

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Katedra fyziky – oddělení didaktik a technické výchovy
Rok 2008

Diplomová práce

**Alternativní zdroje energie se zaměřením na
„Solární energetické zdroje v současné praxi“**

(Alternative Energy Sources with Focus on
“Solar Energy Sources in Present Practice”)

Vedoucí diplomové práce:
PaedDr. Bedřich Veselý

Autor diplomové práce:
Radim Pecha

Anotace

Tématem diplomové práce je problematika alternativních zdrojů energie se zaměřením na solární energetické zdroje v současné praxi. V úvodu práce jsou zdůvodněny změny ve světové palivoenergetické bilanci a jejich negativní důsledky, charakteristika jednotlivých alternativních zdrojů energie a jejich praktická využitelnost. Stěžejní pozornost je věnována využití energie Slunce. Práce po vysvětlení podstaty termonukleárních reakcí jako zdrojů energie ve Slunci rozebírá otázku tvorby fotovoltaických článků a solárního modulu. Věnuje pozornost druhům užívaných akumulátorů, nabíječům a měničům napětí. Upozorňuje na všechny faktory, které nutno respektovat při praktické manipulaci se solárními panely. V závěrečné kapitole se zejména věnuje didaktickému návodu výuky tématu o alternativních zdrojích energie na základních školách i potřebě zavedení sledovaného tématu na pedagogických fakultách.

Annotation

The thesis deals with the problems of alternative energy sources with focus on solar energy sources in present practice. The thesis introduction explains the reasons of the changes in the global fuel-energy balance and their adverse effects, characterizes individual alternative energy sources and their practical applicability. The main focus is on exploitation of solar energy. After explaining the principle of thermonuclear reactions as the source of energy in the Sun, the thesis analyses the question of production of photovoltaic cells and a solar module. It describes the types of commonly used accumulators, charges and voltage transformers. It points out all factors, which must be taken into account when handling solar panels in practice. In the last chapter, it in particular deals with the didactic instructions for teaching the topic of alternative energy sources at elementary schools, as well as the need for introduction of the mentioned topic to teacher colleges.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Alternativní zdroje energie se zaměřením na „Solární energetické zdroje v současné praxi“ vypracoval samostatně a využil jen informačních zdrojů, uvedených v seznamu použitých pramenů a vlastních praktických zkušeností se solárními panely.

V souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce v nezkrácené podobě fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 1. listopadu 2007

.....
Radim Pecha

Za všechnu pomoc, ochotu a odborné vedení při zpracování této diplomové práce patří mé poděkování panu PaedDr. Bedřichu Veselému.

Obsah

Úvod.....	6
1. Problematika světové palivoenergetické bilance	7
2. Charakteristika alternativních zdrojů energie	11
3. Slunce a jeho energie	24
4. Solární články, jejich tvorba, solární modul	27
5. Druhy užívaných akumulátorů pro skladování	36
6. Nabíječe akumulátorů a měniče napětí	42
7. Příklady použití solární energie	47
8. Perspektivy vývoje fotovoltaiky a didaktické poznámky k využití daného tématu pro přípravu učitelů technických předmětů na PF	55
Závěr	59
Použité prameny a literatura	61

Úvod

Cílem práce je zpracování základních poznatků o jednom z nejdůležitějších alternativních zdrojů energie – tj. využití solární energie v praxi a možnostech šíření těchto poznatků ve vyučování technickým předmětům. V první kapitole se zabývám změnami podílu primárních energetických zdrojů, které se využívají k výrobě elektrické energie, vzrůstem podílu ropy a zemního plynu v palivoenergetické bilanci, významu jaderné energie a konečně důvody, které vedou ke stále větší pozornosti netradičním (alternativním) zdrojům energie, jejichž celkovou charakteristikou se zabývám ve druhé kapitole. V následujících kapitolách (3. až 7.) věnuji pozornost termonukleárním reakcím jako zdrojům energie ve Slunci, solárním článkům, jejich tvorbě a solárnímu modulu, druhům užívaných akumulátorů pro skladování získané energie ze slunečního záření, principu nabíječů akumulátorů a měničů napětí a jejich využití v praxi a praktickým příkladům využití fotovoltaiky (solární energie). Závěrečná 8. kapitola je věnována shrnutí, perspektivám vývoje sledovaného oboru a nutností jeho využití v pedagogické praxi.

Práce je koncipována z hlediska pedagogicko-didaktického, aby ji bylo možno využít k vyučovacím účelům, pro vyučovací praxi. Jednotlivé kapitoly vzájemně na sebe navazují, všechna fakta, vztahy, pojmy jsou vysvětlovány srozumitelnou, didakticky přijatelnou formou a přitom je věnována pozornost technické praxi i mezipředmětovým vztahům.

Ke zpracování sledovaného tématu byla použita odborná literatura, dokumenty získané od příslušných firem, zdroje v elektronické podobě a vlastní praktické zkušenosti se solárním zařízením.

1. Problematika světové palivoenergetické bilance

Současná civilizace je založena na obrovské spotřebě energie. Těžba energetických surovin, jejich využití či spotřeba a výroba energie je jedním z rozhodujících článků ekonomik každé země. Hmotnou základnu pro život na povrchu Země vytvářejí sluneční soustava a přírodní prostředí Země. Tato hmotná základna je i fundamentálním poskytovatelem přírodních energetických zdrojů, které představují hmotné nebo energetické substráty, určité přírodní objekty, v nichž je obsažena (akumulována) energie využitelná lidskou společností pro transformaci na používanou formu energie.

Vedle přírodních zdrojů, tj. prvotních (primárních, klasických) energetických zdrojů, jsou využívány též tzv. druhotné energetické zdroje, které vznikají jako produkt při přeměnách energií technologických procesů a jsou využitelnou složkou ztrát. Jde o odpadní teplo (tepelný potenciál vody při chladicích procesech a podobně), odpadní plyny z vysokých pecí či plyny při zpracování ropy, bioplyn vzniklý při zplyňování organických látek, dále městské odpady nebo průmyslové tuhé odpady, které se mohou využívat spalováním na výrobu tepla. V energetických bilancích podniků mohou mít tyto zdroje značný význam.

Pro vytváření zásob energetických zdrojů na Zemi je nejvýznamnější Slunce-využívání přímého dopadu slunečního záření na Zemi, využívání různých účinků spolupůsobení slunečního záření, Země a vody, zejména tzv. hydroenergetických zdrojů (mechanická energie vodních toků, energie vodních vln či ledovců, slapová energie), energie větru, využívání tepla okolního prostředí pomocí tepelných čerpadel a energie živé hmoty: zhmotnělé rostlinné energie (dřeva, slámy apod.).

Nejvýznamnějším zdrojem energie jsou fosilní paliva, jejichž podstatou je zhmotnělá sluneční energie uložená v zemi (na souši nebo pod mořským dnem). Jsou to uhlí, ropa a zemní plyn

Po Slunci je významným pramenem přírodních zdrojů Země, která je nositelkou zásob všech druhů fosilních paliv. Se Sluncem vytváří zásoby živé hmoty, hydroenergetický potenciál a podílí se na pohybu vzdušných proudů. Samotná Země je zdrojem geotermální energie a energie vnitrojaderné.

S technickým rozvojem se mění **palivoenergetická bilance**, tj. podíl primárních energetických zdrojů na celkové spotřebě, případně výrobě energie. (Při vypočítávání palivoenergetické bilance se vychází z převodu měrných jednotek jednotlivých

energetických surovin a ostatních zdrojů na tuny měrného paliva – [tmp] .
1[tmp] = 7000 [kcal], tzn. 29,372 [J⁶]. Tento údaj odpovídá přibližně střední hodnotě
černého uhlí, proto se může používat rovněž název tuna černouhelného ekvivalentu.
Doplňující převodní vztahy jsou následující: 1 [t] ropy = 1,3 [tmp], 1000 [m³] zemního
plynu = 1,33 [tmp], 1000 [kWh] elektrické energie = 0,125 [tmp].)

Od poloviny 19 .století bylo dřevo vytlačováno uhlím, které bylo hlavním
energetickým zdrojem v etapě první průmyslové revoluce. Od poloviny šedesátých let
20. století se v energetické bilanci začínají prosazovat tzv. ušlechtilá paliva – ropa
a zemní plyn.; výrazně poklesla spotřeba uhlí a dřeva. Využití uhlí zůstává sice nadále
poměrně vysoké, ale jeho podíl se přesto stále snižuje. Kromě ropy a zemního plynu
vzrůstá význam i jaderné energie, kterou lze využít jednak při štěpení jader atomů,
jednak při slučování jader (jaderná syntéza). Pro jaderné štěpení slouží jako jaderné
palivo uranové a thoriové rudy, uranonosné černé břidlice a uran v mořské vodě.
Palivem pro slučování jader (syntézu), která je ve stadiu experimentů, je deuterium
a tritium, jehož zásoby ve vodě jsou obrovské.

Ropa se prosadila zejména pro svou vyšší výhřevnost, snadnější těžbu i dopravu
a příznivější ceny na světových trzích. Výraznější zvýšení ceny ropy přivedlo
v sedmdesátých letech 20. století energetickou krizi. Příčinou byla snaha Organizace
zemí vyvážejících ropu (OPEC = Organization of the Petroleum Exporting Countries)
získat z prodeje ropy co největší příjem pro těžební země (většinou šlo o země
rozvojové). Ekonomika vyspělých zemí se do poloviny osmdesátých let s negativními
důsledky zvýšení cen suroviny v podstatě vyrovnala. Kolísání ceny za [barrel] se odráží
stále v ceně benzínu. (1 [barrel] = 158,988 [dm³] pro kapaliny; pro pevné látky
1 [barrel] = 115,628 [dm³] .)

Ropa kryje v současnosti v palivoenergetické bilanci asi 2/5 veškeré spotřeby.
Zbytek se týká uhlí, zemního plynu a energie získané ve vodních elektrárnách
a elektrárnách jaderných. Rozhodující podíl elektřiny je stále vyprodukován v tepelných
elektrárnách (téměř 2/3), které spalují hlavně fosilní paliva (uhlí, ropu a zemní plyn)
jako nejvýznamnější palivoenergetické suroviny.

Odhady životnosti zásob těchto paliv vychází z odhadu zásob, přihlíží se
k současnému stavu těžby, technickému a technologickému vývoji, k životnímu
prostředí, k podmínkám finančním, ekonomickým a k politickým souvislostem.
Vzhledem k moderním geologickým a družicovým metodám jsou odhady primárních
energetických zdrojů přesnější. „Současné odhady ekonomicky využitelných, tzn.

ekonomicky těžitelných zásob za daných technologických a finančních podmínek jsou za předpokladu konstantní těžby odhadovány u uhlí na 250 let, u ropy na 45 let a u zemního plynu na 65 let.“ [8, s. 57. Srov. 5, s. 38.] Odborníci dále uvádějí, že „prokazatelné světové zásoby ropy se zvýšily na začátku roku 1990 na 137 mld. tun a odhaduje se, že potenciální světové zásoby ropy by mohly činit dalších 120 mld. tun. Životnost zásob zemního plynu se prodloužila v posledních letech na 60 let... a dosáhly počátkem roku 1990 cca 113000 mld [m³] .“ [5, s.38.] V. Seifertová a B. Duchoň shodně s J. Koudelkou konstatují, že v roce 1996 byly „světové zásoby ropy odhadovány na 140 miliard tun při roční těžbě kolem 4 miliard tun“ a pokud se týká zemního plynu uvádějí, že „v roce 1996 byl odhad 150000 [Gm³] při roční těžbě 2200 [Gm³].“ [8,5.] Zemní plyn vážně konkuruje uhlí jako kvalitnější energetický zdroj nejen pro svou větší výhřevnost, ale také pro lepší poměr vodíku k uhlíku a v podstatě nulový obsah síry, což znamená, že je šetrnější k životnímu prostředí.

V České republice se koncem osmdesátých let 20. století vytěžilo ročně téměř 90 milionů tun hnědého uhlí (5. až 6. místo na světě), černého 13 milionů tun (20. místo na světě). Ropu a zemní plyn dovážíme.

Pro výrobu elektrické energie jsou rozhodující tepelné elektrárny (77%), potom jaderné (1/5, tj. asi 20%) a zbytkový potenciál patří elektrárnám vodním (3 až 4%). Celkem se u nás vyrobí ročně okolo 60 až 70 miliard [kWh]. V roce 1993 to bylo 58,9 miliard [kWh]. (10, s.147.) Současná roční produkce elektrické energie (90.léta) ve světě činí 13 bilionů [kWh], z toho nejvíce (téměř 2/3), jak již bylo zmíněno, se vyrobí v tepelných elektrárnách.[10, s.176-177.] Roční těžba černého uhlí ve světě činila v roce 1995 asi 3787 milionů tun, hnědého 930 milionů tun (v roce 1986 3114 miliony tun černého a 1199 milionů tun hnědého) . [10, s.179]

Těžba hnědého uhlí se zpravidla provádí povrchovými způsoby, ložiska černého uhlí jsou uložena mnohem hlouběji, jsou těžitelné obvykle hlubinnými způsoby. Jaké jsou ekologické následky těžby uhlí vůbec velmi dobře vyjádřil Ing.Stanislav Štýs DrSc. z ředitelství koncernu SHD Most: „V obou případech je těžba doprovázena technologickými transformacemi v dobývacím prostoru, přičemž jsou více či méně degradovány až devastovány všechny součásti a zpravidla i funkce krajiny. K nejvýraznějšímu ovlivňování struktur i funkcí ekologických soustav a tím i k intenzivnímu narušování životního prostředí dochází v těžebně průmyslových aglomeracích, které se obvykle vyznačují i vysokým stupněm urbanizace.“ [11] .

Narušování celkového rámce přírody při těžbě zejména tuhých paliv, snahy po omezení sirných emisí (fluidní spalování, zplyňování paliva), emisí oxidu uhličitého (zvyšování koncentrace tohoto oxidu v ovzduší) při spalování zejména tuhých paliv v tepelných elektrárnách i náklady na těžbu zejména v hlubinných dolech (neefektivnost těžby), pokles zásob základních energetických zdrojů (neobnovitelných, vyčerpatelných energetických zdrojů), to vše vede odborníky a vědce, aby zaměřovali výzkum a pozornost:

1. Výraznému snižování spotřeby energie na jednotku výroby prosazováním nových technologií, rozvíjením mikroelektroniky, biologizací výrobních procesů, tlumením materiálů a energeticky náročných výrob, zkoumáním regenerace materiálů.

V České republice například pro neefektivnost hlubinné těžby černého uhlí a snížení potřeb hutnických provozů byla řada dolů uzavřena. (Na území Ostravy se již netěží v žádném dole. Na Karvinsku se těží černé uhlí hlavně na výrobu koksu. Těžba byla ukončena v černouhelných revírech na Trutnovsku, Plzeňsku a Kladensku, které se zasloužily o industrializaci Čech v 19. a 20. století. Tím celková těžba v 90. letech 20. století výrazně poklesla asi na 14 milionů tun ročně. Těžba hnědého uhlí se v České republice soustřeďuje v severních a severozápadních Čechách. Hnědé uhlí s vysokým obsahem síry slouží především k produkci elektrické energie v tepelných elektrárnách. Ačkoliv zásoby ropy a zemního plynu jsou u nás vcelku bezvýznamné, přesto se asi polovina vytěžené ropy na Hodonínsku a Břeclavsku vyveze do Rakouska a na Slovensko. Uranová ruda se těžila na Jáchymovsku, Příbramsku a donedávna u Stráže pod Ralskem a u Bystřice nad Pernštejnem. Pro neefektivnost jsou zbylé hlubinné zásoby v útlumových programech.)

2. Hledání cest stále většího využívání netradičních, alternativních zdrojů (obnovitelných, nevyčerpatelných energetických zdrojů) tak, aby pokud možno pokryly podstatnou část nároků společnosti na energetické zdroje, to je další, velmi významný aktuální úkol odborníků a vědců.

2. Charakteristika alternativních zdrojů energie

Obnovitelné zdroje energie sice vyžadují poměrně vysoké investice, ale vyznačují se nízkými provozními náklady, neustále se obnovují v poměrně krátkém čase, nepoškozují vůbec nebo jen minimálně životní prostředí. Umožňují trvale udržitelný rozvoj.

Mezi alternativní, obnovitelné formy energie se zahrnuje:

- a) Energie vody
- b) Energie větru
- c) Energie geotermální
- d) Využití biomasy
- e) Energie sluneční

a) Energie vody

Zatím mezi poměrně nejvíce využívaný obnovitelný zdroj energie patří hydroenergetický potenciál. V některých zemích (například v Rakousku) dominuje před fosilními palivy. Je využíván asi jen z 15%, nejvíce v Asii a Africe (47%). [8, s.68.]

Vodní energie je jedna z forem, do níž se transformuje sluneční záření, neustále dopadající na naši planetu. Přeměňujeme ji výhradně na potřebnou univerzální elektřinu. V České republice se v roce 1993 vyrobilo 58.9 miliard [kWh] a z toho připadá na hydroelektrárny 2-2.7%. [10, s.177 a 13.]

Zvláštním zdrojem pro využití energie vody je mořské dmutí čili slapy, tj. příliv – stoupání mořské hladiny a odliv – klesání hladiny moře, což se vysvětluje přitažlivostí Měsíce a Slunce. První experimentální elektrárny tohoto druhu vznikly například v ústí řeky Rance ve Francii, na murmaňském pobřeží poloostrova Koly v Rusku – rychlejší rozvoj těchto elektráren se zdá být zatím málo reálný; u nás pochopitelně nepřichází v úvahu.

Energie z vody se získává využitím jejího proudění (energie pohybová, kinetická) a jejího tlaku (energie potenciální, tlaková), nebo obou těchto energií současně. Podle toho, jakým způsobem využíváme energii vody, rozlišujeme tyto nejčastěji používané vodní stroje (turbíny):

a) Turbiny typu **Bánki a Pelton** (dříve vodní kola) – využívání pohybové (kinetické) energie, která je dána ve vodních tocích rychlostí proudění, přičemž rychlost je závislá na spádu toku (výškovým rozdílem vodních hladin).

b) Turbiny typu **Kaplan, Francis, Reiffenstein**, turbiny vrtulové a čerpadla v turbinovém provozu – využívání tlakové (potenciální) energie vzniklé v důsledku gravitace a závislé na výškovém rozdílu hladin.

Bánkiho turbína je rovnotlaká turbína s dvojnásobným průtokem oběžného kola. Hodí se pro spády 5-60 [m] a průtoky od 0,01-0,9 [m³/s]. Její výroba je nenáročná.

Peltonova turbína je rovněž rovnotlaká turbína, která je vhodná pro spády nad 30 [m] a průtoky 0,01 [m³/s] - 10 [l/s].

Kaplanova turbína je přetlaková turbína klasického typu, výborně regulovatelná, ale její výroba je náročná. Je použitelná pro spády od 1 [m] do 20 [m], průtoky od 0,15 [m³/s] až několik [m³/s] a vhodná hlavně pro jezové a říční malé vodní elektrárny.

Francisova turbína je též přetlaková turbína pro spády již od 0,8 [m]. V minulosti byla nejvíce používána pro skoro celou oblast průtoků a spádů malých vodních elektráren. Instalace nových turbín se dnes omezuje na spády od 10 [m] a pro větší průtoky (vyšší výkony).

U velmi malých vodních toků (bystřin a struh), kde z technických a ekonomických důvodů nemohou být instalovány existující typy vodních turbín, lze využít nového českého vynálezu **bezlopatkového hydromotoru**, vynalezeného Ing. Miroslavem Sedláčkem z ČVUT v Praze. Tento přenosný hydromotor (SETUR pod označením DVE 120) dokáže vyrábět energii v pravém slova smyslu mikrosпадů a mikroprůtoků vody, například od rozdílu hladin vodního toku okolo 0,5 [m]-1,5 [m], anebo průtoku vody turbínou v objemu 2-20 [l/s]. Základem pro vytvoření Sedláčkovy turbíny se stalo využití prozatím v praxi nikde na světě neuplatňovaného hydrodynamického principu, tzv. hydrodynamického paradoxu, který obecně vyjádřeno, je fyzikální skutečností, že pohyblivá deska, na niž proudí z trubice s přírubou tekutina, není odpuzována, ale přitahována. Hydrodynamický paradox je způsoben podtlakem, který vznikne v mezeře při dostatečně velké rychlosti proudící tekutiny. V našem případě jde o jev, který způsobuje, že koule je přitahována ke stěně tím více, čím rychleji mezi ní a stěnou proudí kapalina. Odborné informační materiály charakterizují bezlopatkovou turbínu takto: „Jakmile je do turbíny vpuštěna voda, proudí nejvyšší rychlostí mezi koulí a odvalovací hranou. Koule je záměrně zavěšena pružně a voda

vtékající tangenciálně do turbíny způsobí mírnou rotaci koule a zároveň udá směr otáčení.

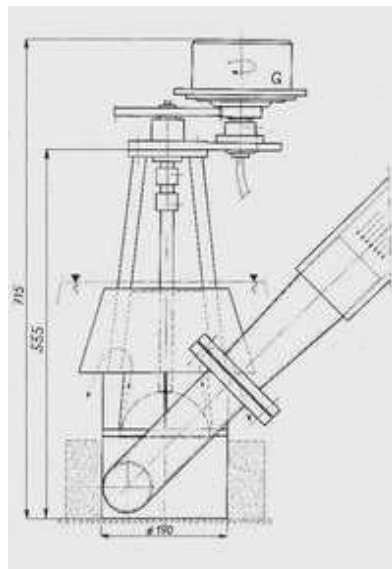
Jakmile je zavěšená koule dále vychýlena z klidové polohy, v místě, kde je koule blíž ke stěně, vzroste rychlost proudění vody a klesne tlak. S tímto známým fyzikálním jevem se může setkat každý – například ve fixírce.

Okolním tlakem je koule dále vychýlena do místa, kde je tlak nižší, tedy do míst, kde díky zúžení místa mezi koulí a stěnou proudí voda rychleji. V důsledku popsaného jevu se koule záhy přitiskne ke stěně a mezi koulí a stěnou vznikne štěrbinu srpovitého tvaru. Vlivem proudění se koule dostane do rotace a začne se odvalovat po vnitřní stěně trubky. Protože se ve směru odvalování štěrbinu před koulí uzavírá, proudí v těchto místech voda rychleji a koule je neustále „přisávána“ ke stěně ve směru započatého valení a tím je protékající vodou udržována v pohybu. energii předanou proudící vodou kouli zachycuje pružný hřídel, který ji může dále přenášet na generátor elektrické energie nebo čerpadlo.“ [13.]

Domácí vodní elektrárna DVE 120 dodá výkon o napětí 12 nebo 24 [V], pohybuje se od 35-750 [W].

Domácí vodní elektrárna DVE 120

DVE 120 je samostatný ekologický zdroj elektrické energie, kde je generátor poháněn odvalovacím tekutinovým strojem. Jednotka je upevněna na vtokovém bloku, do kterého je zaústěno potrubí. Soustrojí dodává výkon o napětí 12 nebo 24 [V]. Získaná energie je vhodná k akumulaci.



H - spád vody 3,5 – 20 [m], Q - průtok vody 4 – 20 [l/s], P- výkon mechanický 75 -2100 [W] *, elektrický 35 – 1000 [W] ** (P mech = 7,5 x Q x H)

* Dosažený výkon je závislý na ztrátách způsobených přívodním potrubím.

** Elektrický výkon je závislý na účinnosti použitého generátoru.

Hmotnost DVE 120 včetně betonového základu: 60[kg]

Obr.č. 1. Z dokumentu www.infojet.cz/ekologie/setur.html



DVE 120 s převodovkou a generátorem 3 x 400 [V]



Detailní pohled na konstrukci s generátorem 3 x 400 [V]

Obr.č. 2. Foto z www.infojet.cz/ekologie/setur.html

Potenciál pro výstavbu velkých klasických vodních elektráren je u nás v zásadě vyčerpán. Budování velkých vodních elektráren přitom přináší výrazný zásah do životního prostředí (přehradu, zatopené oblasti). Naproti tomu malé vodní elektrárny lze stavět například v místech bývalých mlýnů, hamrů a pil. Jejich zbytky (odtokový kanál, jez a pod.) mohou výrazně snížit náklady na jejich výstavbu. Díky technologii tzv. mikroturbín lze využít, jak již bylo uvedeno, i toky s malým energetickým potenciálem nebo i vodovodní zařízení. Konečně je možná instalace moderních a účinnějších turbín a soustrojí ve stávajících malých vodních elektrárnách.

b) Energie větrná

Stejně jako energie vody je i větrná energie jednou z forem, do níž se transformuje sluneční záření, neustále dopadající na naši planetu. Pohyb (proudění) vzduchu je vítr, který je důsledkem teplotních rozdílů a tedy i rozdílů ve slunečním záření. Nerovnoměrným ohříváním vzdušných mas při zemském povrchu se vytvářejí tlakové výše (barometrická maxima, anticyklóny) a tlakové níže (barometrická minima, cyklóny). Nad oteplovanými místy se vzduch stává řidší, snižuje se jeho tlak, vzniká tlaková níže. Na jeho místo proudí vzduch z chladnějšího okolí. Nad studenými oblastmi vzniká tlaková výše, z níž se vzduch pohybuje při povrchu do oblastí tlakové níže. Vlivem těchto tlakových rozdílů vznikají pak větry.

Vrstva ovzduší má jako všechna tělesa určitou hmotnost a touto hmotností působí tlak na zemský povrch. Tento tlak se mění ve směru vodorovném i svislém a podléhá i na témže místě denním i ročním proměnám. Na zemi jsou tři pásy nízkého tlaku, jeden na rovníku a dva v mírném pásu a čtyři pásy vysokého tlaku, dva v přípolárních krajinách a dva v subtropích. Nízký tlak na rovníku a vysoký tlak v přípolárních krajinách je v souhlase s teplotným režimem těchto krajin.

Nejdůležitějším údajem při využívání energie větru je rychlost větru, která se udává převážně v m/s. Místní rychlost větru (proudění vzduchu poblíž zemského povrchu) je ovlivňována tvarem a druhem zemského povrchu (terénní útvary, porosty, zástavba, vodní hladina, sněh...) Se vzdáleností od moře klesá, s rostoucí nadmořskou výškou se zvyšuje.

Dříve využívaná přímá přeměna energie větru na mechanickou práci (i u nás pro větrné mlýny již v 18. a 19. století) se dnes už téměř v Evropě nevyužívá. V rozvojových zemích a na pastvinách ve Spojených státech amerických se vítr používá pro čerpání vody. Dnes se z větru získává zejména elektřina. U nás jsou výhodné lokality pro výstavbu větrných elektráren v oblastech ležících nad 500-650 [m] n.m. K efektivnímu využití větru je totiž třeba alespoň rychlosti 4 [m/s]. Optimální rychlost větru je 12 [m/s]. Jakmile však rychlost větru přesáhne 25 [m/s], je nebezpečí zničení elektrárny a musí být odstavena.

Větrná elektrárna se v podstatě skládá s vysokého betonového nebo ocelového sloupu, na jehož vrcholu jsou upevněny rotory s dvěma až třemi listy. (Moderní velké elektrárny používají třílisté rotory.) Ty uvádějí do pohybu hřídel, a ta generátor. Čím vyšší je sloup a čím je větší velikost listů, tím je vyšší výkon zařízení. S výškou nabývá totiž vítr větší intenzity a na větší ploše listu se zachytí více energie. Naprosto zásadním parametrem je rychlost větru, neboť energie větru (získaný výkon) roste se třetí mocninou rychlosti. Při zdvojnásobení rychlosti větru (například ze 4 [m/s] na 8 [m/s]) vzroste jeho energie osmkrát, takže i malá změna v rychlosti větru se výrazně projeví na množství získané elektřiny.

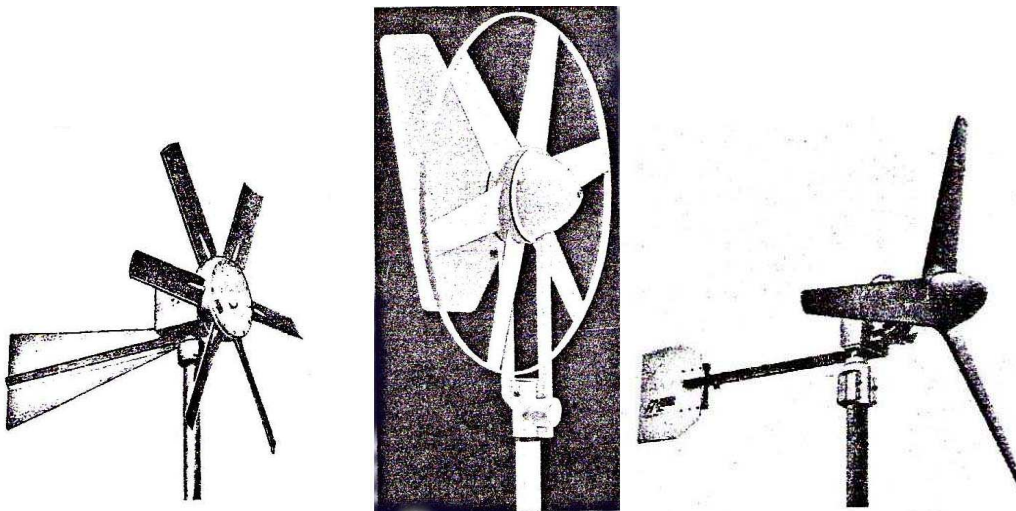
Existují větrné elektrárny s horizontální osou otáčení, pracující na vztlakovém principu, kde vítr obtéká lopatky s profilem podobným letecké vrtuli, a větrné elektrárny s vertikální osou otáčení, které pracují buď na odporovém principu, anebo na principu vztlakovém. Elektrárny se svislou osou pracující na vztlakovém principu sice není třeba natáčet podle směru větru a mohou dosahovat vyšší rychlosti otáčení, a tím i vyšší výkonnosti, ale v praxi se příliš neuplatnily: vyšší dynamické namáhání značně

snižuje jejich životnost, mají malou výšku rotoru nad terénem, to znamená menší rychlost větru.

Moderní větrné elektrárny jsou vybaveny dvěma generátory (nebo jedním s dvojitým vinutím). Když rychlost větru je nízká (do 4 m/s) běží menší generátor, jakmile vítr zesílí, přepne se na větší generátor. Startovací rychlost pro snížený výkon je potom kolem 2,5 m/s. Aby se snížily náklady na projektování a výstavbu a zefektivnil provoz, sdružují se velké elektrárny do tzv. větrných farem, tj. skupin obvykle 5-30 elektráren.

V České republice je využití energie větru odhadováno na 4 [GWh] (10^9 [Wh]) za rok s tím, že jsou brány v úvahu jen větrné elektrárny, které byly v provozu (cca 5,7 [MW]).

Pro praxi jednotlivých spotřebitelů jsou určeny malé větrné elektrárny, které slouží k dobíjení akumulátorů 12/24 [V]. Jsou navrženy jako doplněk fotovoltaických panelů. S přídatným měničem 12/220 [V] se stává zdroj plně autonomní s napětím 220[V] / 50 [Hz]. Elektrárna je zkonstruovaná pro využití malých rychlostí větru od 3[m/s]. Předností konstrukce je rovněž velice klidný chod stroje a malá hmotnost cca 6,5 [kg]. Při síle větru 5 [m/s] dává výkon již 10 [W], při 15 [m/s] 120 [W].



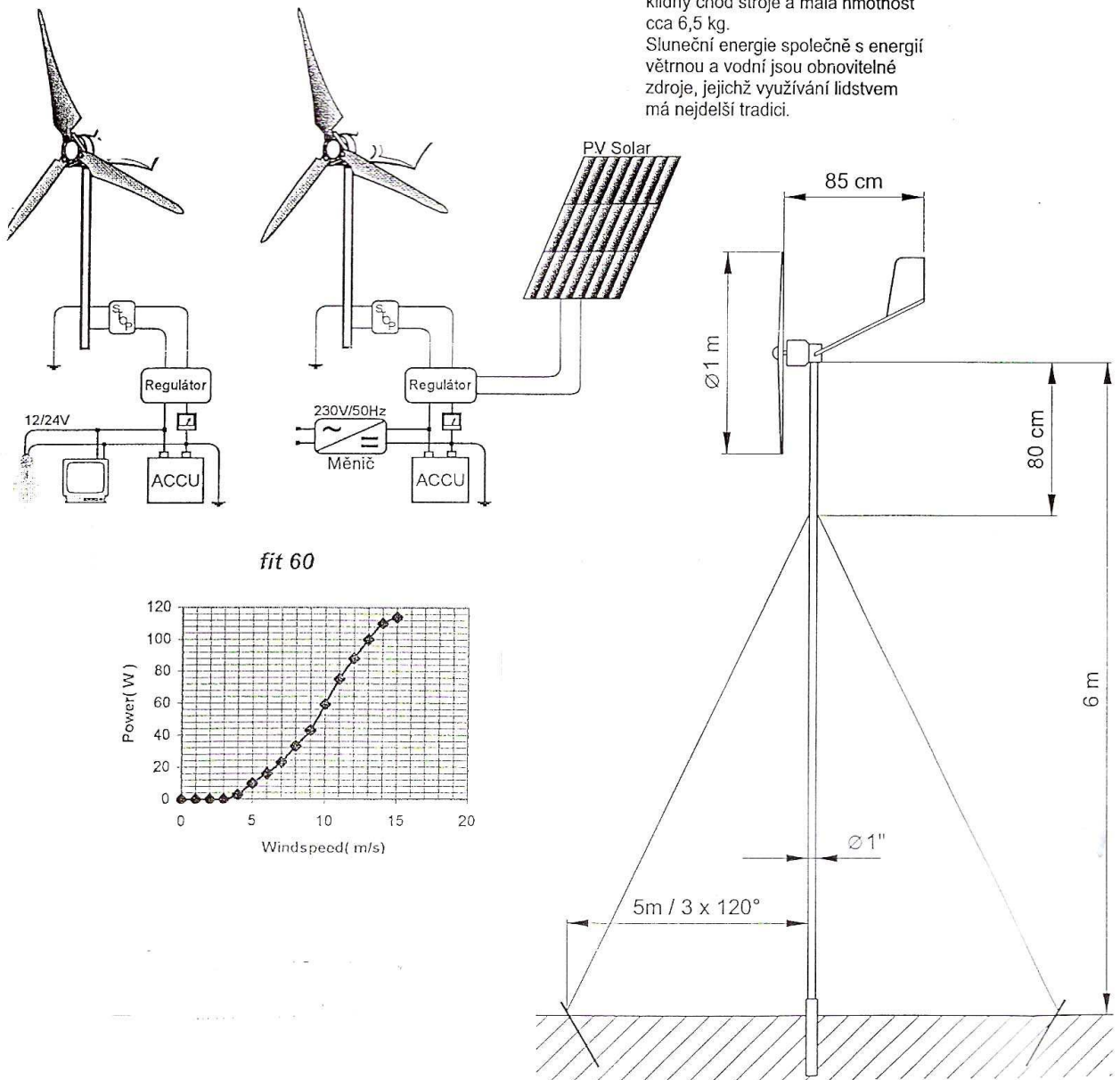
Obr.č. 3. Ukázky větrných elektráren. Převzato z jednotlivých dokumentů

VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY

fit
AerPlast

100

Malá větrná elektrárna je určena k dobíjení aku. baterií 12/24 V ss. Elektrárna byla navržena jako doplněk fotovoltaických panelů. S přídatným měničem 12/220 V se stává zdroj plně autonomní s napětím 220 V/50 Hz. Elektrárna je zkonstruovaná pro využití malých rychlostí větru od 3 m/s. Předností konstrukce je rovněž velice klidný chod stroje a malá hmotnost cca 6,5 kg. Sluneční energie společně s energií větrnou a vodní jsou obnovitelné zdroje, jejichž využívání lidstvem má nejdelší tradici.



Obr.č. 4. Foto dokumentu Ekologicko-technologického parku Milenovice

První velká větrná elektrárna v České republice byla uvedena do provozu v roce 1993 v Dlouhé Louce u Oseka v Krušných horách, která sloužila jako demonstrační elektrárna k řadě zkoušek a měření, v současnosti je v provozu zejména farma větrných elektráren v lokalitě Mravenečník nad obcí Kouty nad Desnou v Jeseníkách ve výši 1160 [m] n.m.

Větrné elektrárny jsou uváděny jako symbol ekologické výroby elektrického proudu. Jako jejich negativum byla před deseti léty uváděna hlučnost; hluk současných strojů je však minimální a navíc jsou větrné elektrárny zřizovány v dostatečné vzdálenosti od obydlí. Je vytykáno i to, že řada sloupů s vrtulemi nevypadá v krajině dobře. Obrovským kladem ovšem je, že vítr jako Slunce je zadarmo a že větrná elektrárna vyžaduje malé provozní náklady.

c) Energie geotermální

Jde o tepelnou energii nahromaděnou vlivem různých pochodů v zemské kůře. Geotermální energie je vázána na teplo horkých suchých minerálů (hornin) nebo na geotermální (horké) vody, přičemž jde o teplo, které lze využít k přímé spotřebě.

Teplo horkých suchých hornin se využívá jednak pomocí trubkových kolektorů osazených do suchých vrtů, jednak pomocí injektáže povrchové vody a jejího zpětného čerpání systémem dvou a více vrtů.

Geotermální (horké) vody se nacházejí v nepatrných hloubkách, zejména v zemských dutinách a zvodnělých vrstvách. Zemské teplo je zahřívá natolik, že při výstupu na zemský povrch je jejich teplota vyšší, než je průměrná roční teplota vzduchu v místě nálezů. Ve většině případů se horké vody získávají hlubinnými vrty nebo voda sama vyvěrá na povrch. Část těchto vod jsou minerální vody lázeňské, jejichž teplo se méně využívá v lázeňství, více přímo jako teplá užitková voda (například na Islandu, v USA a na Novém Zélandu). Zřizování geotermálních elektráren je zatím velmi nákladné, dokonce několikanásobně dražší než výstavba jaderných elektráren. Přesto již v šedesátých letech 20.století vznikly elektrárny využívající horkovodních zdrojů na Islandu, v Japonsku, USA, Novém Zélandu, Indonésii, v jižní Americe, ve východní Africe. Vyrábějí elektrický proud v rozmezí od několika desítek [MW] do 300 [MW]. V Evropě vznikly elektrárny tohoto druhu zejména v Itálii (o výkonu 510 [MW]), menší elektrárny jsou ve Francii, Portugalsku a v Řecku. Využívají vody o teplotě přes 150 [°C]. Vody, jejichž teplota je nižší než 150 [°C], se využívají přímo nebo pomocí tepelných výměníků či tepelných čerpadel k výrobě dodávkového tepla.

Nejdéle jsou používány horkovodní zdroje s převahou páry. Nevýhodou pro životní prostředí je, že často jde o vodu silně mineralizovanou nebo voda bývá znečištěna sirovodíkem. Silnějším zdrojem geotermální energie mohou být horké suché skalní horniny.

V České republice se využívají zdroje geotermálních vod, které se nacházejí v dostupných hloubkách a mají nízkou teplotu (25-35 [°C]). Proto také se těchto vod využívá téměř výhradně za použití tepelných čerpadel. V roce 1998 bylo u nás v provozu asi 400 tepelných čerpadel o celkovém tepelném výkonu 4800-5500 [kW]. S přibýváním firem, které se zabývají sledovanou problematikou, se toto číslo zvyšuje.[9, 8.] Tepelná čerpadla se nejčastěji používají na vytápění a klimatizaci budov.

Zdrojem tepla pro tepelná čerpadla je nejen podzemní voda (vhodných lokalit je však málo), ale také voda povrchová, okolní vzduch a vzduch odpadní, odváděný větracím systémem objektu, který má vždy poměrně vysokou teplotu (18-24 [°C]) a konečně z hlubinných vrtů se využívá teplo hornin v podloží.

Všechny děje, které samovolně probíhají v tepelném čerpadle, sice probíhají zdánlivě proti druhému zákonu termodynamiky (tepelná energie nemůže samovolně přecházet z prostředí s nižší teplotou do prostředí s teplotou vyšší), ale přesto tomuto zákonu vyhovují. Je to proto, že teplo z nižší teploty na vyšší není čerpadlem přepravováno samovolně, ale až po přivedení určitého množství energie zvenčí, přičemž tato energie musí mít vyšší kvalitu (teplotu, potenciál apod.), než má teplejší prostředí, do něhož je přečerpané teplo odváděno.

Tepelné čerpadlo pracuje přitom tak, že teplo, které je odebíráno z okolního prostředí pracovní látkou (vzduch, voda, solanka = roztok soli ve vodě) je přenášeno do výparníku, v němž je teplo odnímáno pracovní látce pomocí kapalného chladiva. Když se chladivo zahřeje, vzniklé páry jsou odsávány a stlačeny v kompresoru na kondenzační tlak. Zvýší se jejich teplota a jsou pak dále odváděny do kondenzátoru, kde předávají teplo ohřívané látce, zchladnou, mění své skupenství na kapalné. Kapalné chladivo je po snížení tlaku přiváděno zpět přes expanzní ventil do výparníku, kde doplňuje vypařené chladivo. Tím je oběh uzavřen a celý cyklus se opakuje.

Protože se šetření energií stalo stálým požadavkem, věnuje veřejnost a odborníci stále větší pozornost využívání tepelných čerpadel. Je to z těchto důvodů:

1. Tepelné čerpadlo poháněné elektrickou energií ušetří průměrně 65% elektrické energie v místech, kde by se za srovnatelných podmínek vytápělo jen elektrickou energií.

2. Snížením spotřeby energie se ve stejném poměru sníží spotřeba uhlí v uhelné elektrárně a tím i emise z elektrárny.

3. Náklady na elektřinu při využívání tepelného čerpadla jsou při stejné ceně jako u přímého elektrického vytápění v průměru o 65% nižší. [2]

d) Využití biomasy

Pojem biomasa je definován jako substance (hmota) organického, tj. biologického (rostlinného i živočišného) původu, která se buď cíleně pěstuje nebo se jedná o odpady ze zemědělské, potravinářské a lesní produkce, z komunálního hospodářství, z údržby krajiny a péče o ni. Protože jde o hmotu organického původu, nemůže existovat bez sluneční energie.

Energii biomasy můžeme charakterizovat jako sluneční energii shromážděnou pomocí fotosyntézy a uloženou jako chemická energie v organické hmotě. (Fotosyntéza je základní proces v přírodě, který zabezpečuje interakci, vzájemné působení, sluneční energie, vody a oxidu uhličitého za vzniku složitých organických látek. Je to nejdůležitější chemická reakce na světě, zdroj kyslíku a chemické energie, bez které by byl život na naší planetě nemožný.) Z biomasy lze energii získávat téměř výhradně spalováním, tedy termochemickou přeměnou. Tato energie je využívána buď přímo spálením, anebo nepřímo tak, že kapalné nebo plynné produkty jejího zpracování následně slouží jako palivo.

Přeměna (konverze) biomasy na kapalná či plynná paliva se uskutečňuje:

a) Termochemickou konverzí (suché procesy pro energetické využití biomasy), tj. spalováním (v praxi převládá), zplyňováním chlévské mrvy, odpadního dřeva, slámy apod.(jde o produkci plynu, který nutno čistit, protože obsahuje více dehtu) a pyrolýzou (tepelný rozklad anorganických i organických látek; petrochemický proces, při němž se tepelně štěpí (při 750 až 900 [°C]) uhlovodíkové suroviny na olefiny (výroba ethylenu nebo topného oleje)).

b) Biochemickou konverzí (mokré procesy pro energetické využití biomasy), tj. alkoholovým kvašením (produkce etanolu), metanovým kvašením (produkce bioplynu).

c) Mechanickou (fyzikální) konverzí biomasy, tj. štípáním, drcením, lisováním, briketováním, peletováním (sbalováním na větší kusy), mletím; jde o výrobu pevných paliv a kapalných paliv-oleje, a chemickou konverzí biomasy, tj. esterifikací surových bioolejů. (Esterifikace je rovnovážná chemická reakce mezi alkoholem a kyselinou za vzniku esteru a vody. Kyselina proces urychluje ve prospěch esteru odstraňováním

vody); jde o výrobu bionafty a přírodních maziv. Nejvíce bionafty se v současnosti spotřebovává v Brazílii. Výroba bionafty je alternativou vzhledem k ubývání zásob nafty. Podle názoru některých odborníků by u nás bylo výhodné metylester z řepky olejky přidávat do motorové nafty, neboť metylestery mastných kyselin jsou si s motorovou naftou strukturálně velmi podobné.

d) Získáváním odpadního tepla při zpracování biomasy (například při kompostování, aerobním čištění odpadních vod (aerobní = schopný života jen v kyslíkatém ovzduší)) apod.

Spalování biomasy je výhodné proto, že jde o uzavřený uhlíkový cyklus: při růstu biomasy se spotřebovává kyslíčník uhličitý (CO_2 , plyn, který způsobuje skleníkový efekt) a vytváří kyslík (O_2); při jejím pálení vzniká CO_2 a spotřebovává se O_2 . Množství plynu CO_2 tak zůstává konstantní. Kromě toho spálením odpadní biomasy (dřeva) se předejde vzniku dalšího skleníkového plynu, metanu, který se tvoří při samovolném organickém rozkladu.

V podmínkách České republiky lze využívat:

1. Biomasy odpadní

- odpady po lesní těžbě dřeva (dendromasa, tj. pařezy, kořeny, kůra, větve, šišky atd.);
- odpady ze zemědělské prvovýroby (řepková, kukuřičná a obilná sláma, seno, zbytky po likvidaci křovin, odpady ze sadů a údržby travnatých ploch atd.);
- odpady ze živočišné výroby (zbytky krmiv, zvířecí exkrementy apod.);
- organické odpady z průmyslových výrob (odřezky, piliny, hobliny, kůra z dřevařských provozoven, odpady z cukrovarů, z jatek, mlékáren, lihovarů, konzerváren);
- organické odpady komunální (tuhý odpad, kaly). Likvidací odpadů ve spalovnách se vyrábí elektrická energie a zásobuje okolí teplem dálkovým potrubím.

2. Biomasy záměrně vyráběnou k energetickým účelům (energetické plodiny, například řepka olejka, slunečnice, cukrová řepa, brambory, konopí; rychlerostoucí dřeviny, například topoly, vrby, olše). Jde o pěstování fytoosy, tj. organických látek rostlinného původu vznikající v přírodě v průběhu fotosyntézy, jejímž praktickým výsledkem je vytvoření organické hmoty a uvolňování vznikajícího kyslíku do ovzduší, což umožňuje život všem živočichům.

Optimální je kombinace obou uvedených principů (využívání odpadů a záměrného pěstování biomasy), která by umožnila na jedné straně využití ploch uvolněných zemědělstvím a na druhé straně zpracování průmyslově nevyužitá biomasy.

Při využívání biomasy je výhodné její využití na výrobu tepla a zároveň na výrobu elektřiny. Jde o kogeneraci z biomasy, to znamená, že se část paliva přemění na elektřinu a část na teplo. I při výrobě elektrické energie v elektrárnách se vytváří odpadní teplo, které je využíváno na vytápění. U kogenerace se ovšem jedná primárně o produkci tepla v tepelných zařízeních a sekundárně se část energie přeměňuje na elektrický proud. Má to význam zejména u kotelen o větším výkonu, kde se může instalovat paroplynová turbina nebo Stirlingův motor. Provoz kotelny je pak levnější a navíc se při vytápění produkuje elektrický proud z obnovitelného zdroje. Pro kogeneraci lze použít i zmíněnou směs fosilní nafty a metylesteru vyrobeného z řepky olejky. V zahraničí je možné si nechat upravit vznětový motor pro přímé použití řepkového oleje (u zemědělských strojů), takže jako v minulosti se pohon zemědělských strojů (dříve seno pro koně) pěstuje na poli. Tyto motory lze použít i pro kogenerační produkci tepla a elektřiny. Při zplyňování chlěvské mrvy se vyrobený plyn může použít k pohonu elektroagregátu a odpadní teplo z něj pro vytápění nebo ohřev vody obecního bazénu atp. Biomasu možno použít jako zdroj obnovitelné energie i mnoha dalšími způsoby.

Využívání biomasy je rozšířené ve skandinávských zemích, Rakousku, severní Itálii, Dánsku, Finsku, Německu (v Bavorsku). V jižních Čechách v Kamenném Újezdě využívají dřevní odpad z vlastní pily a obecního lesa pro vytápění školy a domu s pečovatelskou službou, který byl dříve vytápěn elektricky. Obecní budovy jsou tak vytápěny levně a ještě má místní pila zajištěn odbyt dřevního odpadu.

Pozitivní a negativní vlivy alternativních zdrojů na životní prostředí

1. Snižováním spotřeby primárních zdrojů jejich nahrazením obnovitelnými zdroji se následně snižují i produkované emise a skleníkové plyny (CO₂).
2. Pozitivně ovlivňuje životní prostředí i diverzifikace (rozšíření) zdrojů s menším zábořem půdy.
3. Produkce odpadů je minimální.
4. Výroba energetické biomasy umožňuje udržovat kulturní krajinu a zlepšuje mikroklima. Při spalování dřeva a travin se vyprodukuje o 1/3 méně oxidů síry a dusíku, než spalováním fosilních paliv. Emise oxidu uhličitého při spalování dřeva jsou

považovány z hlediska životního prostředí za neutrální, protože se rovnají množství oxidu uhličitého, které je rostlinami absorbováno během fotosyntézy.

Mezi negativní vlivy patří zejména:

1. Necitlivý přístup například budováním a provozem vodních děl v nevhodných lokalitách.
2. Pěstování rozsáhlých monokultur (řepky); nedůsledné zvažování druhu pěstované plodiny vzhledem k lokálním podmínkám.
3. Šíření nepůvodních druhů v ekosystému.

Kromě výše citovaných prací a zdroje v elektronické podobě byla pro charakteristiku alternativních zdrojů energie dále použita zejména tato odborná literatura [1,7 a 12.]

3. Slunce a jeho energie

Slunce je pro nás nejdůležitějším a nejbližším vesmírným tělesem, životodárnou hvězdou, bez níž je život na Zemi nemožný. Od Země je vzdálená asi 150 miliónů kilometrů ($1,5 \cdot 10^{11}$ [m]) nebo též 8,3 světelné minuty. (Ve vakuu trvá světelnému paprsku 8,3 minuty, než přiletí ze slunečního povrchu na Zemi.) Je to plynná koule o poloměru 696000 km (109 krát větší než poloměr Země) o hmotnosti $2 \cdot 10^{30}$ (dva kvintilióny) [kg], tedy 333 tisíc násobek hmotnosti Země. Slunce je složeno ze 70% z atomárního vodíku, 28% z helia a z 2% z ostatních prvků periodické soustavy. Ve hmotě Slunce jsou všechny prvky obsaženy ve skupenství plasmy, tj. jako žhavé elektricky vodivé prvky.

Slunce vyzáří za miliontinu sekundy tolik energie, kolik se jí vyrobí ve všech elektrárnách světa za rok. A za rok dopadne na celý povrch Země takové množství sluneční zářivé energie, která se rovná energii vyzářené z povrchu Slunce za jedinou desetinu sekundy. To dokazuje, že Slunce je obrovskou zásobárnou energie.

Zdrojem energie ve Slunci je **termonukleární reakce** (jaderná syntéza, fúze), při které se vodík přeměňuje na helium. Tímto procesem se uvolňuje energie ve Slunci (i v ostatních hvězdách). Je to způsobeno přeměnou lehkých prvků na těžké, což je doprovázeno uvolňováním vazebné energie v podobě elektromagnetického záření a slunečních neutrin, tj. částic, které pak okamžitě letí rychlostí světla například směrem k Zemi. Nitro Slunce je velmi teplé (14 miliónů [K]) a silně stlačené. Při této teplotě a hustotě se každou sekundu ve Slunci setká 10^{39} protonů (jader vodíku) a sloučí se na jádra helia. Do reakce vstupují vždy 4 protony vodíku, které se spojují a vytváří jedno jádro helia. Přitom se uvolní energie řádu 10^{12} [J] ve formě kvant záření gama a neutrin. Hmotnost jádra helia je menší než hmotnost 4 protonů vodíku. Rozdíl hmoty se při reakci přemění na energii. Rozdíl hmoty totiž odnáší unikající elektromagnetické záření a sluneční neutrina. V nitru Slunce tak pomalu přibývá helia na úkor vodíku.

Americký fyzik H. A. Bethe prokázal, že základním parametrem, který ovlivňuje průběh termonukleárních reakcí, je teplota hvězdného nitra. Jestliže se teplota jádra zvýší, stoupá velmi progresivně produkce zářivé energie. Tento vzestup produkce energie způsobí rozepnutí centrální části Slunce, tím se ovšem Slunce ochladí a produkce energie poklesne. Když se nitro Slunce mírně ochladí, klesne značně produkce energie, takže na krátkou dobu převáží gravitace Slunce a nitro se poněkud

„slehne“. Tím se teplota nitra opět zvýší a produkce energie silně vzroste. Tento děj se neustále opakuje. Slunce tak představuje termonukleární reaktor s dokonalým termostatem, jehož stabilitu zajišťují jeho vnější vrstvy chladnějšího vodíkového a heliového plynu.

Sluneční záření na cestě k Zemi se nejdříve dostává do atmosféry, složené převážně z dusíku a kyslíku. Má již značně menší intenzitu, neboť jeho výkon se vzhledem ke vzdálenosti rozptýlí na větší plochu. Ve výškách nad 60 [km] atmosférické plyny pohlcují sluneční ultrafialové a rentgenové záření a ionizují se. (Ionizace je odtržení jednoho či více elektronů z molekuly (atomu); nastává vzájemnými srážkami při zvýšené pohybové energii (teplotě), nárazem urychlených částic a fotonů (fotoionizace). K fotoionizaci dochází při pohlcení světelného kvanta–fotonů–neutrální molekulou. Vyvolává ji ultrafialové, rentgenové a gama záření.) Tento proces probíhá ve vrstvě atmosféry nazývané ionosféra, která se nachází ve výši 80-50 až asi 500-1000 [km] nad povrchem Země, kde se výrazně projevuje vliv korpuskulárního (z drobných částíček vyletujících ze zdroje) a krátkovlnného záření Slunce, štěpícího molekuly a atomy ovzduší na ionty a volné elektrony a kde je vysoká teplota. Níže, ve výškách 15-35 [km] (nebo 20-30 [km]) je pás větší koncentrace ozónu (ozónosféra též s vyšší teplotou), v němž se pohlcuje zbytek životu nebezpečného ultrafialového záření. V nejnižší vrstvě atmosféry, troposféře, která sahá do výšky asi 6-9 [km] na pólech a 17-18 [km] na rovníku, se odvíjejí všechny povětrnostní děje a jejím hlavním znakem je dosti rovnoměrné ubývání teploty s výškou. Vodní páry, CO_2 , prach a kapky vody v mracích zde pohlcují sluneční záření. (Nad troposférou je přechodná vrstva zvaná tropopauza, jíž přechází troposféra ve vyšší část ovzduší zvanou stratosféra, v níž je až do výšky 20 [km] velmi nízká teplota (až -55 [°C]), výše je pak ozónosféra s vyšší teplotou, nad tímto pásmem až asi do výše 80 [km] jsou opět velmi nízké teploty. Následující zmíněné ionosféře (která se nachází nad neutrosférou) se připisuje vysoká teplota, meteority se při průchodu ionosférou zažehují a zhasínají. Nejvyšší část se nazývá exosféra (termosféra) a je přechodem k světovému prostoru.)

Atmosféra pohltí asi 19% sluneční energie. 34% se odrazí do vesmíru od mraků, prachu a zemského povrchu. Zbytek (47%) je pohlcen povrchem Země. Ze 14% se záření pohlcené povrchem Země mění v teplo vyzařované ze zemského povrchu jako infračervené záření (paprsky). To je pohlcováno v atmosféře víceatomovými plyny, což způsobuje trvalé zvýšení teploty povrchu Země. Jde o skleníkový efekt. 23% sluneční energie se spotřebuje na vypařování vody z vodních ploch, zejména oceánů. Proudí

vzduchu způsobují vynášení vodních par do chladnějších vrstev atmosféry, kde dochází ke kondenzaci a předání tepla vodních par okolnímu vzduchu. Zbývající část slunečního záření (10%) způsobuje oteplování vzduchu od zemského povrchu, což se děje termickou konvekcí a dynamickou turbulencí a vyzařováním tepla ze zemského povrchu. Účinnost konvekce je největší ve dne, kdy oteplený lehčí vzduch vystupuje do výšky a na jeho místo se dostává těžší chladný vzduch. Tím se vytvářejí větry. Výměnou teplého vzduchu spodního se studeným vzduchem horním se oteplují vzduchové vrstvy do značných výšek, podle intenzity konvekce. Mnohem více se promíchávají vzdušné vrstvy dynamickou turbulencí, tj. vírovým prouděním vzduchu způsobeným nerovnostmi zemského povrchu. Čím je povrch přes nějž proudí vzduch nerovnější, tím je dynamická konvekce čili turbulence silnější. Asi 1‰ sluneční energie dopadající na zemský povrch se spotřebuje v biologických reakcích probíhajících v biosféře.

Pro zpracování této kapitoly byly použity zejména tyto odborné práce: [3 a 2.]

4. Solární články, jejich tvorba, solární modul

Množství celkové zářivé energie Slunce dopadající za jednotku času na jednotku plochy horizontálního zemského povrchu, tzv. globální sluneční záření, obsahuje světlo a teplo přímé i rozptýlené. Tato zářivá energie Slunce je využívána pasivně i aktivně.

Způsob pasivního využívání sluneční energie se týká výstavby zimních zahrad, které jsou vytápěny prosklenými konstrukcemi, nevytápěných skleníků, pařenišť, domů s verandami atd. Jde tedy o využívání energie Slunce pro teplo, bez snahy ji aktivně získat.

U aktivního využití sluneční energie se jedná o přímou přeměnu energie Slunce na elektrickou pomocí **solárních (fotovoltaických) článků**. Ty lze představit jako elegantní a jednoduchý způsob, jak sluneční paprsky přeměnit na elektřinu.

Tam, kde existuje možnost napojení na rozvodovou síť, nebude bezprostředním přínosem uchýlovat se k výrobě elektrického proudu pomocí fotovoltaických článků, neboť jejich výroba vyžaduje poměrně dosti velkou spotřebu energie. Je ale dokázáno, že energie vložená do výroby solárních panelů je těmito panely získána zpět v našich podmínkách během 2-4 let, přičemž jejich předpokládaná životnost činí minimálně 20 let.

V případech, kdy není k dispozici síťový rozvod elektrického proudu (třeba na chatách), naleznou solární panely široké uplatnění. Jejich výroba je sice velmi nákladná, mají nízké výkonové parametry a účinnost je zhruba třikrát nižší než při výrobě elektrického proudu běžnými způsoby, ale při jejich provozu nespotřebovávají žádnou energii z klasických zdrojů (fosilních apod.), nevydávají hluk, nevyžadují žádnou obsluhu a mají, jak je výše uvedeno, poměrně dlouhou životnost. Vývoj solárních článků se ovšem nezastavuje, takže je možno v krátké době očekávat zvýšení účinnosti při poměrně malém zvýšení nákladů, tedy reálné zlevnění.

Solární články (fotovoltaická zařízení) pracují na principu fotoelektrického jevu, jehož objevitelem byl Francouz Alexander E. Becquerel. Při pokusech zpozoroval v roce 1839, že dvě kovové desky ponořené do zředěné kyseliny vyrábějí více elektrické energie jsou-li vystaveny působení slunečního světla. Tento Becquerelův pokus neměl zatím velký význam. Teprve o padesát let později byl tento fotoelektrický jev (efekt) prokázán Charlesem Frittssem na selenovém článku (polovodiči). Vzhledem ke drahotě materiálu a nižšímu stupni účinnosti (nižší než 2%) se ani tehdy

k praktickému využití fotoelektrického efektu k získání elektrické energie nepřistoupilo. Až v roce 1955 se Bellovým laboratořím ve Spojených státech amerických podařilo zvýšit účinnost fotoelektrického efektu na 6%, a to pomocí křemíkového materiálu.

Princip fotoelektrického efektu (jevu) spočívá v tom, že fotony (částice světla) dopadají na článek a svou energií z něho „vyráží“ elektrony, neboli vzájemným působením elektromagnetického záření a hmoty dochází k pohlcování fotonů a uvolňování elektronů. Při vnějším fotoelektrickém jevu vystupují elektrony z hmoty, vnitřní fotoelektrický jev, který vyložil v roce 1905 Albert Einstein, je vyvolán přechodem elektronů na vyšší energetickou hladinu; v polovodiči vznikají volné elektrické náboje. Polovodičová struktura článku uspořádává pohyb elektronů na využitelný stejnosměrný elektrický proud.

Samotný solární článek je velkoplošný polovodičový konstrukční prvek s alespoň jedním PN přechodem (v podstatě jde o polovodičovou diodu), který je schopen přeměňovat světlo přímo na elektrický proud. Tento proces přeměny je statický, neboť zde nejsou žádné pohyblivé mechanické díly, žádný hluk a žádné následné produkty. Vyskytuje se u všech polovodičů, to znamená, že dopadající světlo produkuje pohyblivé dvojice nosičů náboje.

Základním prvkem solárně elektrického měniče je solární článek. Každý takový článek se v podstatě skládá z polovodičového materiálu (například křemíku), kovových kontaktů a z tenké vrstvy materiálu sloužící ke zlepšení optických vlastností.

Jako generátoru proudu používají solární články téměř výhradně křemík. Krystalický křemík je polovodič. Krystal je tvořen pravidelně uspořádanými atomy, které jsou vzájemně přidržovány chemickými vazbami.

Křemík, který je ze všech polovodičových materiálů druhým nejhojnějším prvkem vyskytujícím se na Zemi, má všechny vlastnosti vhodné pro hromadnou výrobu: není jedovatý a nepůsobí negativně na životní prostředí; dá se snadno tavit, rychle krystalizuje, je dostatečně pevný; dá se dobře zpracovat a tvoří hustou, kompaktní vrstvu a má dobré elektrické vlastnosti. Přesto v posledních několika letech postupně dochází k přechodu od křemíkových článků první generace ke článkům druhé generace (na bázi tenkých vrstev za využití slitin různých prvků) a k novým konstrukcím článků.

Křemíkové solární články nejsou tvořeny čistým křemíkem, jsou to vlastně křemíkové diody. Do základního materiálu jsou ve zcela nepatrném množství přimíseny cizí atomy, kterým k zabudování do krystalové mřížky chybí jeden valenční elektron. Většinou jsou to atomy bóru nebo hliníku. Cizím atomem je přitom nahrazen každý

miliónty atom křemíku. Do určité velmi tenké vrstvy na lícni straně se pak difúzním procesem zavedou cizí atomy, které mají o jeden valenční elektron více. Takovými cizími atomy jsou atomy fosforu nebo arsenu. Jimi je nahrazen každý stý až tisící atom křemíku. Na rozhraní těchto dvou vrstev vzniká elektrické pole vyšší intenzity. Toto vnitřní pole uvádí do pohybu volné nosiče náboje vznikající absorpcí světla a vyrábí tak elektrický proud, kterého je možno využít k napájení spotřebiče. K odvádění proudu jsou na obou stranách článku nutné kontakty (elektrody).

Tvorba solárních článků spočívá v tom, že vyrobený monokrystalický křemík ve tvaru tlustých kulatých tyčí se pilou s listem osázeným diamanty nařeže na plátky silné 1 [mm], které se následně lapují (jemně brousí) mezi dvěma rovnoběžnými, proti sobě rotujícími ocelovými deskami. Při dalším broušení se hrany plátků zakulatí. Surové plátky polovodiče typu P se dotují bórem a mokrou cestou se odleptají o několik mikrometrů, aby se odstranila vrstva krystalu zničená řezáním a plátky se očistily. Ty se pak vloží do elektricky vyhřívané křemenné trubky, kde se při teplotě 800 [°C] difunduje fosfor z nosného plynu do povrchové vrstvy plátků. Tak vzniká vrstva s dotací typu N a fosforem silně obohacená oxidová vrstva. Po té se plátky skládají na sebe a stlačí do kompaktní kostky, která se v kyslíkové plazmě odleptá. Z hran destiček se tak odstraní vrstva polovodiče N. Chemickou mokrou cestou (leptáním) se pak odstraní z přední a zadní strany nežádoucí oxidová vrstva. Na zadní stranu se pak natiskne celoplošný kontakt z vodivého stříbra obohaceného několika procenty hliníku. Toto obohacení se provede běžným tiskařským způsobem, sítotiskem. Jde o dobře napnuté pletivo z oceli (nebo z umělé hmoty) pokryté vrstvou fotomasky, přes níž se vodivé stříbro stěrkou natiskne na plátek. Po vysušení následuje druhý tisk, jímž se potisknou pouze malé (kontaktní) plochy potřebné k propojení jednotlivých solárních článků v modul.

Oba tisky se pak při vysoké teplotě spékají. Při tomto procesu vzniká velká mechanická přílnavost mezi vodivou pastou a křemíkovou destičkou. Hliník, který je obsažen ve vodivé pastě, zároveň proniká do křemíkového plátku a mění v něm nežádoucí pásmo typu N na typ P. Pak následuje tisk kontaktu tvaru otisku prstu na přední stranu, sušení, tisk antireflexního povlaku (vrstvy), čímž destička získá namodralý lesk, a nakonec proběhne společné spékání. Antireflexní vrstva na přední straně je tvořena roztokem organické sloučeniny titanu (Ti), který se při spékání změní na vrstvu oxidu titaničitého (TiO_2).

Napětí solárního článku se pohybuje okolo 0,6 [V]. Bohužel se toto napětí naprázdno s přibývajícím teplotou zmenšuje, a to o typickou hodnotu 3 [mV/°C]. Proud roste s teplotou o 0,1% na [°C].

V současné době jsou nejrozšířenější solární články vyrobené z krystalického křemíku ve formě monokrystalu s účinností 14-17%. Článek s účinností 17% má při ploše 1 [m²] špičkový výkon 170 [W]

Několik solárních článků tvoří **solární modul**. Solární články jsou krajně křehké a lámavé. Navíc ještě všechny cenově výhodné systémy kontaktů vykazují ve volném prostředí korozi. Aby mohly být solární články smysluplně využívány pod širým nebem, musejí být před vlivy prostředí chráněny zapouzdřením. Protože však jeden článek může za normálních podmínek dávat pouze 1,2 až 1,4 [W] při napětí asi 500 [mV], je nutné propojit více solárních článků do větších jednotek a společným zapouzdřením je uspořádat do tzv. modulů. Profesionální moduly představují symetrickou skleněnou jednotku s následujícím uspořádáním: sklo, tavná lepicí fólie, sklo. Rámeček je podle okolností z nerezavějící ušlechtilé oceli. Sendvič modulu je v rámečku utěsněn polysulfonovou pryží.

Obvykle se zapojují do série solární články stejných vlastností, takže se jejich napětí sečítají a výstupní proud odpovídá proudu jednoho článku. Stejně solární články však mohou být spojeny také paralelně. V tomto případě odpovídá výstupní napětí modulu výstupnímu napětí jednoho článku, ale výstupní proud modulu je součtem jednotlivých výstupních proudů. Jsou-li k dispozici stejné solární články, je možné i jejich kombinované propojení.

Pro větší výkony se musí spojit několik solárních modulů do solárního generátoru. Tak se dají produkovat libovolná napětí a proudy. U větších zařízení je však nutno dávat pozor, aby nebyl některý z modulů poškozen přehřátím. Při sériovém spojení modulů se totiž může stát, že jeden z nich je například zastíněn stromem, takže všechny přímo ozařované moduly (ale i jednotlivé solární články) napájejí zastíněný modul (nebo solární článek) v opačném směru. Takový modul či článek pak účinkuje jako spotřebič a procházejícím proudem se zahřívá. To pak může vést až k jeho zničení.

Jednou z možností, jak se vyvarovat škodlivému zahřívání, je použití přemost'ovacích diod (bypass). Paralelně k určitému počtu solárních článků se připojí diodový bočník. Je-li nyní modul nebo jen jeden článek zastíněn, teče proud přemist'ovací diodou (bypassem). Přitom se zmenšuje napětí celého sériového zapojení.

Je-li modul osvětlen normálně, nemá přemístovací dioda žádnou funkci, ale ani žádný negativní vliv. Mnozí výrobci již zabudovávají zmiňované bypassy do modulů.

Při paralelním zapojení solárních modulů se ochranné diody rovněž uplatní, neboť i zde působí modul, který neodevzdává žádný výkon, jako spotřebič proudu ze sousedních modulů. Na rozdíl od bočníkové diody je na této diodě vždy určitý úbytek napětí 0,2 až 1 [V] podle typu diody. Tato výkonová ztráta ale zabezpečuje napájení při výpadku modulu. Vyplatí se však používat diody s co nejmenším úbytkem napětí, například Schottkyho diody, aby se zbytečně mnoho draze vyrobené solární energie nepřeměnilo neúčinně opět na teplo.

Solární moduly se zasklívací chemicky tvrzeným sklem o síle 2 [mm]. Moduly by měly být dimenzovány tak, aby odolaly větru o rychlosti až 250 [km/hod]. Jako tavená lepicí fólie se používá etylenvinylacetát. Rám je většinou z hliníku. Pro lepší orientaci uvádím parametry jednoho takového solárního panelu, který vyrábí firma TRIMEX TESLA:

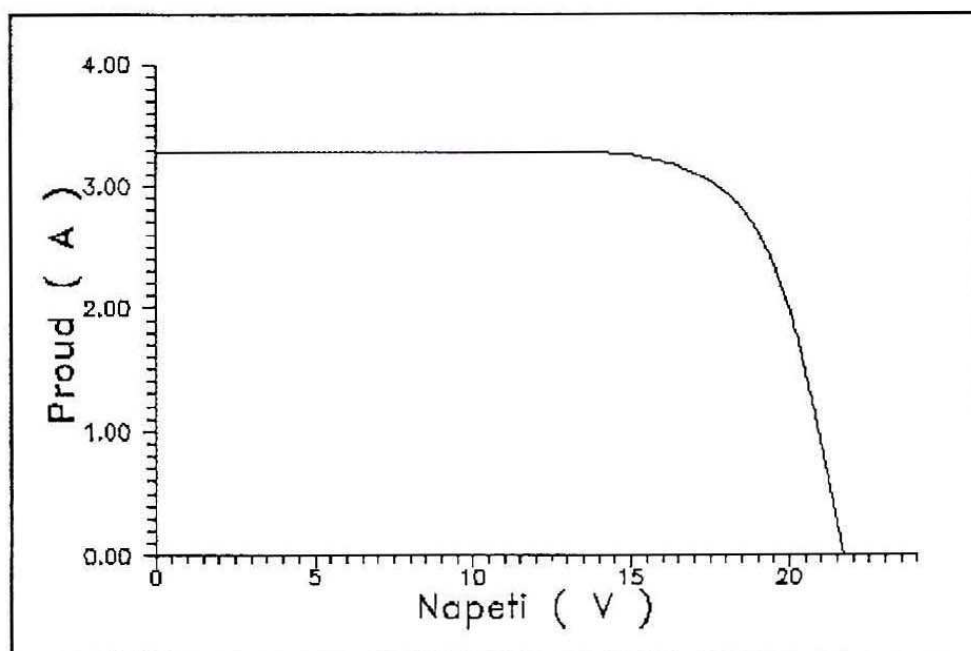
Maximální výkon: 53 [W]
Pracovní napětí: 17,5 [V]
Pracovní proud: 3,03 [A]
Hmotnost panelu: 5,9 [kg]
Rozměry: 1003x453x34 [mm]
Parametry měřeny při osvětlení a teplotě
(1000 [W. m⁻²], t = 25 [°C])
Cena panelu: 9204,- [Kč]

Ke zpracování této kapitoly byly využity zejména tyto odborné práce a prameny: [1,6, 13,16. Srov.2 a jinde.]

TECHNICKÉ PARAMETRY solární panel - typ M-S36

Parametr		Rozměr	Hodnota	
Počet článků	n	ks	36	
Plocha článků celkem	S_c	m ²	0.374	
Max.výkon panelu	P_m	W	53	
Napětí panelu naprázdno	U_{OC}	V	21.5	
Optimální pracovní napětí	U_m	V	17.5	
Proud panelu nakrátko	I_{SC}	A	3.28	
Optimální pracovní proud	I_m	A	3.03	
Maximální systémové napětí	U_s	V	600	
Hmotnost panelu	M	kg	5.9	
Rozměry panelu	- délka	L	m	1.003
	- šířka	S	m	0.453
	- tloušťka	H	m	0.034

Pozn. : Parametry měřeny dle STC (1000 W.m⁻², AM = 1.5, t_c = 25°C)



Obr.č. 5. Z dokumentu výrobního programu firmy TRIMEX TESLA s.r.o.

Technická data : Solární panely

Přehled

Parametr		M-D36	M-DH36	M-DQ36	M-S36	M-SH36	M-SQ36
Počet článků	n	36	36	36	36	36	36
Plocha článků	Sc	0.283	0.142	0.071	0.374	0.187	0.094
Max. výkon celkem	Pm	42.5	21	10.2	53	26.3	13
Napětí panelu naprázdno	Uoc	21.7	21.7	21.7	21.5	21.5	21.5
Optimální pracovní napětí	Um	17.9	17.8	17.6	17.5	17.4	17.3
Optimální pracovní proud	Im	2.37	1.18	0.58	3.03	1.51	0.75
Proud panelu nakrátko	Isc	2.55	1.28	0.64	3.28	1.64	0.82
Maximální systémové napětí	Us	600	600	600	600	600	600
Hmotnost panelu	M	5.2	2.8	1.7	5.9	3.4	1.9
Rozměry panelu : délka	L	1.003	0.502	0.352	1.003	0.544	0.400
šířka	S	0.390	0.390	0.308	0.453	0.453	0.360
tloušťka	H	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034

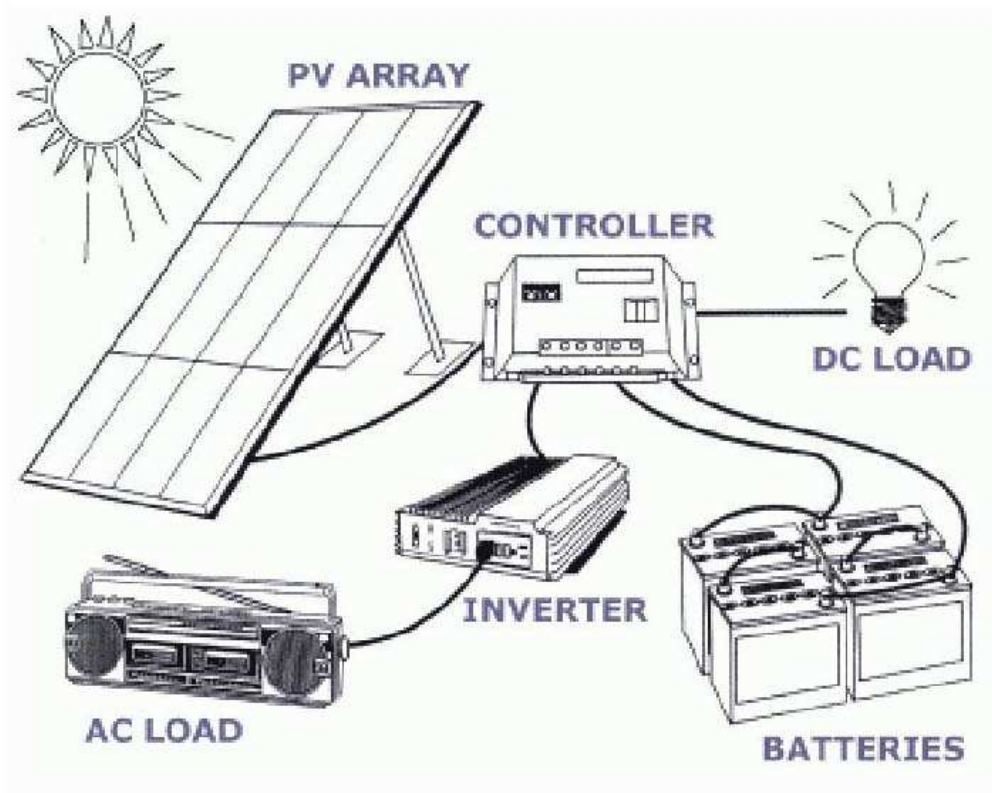
Poznámka : Parametry měřeny dle STC (1000 W/m+2, Am = 1.5, tc = 25 C)



Obr.č. 6. Ukázka solárního panelu. Převzato z jednotlivých dokumentů internetu



Obr.č. 7. Solární panely. Převzato z jednotlivých dokumentů internetu



Obr.č. 8. Schéma propojení systému. Převzato z jednotlivých dokumentů internetu



Obr.č. 9. Ukázky solárních panelů. Převzato z jednotlivých dokumentů internetu

5. Druhy užívaných akumulátorů pro skladování elektrické energie

Protože Slunce nesvítí stále (v noci nikdy, ve dne ne vždy) má použití fotovoltaiky smysl jen tehdy, existuje-li současně i možnost skladování elektrické energie. Od skladování energie je možno upustit například u zavlažovacích zařízení v jižních krajích, kde je vody nejvíce zapotřebí, když je Slunce neaktivnější, nebo když je solární zařízení provozováno ve veřejné síti, která při výpadku solární energie potřebný elektrický proud dodá, nebo také u solárně napájených přístrojů s extrémně malým příkonem.

Z ekologického hlediska je skladování elektrické energie jedním z nejkritičtějších aspektů využití fotovoltaické energie. Je to proto, že se zde musí pracovat s dosti nebezpečnými látkami, s olovem, kyselinou sírovou, kadmíem, niklem. Bohužel doposud neexistuje žádná přírodně-biologická metoda.

Je třeba zdůraznit, že i ten nejmenší mráček zastiňující Slunce způsobuje rapidní snížení množství energie vyráběné solárním modulem. V tomto případě téměř každý spotřebič přestane fungovat. Ten, kdo si myslí, že nebude potřebovat skladovací médium, bude záhy vyveden z omylu. Pro důkaz opaku nemohou posloužit solární kapesní kalkulátory, protože ty pracují téměř v režimu naprázdno a s extrémně malým výkonem.

Ke skladování elektrické energie se používá akumulátorů, které se běžně nazývají baterie. Baterie ovšem v původním slova smyslu (primární baterie) ale nejsou schopné opakovaného nabíjení. U pojmu autobaterie se rozumí sériové spojení více článků.

Akumulátory mohou být z různých materiálů a rozdílné konstrukce. V podstatě se užívají tyto druhy akumulátorů:

- a) Olověné akumulátory
- b) Niklkadmiové akumulátory
- c) Niklželezné akumulátory
- d) Stříbrozinkové akumulátory
- e) Sodíkosírové akumulátory

U stacionárních solárních zařízení se používají převážně olověné akumulátory. Pro mobilní zařízení jsou vhodné i niklkadmiové akumulátory. Pro ostatní materiály

platí, že mají nízkou účinnost, jsou příliš drahé, takže jsou vhodné nanejvýš pro použití v družicích, a konečně nejsou ještě na takové úrovni, aby se vyplatila jejich sériová výroba.

Hlavním úkolem akumulátoru je skladování elektřiny v její kapacitě, při trvalé pohotovosti k vydávání této energie. A to je realizováno splněním těchto požadavků:

- dostatečně vysoká schopnost nabíjení a dobrá akumulace výkonu, to znamená pokud možno bezztrátový příjem proudu při daném nabíjecím napětí a rychlé znovunabíjení. Účinnost nabíjení by se měla pohybovat okolo 90%, čili po odebrání 10 [Ah] je nutno akumulátor dobít energií 11 [Ah], aby bylo dosaženo výchozího stavu. Baterie musí být schopna přijímat i nejmenší nabíjecí proudy.

- dlouhodobá stálost v cyklickém provozu (nabíjení-vybití), což se projevuje tím více, čím většího počtu nabíjecích, vybíjecích cyklů akumulátor během své doby používání dosáhl. Tato cyklická stálost závisí na tom, do jaké hloubky vybití byla baterie používána. Čím bývají vybití nižší, tím je dosažitelný počet cyklů vyšší. To znamená raději nabíjet častěji, ale málo vybitý akumulátor.

- dobrá schopnost opakovaného nabíjení po jejím vybití. To je dáno tím, že je možno baterii znovu plynule nabít až asi na její jmenovitou kapacitu, bez významnějších ztrát akumulační kapacity.

- provoz nenáročný na údržbu u akumulátorů ve fotovoltaických systémech. To znamená, že během přiměřeně dlouhé doby (asi 1 rok) nepotřebují dolévat destilovanou vodu a nepotřebují žádné další ošetřování. Akumulátory musí být zároveň chráněny proti znečištění, zaplavení a náhodným zkratováním jejich pólových vývodů, například dotekem kovového nářadí. Proto je baterie opatřena bezpečnostním ochranným krytem.

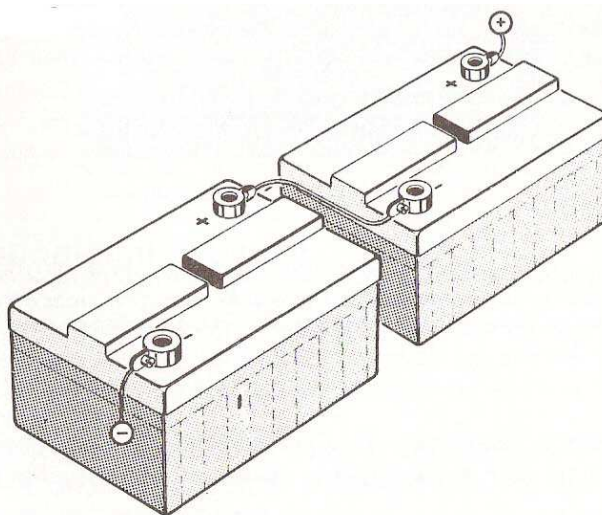
Akumulátory solárních systémů se mají zásadně nabíjet proudem rovnajícím se 1/10 jejich kapacity v [Ah], tzn. že 100 ampérhodinový akumulátor se nabíjí maximálně 10 ampéry.

Kapacita v ampérhodinách [Ah] určuje, jak dlouho je možné baterii využívat, vybíjet, než bude muset být znovu nabita. 10,5 [V] je stav úplného vybití baterie. Velikost disponibilní (použitelné, upotřebitelné) kapacity v [Ah] závisí na intenzitě příslušného vybíjecího proudu: čím je vybíjecí proud nižší, tím je použitelná kapacita vyšší.

Akumulátory lze podobně jako solární články, je-li žádoucí zvýšení napětí nebo kapacita zařízení, zapojovat buď sériově, paralelně, anebo sérioparalelně. Baterie musí

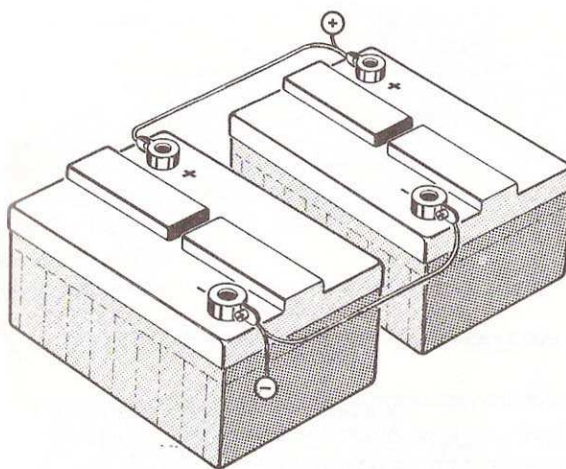
být vždy stejné konstrukce, jmenovitého napětí a kapacity, stejného stáří a stavu nabití (hustoty kyseliny).

U **sériového** zapojení akumulátorů se kladný pól jedné baterie (+) spojí se záporným (-) druhé baterie. Na zbývající volné póly se připojí spotřebič, případně nabíječka nebo solární články. Napětí jednotlivých baterií se sčítá, celková kapacita zapojení [Ah] odpovídá kapacitě jedné baterie. U tohoto zařízení zvyšujeme jeho napětí.



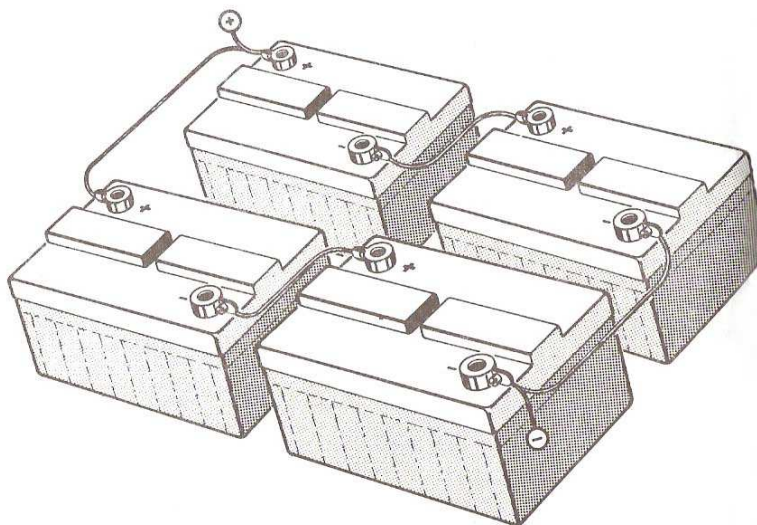
Obr.č. 10. Foto z knihy B.Kriega: Elektřina ze Slunce

Chceme-li zvýšit kapacitu [Ah], musíme baterie zapojit paralelně. Při **paralelním** zapojení akumulátorů by měly být přívody (kabely) ke kladným a záporným pólům stejné délky a stejného průřezu. Propojují se kladné póly obou baterií a záporné póly obou baterií. Napětí se přitom rovná napětí jedné baterie, ale akumulací kapacita se násobí.



Obr.č. 11. Foto z knihy B.Kriega: Elektřina ze Slunce

Sérioparalelní (skupinové) zapojení zvyšuje jak odebíraný proud, tak i napětí. Jde o kombinaci sériového a paralelního zapojení.



Obr.č. 12. Foto z knihy B.Kriega: Elektřina ze Slunce

Jak již bylo uvedeno, u fotovoltaických zařízení se nejčastěji využívají olověné akumulátory, které jsou všude k dispozici v libovolných kapacitách. V solárních zařízeních se místo autobaterií, které jsou stále plně nabity a jen při startování se silně zatěžují (asi 200 [A]), používají speciální solární baterie. Pro solární systémy potřebujeme takové akumulátory, které vydrží časté vybíjení, pokud možno až na hluboké vybití. Speciální solární akumulátory vydrží hluboké vybití až 2000krát, kdežto u autobaterií je to možné maximálně 200krát. Hluboce vybitá baterie, není-li do doby asi 200 hodin znovu nabita, je nezvratně poškozena.

Olověný akumulátor se skládá s více do série (za sebou) spojených článků. Články jsou propojeny olověnými spojkami. Na koncových člancích jsou kuželové pólové vývody. Baterie je naplněna elektrolytem (kyselinou sírovou) do vyznačené výše (nad separátory viditelné plnicími otvory). Při nabíjení nesmí teplota elektrolytu přestoupit 40 [°C]. V případě potřeby je nutno baterii ochlazovat proudícím vzduchem nebo vodní lázní nebo snížením nabíjecího proudu do poklesu teploty. Nabíjet baterii nižšími proudy je pro baterii prospěšné, prodlužuje se však nabíjecí doba. Při nabíjení nesmí být plnicí otvory uzavřené, musí být umožněn volný únik výbušných plynů u jednotlivých článků. Doporučuje se zakrýt otvory v jednotlivých člancích po cca dvouhodinovém odplynování. Baterie se považuje za plně nabitou, jestliže všechny

články stejně intenzivně plynoují, elektrolyt má ve všech článcích hustotu $1,28 \text{ [g/cm}^3\text{]}$ a napětí každého článku dosáhlo 2,5 až 2,7 [V]. Pro dosažení stavu plně nabitého akumulátoru je tedy nutno spojit šest galvanických článků. Na koncových vývodech se musí pak součtová hodnota těchto 6 článků baterie pohybovat v rozmezí 14,4 [V] (kdy se elektrolyt „vaří“) až 16,2 [V]. Vybitý článek vykazuje napětí 1,8 [V], u 12 voltového akumulátoru to dělá 10,8 [V]. Stav plného nabití je potvrzen tím, že docílené hustotní i napěťové hodnoty se při dalších dvou měřeních následujících po dvou hodinách dále nemění.

Kromě olovených akumulátorů plněných kyselinou sírovou existují ještě **olověné gelové akumulátory**, u nichž je kyselina sírová zhuštěna vysoce disperzní kyselinou křemičitou (s rozptylovací schopností). Předností takovýchto akumulátorů je, že za celou dobu jejich životnosti se nemusí (a ani nemůže) doplňovat voda a samovolné vybíjení je ve srovnání s běžnými olovenými akumulátory extrémně malé. Kromě toho se u nich nevyskytuje vrstvení kyseliny, které se objevuje u konvenčních akumulátorů při nabíjení nižším napětím, než je napětí rozkladu vody. U baterií s gelovým elektrolytem nedochází ke ztrátám kapacity a korozním škodám způsobeným vrstvením kyseliny, protože se uvolňovaná kyselina sírová zachytí na místě svého vzniku gelem, čímž se zabrání jejímu klesání a usazování do vrstvy. Při nabíjení těchto akumulátorů musejí být přesně dodržena nabíjecí napětí ($\pm 30 \text{ [mV/článek]}$), jinak se baterie nemusí plně nabít, nebo se naopak může přebitím zničit. Životnost olovených gelových baterií při provozní teplotě $20 \text{ [}^\circ\text{C]}$ činí asi 4 až 5 roků, kdežto u profesionálních solárních akumulátorů se naproti tomu očekává životnost 10 i více let.

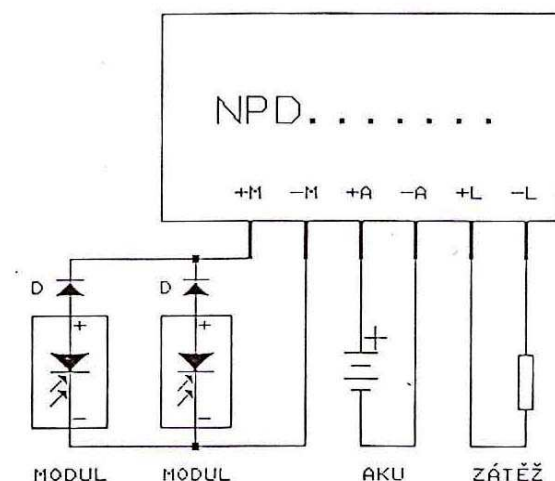
Niklkadmiové akumulátory jsou velmi oblíbené u mobilních přístrojů. Je to proto, že jsou malé jako baterie na jedno použití, pracují nezávisle na teplotě, protože elektrolyt (hydroxid draselný – KOH) se reakce téměř neúčastní. Baterie může být libovolně vybita, skladována v jakémkoliv stavu a až do určité intenzity proudu nemůže být přebíjena. Svědčí jí občasné úplné vybití a následující plné nabití, čímž se částečně regeneruje. Při sériovém propojení více článků je třeba upustit od vybíjení pod hodnotu konečného vybíjecího napětí 0,9 [V], protože může dojít k přepólování jednotlivých článků a tím se na ně může dostat napětí v opačné polaritě. Niklkadmiové baterie se hodí pro napájecí soustavy, pro něž je důležitá vysoká spolehlivost. Jsou ale dražší, je u nich vyšší samovolné vybíjení a k dosažení určitého stavu nabití je zapotřebí jistého minimálního nabíjecího proudu. Při použití ve správně dimenzovaném solárním zařízení je možné se obejít bez regulátoru nabíjení i bez ochrany před hlubokým vybitím.

Svým pokročilým stadiem vývoje vynikají **sodíkosírové baterie** (NaS). Na rozdíl od jiných známých akumulátorů (například od olověných baterií) se liší zejména tím, že jejich elektrolyt je keramické pevné těleso, trubice na jedné straně uzavřená, která je uvnitř naplněna tekutým sodíkem a zvenku je obklopena tekutou sírou. Dále se liší tím, že obě složky, které se účastňují reakce, jsou při provozní teplotě 300 [°C] v tekutém stavu. Vše je umístěno v uzavřené nádobě. Keramický elektrolyt propouští ionty sodíku, pro elektrony je nepropustný. Při vybíjení článku odpovídá proudu elektronů tekoucímu odporem vnější zátěže proud iontů sodíku tekoucí elektrolytem (přepážkou) z prostoru sodíku do prostoru síry, kde vzniká polysulfid sodný. Napětí článku dosahuje podle stavu nabití 1,78 až 2,08 [V] naprázdno, přičemž sírová elektroda tvoří kladný (+) pól (anodu). Při nabíjení probíhá obrácený proces: sirník sodný se rozkládá a ionty sodíku putují zpět do své části článku. Kdy je třeba nabíjení ukončit poznáme tím, že na konci nabíjení prudce vzroste vnitřní odpor a napětí článku.

V budoucnosti lze očekávat další vývoj, který bude ke prospěchu využití sodíkosírových baterií při fotovoltaických aplikacích. Závada prozatím spočívá v tom, že doposud využívané solární generátory vykazují téměř neomezenou životnost, kdežto vyrovnávací zásobníky získávané energie mají krátkou životnost a navíc jsou ekologicky závadné.

Ke zpracování této kapitoly bylo využito zejména odborné dílo [6] a z pramenů dokumenty [14 a 15.]

ZAPOJENÍ MALÉHO SOLARNÍHO SYSTÉMU



Obr.č. 13. Schéma zapojení solárních panelů, nabíječe, akumulátoru a zátěže spotřebičů. Z návodu od firmy TRIMEX TESLA s.r.o.

6. Nabíječe akumulátorů a měniče napětí

Aby bylo možné dát do provozu fotovoltaické panely s akumulátory, musí se zařadit mezi ně nabíječ akumulátoru (regulátor nabíjení). Toto zařízení slouží pro nabíjení olověných akumulátorů s napětím 12 [V] při napájení ze solárních panelů o výkonu až 240 [W] a proudu od cca 6 do 15 [A] (pro chaty a jiné obdobné objekty; u větších objektů pak jde o vyšší hodnoty. Stejně je tomu tak u měničů). Nabíječe zajišťují trvalé dobíjení akumulátorů, hlídají, aby na akumulátory bylo převáděno stejné napětí 12 [V], chrání je před přebíjením, zabraňují jejich hlubokému vybití pod 10,5 [V] přes solární panely v době malého slunečního svitu. Regulátory obsahují obvod teplotní kompenzace regulačního napětí, který je závislý na teplotě okolí. Dále zajišťují ochranu akumulátorů před hlubokým vybitím zátěží jejím odpojením, mžikovou nadproudovou ochranu (ochrana před zkratem), ochranu před trvalým přetížením výstupním proudem či před přepólováním akumulátorů zabudovanou tavnou pojistkou. Pracovní mezní a poruchové stavy jsou indikovány optickou nebo akustickou výstrahou. Nabíječe jsou vyráběny v různých hodnotových velikostech a liší se elektronickou výbavou signalizací a hlavně svým výkonem – pro jak velké množství solárních fotovoltaických panelů budou sloužit, respektive jaký proud bude jimi procházet.

U všech solárních zařízení vznikají v obvodech elektrického proudu ztráty napětí, a sice ve vodičích a v místech kontaktů, které představují malé elektrické odpory. To znamená, že na spotřebiče přichází menší napětí, než bylo vyrobeno generátorem nebo dodáno zásobníkem energie (zdrojem proudu). U solárních systémů by se mělo zvláště dbát na to, aby poměrně malý solární proud sloužící k nabíjení akumulátoru nebyl snižován ztrátami ve vedení.

U 12 voltových zařízení by neměla být překročena následující hodnota napěťové ztráty:

3% (0,35 [V]) v solárním obvodu a

7% (0,85 [V]) v obvodu spotřebiče.

Pro výpočet dimenzování vodičů solárního zařízení uvádím tento příklad:

Vodiče v solárním obvodu

Solární generátor 12 [V]/40 [W] potřebuje k baterii vodič (vedení) dlouhý 9 [m].

Maximální odběr proudu.....2,5 [A] (I)

Maximální napět'ová ztráta.....0,35 [V] (U)
 Délka vedení.....9 [m] (l)
 Vodivost mědi..... 56 [m/Ω mm²](L)

$$\text{Hledaný průřez je } \frac{2 \cdot l \cdot I}{L \cdot U} = \frac{2 \cdot 9 \cdot 2,5}{56 \cdot 0,35} = 2,3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vodiče v obvodu spotřebiče

Současně budou v provozu (napájeny) tyto spotřebiče:

2 x žárovka 6 W12 V/1,0 [A] (I)

Rozhlasový přijímač 40 W.....12 V/3,3 [A] (I)

Délka vedení 8 [m] (l)

Maximální napět'ová ztráta0,85 [V] (U)

$$\text{Hledaný průřez je } \frac{2 \cdot l \cdot I}{L \cdot U} = \frac{2 \cdot 8 \cdot 4,3}{56 \cdot 0,85} = 1,45 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Pokud se počítá s tím, že v budoucnu přibudou další spotřebiče, doporučuje se hned při první instalaci použít vyšší než vypočtený průřez vodiče.

Protože spotřebiče jsou převážně vyráběny na 230 [V], je nutné přeměnit stejnosměrné napětí 12 [V] dodávané solárními články na napětí střídavé 230 [V]. K tomu slouží měniče napětí (střídače). V chatách a jiných přechodně obývaných budovách představují pro mnohé aplikace nízkonapět'ové stejnosměrné soustavy účelné řešení. Jsou-li však vyšší požadavky na výkon a také na komfort, je přeměna stejnosměrného proudu dodávaného solárními články na proud střídavý nezbytná. Většina spotřebičů je totiž, jak již bylo zmíněno, vyráběna pro napětí 230 [V]. Rovněž při velkých vzdálenostech v rozvodu mezi akumulátorem a spotřebičem je 12 voltové napětí nevýhodné, neboť vznikají poměrně velké ztráty v napětí. Záleží též opět na průměru (průřezu) vodiče. Nevýhodou u střídavého proudu je zase jeho nemožnost skladování v akumulátorech. Proto se musí obě varianty kombinovat.

Měniče se vyrábějí s různými výkony a odlišují se průběhem napětí na výstupu. Pro univerzální použití slouží zejména **sinusové měniče**, jejichž výstupní napětí má sinusový průběh. Dovedou napájet bez problému jakýkoliv spotřebič odpovídající výkonové třídy, dokonce i citlivé vysokofrekvenční měřicí přístroje, radarové měřicí přístroje, osciloskopy, ale také přehrávače kompaktních desek a podobně. Nevyžadují

údržbu, protože nemají žádné pohyblivé díly, výstupní napětí též neobsahuje žádné vysokofrekvenční rušení, nevhodné pro citlivé měřicí přístroje. Používané sinusové střídače série HS mají mikroprocesor, který se stará o precizní sinusové napětí. Přístroje mohou krátkodobě dodat trojnásobek jmenovitého proudu. Značná ochranná opatření proti přetížení, přehřátí a zkratům zaručují optimální provozní bezpečnost. Přístroje mají nízkou hmotnost a vysokou účinnost. Pomocí přístroje 400 [W] lze provozovat ledničky a televizory až do cca 80 [W]. Přístroje jsou výrobcem dodávány s připojenými DC vodiči. Nevýhodou je jejich vysoká cena.

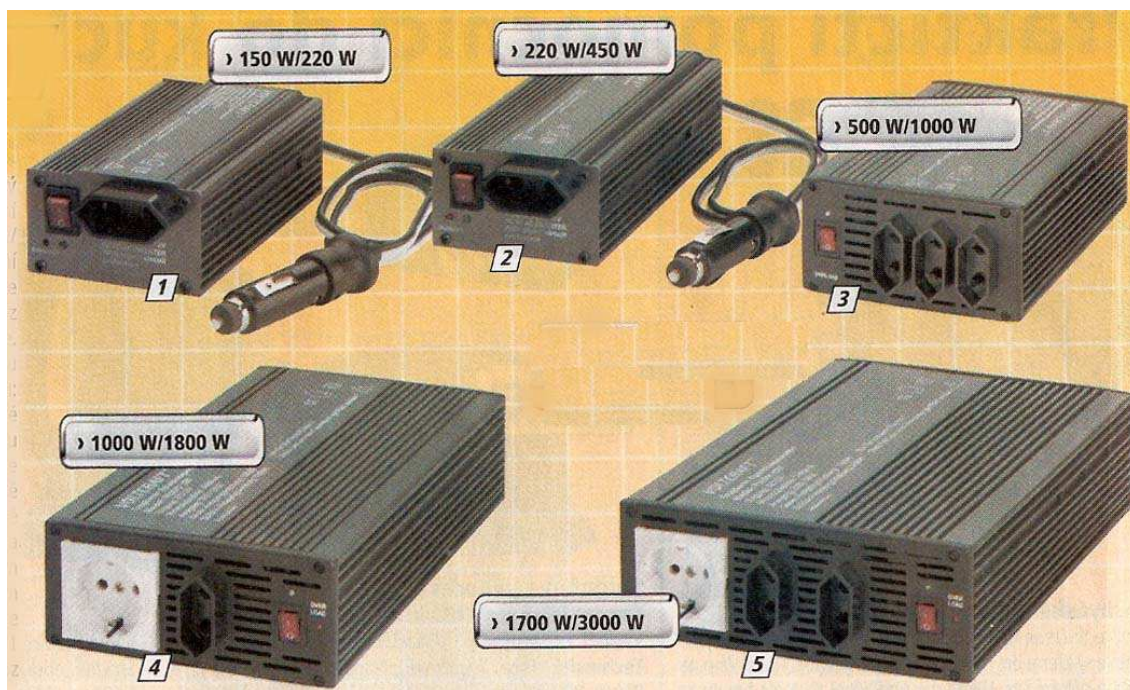
Lichoběžníkové měniče, které vyrábí střídavý proud lichoběžníkového průběhu, jsou levnější, jejich zvláštností je, že při poměrně nízkých výkonech (při asi 1/10 maximálního výkonu) dosahuje jejich účinnost až 95%, kdežto při maximálních výkonech činí „pouhých“ 82%. Hodí se pouze pro napájení přístrojů nevyžadujících tak přesný průběh proudu. Přesto většinou postačují pro běžný provoz domácnosti. Napájí žárovky, pračky, vysavače, vodní čerpadla, vrtačky, okružní pily, satelitní antény a různé drobné spotřebiče.

Obdélníkové měniče jsou měniče s obdélníkovým tvarem napětí a jsou vhodné pro TV přijímače, pumpy, střídavé motory a přístroje pro domácnost. Tyto střídače produkují obdélníkový signál, u kterých se však napětí nemění z kladných hodnot přímo na záporné a opačně, nýbrž krátkou dobu setrvávají na nulových hodnotách.

Při volbě výkonu měniče je nezbytné počítat se zapínacími proudy jednotlivých spotřebičů. Když se studená žárovka zapne, dojde ke značně velkému odběru proudu, představuje téměř zkrat. To platí například i pro tranzistory v elektronických obvodech, čili pro polovodičové prvky, u nichž je doba zvýšeného odběru proudu však podstatně kratší, tedy méně kritická. Velké nároky na proud mají také motory s velkým zatížením, jako jsou například kompresory v chladničkách. Měnič proto musí být konstruován na rozběhový proud pět až osmkrát větší, než je proud jmenovitý. To řeší dvojstupňové měniče, které se po rozběhu spotřebiče automaticky přepínají z vyššího zpět na nižší stupeň.

Účinnost všech střídačů se pohybuje mezi 85-90%.

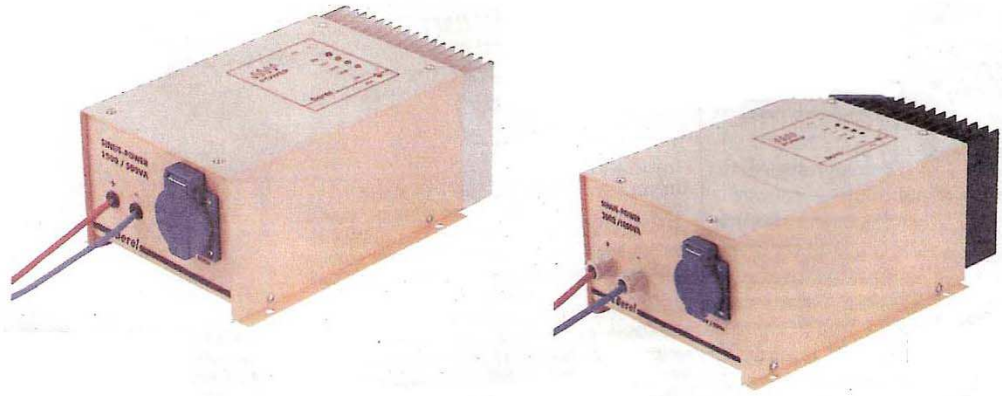
Ke zpracování této kapitoly byly využity zejména tyto odborné práce: [2 a 6.]



Obr.č. 14. Měníče napětí



Obr.č. 15. Kompletní solární sestava
Fotografie z katalogu Conrad electronic



Obr.č. 16. Sinusové měniče napětí



Obr.č. 17. Fotografie z katalogu Conrad electronic



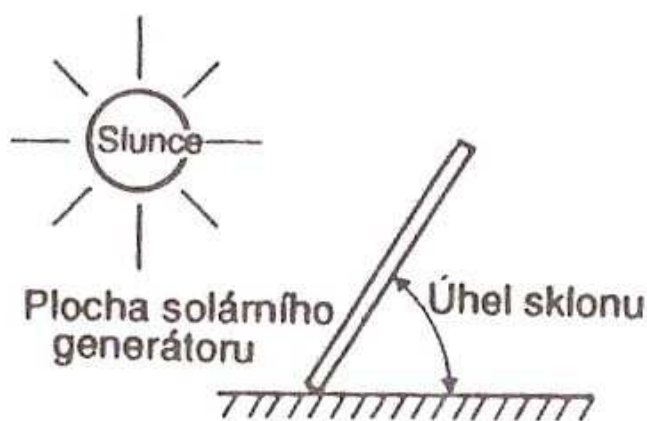
Obr.č. 18. Fotografie z katalogu Conrad electronic

7. Příklady použití solární energie

Než přistoupíme k praktickému využití sluneční energie, je nutné určit potřebný výkon solárního modulu. Pro normální potřebu stačí cca 250 [Wh/den]. Tuto potřebu vypočteme tak, že výkonovou náročnost spotřebiče násobíme denní dobou jeho zapnutí. Pokrytí potřebnou energií při odběrových špičkách nebo v době špatného (neslunného) počasí zajišťují akumulátory. Pokud solární zařízení již nedodá potřebné množství energie, je možné je snadno doplnit dalšími moduly, případně záložními motorovými nebo větrnými generátory.

Kvantum energie, které je možno vyprodukovat v malých solárních systémech, například za den, je závislé na počasí, počtu hodin slunečního svitu a intenzitě slunečního záření, která se mění podle znečištění atmosféry, zeměpisné šířce, orientaci (ideální je na jih, případně jihozápad), sklonu (úhlu sklonu panelu – pro celoroční provoz je optimální 45° sklon vzhledem k vodorovné rovině), na množství stínících překážek (optimální je celodenní sluneční svit) a na teplotě.

Protože Slunce v severnějších (a jižnějších) zeměpisných šířkách nikdy nestojí v zenitu (nadhlavníku = myšleném bodu v nebeské sféře nad pozorovatelem), dostáváme při určitém sklonu solárního modulu vyšší hodnoty než v horizontální poloze:



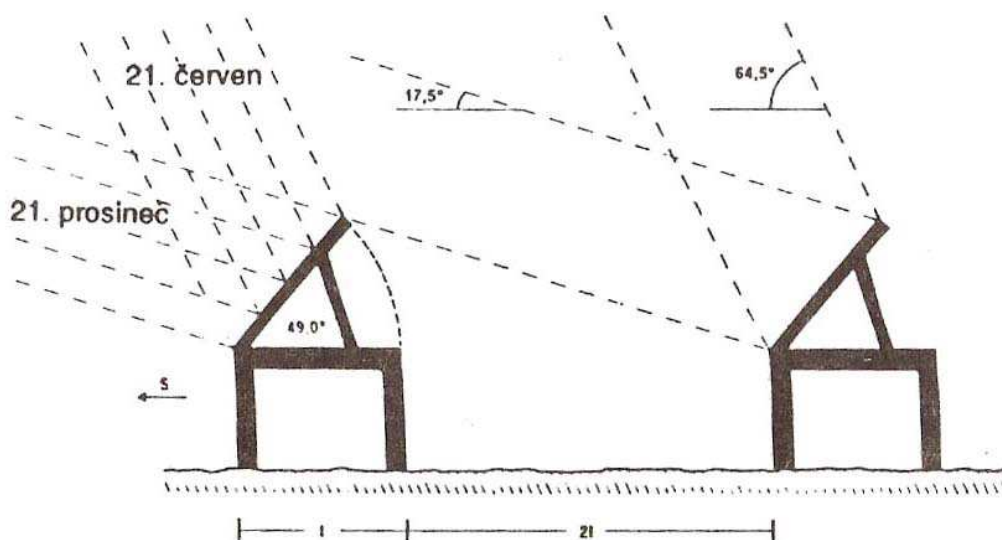
Obr.č. 19. Z knihy B. Kriega: Elektřina ze Slunce

Pro střední Evropu jsou Bernhardem Kriegem doporučovány tyto úhly sklonu směrem k jihu:

Roční období	Úhel sklonu
Jaro	40 až 60°
Léto	20 až 50°
Podzim	40 až 60°
Zima	40 až 70°

Tabulka č. 2. Z knihy B. Kriega: Elektřina ze Slunce

Při nejnižší poloze Slunce (21.12., kdy je zimní slunovrat) zastiňuje postavený modul vodorovnou plochu, která je dvakrát delší než je délka základů tohoto modulu. Úhel ozáření i s ohledem na zábor prostoru lze znázornit podle B. Kriega takto:



Instalace solárních modulů a jejich nároky na prostor

Obr.č. 20. Z knihy B. Kriega: Elektřina ze Slunce

Vůči celkovým hodnotám ozáření, které se vztahují k horizontální ozařované rovině, dostáváme při různých sklonech ozařované plochy solárního generátoru a v různých ročních obdobích podle B. Kriega tyto korekční faktory:

Sklon	Jaro	Léto	Podzim	Zima
30°	1,3	1,00	1,3	1,7
50°	1,4	0,90	1,4	2,3
70°	1,3	0,65	1,3	2,4
90°	1,0	0,40	1,0	2,3

Tabulka č.3. Z knihy B. Kriega: Elektřina ze Slunce

Při umístování solárních panelů je třeba dbát, jak již bylo uvedeno, také na jejich orientaci. Ideální je orientace na jih se sklonem cca 30° až 60°. Je to proto, že pak panely vyrábí nejvíce energie. Díky novým technologiím se začínají uplatňovat zařízení, která panely automaticky naklápí a natáčejí za Sluncem. Někteří architekti umístují solární panely z estetických důvodů do fasády domu, i když to z energetického hlediska není tak výhodné. Architekt při návrhu integrace panelů do fasády může využít i to, že křemíkové články lze různě zabarvit.

Nejčastěji se můžeme setkat s fotovoltaikou v kalkulačkách, budících, rádiích a v podobné elektronice, která nemá vysokou spotřebu. Pro řadu mobilních telefonů je možné si pořídit fotovoltaickou dobíječku, vhodnou například na delších výpravách mimo civilizaci. Solární články lze nanést i na pružnou podložku. Například na ramena a záda „elektrické“ bundy je možné našít fotovoltaiku a tím napájet walkman nebo dobíjet mobil toho, kdo má bundu na sobě. I když se zdá, že jde jen o hračky, fotovoltaika zde zajímavým způsobem snižuje množství problematického odpadu, který jinak představují alkalické tužkové i jiné baterie.

Provádí se i experimenty s využitím fotovoltaického zdroje elektřiny pro dodávku do distribuční sítě. Toto zapojení se častěji využívá v budovách, kdy fotovoltaika napájí přednostně spotřebiče v domě. Pokud není v domě odběr, jsou přebytky prodávány do sítě. V tomto systému není přítom zapotřebí nákladných akumulátorů, jako nekonečně velký akumulátor slouží síť. Nutný je ovšem střídač pro přeměnu stejnosměrného proudu z panelů na střídavý, na který jsou domácí spotřebiče konstruovány. Asi 1000

škola využívá takovéto systémy zejména pro výuku. (Například Střední průmyslová škola elektrotechnická v Mohelnici.)

Fotovoltaický systém s instalovaným výkonem 1 [kWp] je schopen v podmínkách České republiky dodat ročně 800-1000 [kWh] elektrické energie.

Při využití solárních panelů v rekreační chatě či chalupě je pochopitelně důležité dát absolutní přednost energeticky úsporným spotřebičům. Nepotřebné spotřebiče bychom neměli zapínat, stejně tak bychom neměli používat elektrickou energii k přípravě teplé vody. Pro praktickou realizaci fotovoltaického systému lze uvést příklad z mé vlastní zkušenosti: rekreační chata vybavená 12 [V] rozvodem s 12 [V] úspornými spotřebiči: osvětlení 4 kusy 11 [W] kompaktních zářivek, malý televizor 30 [W] a čerpadlo napájené přes měnič 230 [V]/370 [W]. Elektrická energie je vedena ze dvou solárních panelů z monokrystalického křemíku na regulátor nabíjení, který reguluje nabíjecí a vybíjecí proud tak, aby nedošlo k nadměrnému přebíjení nebo vybíjení akumulátoru. Regulátor nabíjení chrání baterii před zpětným tokem elektřiny a má další ochranné funkce. Na něj je připojen akumulátor a uvedené spotřebiče. Používáme běžný olověný akumulátor, který ovšem není tak výhodný, protože není uzpůsoben na hluboké vybíjení a následné nabíjení. Tento provoz mu škodí, klesá jeho životnost, někdy až na pouhých 200 nabíjecích cyklů. Solární akumulátory, které akumulují vyrobenou energii pro pozdější použití, vydrží až 2000 nabíjecích cyklů. V současné době se na trhu objevují speciální solární akumulátory, které by byly pro tento účel nejvýhodnější.

Používáme dva panely o těchto parametrech:

Výkon 53 [W] (26,3 [W])

Rozměry 1003x453x34 [mm] (544x453x34[mm])

Počet článků 36 (36)

Hmotnost 5,9 [kg] (3,4 [kg])

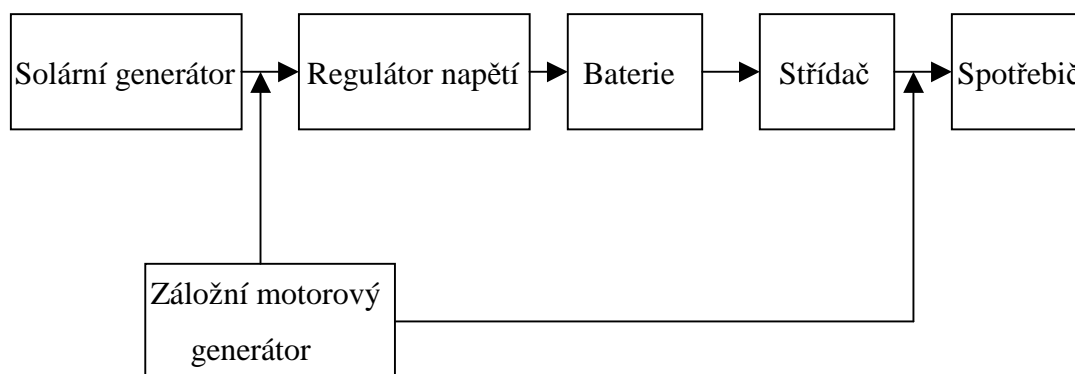
Provedení monokrystalické. Životnost garance 20 let

Napětí naprázdno $U_o = 21,5$ [V], proud nakrátko $I_k = 3,28$ [A] (1,64 [A]), pracovní proud $I_m = 3,03$ [A] (1,51 [A]), pracovní napětí $U_m = 17,5$ [V] (17,4 [V]). Měnič napětí 12 [V] DC/230 [V] AC, výkon 1000 [W]/1800 [W].

Panely jsou umístěny na střeše chaty. Solární generátor 53 [W] dodává v letních měsících při jasné obloze 15 [Ah] za den, při lehkém zatažení klesne výkon na 6 [Ah] a při silném zatažení na 2 [Ah]. Výsledkem vlastního měření byl zjištěn maximální proud obou používaných panelů při jasné obloze, teplotě 26 [°C] ve 12 hodin v poledne

4 [A]. Oba panely naopak při polojasné obloze a teplotě 20 [°C] dodávaly jen cca 2,6 [A]. Z uvedeného praktického příkladu je zcela zřejmá závislost výkonu na slunečním záření a jeho intenzitě.

Schéma jednoduché elektrárny na chatě:



Srovnání s výkony uváděnými v knize B.Kriega: Elektřina ze Slunce:

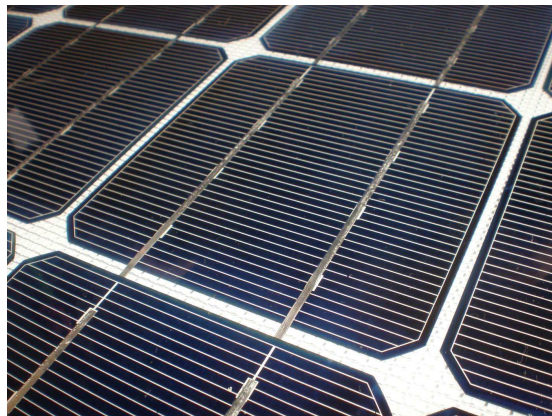
Tabulka uvádí průměrné vyrobitelné množství elektrické energie za den v jednotlivých měsících u modulu 100 [W] sklon 30°.

Měsíc	[Wh/den]	[Ah/den]
Leden	77	6
Únor	140	12
Březen	222	18
Duben	300	25
Květen	360	30
Červen	360	30
Červenec	360	30
Srpen	360	30
Září	302	27
Říjen	170	14
Listopad	87	7
Prosinec	62	5

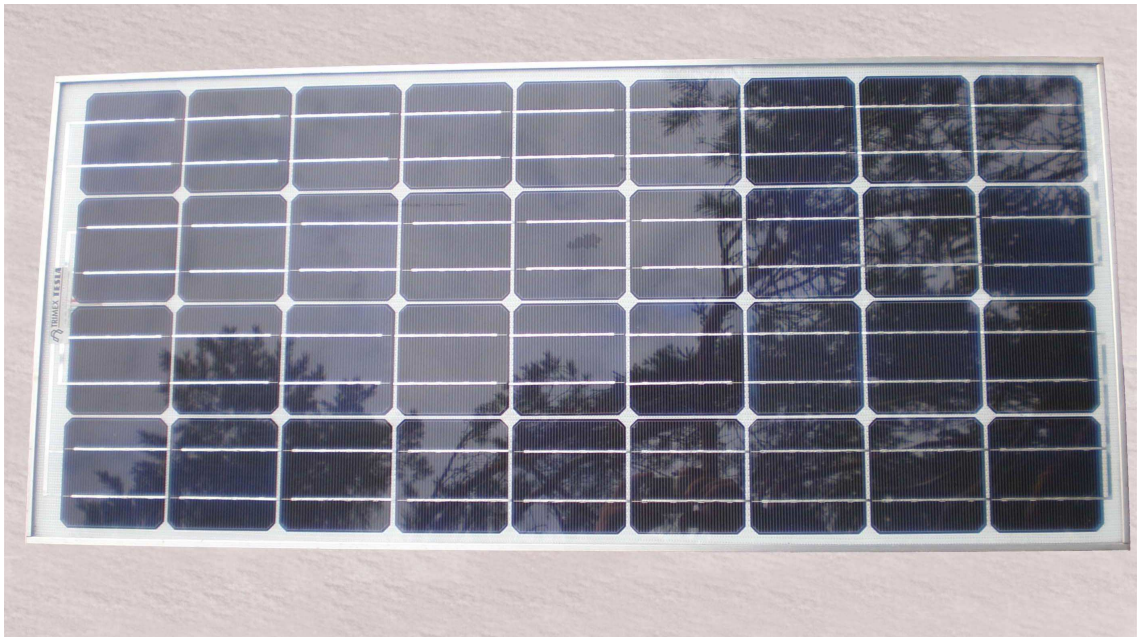
Tabulka č. 4. Z knihy B. Kriega: Elektřina ze Slunce

Fotovoltaika zaznamenala od svých počátků v 50. letech 20. století významných úspěchů. Byla již postavena řada slunečních elektráren (zpočátku většinou v rámci výzkumu, experimentální, vzorové). Pro zřizování solárních zařízení jsou poskytovány dokonce i státní dotace (i u nás). V České republice funguje od 1. února 2007 solární elektrárna v Bušanovicích na Prachaticku, která je považována za největší fotovoltaické energetické zařízení ve střední a východní Evropě, jehož pořízení stálo 85 miliónů korun (z toho dotace z Operačního programu Průmysl a podnikání garantovaného Ministerstvem průmyslu a obchodu České republiky činila 29 200 000 [Kč]).

5320 ks solárních panelů je uloženo v dřevěné konstrukci, aby lépe zapadly do šumavské krajiny. Jejich plocha měří 6170 [m²]. Bušanovická elektrárna při optimálním slunečním svitu má vyrobit ročně 628 000 [kW/h] elektrického proudu (doposud největší solární elektrárna v České republice v Hrádku nad Nisou na Liberecku má výkon 60 kilowatů, elektrárny vysokých škol v Praze, Liberci, Plzni, Brně a Ostravě mají minimálně desetkrát nižší výkon než bušanovická), což ovšem vyrobí oba bloky Temelína za 20 minut. 1 [m²] panelů vyprodukuje za rok zhruba tolik energie, na jejíž výrobu by se muselo vynaložit cca 250 [kg] uhlí a do ovzduší se dostane 750 tun emisí oxidu uhličitého (CO₂), který způsobuje skleníkový efekt a který by jinak svým provozem vypouštěla jiná elektrárna. Podle tzv. světelné mapy Evropy má šumavská oblast, kde byla postavena bušanovická elektrárna, nejvíce světelné energie v České republice. Projektovaný výkon elektrárny do konce roku 2007 by se měl zvětšit až na 1,2 [MW]. (V Německu vyrobily sluneční elektrárny v roce 2004 cca 800 [MW].) Ke zpracování této kapitoly byly využity zejména tyto odborné práce a zdroje: [1, 6, 13. Srov. 2, 12 aj., též vlastní praktické zkušenosti.]



Obr.č. 21. Detail solárního článku. Foto Radim Pecha



Obr.č. 22. Solární panel. Foto Radim Pecha



Obr.č. 23. Nabíječ akumulátoru. Foto Radim Pecha



Obr.č. 24. Akumulátor pro solární systém. Foto Radim Pecha



Obr.č. 25. Měníč napětí. Foto Radim Pecha

8. Perspektivy vývoje fotovoltaiky a didaktické poznámky k využití daného tématu pro přípravu učitelů technických předmětů na Pedagogických fakultách

Využívání fosilních paliv pro výrobu elektrické energie je v dnešní době stále rozhodujícím faktorem. Z ekologického hlediska ovšem tato výroba vytváří množství komponentů, které značně narušují celkový rámec přírody a životního prostředí. Změna palivoenergetické bilance, která se projevila v 60. letech 20. století přechodem od dřeva k uhlí, ropě a zemnímu plynu, sice na jedné straně zvýšila produkci energie, ale na druhé straně začala zhoršovat životní prostředí. Zejména těžba tuhých paliv způsobuje degradaci až devastaci všech součástí i funkcí krajiny v těžebně průmyslových aglomeracích, tepelné elektrárny znečišťují ovzduší sirnými emisemi oxidem siřičitým a emisemi oxidu uhličitého a uhelnatého atd. Je nutné mít též na zřeteli, že v celosvětovém měřítku se zásoby fosilních paliv zmenšují. Řada dolů v České republice, zejména černouhelných, byla pro neefektivnost hlubinné těžby, ale i vzhledem ke snížení potřeb v hutích, ukončena. U nás je ovšem v útlumových programech i těžba zbývajících zásob uranové rudy, tak důležitá pro výrobu jaderné energie (viz výše). To jsou hlavní důvody, proč je zaměřována stále větší pozornost na

- prosazování nových technologií, které umožňují snížit spotřebu energie na jednotku výroby, rozvoji mikroelektroniky, biologizaci výrobních procesů atp,
- a nanejvýš důležitému výzkumu alternativních (obnovitelných) zdrojů energie, které budou nahrazovat stále více klasické, primární energetické zdroje.

Z obnovitelných zdrojů má jistě velikou budoucnost solární energie, která je tichá, nezatěžuje životní prostředí, je všude a bez omezení dostupná. Její perspektivy však zatěžují určité problémy při její výrobě, které bude nutno postupně řešit. Jedná se například o dosaženou účinnost solárních článků (v dlouhodobé perspektivě až 20%), výrobní náklady na jejich pořizování, ekonomickou optimalizaci (zlepšování) postupů při výrobě komponent solárně elektrického napájení, o použití nejvýhodnějších základních materiálů – z více než 100 materiálů i jejich kombinací, které vykazují fotoelektrický jev, je pro sériovou výrobu zatím nejvhodnější krystalický křemík (c-Si) buď v monokrystalické nebo v cenově výhodnější polokrystalické formě, amorfni křemík (a-Si) a diselenid mědi a india (CuInSe_2). V neposlední řadě je problémem i vyvolání politické vůle, aby fotovoltaika se dostala z pozice pouhé přídavné energie do

pozice významného dodavatele energie, aby byla žádána a demonstrována jako jeden z možných energetických zdrojů budoucnosti. Teprve až dojde k hromadnému uplatnění fotovoltaiky, bude umožněno plně využít všech možností pro snižování nákladů na fotovoltaické měniče energie. Budoucnost většího využívání solární energie ovlivní také i způsoby využití solárních článků (například ventilátory v automobilech by mohly být poháněny solárním elektrickým proudem) atp.

V současnosti z praktického hlediska připadá zatím v úvahu používání solární energie nejvíce v malých individuálních objektech jako jsou chaty, rodinné domky, které se nacházejí mimo elektrickou síť a kde by vybudování přípojky bylo drahé. Protože solární elektrárny pracují pouze ve dne, kdy se ovšem i při zatažené obloze značně snižuje jejich výkon, je vhodné doplnit celkový systém větrným generátorem nebo záložním motorovým generátorem.

Zásobování sítě a plné nahrazení tradičních elektráren soudobými solárními systémy je zatím problematické. Pro nahrazení běžné tepelné nebo jaderné elektrárny by bylo zapotřebí značně velkých ploch (na 1 [GW] plocha 60 [km²]), které by se musely udržovat zejména v zimních obdobích a také náklady na výrobu potřebného množství panelů by nebyly zanedbatelné. Naproti tomu z hlediska ekologického představuje výroba elektrického proudu solárními panely, jak již bylo uvedeno, naprosto čistou a tichou výrobu, bez použití jakýchkoliv neobnovitelných zdrojů. Proto by se mělo v budoucnu, po dořešení určitých problémů s touto výrobou, počítat s jejím stále větším využitím.

A to jsou také důvody, proč se zabývat rozšiřováním znalostí o alternativních zdrojích elektrické energie, včetně poznatků o energii solární, mezi žáky a studenty všech stupňů škol. Vzhledem k věku a tím i k mentalitě žáků základních škol, středoškolských studentů a posluchačů vysokých škol, musí výběr obsahu a rozsahu předkládaného učiva a používaných vyučovacích metod pochopitelně odpovídat příslušné věkové kategorii žáků.

Pro žáky základních škol bude se výběr učiva týkat nejzákladnějších poznatků o alternativních zdrojích energie s vědomím, aby zájem žáků nebyl utlumen zbytečným jejich přetěžováním přemírou faktografie. Proto by se učitel měl zaměřit spíše na využití vstupních motivačních metod – motivační vyprávění (oživování možných dřívějších zkušeností a poznatků, například o nevýhodách tepelných elektráren spalujících fosilní paliva (produkované emisí...), využívání sluneční, vodní a větrné energie, o geotermálních vodních pramenech, využívání lesních odpadů a odpadů pil, o Slunci,

elektrickém proudu, stejnosměrném a střídavém elektrickém proudu apod.). Žáci při motivačních rozhovorech mohou uvádět v rámci mezipředmětových vztahů poznatky, které získali například v hodinách fyziky, zeměpisu, přírodopisu, chemie atd. Vhodná bude i motivační demonstrace, učitel může vzbudit pozornost žáků již tím, že přinese do třídy (nebo dílny) jeden solární modul, regulátor napětí, baterii, měnič a drobný spotřebič a společně se žáky provede jejich správné zapojení. Pak může učitel uvést příklady z praxe, žáci přitom sdělí i případné své zkušenosti. Následný stručný a ucelený přehled o všech alternativních zdrojích energie by mohl učitel žákům předat expozičními metodami demonstračního typu, tj. slovním výkladem s demonstrací vhodných obrázků vodních elektráren, turbín, elektráren větrných i solárních (s jejichž principem se žáci již konkrétně seznámili) a závěrem by vyučující využil například fixační (procvičovací) metodu otázek a odpovědí, kdy by žáci uváděli získané základní poznatky o jednotlivých druzích alternativních zdrojů energie, včetně jejich předností před klasickými neobnovitelnými zdroji energie. Z diagnostických metod, které usilují o kvantitativní nebo kvalitativní posouzení daného stavu vědomostí, dovedností, návyků, rozvíjení poznávacích procesů, zájmů atd. u žáků, by bylo možné použít, podle mého názoru, buď metodu hodnocení pracovní aktivity žáků v dílně, anebo ústní explorační metodu (z lat. *exploro* = dotazuji se), která spočívá v přirozeném a přátelském rozhovoru se žáky, který prozradí, jak se žák orientuje v daném tématu, přitom se nebude domnívat, že za špatné odpovědi bude upřílišněně souzen a kritizován. Vyučování daného tématu lze podle potřeby a možnosti rozvrhnout i do několika hodin.

Příprava učitelů technických předmětů na Pedagogických fakultách by měla být zaměřena zejména na získání poznatků o alternativních zdrojích energie v takové míře, aby budoucí učitel technických předmětů na základní škole získal určitý nadhled nad učivem pro základní školy. Měl by umět žákům vysvětlit všechny základní principy, pojmy a vztahy sledovaného tématu. Proto také jsou tyto principy, pojmy a vztahy v této diplomové práci úmyslně přijatelnou formou vysvětlovány, dokonce i vzhledem k mezipředmětovým vztahům. Znalosti o alternativních zdrojích energie budoucích učitelů technických předmětů na základních školách by měly odpovídat potřebám základní školy. Zatímco například na Fakultě strojní ČVUT v Praze je již od roku 1986 zaveden vyučovací předmět „Alternativní zdroje energie“ pro potřeby studentů oboru technika prostředí s odpovídajícím potřebným obsahem a rozsahem učiva (viz příslušná učebnice), na Pedagogických fakultách zatím není do výuky posluchačů technických předmětů zařazeno sledované téma. Ačkoliv Rámcový vzdělávací program pro základní

vzdělávání pro obory vzdělávací oblasti Člověk a příroda (jimiž jsou fyzika, chemie, přírodopis a zeměpis – technické vyučování do této oblasti není bohužel výslovně zahrnuto), v kapitole „Energie“ je mezi učivo zařazeno i téma „Obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie.“ Proto se také zčásti zabývají touto tematikou i některé učebnice (například učebnice Fyzika pro 8. ročník základní školy z roku 1999 od doc.RNDr. Růženy Kolářové, CSc. a PaedDr. Jiřího Bohuňka, článek „Využití energie slunečního záření“, s.71n, a učebnice Fyzika pro 9. ročník základní školy z roku 2000 od doc.RNDr.Růženy Kolářové,CSc., PaedDr Jiřího Bohuňka, doc.ing.Ivana Štolla, CSc, doc.RNDr.Miroslava Svobody, CSc. a doc.RNDr. Marka Wolfa,CSc., článek „Zdroje záření“na s. 96 a článek „Slunce“ na s.153-155).

Vzhledem ke vzrůstajícímu významu alternativních zdrojů elektrické energie by pozornost této tematice měla být větší měrou zahrnuta do všech přírodovědných předmětů, nevyjímaje technického vyučování.

Závěr

Po zdůvodnění potřeby věnovat stále větší pozornost netradičním alternativním zdrojům energie, které by měly v budoucnosti nahradit primární energetické zdroje, jsem podal jejich charakteristiku. Uvedl jsem, v jakých lokalitách je jich možno optimálně využít, upozornil jsem např. na princip nového českého vynálezu, bezlopatkového hydromotoru, který dokáže vyrábět energii na malých vodních tocích. Zjistil jsem, že moderní větrné elektrárny jsou ty, které jsou vybaveny dvěma generátory, které pracují podle rychlosti větru, a třílistými rotory, že produkce biomasy umožňuje udržovat kulturní krajinu a zlepšuje mikroklima. Stěžejní pozornost jsem věnoval problematice využití energie Slunce. Po objasnění podstaty termonukleárních reakcí a výroby solárních článků jsem se věnoval zejména otázce využití systému solárních panelů, nabíječů, akumulátorů a přeměně stejnosměrného elektrického proudu na střídavý pomocí měničů v praxi. Přitom jsem zjistil, že výkon solárních panelů je ovlivňován různými faktory, hlavně počasím, slunečním svitem a jeho intenzitou, úhlem sklonu panelu a ročním obdobím. Tyto skutečnosti je nutno respektovat při praktické manipulaci se solárními panely. Upozornil jsem na problémy, které brzdí vývoj fotovoltaiky a pokusil jsem se pak podat didaktický návod výuky o sledovaných zdrojích energie na základních školách. Text práce je psán tak, aby posloužil učitelům všech stupňů k přípravě na vyučování.

Conclusion

After giving the reasons for the need to pay increasing attention to non-traditional alternative energy sources, which should substitute the primary energy sources in the future, I characterized these sources. I have mentioned the locations, where these sources can be used optimally, I have drawn the attention e.g. to the principle of a new Czech invention, vaneless hydraulic motor, which can produce energy on small watercourses. I have found out that modern wind power plants are those equipped with two generators, which operate based on the wind speed, and three-blade rotors, and that biomass production helps maintain the cultural landscape and improves the microclimate. I have paid major attention to the problems of exploitation of solar energy. After explaining the principles of thermonuclear reactions and production of solar cells, I have examined in particular the question of practical utilization of a system of solar panels, chargers, accumulators, and the transformation of direct electric current to alternating current using transformers. In doing so, I have found out that the output of solar panels is influenced by various factors, in particular the weather, the sunshine and its intensity, the panel tilt angle, and the season of year. These facts must be taken into account when handling solar panels in practice. I have pointed out the problems that hinder the development of photovoltaics, and then tried to give didactic instructions for teaching the respective energy sources at elementary schools. The text of the thesis is written in a way that should help teachers of all levels to prepare for their lessons.

Použité prameny a literatura

Odborná literatura

- [1] Beranovský, Jiří Ing.Ph.D., Truxa, Jan Ing. a kolektiv: Alternativní energie pro váš dům. ERA group, spol. s r.o. Brno 2003
- [2] Brož, Karel Doc.Ing.CSc., Šourek, Bořivoj Ing.: Alternativní zdroje energie.ČVUT, Fakulta strojní Praha 2003
- [3] Grygar, Jiří, Železný, Vladimír: Okna vesmíru dokořán. NV Praha 1989
- [4] Kotápiš, Zdeněk: Slunce, sluneční energie a její využití. Bakalářská práce. JUPF České Budějovice 2004
- [5] Koudelka, Josef Ing.: Vnější vztahy ČSFR v palivech a energii. In: Problematika dlouhodobých výhledů palivoenergetické základny. Kolektiv autorů. Dům techniky ČSVTS v Ústí nad Labem 1990, s.38n.
- [6] Krieg, Bernhard: Elektřina ze Slunce. Solární technika v teorii a praxi. Ostrava 1993
- [7] Pastorek, Zdeněk Ing.CSc., Kára, Jaroslav Ing.CSc., Jevič, Petr Ing.CSc.: Biomasa obnovitelný zdroj energie. FCC Public Praha 2004
- [8] Seifertová, Věra Doc.Ing.CSc., Duchoň, Bedřich Doc.Ing.CSc.: Hospodářská geografie. ČVUT Praha 1998
- [9] Srdečný, Karel Ing., Truxa, Jan Ing.: Obnovitelné zdroje energie v jižních Čechách a Horním Rakousku. EkoWATT, středisko pro obnovitelné zdroje a úspory energie. Praha 2000
- [10] Šotkovský, Ivan RNDr.Ph.D.: Hospodářská geografie. Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava 2002
- [11] Štýs, Stanislav Ing.DrSc.:Těžba uhlí a životní prostředí. In: Problematika dlouhodobých výhledů palivoenergetické základny. Kolektiv autorů. Dům techniky ČSVTS v Ústí nad Labem 1990, s.128-131
- [12] Šubrt, Roman, Slawatycki, Pawel: Alternativní zdroje energie. Sdružení Energy Centre České Budějovice 2002
- [13] Zdroje v elektronické podobě:
- <http://www.infojet.cz/ekologie/setur.html>.
- <http://www.i-ekis.cz>
- <http://www.jiranek.cz/solarnipanely.htm>
- <http://www.dstechnik.cz/produkty>

- [14] Dokumenty firmy Akuma Mladá Boleslav
- [15] Dokumenty firmy Autobaterie s.r.o. Česká Lípa
- [16] Dokumenty firmy TRIMEX TESLA, Rožnov pod Radhoštěm
- [17] Baar, Vladimír: Hospodářský zeměpis. Regionální aspekty světového hospodářství. Učebnice pro obchodní akademie a jiné střední školy. Česká geografická společnost s.r.o. Praha 2002
- [18] Kolářová, Růžena Doc.RNDr.CSc., Bohuněk, Jiří PaedDr.: Fyzika pro 8. ročník základní školy. Praha 1999
- [19] Kolářová, Růžena Doc.RNDr.CSc., Bohuněk, Jiří PaedDr., Štolla, Ivan Doc.Ing.CSc., Svoboda, Miroslav Doc.RNDr.CSc., Wolf, Marek Doc.RNDr.CSc.: Fyzika pro 9. ročník základní školy. Praha 2000