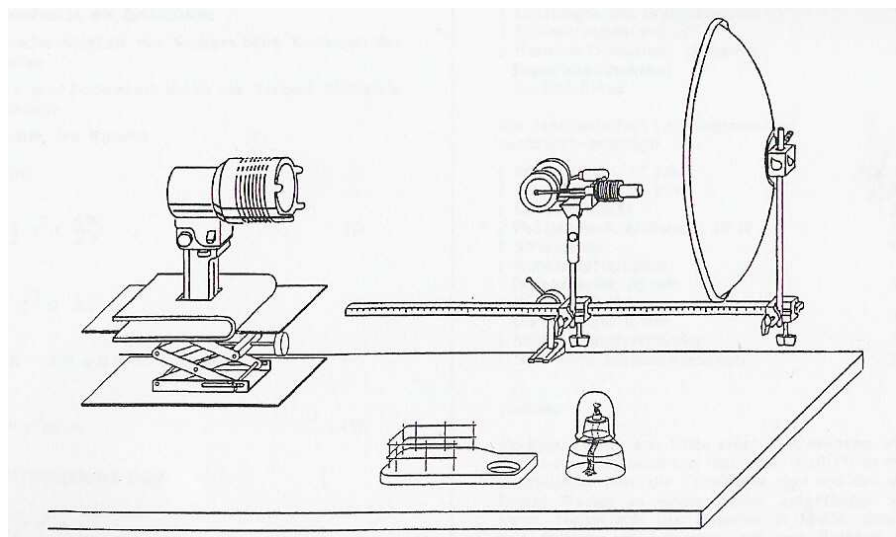
**Pomůcky:**

Lampa 1000 W, laboratorní plošina, stolní svorka, malá optická lavice, 2 Leyboldovy spojky, stativová tyčka 25 cm, univerzální stativová svorka, Stirlingův motor, šroubovák k označení. K začernění: svíčka pro začernění, lihový kahan, petrolej, aceton.

**Postup:**

U Stirlingova motoru odšroubujeme zelenou destičku (2 šrouby, ze spodu přístupné). Výtlačný válec začerníme svíčkou, nebo lépe lihovým kahanem naplněným směsí petroleje a acetonu v poměru 2:3. Musíme dbát na to, aby se nezačernily chladící žebra. Stirlingův motor připevníme pomocí svorky na optickou lavici a přeneseme přibližně na ohnisko zrcadla.

Žárovku na 1000 W použijeme jako „náhradní slunce“. Umístíme asi 1 m od zrcadla na plošinku tak, že se zdroj světla nachází v ose zrcadla. Zapneme lampu a posouváním motoru vytvoříme na čelní straně výtlačného válce světelnou skvrnu. Asi po 2 minutách nahodíme motor. Pokud nepoběží, musíme zlepšit posouváním svítidla a motoru soustředění světla (popřípadě lehce naolejovat tyč pístu a ložisko setrvačníku).



Obrázek 27 Sestava pro pokus

(převzato z [5])

**Závěr:**

Na příkladech jsme ukázali, že přímou přeměnou tepla na energii lze dosáhnout toho, že stroj koná práci.

## 8.7 Spočítejte si, kolik vás stojí provoz elektrospotřebičů

Podle tabulky poradenského střediska PRE si sami můžete spočítat, kolik Vás stojí roční provoz elektrospotřebičů.

Spotřebič	Provoz hodin denně	Finanční náklady v Kč za měsíc	Finanční náklady v Kč za rok
<i>Kombinace lednička/mrazák</i>	24 h	118,70	1 424
<i>Chladnička s malým mrazákem</i>	24 h	71,20	854
<i>Mikrovlnka</i> běžný provoz	0,2 h	35,60	427
<i>Mikrovlnka</i> stand-by	24 h	8,50	103
<i>Televize</i> běžný provoz	3 h	24,90	299
<i>Televize</i> stand-by	24 h	17,10	205
<i>Video</i> běžný provoz	3 h	8,90	107
<i>Video</i> stand-by	24 h	39,90	478
<i>CD/DVD</i> běžný provoz	2 h	4,80	57
<i>CD/DVD</i> stand-by	24 h	14,20	171
<i>PC+monitor</i> běžný provoz	8 h	108,20	1 298
<i>PC+monitor</i> stand-by	24 h	150,90	1 811
<i>Žárovka</i> 100 W	5 h	59,30	712
<i>Úsporná zářivka</i> 23 W	5 h	13,60	164
Spotřebič	Poznámka	Finanční náklady v Kč	
<i>Pračka</i>	bavlna na 60 °C, 1 cyklus	3,90	
<i>Myčka</i>	ECO program, 1 cyklus	3,70	
<i>Varná konvice</i>	uvaření 1 litru vody	0,40	
<i>Vysavač</i>	1 hodina vysávání bytu	5,10	
<i>Žehlička</i>	1 hodina žehlení bavlny	0,90	
<i>Fén</i>	vysoušení vlasů 10 minut	0,90	
<i>Elektrická trouba</i>	1 hodina pečení při 180 °C	7,00	
<i>Bojler</i>	100 litrů, ohřev na 65 °C	25,40	

**Tabulka 6 Tabulka spotřebičů a finanční náklady na provoz**

**(materiály poradenského střediska PRE)**

Ceny jsou uváděny v nejrozšířenější sazbě Klasik 24/D02d. Hodnoty jsou uvedeny pro spotřebiče v energetické třídě A, u starších spotřebičů mohou být i několikanásobně vyšší. „Stand-by“ je pohotovostní stav, např. TV či videa.



## 9 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo podat přehled o různých obnovitelných zdrojích energie, zejména o těch, které se vyskytují na území České republiky. Přestože problém získání energie je nepopiratelný, stejně důležité je s energií šetřit. Proto cílem v experimentální části bylo ukázat na určitých experimentech, jak se dá snížit spotřeba energie v domácnosti a ukázat na některé málo obvyklé zdroje energie. Na experimentu o vaření jsme ukázali, že je lepší používat hrnec s rovným dnem a pokličkou, jelikož tímto způsobem spotřebujeme méně energie. Při experimentu se žárovkami jsme přišli na to, že je úsporka energeticky šetrnější než žárovka. Na dalším experimentu jsme dokazovali přímou přeměnu tepla na elektrickou energii pomocí Seebeckova jevu, ale došli jsme k závěru, že je pro běžný život nepoužitelný, jelikož jeho účinnost je velmi malá. U tepelného čerpadla jsme na konkrétním případě vypočítali jeho účinnost. V následujících experimentech, ve kterých jsme použili Stirlingův motor, je ukázáno, že získaným teplem může stroj konat práci.

Tato bakalářská práce ukázala, že i přes vysoké pořizovací náklady je nezbytně nutné, aby lidé začali více používat obnovitelné zdroje energie a s takto získanou energií lépe hospodařili.

## 10 Seznam použité literatury

- [1] KADRNOŽKA, Jaroslav. *Energie a globální oteplování*. 1.vyd. Vysoké učení technické Brno: Vutium, 2006, ISBN 80-214-2919-4, str. 189.
- [2] CHALLONER, Jack. *Energie*. 1.vyd. Martin: Osveta, 1997, ISBN 8088824516, str. 64.
- [3] BALÁK, Rudolf, PROKEŠ, Karel. *Nové zdroje energie*. 1.vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1984, str. 207.
- [4] Kolektiv autorů. *Vzdělávání k udržitelnému rozvoji*. 1.vyd. Pedagogická fakulta MU Brno: 2006, ESF CZ.04.1.03./3.2.15.1/0165, str. 70.
- [5] *Energie, Band 2: Alternative energien*, 1.Auflage. Leybold didactic GMBH, 1986, str. 80.

### Internetové stránky

- [6] [www.cez.cz](http://www.cez.cz) 10.3.07
- [7] [www.alternativni-zdroje.cz](http://www.alternativni-zdroje.cz) 20.1.07
- [8] [www.czrea.org](http://www.czrea.org) 13.2.07
- [9] [www.archiweb.cz](http://www.archiweb.cz) 13.3.07
- [10] [www.vodni-tepelne-elektrarny.cz](http://www.vodni-tepelne-elektrarny.cz) 10.3.07
- [11] [www.energyweb.cz](http://www.energyweb.cz) 2.2.07
- [12] <http://cs.wikipedia.org/> 13.2.07
- [13] [www.stranaos.cz/view.php?cisloclanku=2005010701](http://www.stranaos.cz/view.php?cisloclanku=2005010701) 20.3.07
- [14] [http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPMRF45OSUY](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPMRF45OSUY) 10.4.07
- [15] <http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/sunsystem/slunce.html> 19.3.07
- [16] <http://marines.czweb.org/fyzika/index.php?action=new&id=10> 12.3.07
- [17] <http://www.atlaspodnebi.cz/uvod.html> 11.4.07
- [18] <http://www.jardacat.estranky.cz/stranka/vetrne-elektrarny> 21.1.07
- [19] <http://www.i-ekis.cz/?page=prostredi> 10.4.07