

**MENDELOVA ZEMĚDĚLSKÁ A LESNICKÁ UNIVERZITA  
V BRNĚ  
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**BRNO 2007**

**JAROMÍR SAPÍK**

**Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně**

**Agronomická fakulta**

**Ústav techniky a automobilové dopravy**

**Využití solární energie v podmínkách ČR**

**Bakalářská práce**

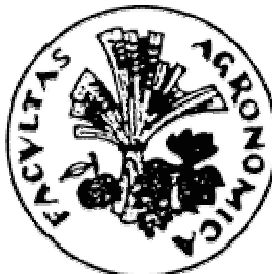
Vedoucí práce:

Ing. Martin Fajman, Ph.D.

Vypracoval:

Jaromír Sapík

Brno 2007



## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Řešitel: **Jaromír Sapík**  
Studijní program: Zemědělská specializace  
Obor: Provoz techniky

Název tématu: **Využití solární energie v podmínkách ČR**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte přehledné prezentování technologií přímého technického využití solární energie.
2. Na základě studia literárních pramenů zhodnoťte možnosti nasazení solárních technologií v podmínkách ČR.
3. Vybranou technologii podrobněji analyzujte z pohledu energetického, energetické a ekonomické návratnosti.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma.....  
.....  
vypracoval(a) samostatně a použil(a) jen pramenů, které cituji a uvádím v příloženém seznamu literatury.

Bakalářská práce je školním dílem a může být použita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana AF MZLU v Brně.

dne.....

podpis.....

**Poděkování:**

Děkuji panu Ing. Martinu Fajmanovi, Ph.D. za metodické vedení a cenné rady, které mi během řešení této práce vždy ochotně poskytoval.

*Anotace:*

Bakalářská práce Využití solární energie v podmínkách ČR se zaměřuje na popis, funkci a využití solárních systémů. Podle přeměny energie dělíme tyto systémy na fototermické a fotovoltaické. Dále je zde uvedeno srovnání solární energie s ostatními a detailní popis o jejím využití v ČR jak z hlediska zákona, tak z hlediska klimatu. Nakonec jsou rozvedeny tři varianty fototermických solárních systémů v domě s různým zaměřením a jejich podrobný popis.

*Annotation:*

This publication The usage of the solar energy under the Czech Republic conditions is focused on description, function and use of solar systems. We classify these into photo-thermal and photovoltaic systems according to energy transformation. Here is preceded the confrontation of the solar energy with other ones and more detailed characterization about its usage in the CR from from a law point of view as well as climate conditions. Finally there are noted three variants fof photo-thermal solar systems in the house with different specification and their detailed description.

*Obsah:*

<b>1. ÚVOD</b> .....	9
1.1. Obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie .....	9
1.2. Význam a využití sluneční energie.....	10
<b>2. FOTOTERMICKÉ SOLÁRNÍ SYSTÉMY</b> .....	12
2.1. Charakteristika, princip činnosti a účinnost.....	12
2.2. Typy solárních systémů, jejich využití .....	13
2.3. Solární kolektor jako aktivní komponent.....	15
2.4. Základní schéma solárního systému.....	15
2.5. Princip činnosti .....	19
2.6. Využití fototermických solárních systémů .....	19
<b>3. FOTOVOLTAICKÉ SOLÁRNÍ SYSTÉMY</b> .....	24
3.1. Charakteristika a princip činnosti .....	24
3.2. Solární článek jako základní aktivní komponent.....	25
3.3. Typy FV systémů.....	26
3.4. Autonomní FV systémy .....	28
3.5. FV systémy spojené se sítí.....	29
3.6. Využití fotovoltaických solárních systémů.....	30
<b>4. VYUŽITÍ SLUNEČNÍ ENERGIE V ČR</b> .....	32
4.1. Zákon o podpoře využívání OZE.....	32
4.2. Vývoj výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů.....	33
4.2.1. Energetický mix ČR v roce 2005.....	33
4.2.2. Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů .....	34
4.2.3. Sluneční energie.....	34
4.3. Systémy připojené k síti (grid-on) .....	35
4.4. Samostatné (ostrovní) systémy - grid off.....	35
4.5. Využití .....	37
4.5.1. Kapesní aplikace .....	37
4.5.2. Největší elektrárna v ČR.....	37
4.5.3. Architektura .....	38

4.5.4. Výběr vhodných lokalit .....	38
<b>5. PŘÍKLADY POUŽITÍ TERMICKÝCH SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ .....</b>	<b>39</b>
5.1. Společnost Enbra .....	39
5.1.1. Varianta 1 .....	39
5.1.2. Varianta 2 .....	39
5.1.3. Varianta 3 .....	40
5.1.4. Konkrétní komponenty pro solární systém .....	41
<b>6. ZÁVĚR .....</b>	<b>44</b>
<i>Použitá literatura .....</i>	<i>45</i>
<i>Seznam obrázků .....</i>	<i>46</i>



## 1. ÚVOD

Ve své práci se zaměřuji na využití solární energie v ČR a na popis a funkci jednotlivých solárních systémů. Tyto systémy se pokusím dopodrobna analyzovat, jak po jejich technické stránce, tak po stránce ekonomické návratnosti. Dále se pokusím zhodnotit podmínky pro pořízení těchto systémů jak z klimatického, tak i z ekonomického hlediska.

### 1.1. Obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie

Existují dva druhy zdrojů energie, ty první z nich jsou neobnovitelné. Pro lidstvo jsou nevýhodné, protože se za určitou dobu spotřebují (tím narůstá jejich cena) a některé z nich také škodí životnímu prostředí. Avšak neustále častěji a naléhavěji je používán termín trvale udržitelný rozvoj (obnovitelné zdroje energie). Pokud má lidstvo přežít, je nutné si uvědomit, přijmout a dodržovat nové zásady. Princip trvale udržitelného rozvoje předpokládá dostatek energie a pouze takové aktivity (a v takovém rozsahu), které je příroda (biosféra) schopná absorbovat. Podle tohoto principu si můžeme dovolit provozovat pouze to, o čem jednoznačně víme (nebo dokážeme předpovědět), že nebude mít negativní dopady na život planety. V souladu s těmito principy nelze dělat ve zvýšeném měřítku nic, kde by mohly být následky nepředvídatelné. Světová energetika nejbližší budoucnosti by měla být postavená na primárním zdroji s dostatečnou kapacitou pro pokrytí rozvíjejících se potřeb lidstva (v ideálním případě zcela se obnovujícím) a současně nezatěžujícím ekosystém (to znamená bez odpadů, v souladu s přirozenou termodynamikou planety, bez dalších termoemisí). Tyto základní požadavky zcela splňuje sluneční energie.

V České republice jsou v současné době získávány z obnovitelných zdrojů asi 4,48 % z celkové spotřeby primárních zdrojů energie. Evropská unie přitom pro rok 2010 předpokládá, že v roce 2010 dosáhne podíl obnovitelných zdrojů u členských států 12,5 % spotřeby primárních energetických zdrojů.

Využívání obnovitelných zdrojů energie je důležité především z hlediska ochrany životního prostředí - mimo jiné snižuje emise skleníkových plynů do atmosféry a tím i riziko globálních změn klimatu. Výroba energie z obnovitelných zdrojů však má i další pozitivní efekty – vytváří nová pracovní místa, snižuje závislost státu na dovozu paliv,

zvyšuje bezpečnost zásobování energií. Velmi důležité jsou též úspory energie. Vždyť nejčistší energie je ta, která se vůbec nevyrobí. Navíc potenciál úspor u nás je velmi vysoký a jeho využití by výrazně přispělo ke zlepšení stavu životního prostředí.

Běžné solární systémy se dnes používají především k ohřevu vody. Solární systémy jiného typu však mohou ze slunečního záření vyrábět ekologicky čistou elektřinu. Tyto systémy neprodukují exhalace, nezanechávají po sobě žádný odpad a nikoho neohrožují. Obnovitelných zdrojů energie podporuje Státní fond životního prostředí, který byl zřízen roku 1991, a dotuje také jiné ekologické projekty, jako je např. ochrana vod nebo nakládání s odpady.

Tab.1 *Obnovitelné a neobnovitelné zdroje*

	<b>Neobnovitelné zdroje</b>	<b>Obnovitelné zdroje</b>
Množství	<b>Omezené</b>	<b>Dostatečné</b>
Cenová dostupnost	<b>Neustálý nárůst ceny primární energie</b>	<b>Primární energie zdarma</b>
Vhodné technologie	<b>K dispozici</b>	<b>Rychlý vývoj</b>
Ekologická bezpečnost	<b>Vysoce rizikové</b>	<b>V souladu s přírodou</b>
Skladovatelnost, možnost transportu	<b>Vyhovující</b>	<b>Částečně limitované, principiálně řešitelné</b>
Možnost mocenského zneužití	<b>Alarmující</b>	<b>Žádná</b>
Důsledky havárií	<b>Obrovské</b>	<b>Nepatrné</b>

## 1.2. Význam a využití sluneční energie

Výhodou sluneční energie je její dostatek. Energie dopadá neustále a zcela zadarmo na povrch Země v několikanásobně větším množství, než může lidstvo při pokrytí všech svých potřeb využít.. Další výhodou obnovitelných zdrojů energie je jejich ekologická neutralita. Lze využívat celé spektrum forem sluneční energie bez negativního zásahu do ekosféry Země. Energie je získávána bez uvolňování jakýchkoli škodlivých odpadních látek.

V České republice se počet hodin solárního svitu bez oblačnosti pohybuje okolo 1 460 hodin za rok (od 1 400 do 1 700). Nejmenší počet má severozápad území. Na plochu jednoho čtverečního metru dopadne za rok průměrně 1 100 kWh energie. Veškerá energie je nakonec v souladu se zákony termodynamiky po řetězci svých přeměn vyzářena převážně ve formě tepla do okolního vesmíru. Toto vyzářování je částečně ovlivňováno složením atmosféry a stopovou přítomností určitých tzv. skleníkových plynů. Jsou

to především látky běžně přítomné v přírodě, jako např. vodní pára, oxid uhličitý, metan, oxidy dusíku a ozón, ale i látky související s činností člověka, jako např. některé freony a podobné těžké syntetické sloučeniny. Atmosféra obsahující optimální množství a zastoupení těchto látek se chová podobně jako sklo ve skleníku, jev je nazýván skleníkový efekt. Vyzařování tepla je zpomalené, prostor pod atmosférou má díky tomu vyšší teplotu než okolní vesmír. To je základní podmínkou života na Zemi.

Slunce neustále zásobuje naši planetu obrovským množstvím energie, kterou všichni zcela samozřejmě využíváme. Paprsky zahřívají domy, ve kterých bydlíme, okny proudí do našich domovů. Tomu se říká pasivní využívání sluneční energie. Obor, který se tímto problémem zabývá, se nazývá solární architektura. Tato studuje, jak stavět domy, aby zachycovaly v zimě co nejvíce tepla ze slunečního záření a jak v objektech toto teplo co nejlépe zachovat. Zabývá se také tím, jak domy stavět, aby se v létě slunečním zářením nepřehřívaly.

Sluneční záření se dá využívat také za použití speciálních zařízení. Tomu se říká aktivní využívání sluneční energie. Sluneční paprsky můžeme využívat přímo a získávat z něj teplo. Tento obor se nazývá solární termika. Ze slunečního záření lze také pomocí speciálních zařízení vyrábět elektrický proud. Tomuto oboru se říká fotovoltaika.

## 2. FOTOTERMICKÉ SOLÁRNÍ SYSTÉMY

### 2.1. Charakteristika, princip činnosti a účinnost

Fototermickým solárním systémem rozumíme zařízení, které se skládá z různých součástí, jejichž celek zajišťuje co nejdokonalejší přeměnu slunečního záření na tepelnou energii (např. pro ohřev užitkové vody, ohřev vody v bazénech, pro přitápění, sušení, větrání atd.). Základem fototermického solárního systému jsou vždy solární kolektory. Solární články slouží k přeměně slunečního záření v elektrický proud a budou popsány v další části.

Samotný solární kolektor k přeměně sluneční energie na teplo nestačí. Abychom tuto energii mohli dále využít, jsou nutné ještě další součásti, které jako celek tvoří celý solární systém. Teprve tento celek může spolehlivě přeměňovat a přenášet energii. Pro vysvětlení základního principu činnosti solárního systému využijeme níže uvedeného velmi jednoduchého schématu (viz Obr.1), kde jsou zobrazeny pouze: kolektor, zásobník vody, čerpadlo a regulace. Samotný princip činnosti je velmi jednoduchý. Sluneční záření dopadá na kolektor, ve kterém je absorbér (většinou měděný plech s černou selektivní vrstvou). Na tento absorbér jsou ze spodní strany přiletovány měděné trubky, ve kterých je kapalina – teplotnosné medium. Sluneční záření dopadající na absorbér způsobuje jeho zahřívání a zvyšování teploty. Jednoduchá elektronická regulace pomocí teplotních čidel neustále vyhodnocuje rozdíl teplot v zásobníku a v kolektoru. V okamžiku, kdy je v kolektoru vyšší teplota než v zásobníku (tzn. můžeme využít teploty media v kolektoru k ohřátí vody

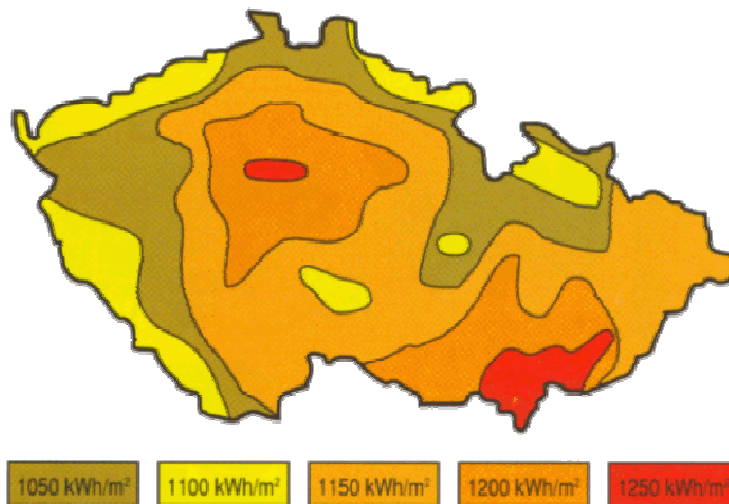


Obr.1 Solární systém

v zásobníku), spustí regulace oběhové čerpadlo, které dopraví teplé médium do zásobníku teplé vody a dojde k předání tepelné energie. Celý cyklus trvá dokud se teploty v kolektoru a zásobníku nevyrovnají. Pak se celý systém zastaví a opět se čeká na nahřátí kolektoru. Hlavní snahou při navrhování solárních systémů je,

aby vždy, když kolektor produkuje dostatek využitelného tepla, docházelo k jeho spotřebě buď převedením tepla do zásobníku nebo jiným přímým využitím.

Solární systémy jsou v dnešních podmínkách z převážné většiny provozovány po celý rok. Z tohoto důvodu se používá jako teplotnosné médium nemrznoucí kapalina, která zaručí celoroční funkčnost. Přestože se v současné době při výrobě kolektorů používají nejnovější technologie k přeměně slunečního záření, účinnost přeměny slunečního záření ve finální využitelnou tepelnou energii je kolem 70%. Jestliže v našich podmínkách dopadá na 1m<sup>2</sup> cca 1000-1100 kWh, získáme při využití solárního systému z jednoho m<sup>2</sup> instalované kolektorové plochy cca 700 - 750 kWh tepelné energie. Účinnost samotného kolektoru je samozřejmě vyšší. K velkým ztrátám dochází při transportu v potrubním okruhu a na výměníku. Různí výrobci uvádějí účinnost samotných kolektorů až 75%.



Obr.2 Průměrné množství slunečního záření na území ČR za rok

## 2.2. Typy solárních systémů, jejich využití

Solární systémy můžeme kategorizovat podle velkého množství kritérií. Jako základní rozdělení solárních systémů považujeme rozdělení na systémy:

- se sezónním provozem
- s celoročním provozem

Solární systémy se sezónním provozem se používají především k ohřevu venkovních bazénů přes letní sezónu za účelem prodloužení doby možného koupání a zvýšení teploty

bazénové vody. Je možno je také využít k ohřevu užitkové vody např. na zahradách, zahradních domcích, chatách apod.

Nejčastěji se však solární systémy využívají k celoročnímu provozu a to především na celoroční ohřev vody, případně v kombinaci s celoročním ohřevem vnitřních bazénů nebo v kombinaci se sezónním ohřevem venkovních bazénů a přitápění.

Dále se mohou dělit na systémy:

- samotížné
- hnané (s nuceným oběhem teplotnosného media)

Princip samotížného systému: kapalina v kolektoru se vlivem dopadajících slunečních paprsků ohřívá a roztahuje. Samovolně stoupá v trubkách vzhůru k zásobníku s vodou a zde dochází k předání tepelné energie z transportní kapaliny do vody a tím tedy ohřívání TUV (teplá užitková voda). Ochlazená kapalina zase klesá zpět dolů do kolektoru. Tento systém pracuje na základě tzv. termosifonového efektu. Ke své funkčnosti nepotřebuje elektronickou regulaci ani solární hnací jednotku. Podstatné je, že zásobník s vodou musí být umístěn výše než kolektor (na půdě, v podkroví atd.)

Princip hnaného systému: v kolektorové ploše je ohřívána nemrznoucí kapalina vlivem dopadajících slunečních paprsků. V případě, že je elektronickou regulací vyhodnoceno dosažení nastaveného minimálního teplotního rozdílu mezi kolektorovou plochou a zásobníkem, tzn. že je nastavena na určitou diferenci, je uvedena do chodu solární hnací jednotka. Ta zajistí cirkulaci ohřáté teplotnosné kapaliny k zásobníku. Zde je získaná energie předána vodě v zásobníku prostřednictvím tepelného výměníku a ochlazená směs putuje zpět do kolektorové plochy.

Z praktického využití nás zajímá rozdělení solárních systémů dle způsobu využití přeměněného slunečního záření. Nejčastěji se fototermické solární systémy využívají pro:

- ohřev teplé užitkové vody
- ohřev bazénů
- přitápění (možno i přímo prostřednictvím vzduchových kolektorů)
- temperaci objektů
- ve speciálních případech k technologickým procesům

Kromě běžně uváděných případů využití solárních systémů nacházejí solární systémy své místo i v netradičním použití. V zeměpisných místech, kde intenzita

slunečního záření dosahuje kolem 2000 kWh/m<sup>2</sup>, slouží například jako solární vařič. V místech s nedostatkem pitné vody slouží solární systém k destilaci – odsolování mořské vody a přípravu pitné vody.

### **2.3. Solární kolektor jako aktivní komponent**

Solární kolektory jsou zařízení, které mění dopadající sluneční záření (nositel energie) na energii tepelnou. Fototermické kolektory můžeme rozdělit na základě ohřívaného média na:

- kapalinové (teplonosné médium je kapalina a slouží především k ohřevu teplé užitkové vody, ohřevu bazénů a přitápění)
- teplovzdušné (teplonosné médium je vzduch – využití pro ohřev vzduchu v místnosti, temperování objektů, sušičky atd.)
- kombinované (kombinace obou výše uvedených)

Fototermické kolektory můžeme ještě dále rozdělit podle tvaru absorbéru na:

- ploché (nejčastější využití na našich zeměpisných podmínkách)
- vakuové trubice (vakuum snižuje tepelné ztráty a tím zvyšuje účinnost)
- koncentrační (např. Fresnelova čočka – koncentruje záření na menší absorpční plochu)

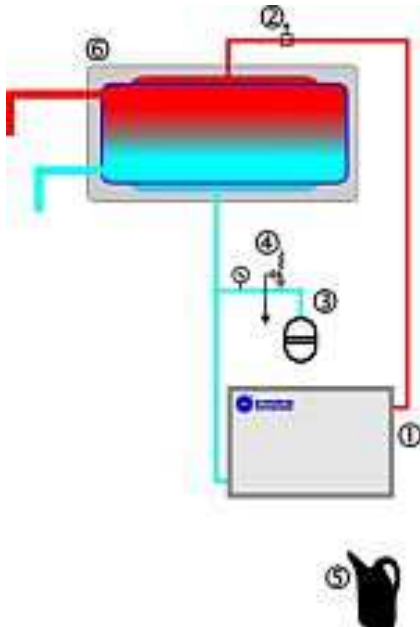
### **2.4. Základní schéma solárního systému**

Jak již bylo uvedeno, samotný kolektor bez zapojení do celého solárního systému nedokáže dopadající sluneční záření využít a přenést na místo spotřeby.

Nyní si vysvětlíme podrobněji základní schéma solárního systému a popíšeme nejdůležitější komponenty. K tomuto účelu použijeme schémata systémů se samotížným a nuceným oběhem (viz Obr.3, 4).

Složení samotížného systému:

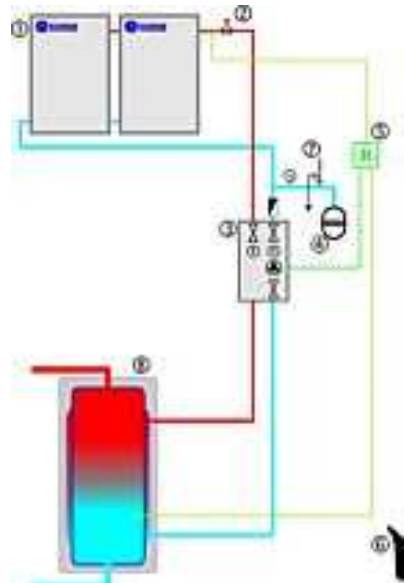
- 1/ Kolektorová plocha
- 2/ Odvzdušňovací ventil
- 3/ Expanzní nádoba
- 4/ Pojistňovací ventil
- 5/ Teplonosné medium
- 6/ Zásobník



Obr.3 Samotížný systém

Složení hnaného systému:

- 1/ Kolektorová plocha
- 2/ Odvzdušňovací ventil
- 3/ Solární hnací jednotka
- 4/ Expanzní nádoba
- 5/ Elektronická regulace
- 6/ Teplonosné medium
- 7/ Pojistňovací ventil
- 8/ Zásobník



Obr.4 Hnaný systém

**Kolektorová plocha** – složená z nosných konstrukcí a kolektorů.

**Zásobník (boiler)** – místo ohřívání média. Obvykle všechny solární systémy, které jsou montovány i za jiným účelem, než je ohřev TUV mají alespoň malý zásobník na TUV. Ten může být dle dispozice stojatý (stojí na nohách na zemi) nebo závěsný (zavěšen na stěně či stropě). Dále můžeme tyto zásobníky dělit dle způsobu dohřevu na

- speciální solární (jeho účelem je pouze akumulace teplé vody, může obsahovat vložený výměník nebo jen vstup a výstup media do výměníku externího)



- bivalentní či trivalentní – znamená, že jeden zásobník je ohříván ze dvou nebo tří zdrojů (vložený další zdroj dohřevu, který zajišťuje dohřev media na požadovanou teplotu v případě nedostatečného ohřevu solárním systémem. Jedná se nejčastěji o elektrickou vložku či plynovou spirálu).

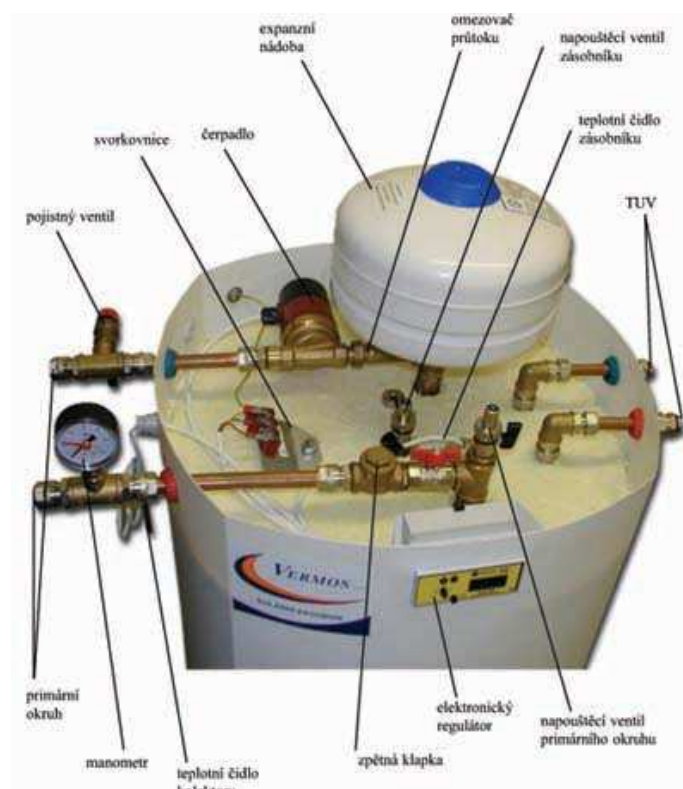
**Výměník** - zařízení sloužící u dvoukruhového systému k předání tepelné energie mezi teplotnosnou kapalinou (nemrznoucí směs) a ohříváním médiem (voda, topná voda). Při dimenzování výměníku je velmi důležitá jeho teplosměnná plocha). V praxi se používají:

- vložený výměník (přímo v zásobníku) a to jako dvouplášť po obvodu zásobníku nebo vložený vlnovec
- externí výměník (deskový nebo trubkový)

**Potrubní rozvody** – nejčastěji jsou využívány měděné potrubní rozvody a to s ohledem na malý hydraulický odpor a vysokou odolnost proti značnému kolísání teplot v primárním okruhu. Potrubní rozvody je nutné po celé trase izolovat a tím zabránit zbytečným tepelným ztrátám.

**Oběhové čerpadlo** – slouží k zajištění proudění teplotnosné kapaliny mezi solárním kolektorem a místem předání tepelné energie (zásobník, akumulace, bazén atd.). Oběhové čerpadlo musí být pro správný chod přesně dimenzováno na základě požadovaného průtoku a propočítané tlakové ztráty celého potrubního rozvodu.

**Zpětná klapka** – zabraňuje zpětné cirkulaci v primárním okruhu v období mimo provoz slunečních kolektorů (např. v noci, kdy teplotnosná kapalina odebírala teplo v zásobníku a na principu samotížné soustavy by stoupala do kolektorů, kde by se vychlazovala).



Obr.5 Zásobník

**Elektronická regulace** – její hlavní úlohou je řízení oběhového čerpadla s dosažením maximálního výkonu celého solárního systému. Její základní funkce spočívá v porovnávání teplot mezi teplotou v kolektoru a teplotou v zásobníku, a v případě, že je teplota v kolektoru vyšší o nastavenou hodnotu (např. 5 stupňů) sepne oběhové čerpadlo a nahřátá teplotná kapalina je z kolektoru dopravována do místa předání (boiler, akumulace, bazén). V případě vyrovnání teplot se oběhové čerpadlo automaticky zastaví.

**Expanzní nádoba** - primárního okruhu – slouží k vyrovnání tlaku v primárním okruhu fototermického systému. Vlivem změny teploty media v primárním okruhu se mění tlak v systému a expanzní nádoba je jeden z prvků solárního systému, který zabrání poškození rozvodů či jiných komponent. Expanzní nádoba je obvykle nastavena na 3,5 bar. Dimenzování expanzní nádoby musí být provedeno s ohledem na velikost systému a fyzikální vlastnosti teplotné kapaliny.

**Pojistný ventil** – prvek solárního systému, který slouží při zvýšení provozního tlaku v primárním okruhu k vypuštění části kapaliny na střechu objektu a tím snížení tlaku na požadovanou teplotu. V případě jeho umístění uvnitř objektu je nutné jeho svedení do otevřené nádoby nebo přímo do odpadu. Pojistný ventil se dimenzuje dle součásti s nejnižším provozním tlakem.

**Odvzdušňovací ventil (primární okruh, napouštěcí ventil)** – je umístěn na venkovní, zpravidla nejvyšší části solárního systému. Slouží k automatickému odvzdušnění primární části solárního okruhu, čímž zachovává bezúdržbový chod solárního systému. Vlivem odvzdušnění dochází k poklesu u provozního tlaku, je tudíž nutné v pravidelných intervalech kontrolovat tlak a v případě potřeby primární okruh dotlakovat.

**Nemrzoucí kapalina** – teplotná médium určené pro přenos tepla mezi kolektorem a místem užití (zásobník, bazén atd.) Jednou z vlastností mimo přenos tepla je skutečnost, že tato kapalina má nízký bod tuhnutí (obvykle kolem  $-32^{\circ}$  Celsia) a i v tomto případě vytvoří emulzi, která nepoškodí potrubní rozvody. Tím je zajištěna možnost celoročního provozu solárních systémů.

**Manometr** = tlakoměr. (1)

**Teplotní čidlo kolektoru** – účinnost regulace závisí na správném umístění a funkčnosti teplotního čidla. Kolektorové čidlo se upevňuje buď přímo na absorbéru v oblasti výstupu

z kolektoru ve formě zapuštěného čidla nebo se připojí jako přiložené čidlo na výstupu z kolektoru. (2)

*Svorkovnice* – je určena pro přímé připojování vodičů.

## 2.5. Princip činnosti

Solární systémy se zpravidla kombinují se stávajícími zdroji energie, proto lze říci, že solární systém funguje jako přehřev. V období vyšší sluneční aktivity je solární systém schopen ohřát veškerou spotřebu TUV a musí se řešit otázka tepelných přebytků. V zimních měsících a v obdobích, kdy je sluneční aktivita velmi nízká jsou solární kolektory schopny ohřát vodu jen do určité teploty a dohřátí na požadovaných 55° či výše musí provést jiný zdroj, zpravidla stávající (plynový kotel, elektrokotel). Solární zásobník se proto instaluje sériově před stávající zásobník TUV. Samostatné zapojení solárního zásobníku je energeticky nejpříznivější.

Ne vždy je však možno toto zapojení instalovat, většinou z důvodu prostorového omezení. V těchto případech, kde není místo na dva zásobníky, je možno použít jeden bivalentní nebo trivalentní zásobník, tzn., že zásobník se ohřívá ze 2 nebo 3 zdrojů. (1)

## 2.6. Využití fototermických solárních systémů

Hlavní výhodou je, že TUV potřebujeme celý rok a 60 - 70% pokrytí nákladů na její pořízení ze Slunce dává celkem dobrou možnost návratnosti investice do zařízení. I přesto je však nutné počítat s kombinací s některým z klasických zdrojů energie. Ohřev vody pro bazény, který je dalším z poměrně častých způsobů využití solárních systémů, probíhá ve většině případů v letním období. Pokrytí nákladů může být u vnitřních bazénů až 50 %, u venkovních může být i vyšší.

Pro možnost využít solární energii k vytápění celého domu je však velmi důležitý výběr lokality, která pro takové využití musí poskytovat podmínky. V chladném období (jaro, podzim, zima) je účinnost vytápění pomocí solárního systému omezena denní délkou slunečního svitu, což při využití solární energie také pro ohřev topné vody vede k realizaci dalších technických opatření. V našem klimatickém pásmu je využití sluneční energie pro topení možné v celé republice, účinnější je však v klimatických pásmech s delším

slunečním svitem, což je jihovýchod republiky a celkově získáme nejvíce energie v teplejší polovině roku. Proto není v České republice vhodné použít sluneční kolektory jako hlavní zdroj pro vytápění (velmi vysoká počáteční investice). Přesto mohou být právě sluneční kolektory použity jako doplňkový zdroj tepla pro vytápění. (3)

Pro využití sluneční energie v zimním období je velmi důležitá správná volba typu kolektorů. Na jejich parametrech záleží v zimě mnohem více než v létě, právě tyto parametry určují, jak velkou část sluneční energie dokážeme využít. Kolektor by měl být schopen co nejvíce sluneční energie přeměnit na teplo a poté ho s co nejmenšími ztrátami předat do topného systému.

Schopnost kolektoru přijmout sluneční záření a přeměnit ho na teplo určují tyto parametry:

**absorpční faktor** - určuje, jaká část dopadajícího slunečního záření na absorbér je pohlcena a přeměněna na teplo, zbývající část záření se odrazí;

**solární propustnost skla kolektoru** - určuje, jaká část slunečního záření projde sklem kolektoru.

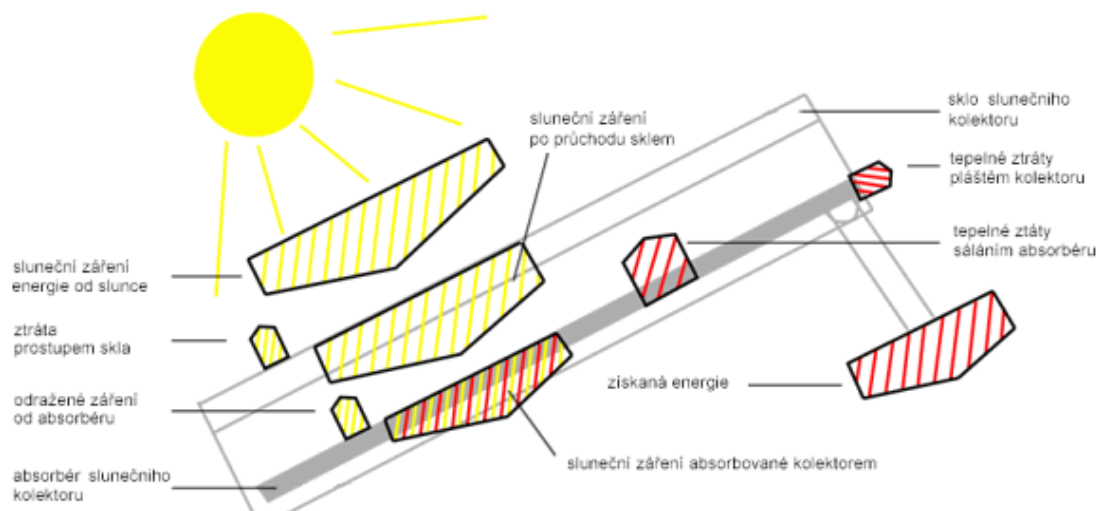
Většina kolektorů se v těchto parametrech výrazně neliší a jejich hodnoty nemají pro využití kolektoru klíčový význam.

Pro možnost použít sluneční kolektor v zimním období je však rozhodující, jak velkou část získaného tepla ze slunečního záření předá do topného systému a kolik tepla unikne ve formě tepelných ztrát kolektoru.

Celkovou tepelnou ztrátu kolektoru určují následující parametry:

**teplotní emisivita** - určuje tepelné ztráty sáláním, to znamená, kolik tepla absorbér vyzáří při určité teplotě absorbéru a okolí;

**tepelné ztráty z povrchu kolektoru** - vyjadřují velikost úniku tepla pláštěm kolektoru do okolí při daných teplotách. Jejich velikost závisí na kvalitě tepelné izolace kolektoru.



Obr.6 Sluneční kolektor- schéma

Celkové tepelné ztráty slunečního kolektoru prudce rostou při zvětšujícím se rozdílu mezi venkovní teplotou a teplotou uvnitř kolektoru, což je právě případ zimního provozu. U kolektoru s vysokou teplotní emisivitou a velkým únikem tepla do okolí se mohou celkové tepelné ztráty rovnat tepelným ziskům z dopadající sluneční energie. Takový kolektor v zimě není schopen dodat do topného systému žádnou energii.

Pro celoroční provoz je důležité použít kolektory s výbornou tepelnou izolací a nízkou emisivitou. Tato kritéria velmi dobře splňují trubcové sluneční kolektory. Dvojitá trubice je podobně jako u termosky tvořena vnější a vnitřní skleněnou trubicí, mezi nimiž je vytvořeno vakuum. Na vnější ploše vnitřní trubice je nanášena absorpční vrstva s velice nízkou teplotní emisivitou (pouze 0,06). Vakuum mezi vnitřním a vnějším pláštěm trubice



Obr.7 Hlavice tepelné trubice

zajišťuje téměř dokonalou tepelnou izolaci. U těchto kolektorů se můžeme setkat s několika způsoby odvodu získaného tepla z trubice. Do trubice může být vložena uzavřená měděná trubka, ve



Obr.8 Kolektor s tepelnými trubicemi

kteří je pracovní látka. Ta se zahříváním odpařuje a tím odebírá teplo z trubice. V horní části měděné trubky (hlavici) se plyn ochlazuje a kondenzuje. Tím předává teplo nemrznoucí směsi solárního okruhu, kapalina poté stéká po stěnách trubky dolů, kde se

opět odpařuje. Tento systém označujeme jako tepelnou trubici.

Nejjednodušším (a také nejlevnějším) způsobem, jak odebrat teplo z trubice, je nechat v ní proudit přímo ohřivanou nemrznoucí směs solárního okruhu. V těchto instalacích je nutné použití otevřené expanzní nádoby, aby skleněná trubice nebyla namáhána tlakem kapaliny.

Vakuové tepelné trubice mohou pracovat i v systémech s tlakovou expanzní nádobou, protože nemrznoucí kapalina solárního okruhu proudí pouze sběračem, do kterého ústí jen hlavice tepelných trubic.

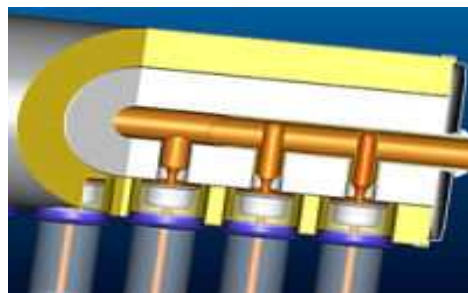
Trubicové kolektory díky svému válcovému tvaru lépe využívají i šikmo dopadajících slunečních paprsků a díky velmi malým celkovým tepelným ztrátám umožňují získávat energii, i když je slunce za mraky (difusní světlo). To umožňuje plně využít slunečního záření při východu a západu slunce nebo omezeně i při malé oblačnosti.



Obr.9 Kolektor s nízkotlakými trubicemi

Nevýhodou může být větší rozměr trubicového kolektoru oproti plochému kolektoru při stejné absorpční ploše. Trubice jsou v kolektoru umístěny vedle sebe s mezerami, které zvětšují rozměry kolektoru, ale umožňují plně využít slunečního záření dopadajícího pod různými úhly.

Důležitým faktorem dobré účinnosti systému je i vhodné hydraulické zapojení. Jestliže požadujeme využití tepla jak pro vytápění, tak ohřev TUV nebo bazénu, můžeme toto teplo akumulovat pro všechny okruhy v akumulární nádrži s vestavěným zásobníkem TUV. V ní akumulujeme energii jak do topné vody, tak do teplé užitkové vody, a díky jedné nádobě máme nižší tepelné ztráty, než kdybychom použili samostatný zásobník pro akumulaci a pro TUV. Tato akumulární nádrž zajišťuje velkou zásobu energie, kterou můžeme odebrat pro topný systém nebo ohřev bazénu. Do této nádrže můžeme snadno



Obr.10 Sběrač kolektoru s tepelnými trubicemi

připojit další alternativní tepelné zdroje, například tepelné čerpadlo, krbovou vložku s teplovodním výměníkem nebo dřevosplyňující kotel. Je také možno tuto akumulární

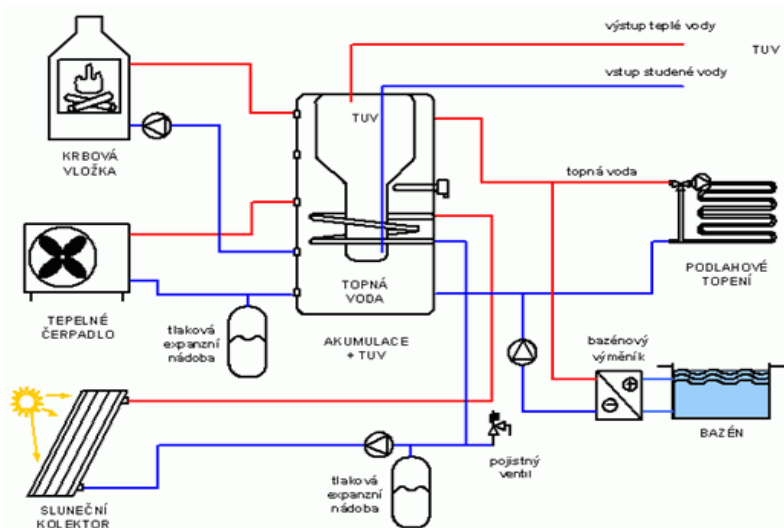
nádrž opatřit elektrickým topným tělesem; v tom případě nádrž slouží jako elektrokotel a elektrický bojler zároveň. Protože zásobník TUV je vestavěn v nejvyšším místě akumulární nádrže, spotřebované množství teplé užitkové vody se ihned dohřívá přestupem tepla z akumulární nádrže bez použití regulace oběhového čerpadla. (4)

### 3. FOTOVOLTAICKÉ SOLÁRNÍ SYSTÉMY

#### 3.1. Charakteristika a princip činnosti

FV (fotovoltaické) systémy umožňují přímou přeměnu sluneční energie na energii elektrickou. Základním prvkem umožňujícím přímou přeměnu světelné energie na elektrickou je solární článek. Tento prvek lze charakterizovat jako plochou elektronickou součástku, na které vzniká při dopadu světla elektrické napětí. Toto napětí se nazývá fotovoltaické, protože příčinou jeho vzniku je právě sluneční záření dopadající na plochu solárního článku. Toto fotovoltaické napětí může být zdrojem elektrického proudu, jsou-li svorky solárního článku připojeny k nějakému spotřebiči nebo spojeny nakrátko. Solární článek lze do jisté míry přirovnat k baterii, na kterou však musí svítit světlo.

Zásadním a velmi důležitým rozdílem mezi způsobem výroby elektrické energie získané pomocí solárního článku v porovnání s klasickou výrobou energie je skutečnost, že v případě solárního článku není nutné používat žádných mechanických pohyblivých dílů například motorů. Tím zcela odpadají problémy týkající se jejich opotřebení, ztráty třením, jejich mazání a údržba. V porovnání s jinými technologiemi výroby elektřiny nepotřebují solární články žádnou pohonnou látku, nevytvářejí při provozu žádné znečištění, zplodiny,



Obr.11 Schéma zapojení

zápach ani nežádoucí hluk. Další velkou předností solárních článků je možnost jejich snadného propojení a sestavení do větších celků nazývaných solární moduly. Tyto moduly pak lze dle potřeby následně dále propojovat do tzv. solárních generátorů. Získáváme tak velké solární plochy, které jsou schopny

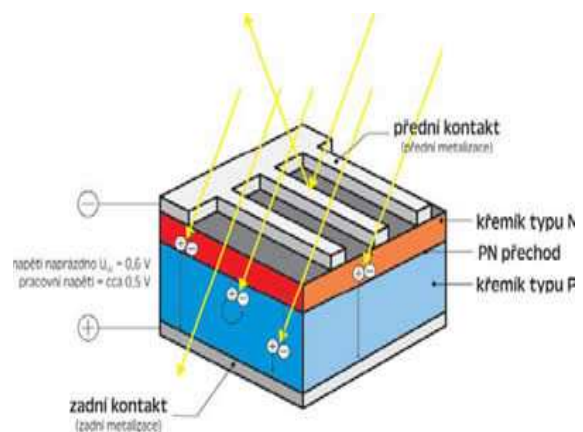


vyrabět již značné množství elektrické energie..

Přihlédneme-li kromě výše uvedených skutečností také k faktu, že Slunce představuje na miliony a miliony let obrovský zdroj energie, která je rozhodující pro zajištění chodu veškerých životních cyklů na Zemi, je nutné považovat FV systémy za mimořádně perspektivní zdroj elektrické energie pro budoucnost. Hlavní úsilí současnosti je tedy nalézt co nejefektivnější technická a technologická řešení FV systémů, která by v porovnání s klasickými způsoby elektrické energie vyznívala co nejpříznivěji.

### 3.2. Solární článek jako základní aktivní komponent

Elektrický proud si lze představit jako tok volných nosičů elektrického náboje (elektronů) usměrněný elektrickým polem. Vodiče mají ve své atomové struktuře tyto volné nosiče běžně k dispozici, zatímco izolanty nikoliv. Základním prvkem pro výrobu solárních článků je současné době krystalický křemík. Tento prvek vzhledem ke svým vlastnostem nelze zařadit mezi elektrické vodiče a ani mezi izolanty. Patří mezi látky označované jako polovodiče, které jsou za určitých okolností stejně jako izolanty elektricky nevodivé a naopak za jiných podmínek se mohou stát elektrickými vodiči. V souvislosti se solárním článkem je touto okolností velikost sluneční energie, která na polovodič dopadá. Čím je sluneční záření intenzivnější, tím se v polovodiči vytvoří více volných nosičů elektrického náboje a tím je křemíkový solární článek schopen vyrobít větší elektrický proud a naopak.



Obr. 12. Schéma solárního článku

Jak již bylo uvedeno, při dopadu slunečního záření na plochu solárního článku vzniká na jeho svorkách elektrické napětí. Elektrické vlastnosti solárního článku jsou graficky popsány křivkou vyjadřující závislost velikosti elektrického proudu dodávaného solárním článkem do spotřebiče na napětí na jeho svorkách. Výstupní napětí jednoho solárního článku má velikost přibližně 0,5 V. Při jeho typické velikosti o rozměrech 10 x 10 cm je

schopen vytvořit elektrický proud až 3 A, čímž dosahuje elektrického výkonu 1,5 W. Je-li použit článek o velikosti 15 x 15 cm dosahuje se elektrického proudu až 6 A a výkonu 3 W.

Je třeba zdůraznit, že skutečný výkon vyrobený solárním článkem nezávisí pouze na intenzitě dopadajícího slunečního záření.

Mezi další důležité vlivy patří také teplota článku a spektrální složení světla. Zatímco s rostoucí intenzitou dopadajícího světla elektrický výkon solárního článku roste, tak s jeho rostoucí teplotou naopak klesá. Pro přiblížení této závislosti lze říci, že při zvýšení

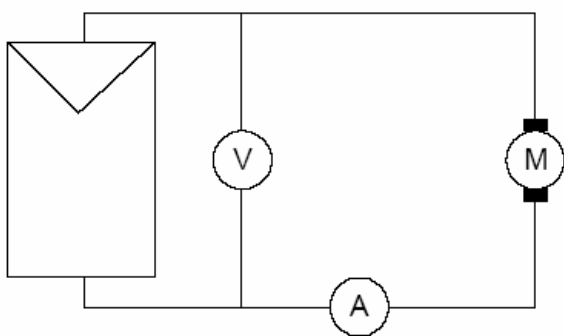


Obr.13 Fotovoltaické články různých barev

teploty o 10°C dojde k poklesu vyráběného výkonu o 4%, při zvýšení o 25°C klesá výkon až o 10%.

### 3.3. Typy FV systémů

Nejjednodušší FV systém sestává z fotovoltaického modulu přímo spojeného se spotřebičem, jak je schématicky znázorněno na obrázku. Pokud je dostatečně velká intenzita slunečního záření - spotřebič pracuje, pokud intenzita záření klesne – spotřebič nepracuje. Takové systémy se používají často např. při čerpání vody.

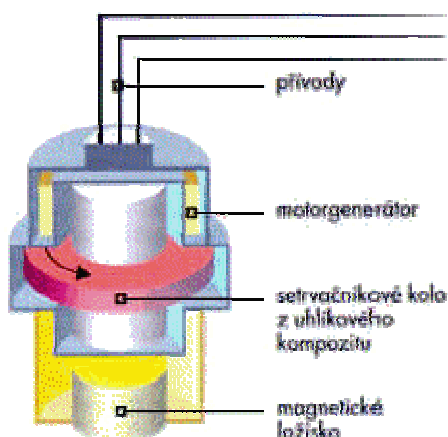


Obr.14 Jednoduchý FV obvod

Fotovoltaický systém vyrábí elektrickou energii pokud na fotovoltaické pole dopadá sluneční záření a výkon je úměrný intenzitě dopadajícího záření. Fotovoltaické systémy proto nevyrábějí energii v noci a při velké oblačnosti. Je proto nutné vyrobenou energii akumulovat („skladovat“), aby ji bylo možno využít v době, kdy systém energii nevyrábí.

Prostředky k akumulaci energie jsou následující:

- a) Mechanické ukládání energie do stlačených plynů nebo setrvačníků poháněných elektromotory. Toto řešení je relativně komplikované a používá se jen ve specifických případech.
- b) Přečerpávání vody do vyšších poloh v době energetického přebytku a následného použití pro roztáčení turbín v době energetického nedostatku. Tato metoda však vyžaduje navíc čerpadlo, turbínu a vhodné úložiště vody.
- c) Rozklad vody elektrickým proudem je označován za pohon budoucnosti. Elektrolýzou vody se dá získat vodík, který lze v době nedostatku energie spalovat. Největším problémem je doposud špatná skladovatelnost vodíku a malá dostupnost vodíkových motorů s větší účinností. Perspektivní je využití v kombinaci s palivovými články.
- d) Použití elektrochemických akumulátorů je dnes nejběžnější řešení pro autonomní systémy. Jako ostatní má i tento způsob svá úskalí, zejména jde o životnost akumulátorových baterií a omezený počet nabíjecích cyklů. Jsou proto vyvinuty speciální typy akumulátorů pro použití ve fotovoltaických systémech.

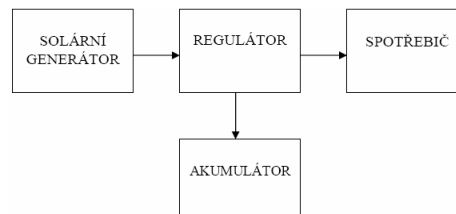


Obr.15 Setrvačnickový akumulátor s rotorem z uhlíkového kompozitu zavěšeného v magnetických ložiskách, otáčejícím se rychlostí 100 000 otáček za minutu.

Fotovoltaické systémy rozdělujeme jednak na systémy autonomní, které jsou zdrojem elektrické energie nezávislým na rozvodné elektrické síti, nebo mohou být fotovoltaické systémy přímo spojené s rozvodnou sítí.

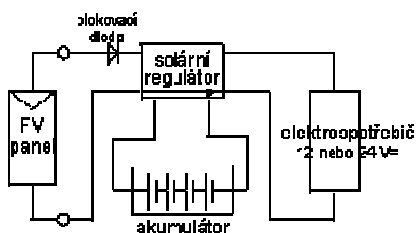
### 3.4. Autonomní FV systémy

Autonomní (grid-off) FV systémy sestávají z pole fotovoltaických modulů a akumulátoru energie. Jedná se zdroje elektrické energie nezávislé na rozvodné síti. Tyto systémy se také označují jako izolované solární systémy. Blokové schéma jednoduchého autonomního systému se solárním generátorem, akumulátorem a stejnosměrným spotřebičem se nachází na obrázku.



Obr.16 Schéma autonomního FV systému

Jak již bylo dříve popsáno, solární generátor je zdrojem elektrické energie, která se ukládá do akumulátoru, kde je uchována pro využití v obdobích bez slunečního záření. Regulační prvek zajišťuje správnost nabíjecího a vybíjecího procesu akumulátoru. Je



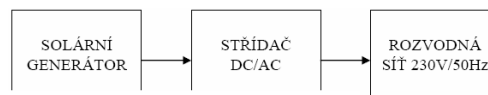
Obr.17 Schéma grid-off systému

důležité, aby u akumulátoru nedošlo k přebíjení nebo naopak hlubokému vybíjení. Oba tyto krajní stavy vedou k jeho trvalému poškození. Jako příklady spotřebičů mohou být uvedeny například světla, lampy, radiopřijímače nebo motory. Všechny tyto spotřebiče musí být určeny pro napájení stejnosměrným napětím z akumulátoru.

Výhodou autonomních FV systémů je především jejich nezávislost na přítomnosti elektrické rozvodné sítě. Jejich využití nachází uplatnění především v místech bez veřejné rozvodné sítě, kde by nebylo využití různých elektrických spotřebičů za normálních okolností možné. Mezi nevýhody patří především závislost dostupnosti elektrické energie na pravidelném a dostatečném dobíjení akumulátoru, který navíc vyžaduje odpovídající údržbu. Dále je třeba udržovat dostatečnou čistotu plochy solárního generátoru a používat vodičů silných průřezů, aby nedocházelo ke zbytečným elektrickým ztrátám na vedení FV systému.

### 3.5. FV systémy spojené se sítí

FV systémy spojené se sítí (grid-on) dodávající vyrobenou elektrickou energii přímo do rozvodné elektrické sítě střídavého napětí. V těchto systémech není nutné vyrobenou energii akumulovat pro využití v době nedostatku slunečního záření.

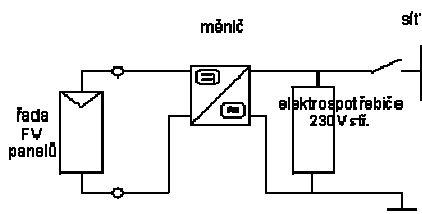


Obr.18 Schéma grid-on systému

I zde je zdrojem elektrického napětí solární generátor. Vyrobene stejnosměrné napětí je za pomoci síťového měniče (střídače) transformováno na střídavé napětí 230 V / 50 Hz a dodáváno do veřejné rozvodné sítě. Je samozřejmostí, že použité střídače musí splňovat všechny potřebné ochranné a bezpečnostní funkce, mezi které patří především odolnost proti zkratu, odolnost proti přetížení, schopnost nastavit se na frekvenci a napětí rozvodné sítě a synchronně do ní poslat vyrobený solární výkon. Mezi nejvíce používané charakteristické vlastnosti střídačů patří jejich jmenovité vstupní stejnosměrné napětí (12V, 24V nebo 48V) a účinnost (dosahuje se až 90%).



Obr.19 grid-on systém



Obr.20 Schéma grid-on systému č.2

Výhodou těchto FV systémů je skutečnost, že elektrický spotřebič má vždy k dispozici elektrickou energii a může fungovat nezávisle na přítomnosti slunečního záření. V případě dostatku slunečního záření je energie dodávána do rozvodné sítě (případně spotřebována uživatelem), v době nedostatku slunečního záření systém energii nedodává a uživatel odebírá elektrickou energii z rozvodné sítě. Při využití je však vždy nutné dodržovat veškerá bezpečnostní pravidla související s používáním rozvodné napěťové sítě.

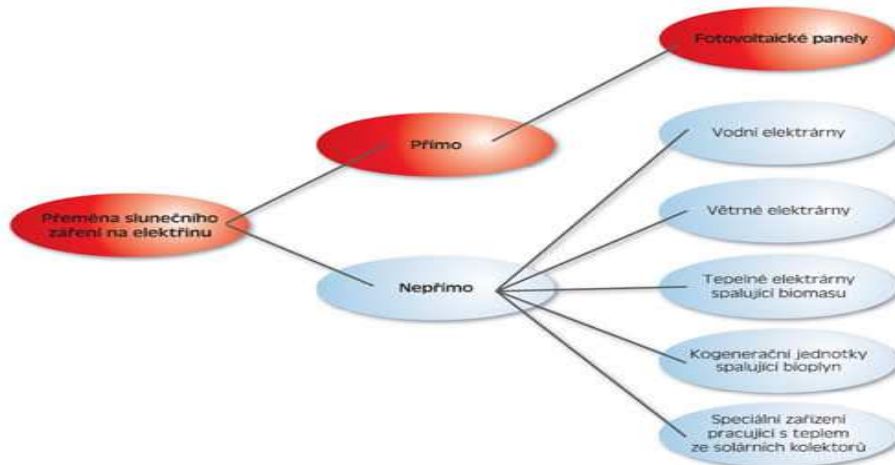
(1)

### 3.6. Využití fotovoltaických solárních systémů

Fotovoltaická zařízení přeměňují sluneční záření přímo na elektrický proud. Ten může být využit buď přímo v kombinaci s vhodnými akumulátory, nebo může být bezprostředně předáván do veřejné rozvodné sítě (on grid). Především druhý způsob využití je středem narůstajícího zájmu investorů.

Zásadní nevýhodou těchto systémů je hlavně vysoká cena daná jednak pořizovacími náklady na instalaci fotovoltaického zařízení a jednak neefektivním způsobem využití dopadajícího slunečního záření. Proto je elektřina dodávána z většiny z tradičních zdrojů.

(5)



Obr.21 Přeměna sluneční energie na elektřinu

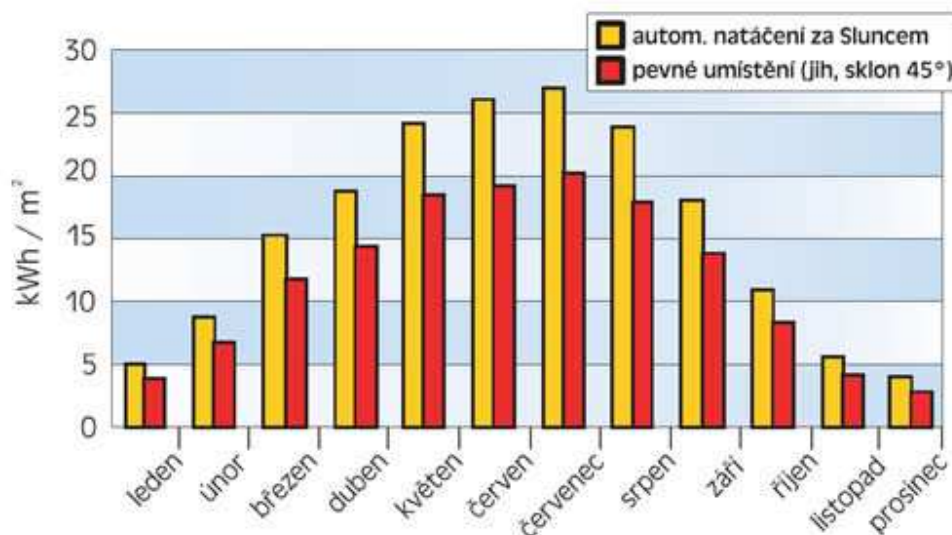
Průměrný počet hodin solárního svitu (bez oblačnosti) se v ČR pohybuje kolem 1460 h/rok (od 1400 do 1700 hodin za rok). Nejmenší počet hodin má severo-západ území. Směrem na jihovýchod počet hodin narůstá. Lokality se od sebe běžně liší v průměru o  $\pm 10\%$ . V některých ojedinělých případech je odchylka vyšší.

Technický potenciál výroby elektřiny je omezen na plochy, kde lze fotoelektrické systémy instalovat s ohledem na stav sítě, možnosti připojení atd. Pro odhady se používá hodnota roční sumy globálního záření (průměr pro celou Českou republiku je kolem  $1081 \text{ kWh/m}^2$ ). Jeden  $\text{m}^2$  fotovoltaického panelu s monokrystalickými články má špičkový výkon 110 - 120  $\text{W}_p$ . Během roku z něho lze získat 80 až 120 kWh elektrické energie.

Fotovoltaický systém s instalovaným výkonem 1  $\text{kW}_p$  je schopen v podmínkách ČR dodat ročně 800 - 1 000 kWh elektrické energie.

Tab.2 Průměrné hodnoty elektrické energie

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok [Wh]
Energie [Wh/den]	80	138	213	302	383	390	408	360	265	179	83	60	<b>87 237</b>



Obr.22 Celoroční výkon článků

Sériovým nebo i paralelním elektrickým propojením solárních článků vzniká po jejich zapouzdření fotovoltaický panel. Články jsou sério-paralelně elektricky spojeny tak, aby bylo dosaženo potřebného napětí a proudu. Panel musí zajistit hermetické



Obr.23 Fotovoltaické panely integrované do krytiny různým způsobem

zapouzdření solárních článků, musí zajišťovat dostatečnou mechanickou a klimatickou odolnost (např. vůči silnému větru, krupobití, mrazu apod.). (6)

## **4. VYUŽITÍ SLUNEČNÍ ENERGIE V ČR**

Na Zemi dopadá obrovské množství sluneční energie. V ČR je to na každý metr čtvereční více než 1000 kWh za rok. Tato energie se běžně využívá pro přípravu teplé užitkové vody (TUV), ohřev vody pro bazény, méně často pro vytápění domu nebo v nejmenším využít jako elektřina.

### **4.1. Zákon o podpoře využívání OZE**

Zákon č. 180/2005 Sb. konkrétně upravuje následující způsoby podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů:

1. Tzv. finanční podporu ve spojení s povinným výkupem elektřiny z obnovitelných zdrojů jakožto podporu dle tohoto zákona v zásadě nejvýznamnější.
2. Právo přednostního připojení k přenosové nebo k distribučním soustavám.
3. Záruka původu.

Tzv. finanční podpora využívání tzv. zelené elektřiny, tj. elektřiny již vyrobené z obnovitelných zdrojů, podle zákona je možná dvěma způsoby:

1) Výrobci mohou nabídnout elektřinu vyrobenou z obnovitelných zdrojů k tzv. povinnému výkupu provozovatelům regionálních distribučních soustav nebo provozovateli přenosové soustavy a to za garantované výkupní ceny.

nebo

2) Výrobci mohou elektřinu z obnovitelných zdrojů prodat na volném trhu s elektřinou a kromě tržní ceny elektřiny od odběratelů na volném trhu požadovat od provozovatelů regionálních distribučních soustav nebo provozovatele přenosové soustavy tzv. zelený bonus. Zeleným bonusem rozumí finanční částka navyšující tržní cenu elektřiny, která zohledňuje snížené poškození životního prostředí využitím obnovitelného zdroje oproti spalování fosilních paliv a dále druh, velikost výrobního zařízení a kvalitu dodávané elektřiny.

Tento zákon má dosáhnout následujícího:

1. snížení emisí CO<sub>2</sub> a dalších škodlivin
2. dosažení hospodářské a sociální solidarity



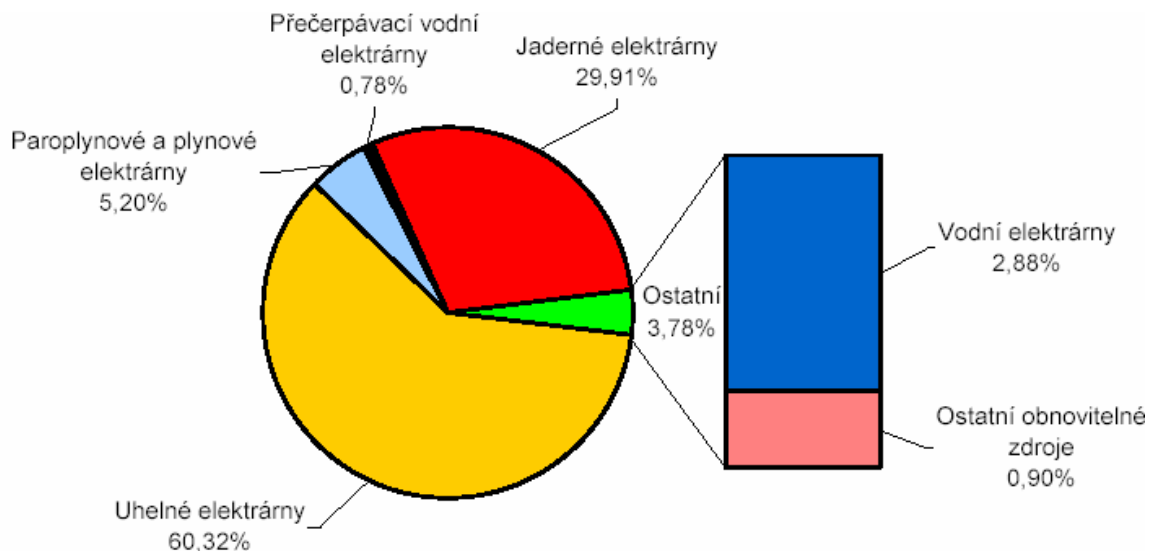
3. vytvoření pracovních míst v regionu

4. dosažení bezpečnosti zásobování energií snížením dovozů energie (9)

## 4.2. Vývoj výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů

### 4.2.1. Energetický mix ČR v roce 2005

Česká republika využívá k výrobě elektřiny především uhlí, které se na celkové výrobě elektřiny dlouhodobě podílí z více než 52%. Druhým nejvýznamnějším zdrojem je jaderná energie s podílem dosahujícím téměř 30%.

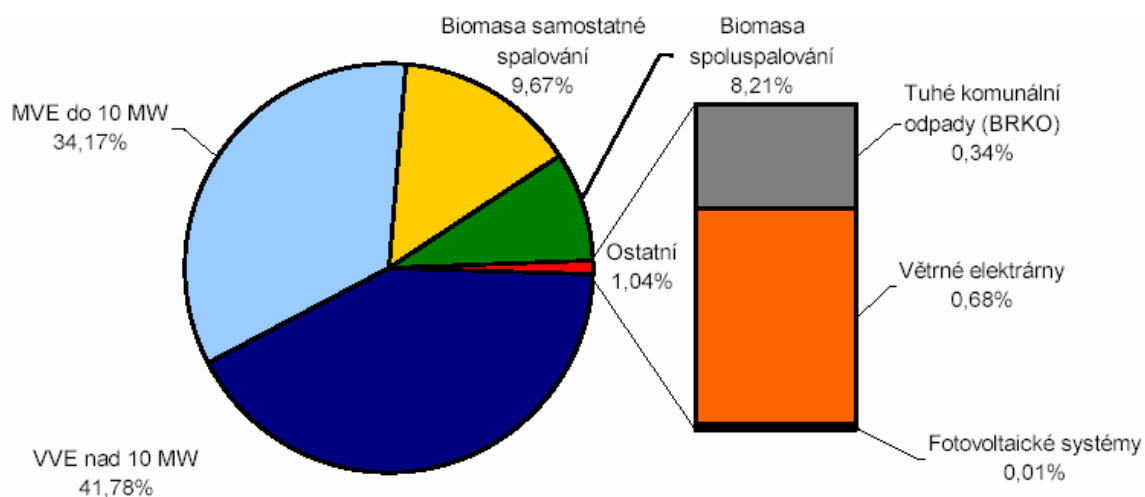


Obr.24 Výroba elektřiny v ČR podle zdrojů v roce 2005 (zdroj: MPO a ERU)

Výroba elektřiny v ČR od roku 1993 stoupá jak pro pokrytí rostoucí domácí spotřeby (v roce 2005 69,95 TWh), tak pro export (v roce 2005 21 TWh). Oproti roku 2004 se zvýšila výroba v jaderných elektrárnách o cca 360 GWh na úkor elektráren uhelných a rovněž se zvýšil podíl obnovitelných zdrojů na celkové výrobě elektřiny. Výroba elektřiny ze zemního plynu, bioplynu a dalších plynů stagnuje na úrovni 2,67 TWh při využití především pro regulaci elektrizační soustavy.

#### 4.2.2. Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů

Hrubá výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů (OZE) se v roce 2005 podílela na tuzemské hrubé spotřebě elektřiny 4,48 %. Na celkové tuzemské hrubé výrobě elektřiny se hrubá výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů podílela 3,8 %. Nejvyšší výroba elektřiny z OZE byla v roce 2005 realizována z vodních elektráren (2 380 GWh). Následuje biomasa jako zdroj energie (560 GWh), kde však významný podíl (350 GWh) vyrobené elektřiny je z energetického využívání celulózných výluhů (vyrobená elektřina je prakticky spotřebována ve vlastních výrobních závodech). Za významnější zdroj elektřiny z obnovitelných zdrojů lze ještě považovat využívání bioplynu (161 GWh). Větrné elektrárny (21,4 GWh) a spalovny odpadů (10,6 GWh) mají jen marginální význam. Výroba elektřiny ve fotovoltaických systémech má i přes nově realizované projekty doposud jen demonstrační charakter (0,4 GWh).



Obr.25 Podíl jednotlivých OZE na výrobě elektřiny v ČR v roce 2005 (zdroj: MPO)

#### 4.2.3. Sluneční energie

Fotovoltaické systémy mají v současné době z hlediska výroby elektřiny zanedbatelný přínos. V roce 2005 činila hrubá výroba elektřiny ve vybraných fotovoltaických systémech 120,1 MWh.

Fotovoltaické systémy provozované v ČR v roce 2005: Pro studijní účely byly v minulých letech instalovány fotovoltaické systémy o výkonu 20 kWp na VŠB v Ostravě,

ZČU v Plzni, TU v Liberci, MF UK v Praze. Společnost ČEZ, a.s., provozuje v areálu JE Dukovany systém o instalovaném výkonu 10 kWp. Menší systémy o výkonu 3 kWp jsou umístěny na ČVUT a budově PRE, a.s v Praze. V rámci akce „Slunce do škol“ pak byla instalována řada dalších systémů o výkonu 1,2 kWp.

Výhled na období do roku 2010: V nejbližším období lze vzhledem k technickým možnostem a investičním nákladům dostupných fotovoltaických technologií očekávat významné navýšení instalovaného výkonu a výroby elektřiny. Nově instalovaná zařízení budou mít jen malý podíl na výrobě elektrické energie. Komerční využití je reálné a lze i počítat s dodávkami elektřiny do sítě. (10)

### **4.3. Systémy připojené k síti (grid-on)**

Fotovoltaický zdroj elektřiny lze použít pro dodávku do distribuční sítě. U nás zatím pracuje jen několik takových experimentálních zařízení. Častěji se toto zapojení využívá v budovách, kdy fotovoltaika napájí přednostně spotřebiče v domě. Není-li v domě odběr, jsou přebytky prodávány do sítě. Tyto systémy se obejdou bez poměrně nákladných akumulátorů; jako nekonečně velký akumulátor jim slouží síť. Naopak vždy potřebují střídač, který přemění stejnosměrný proud z panelů na střídavý, na který jsou spotřebiče v domácnosti konstruovány. Takto zapojené systémy má u nás již téměř 1 000 škol. Byly podpořeny dotací Státního fondu životního prostředí a slouží hlavně k výuce; jejich energetický přínos je mizivý, neboť instalovaná plocha je malá (nejčastěji do 2 m<sup>2</sup>, výkon cca 200 W<sub>p</sub>).

Systémy grid-on fungují zcela automaticky díky mikroprocesorovému řízení síťového střídače. Připojení k síti podléhá schvalovacímu řízení u rozvodných závodů; je nutné dodržet dané technické parametry. Investiční náklady jsou v rozmezí 23 - 35 000 Kč/m<sup>2</sup>, což zhruba představuje 200 - 350 Kč/W<sub>p</sub>.

### **4.4 Samostatné (ostrovní) systémy - grid off**

V našich podmínkách se častěji využívá fotovoltaika v místech, kde není k dispozici elektřina ze sítě. Tedy v případech, kdy jsou náklady na vybudování a provoz přípojky

vyšší než náklady na fotovoltaický systém (cca od vzdálenosti k rozvodné síti více než 500 - 1000 m, vždy nutno potvrdit individuálně). Může to být chata, ale třeba i obytný automobilový přívěs, kde je díky slunečnímu záření komfort elektrického osvětlení, chladničky i dalších spotřebičů. Fotovoltaika také pohání nouzové telefonní budky u dálnic nebo výstražnou dopravní signalizaci. Můžeme narazit i na fotovoltaikou napájené parkovací automaty. Takové zařízení lze kdykoli snadno přemístit, bez nutnosti rozkopávat chodník pro napojení k síti.

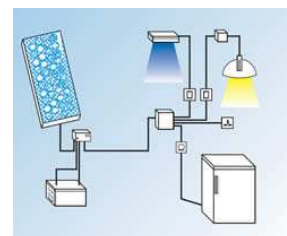
U připojených spotřebičů se pak klade důraz na nízkou spotřebu energie - čím menší spotřeba, tím menší a levnější pak je i fotovoltaický systém. Trh nabízí nejrůznější spotřebiče konstruované na stejnosměrný proud, od zářivek, přes chladničky, televize až třeba po vodní čerpadla.

Výkony se pohybují od 100 W<sub>p</sub> do 10 kW<sub>p</sub>. Investiční náklady na ostrovní systémy jsou v rozmezí 30 - 45 000 Kč/m<sup>2</sup>, což zhruba představuje 270 - 400 Kč/W<sub>p</sub>.

Systémy s přímým napájením se používají tam, kde nevádí, že připojené elektrické zařízení je funkční jenom po dobu dostatečné intenzity slunečního záření. Jedná se pouze o propojení solárního modulu a spotřebiče. Příklad aplikace: čerpání vody pro závlahu, napájení oběhového čerpadla solárního systému pro přípravu teplé užitkové vody, pohon protislunečních clon nebo nabíjení akumulátorů malých přístrojů - mobilní telefon, svítidla atd.

Příklad aplikace: zdroj elektrické energie pro chaty a další objekty, napájení dopravní signalizace, telekomunikačních zařízení nebo monitorovacích přístrojů v terénu, zahradní svítidla, světelné reklamy, camping a jachting.

Hybridní ostrovní systémy se používají tam, kde je nutný celoroční provoz a kde je občas používáno zařízení s vysokým příkonem. V zimních měsících je možné získat z fotovoltaického zdroje podstatně méně elektrické energie než v letních měsících. Proto je nutné tyto systémy navrhovat na zimní provoz, což má za následek zvýšení instalovaného výkonu systému a podstatné zvýšení pořizovacích nákladů. Výhodnější alternativou proto je rozšíření systému doplňkovým zdrojem elektřiny, který pokryje potřebu elektrické energie v obdobích s nedostatečným slunečním



Obr.26 Schéma zapojení ostrovního systému

svitem a při provozu zařízení s vysokým příkonem. Takovým zdrojem může být větrná elektrárna, elektrocentrála, kogenerační jednotka apod. Příklad aplikace: rozsáhlejší systémy pro napájení budov s celoročním provozem. (1)

## **4.5. Využití**

### **4.5.1. Kapesní aplikace**

Asi nejčastěji se s fotovoltaikou můžeme setkat v kalkulačkách, budících, rádiích a podobné elektronice, která nemá příliš vysokou spotřebu. Pro většinu mobilních telefonů lze pořídit fotovoltaickou dobíječku, která přijde vhod zejména na delších výpravách mimo civilizaci. Fotovoltaické články mohou být naneseny i na pružné podložce. To využívá "elektrická" bunda, která díky našité fotovoltaice na ramenou a zádech může napájet walkman nebo dobíjet mobil tomu, kdo ji má 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. (6)

### **4.5.2. Největší elektrárna v ČR**

Největší sluneční elektrárna v Česku a podle provozovatelů i ve východní Evropě otevřela v Bušanovicích na Prachaticku. Patří firmě Korowatt a dokáže zásobovat energií 172 domácností. Její maximální plánovaný výkon bude 600kW. Výstavba zařízení stála 85 milionů korun, na projekt přispělo téměř 30 milionů korun ministerstvo průmyslu a obchodu. Fotovoltaické panely elektrárny, jež mění světelné částice na elektrickou energii, se rozkládají na ploše 6170 m<sup>2</sup>. Zabírají tak rozlohu zhruba poloviny českobudějovického náměstí. Elektrárna plánuje ročně vyrobit 620 tisíc kWh elektřiny. Čtvereční metr panelů přitom vyprodukuje za rok tolik energie, která se údajně rovná zhruba 250 kg uhlí. Uspoří také 750 tun oxidu uhličitého za rok, který by se provozem jiné elektrárny dostal do ovzduší. Roční produkci elektrárny v Bušanovicích zvládne Temelín podle mluvčího Václava Broma vyprodukovat za zhruba 25 minut. (7)



Obr.27 FV elektrárna v Bušanovicích

### 4.5.3. Architektura

Moderním, u nás však začínajícím přístupem (ne ve světě), je začlenění fotovoltaiky



Obr.28 Fotovoltaika v kostele-  
Německo

do architektury nebo dokonce integrace do stavebních prvků, kde je nutné posuzovat cenu fotovoltaiku nejen podle přínosu energie, ale také jako substitut stavebních konstrukcí. Při návrhu větších prosklených ploch lze využít fotovoltaické články integrované do skla, takže fungují jako žaluzie. Důvody pro jejich použití však mohou být pouze architektonické, z energetického hlediska jde o nesmysl.

### 4.5.4. Výběr vhodných lokalit

Fotovoltaiický systém pracuje nejlépe, pokud je navržen pro skutečné místní podmínky (dimenzování, umístění solárních článků a způsob využití).

Pro dimenzování je důležité znát účel, uvažovanou spotřebu (výrobu) elektřiny, typ a provozní hodiny připojených spotřebičů, zda bude systém připojen do sítě, či nikoliv, způsob napojení na doplňkový zdroj energie a další vstupní údaje:

- **počet hodin** slunečního svitu a **intenzita** slunečního záření, která se mění podle znečištění atmosféry (město, venkov, hory);
- **orientace** - ideální je na jih (případně s automatickým natáčením panelů za Sluncem);
- **sklon panelů** - pro celoroční provoz je optimální 45° vzhledem k vodorovné rovině;
- **množství stínících překážek** - je nutný celodenní osvit Sluncem. (6)

## **5. PŘÍKLADY POUŽITÍ TERMICKÝCH SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ**

### **5.1. Společnost Enbra**

Společnost Enbra je distributor krbů, kamen a topení a zabývá se také způsoby nakládání s energií v domácnostech. Modernizovala regulace topných soustav v bytových a panelových domech. Zaměřuje se na regulaci, optimalizaci, úsporné zdroje, víceprvkové systémy, solární panely a doplňkové zdroje tepla pro domácnosti, zplyňovací kotle na dřevo pro domácnosti, teplovodní výměníky, krbové vložky, kachlová kamna,...

Zde uvedu 3 příklady použití kombinace více zdrojů vytápění a ohřevu TUV, a to konkrétně solárních panelů, kamen na dřevo s teplovodním výměníkem a kotle na plyn (elektrinu). Tato kombinace zaručuje získání a akumulaci tepla z levnějších zdrojů, sluneční záření a dřevo, v okamžiku jejich dostupnosti např. při dotápění v krbových kamnech. Plynový (elektrický kotel je tedy aktivován pouze v okamžiku, kdy není dodáváno dostatečné množství tepla a teplé vody ze solárních panelů a kamen s výměníkem.

#### **5.1.1. Varianta 1**

Tato varianta je navržena pro stávající topný systém např. pro rodinný domek s trvale menší vytápěnou plochou. Solární panely jsou v tomto případě využívány pro ohřev TUV a přípravu teplejší vody před ohřevem topného okruhu. Skládá se ze solárního systému včetně expanzní nádoby a třívalentního solárního tlakového ohříváče. Cena za kompletní systém činí 47 238,-Kč. Varianta je vhodná hlavně pro starší lidi (počet max. 3), protože má minimální náklady a přesto dobrou návratnost.

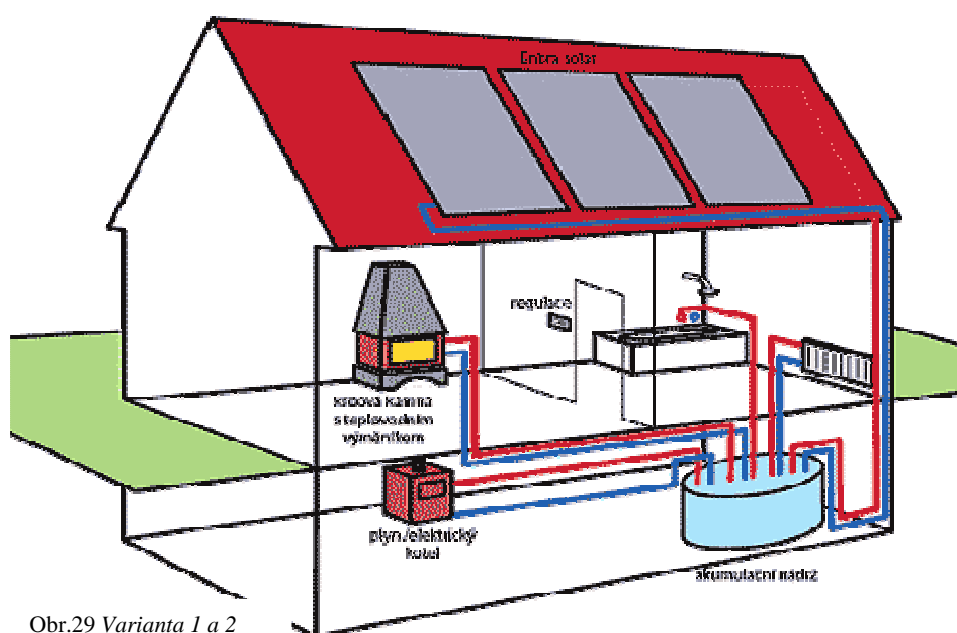
#### **5.1.2. Varianta 2**

Je navržena pro nový či kompletně rekonstruovaný topný systém a ohřev TUV a je dimenzován přibližně na 150 m<sup>2</sup> obytné plochy. Plynový kotel je hlavním zdrojem vytápění. Je aktivován pouze v případě, že nepostačuje výkon dodávaný z ostatních zdrojů. Teplo získané z jednotlivých zdrojů je shromažďováno v akumulární nádrži

a distribuováno do radiátorů, rozvodů teplé vody a jiných spotřebičů energie. Varianta zahrnuje solární systém včetně expanzních nádob a kombinovaného zásobníku, krbová vložka PEPO s výměníkem o celkovém výkonu 26 kW, plynového kotle Ferroli DOMITOP o výkonu 24 kW, dochlazovací smyčku, čerpadla, ekvitermní regulaci Siemens, rozvody potrubí pro zapojení systému, armatury, izolace a kompletní zapojení. Cena za kompletní systém je 254 663,-Kč. Tato varianta má vysoké náklady a návratnost je nízká, je vhodná především pro čtyřčlennou rodinu s průměrným příjmem.

### 5.1.3. Varianta 3

Je navržena pro nový či kompletně rekonstruovaný topný systém s podlahovým vytápěním, ohřev TUV a ohřev bazénové vody a je dimenzován přibližně na 200 m<sup>2</sup> obytné plochy. Celý systém funguje podobně jako u varianty 2. Solární panely jsou navíc určeny pro ohřev vody v bazénu. Plynový kotel je opět hlavním zdrojem vytápění. Tato varianta obsahuje stejné prvky jako varianta 2. Cena za kompletní systém je 358 536,-Kč. Plocha kolektorů jde srovnat asi jako polovinu bazénu. Varianta je vhodná pro dostatečně finančně zajištěné čtyřčlenné rodiny a má docela dobrou návratnost právě díky ohřevu bazénu, protože ohřev plynovým kotlem vyjde mnohem draž. (8)



Obr.29 Varianta 1 a 2

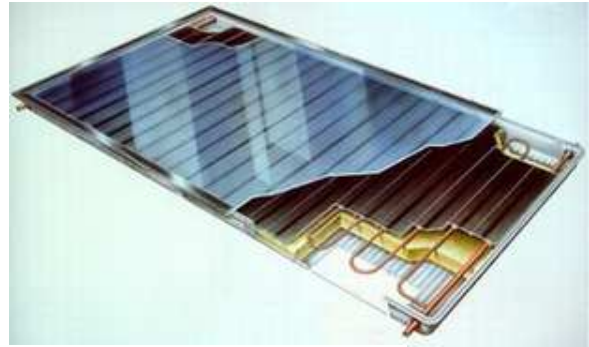


#### 5.1.4. Konkrétní komponenty pro solární systém

Zde jsou zahrnuty všechny tři varianty, ty se liší pouze v počtu kolektorů potřebných pro daný systém.

##### Solární kolektor HELIOSTAR 300 N2P CF+:

Sluneční kolektor je vhodný pro celoroční ohřev teplé užitkové vody a bazénu, ale i přitápění. Topný okruh je naplněn ekologickou nemrznoucí směsí a na zimu se nevypouští. Kolektory se montují na nekorodující konstrukce, které se dodávají pro jakýkoli typ střechy, na fasádu i na volný terén.



Obr.30 Solární kolektor HELIOSTAR

Cena: 8 377,-Kč

##### Montážní soubor:

Montážní soubory jsou prvky na spojování kolektorů do solárních systémů.

a) základní soubor je na zapojení prvního a posledního kolektoru do systému

b) rozšiřovací soubor je na propojení kolektorů mezi sebou

Cena: 565,-Kč

##### Rozšiřovací soubor:

Cena: 109,-Kč

##### Odvzdušňovací soubor:

Cena: 352,-Kč

##### Redukční soubor:

Cena: 85,-Kč

##### Nosná konstrukce:

Jsou to profily z ocelového pozinkovaného plechu.

Cena: 1642,-Kč

##### Spojovací soubor:

Cena: 184,-Kč

##### Expanzní nádoba:

Objem 60 litrů.



Obr.31 Expanzní nádoba

Cena: 1 631,-Kč

Objem 18 litrů.

Cena: 644,-Kč

#### Absorpční odplyňovač:

Voda s mikrobublínkami protéká speciální mřížkovou vestavbou přístroje, kde jsou mikrobublínky zachycovány, slučují se a tím jsou schopny separovat se do vzduchové komory, odkud jsou automaticky odpouštěny. Tento proces pokračuje tak dlouho, až je vzduch ze systému vyloučen na zbytkový obsah kyslíku 0,8 promile, který už nezpůsobuje žádné korozní škody. Konstrukce přístroje neklade protékající vodě prakticky žádný odpor, průtokový profil zůstává beze změny. Dodává se také v provedení jako odkalovač nečistot.

Cena: 1 399,-Kč

#### SIJ-Regusol:

Je to solární hnací jednotka.

-jednovětвовá: jen pro zpáteční větev primárního okruhu v solárních zařízeních pracujících se slunečními kolektory na ohřev pitné vody

Cena: 4 738,-Kč

-dvouvětвовá: pro nátokovou a zpáteční větev

Cena: 5 489,-Kč

#### Připojovací soubor:

Má průměr 22 mm (popřípadě 18).

Cena: 218,-Kč

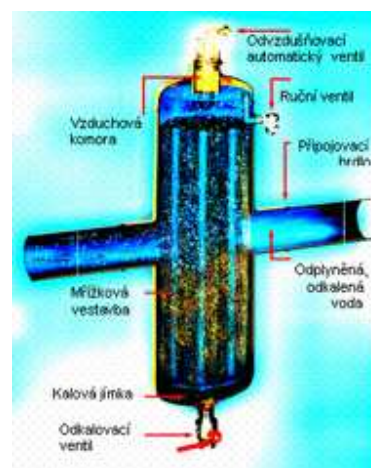
#### Soubor na přeпад kapaliny z pojistného ventilu:

Skládá se z oblouku z plastové hmoty, PVC hadice a hadicové spony.

Cena: 92,-Kč

#### Elektrický regulátor:

Je určený k regulování topných soustav. Je určen zejména k regulaci systému pro solární ohřev vody v bazénech nebo akumulacích nádobách na TUV. Je vybaven vstupem, který slouží pro spínání filtrace v bazénech pomocí externích spínacích hodin.



Obr. 32 Absorpční odplyňovač



Obr. 33 Regulátor teploty

### SOLAREN EKO:

V celoročním provozu v solárním okruhu slouží jako médium tato nemrznoucí kapalina (voda s propylenglykolem). Ekologický.

Cena: 46,-Kč

### Bazénový výměník:

Je to válcová nádoba se soustavou tenkých trubiček, kterými protéká voda ohřívána kotlem UT. Po vnějším obvodu trubiček protéká voda z bazénu. Většinou jsou vyrobeny z nerezové oceli. V případě, že bude v bazénu slaná voda nebo pro ošetření bude použita agresivní chemie, lze bazénový výměník koupit i v titanovém provedení.

Cena: 18 400,-Kč

(11)



Obr.34 Bazénový výměník

## 6. ZÁVĚR

Čerpání sluneční energie se v České republice rozvíjí teprve pár let. Evropská unie plánuje projekt, který by měl určovat mnohem širší využití obnovitelných zdrojů energie (kam patří i sluneční energie) pro všechny evropské země. Na území ČR jsou sice dobré podmínky pro využití energie ze Slunce, ale v blízké budoucnosti se zde nic takového neplánuje, protože zatím je nejvíce čerpána energie z biomasy (z obnovitelných zdrojů), a také proto, že je přeměna této energie na teplo nebo elektriku poměrně drahá. Pokud se však na investice do solárních zařízení podíváme z dlouhodobého pohledu, rozhodně se vyplatí.

Fotovoltaické systémy zapojené do sítě lze využít zejména jako podnikatelskou příležitost, kdy je lepší energii prodat než využít pro vlastní potřebu. Na druhou stranu jsou však vhodné i pro vlastní využití energie, a to zejména v místech, kde není možnost připojení k síti. V takových případech se nespotebovaná energie akumuluje pro dobu bez slunečního svitu.

Většinou bývají pro vlastní potřebu využívány i fototermické systémy, pro ohřev TUV a následné vytápění. Tyto systémy se v ČR kombinují s jinými zdroji vytápění. Množství energie získané ze slunečních kolektorů se odráží v jejich počtu a velikosti. Výhodou je poměrně dobrá návratnost, i když v různých případech se liší, jak uvádím v páté kapitole.

Podle mého názoru způsob využití obou systémů záleží na konkrétních potřebách každého jednotlivce. A proto by se měl každý zaměřit na své potřeby a zvážit využitelnost systému pro své využití. Z těchto důvodů se tedy nedají výše uvedené systémy přímo porovnávat, protože každý je vhodný pro jiné účely.

### *Použitá literatura:*

- (1) Benda, V. a Brož, K.: Slunce ve školách a jak dál...?. ISŠE Chomutov
- (2) Solar-Net [online]. 2003. <<http://www.solar-net.info/124.0.html?&L=1#269>>
- (3) ROTO solární program [online]. Chaloupecký, V., Červenec 2006.  
<<http://si.vega.cz/clanky/roto-solarni-program-solarni-a-fotovoltaicke-syste/>>
- (4) Využití sluneční energie v topných systémech [online]. Kučera, P., Říjen 2004.  
<<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2214>>
- (5) Stavebnictví a interiér 9/2005. Integrované hydrolizační fotovoltaické systémy pro ploché střechy. Vykydal., L.
- (6) Energie Slunce – výroba elektřiny [online]. Krieg, B.: Elektřina se Slunce. 1993.  
<<http://www.i-ekis.cz/?page=slunce-elektrina>>
- (7) Lidové noviny. Bušanovice mají rekordní elektrárnu [online]. Leden 2007.  
<[http://lidovky.zpravy.cz/busanovice-maji-rekordni-elektrarnu-dvn-/ln\\_noviny.asp?c=A070130\\_000089\\_ln\\_noviny\\_sko&klic=217459&mes=070130\\_0](http://lidovky.zpravy.cz/busanovice-maji-rekordni-elektrarnu-dvn-/ln_noviny.asp?c=A070130_000089_ln_noviny_sko&klic=217459&mes=070130_0)>
- (8) Enbra, spol. s.r.o. Katalog 2006/2007. Kamna, krby, topení.
- (9) Judr. Alice Bártková, M.E.S. (Hamburg), v Praze dne 21.3.2006
- (10) MPO - Zpráva o plnění indikativního cíle výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů za rok 2005, září 2006
- (11) Zdroj: Enbra

## Seznam obrázků:

<b>Obr.č.:</b>	<b>Název:</b>
1.....	<i>Solární systém</i>
2.....	<i>Průměrné množství slunečního záření na území ČR za rok</i>
3.....	<i>Samotížný systém</i>
4.....	<i>Hnaný systém</i>
5.....	<i>Zásobník</i>
6.....	<i>Sluneční kolektor- schéma</i>
7.....	<i>Hlavice tepelné trubice</i>
8.....	<i>Kolektor s tepelnými trubicemi</i>
9.....	<i>Kolektor s nízkotlakými trubicemi</i>
10.....	<i>Sběrač kolektoru s tepelnými trubicemi</i>
11.....	<i>Schéma zapojení</i>
12.....	<i>Schéma solárního článku</i>
13.....	<i>Fotovoltaické články různých barev</i>
14.....	<i>Jednoduchý FV obvod</i>
15.....	<i>Setrvačnickový akumulátor s rotorem...</i>
16.....	<i>Schéma autonomního FV systému</i>
17.....	<i>Schéma grid-off systému</i>
18.....	<i>Schéma grid-on systému</i>
19.....	<i>Grid-on systém</i>
20.....	<i>Schéma grid-on systému č.2</i>
21.....	<i>Přeměna sluneční energie na elektřinu</i>
22.....	<i>Celoroční výkon článků</i>
23.....	<i>Fotovoltaické panely integrované do krytiny různým způsobem</i>
24.....	<i>Výroba elektřiny v ČR podle zdrojů v roce 2005</i>
25.....	<i>Podíl jednotlivých OZE na výrobě elektřiny v ČR v roce 2005</i>
26.....	<i>Schéma zapojení ostrovního systému</i>
27.....	<i>FV elektrárna v Bušanovicích</i>

- 28.....*Fotovoltaika v kostele – Německo*  
29.....*Varianta 1 a 2*  
30.....*Solární kolektor HELIOSTAR*  
31.....*Expanzní nádoba*  
32.....*Absorpční odplyňovač*  
33.....*Regulátor teploty*  
34.....*Bazénový výměník*