

Funkce solárního kolektoru

Teorie

Stále více se zesiluje tlak na využití obnovitelných zdrojů tepla. K těmto zdrojům patří i slunce. energii ze slunce lze využívat aktivně i pasivně. Aktivními prvky jsou solární kolektory na ohřev teplé vody (Termosolární systémy) a solární panely na výrobu elektrické energie (Fotovoltaika).

Při navrhování solární techniky nás zajímají především tyto 3 veličiny: Solární výkon, solární energii a účinnost.

Solárním výkonem rozumíme množství slunečního záření ve W na jednotku plochy. Globální (celkové) sluneční záření (přímé + difuzní) je maximální 1000 W/m². Záření kolísá podle lokality, roční doby, denní doby a podle počasí. Letní obloha s jednotlivými mraky, které slunce prozáří, má záření v úrovni 800 W/m², oblačnost se slunečním prosvětlením 300 W/m², kalný zimní den 100 W/m². Z těchto hodnot má solární kolektor účinnost 80–50 % a panel fotovoltaiky účinnost pod 20 %. V praxi se nejčastěji používá solární výkon uvažovaný na delší období (den a rok) v jednotkách kWh/m² den, kWh/m² rok.

Solární energie je energie, která dopadne za určitý čas na jednotku plochy. Nejčastěji se používají jednotky kWh/m². V zimě je na 1 m² za den 1 kWh, v létě je výkon 5 x větší. Roční výkon se pohybuje od 900 do 1300 kWh/m². V průměru můžeme počítat s výkonem 1100 kWh/m².

Účinnost je definována jako poměr mezi energií získanou (tepelný zisk, $\dot{Q}_k$) a energií dodanou (dopadající sluneční záření, $\dot{Q}_s$), lze psát

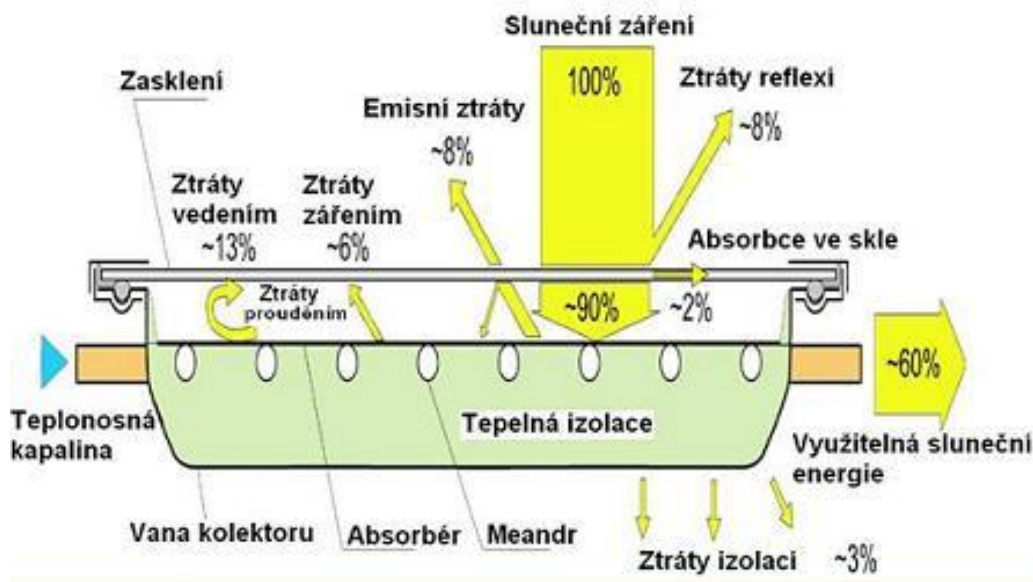
$$\eta = \frac{\dot{Q}_k}{\dot{Q}_s} \quad (1)$$

Dříve než odvodíme účinnost solárního kolektoru, popíšeme, jak solární kolektor pracuje. Sluneční kolektor pracuje na principu skleníkového efektu. Teplo se zachytává pod skleněným (nebo jiným průsvitným) krytem v **absorbéru**, který se ohřívá a **odevzdává teplo**, teplotněmu médiu, které může být voda, vzduch, olej, apod. Tmavá barva absorbéru odráží asi 10% dopadajícího slunečního záření. Některé **kolektory** bývají pokryty tzv. **selektivním nátěrem**, který zvyšuje absorpci tepla v kolektoru (snižuje úniky) a také je trvanlivější než běžná černá barva. Má také malou emisivitu v oblasti infračerveného záření. Absorbéry jsou obvykle vyráběny z **mědi** anebo **hliníku**. Jako izolace se většinou používá skleněná vata nebo také vakuum. Rám absorbéru nebo celá vana je z hliníku, plastu, železa.

Z obrázku 1 je patrné, k jakým tepelným a optickým ztrátám dochází v solárních kolektorech. To lze zapsat vztahem

$$\frac{dQ}{dt} = \dot{Q}_s - \dot{Q}_{z,o} - \dot{Q}_{z,t} - \dot{Q}_k, \quad (2)$$

kde $\dot{Q}_s$ je dopadající výkon slunečního záření, $\dot{Q}_{z,o}$ jsou optické ztráty, $\dot{Q}_{z,t}$ jsou tepelné ztráty a $\dot{Q}_k$ je tepelný výkon kolektoru.



Obr.1 Princip solárního kolektoru

Při ustálených podmínkách platí $\frac{dQ}{dt} = 0$ a tedy

$$\dot{Q}_k = \dot{Q}_s - \dot{Q}_{z,o} - \dot{Q}_{z,t}. \quad (3)$$

Na základě naměřených hodnot, lze tepelný zisk kolektoru vypočítat ze vztahu

$$\dot{Q}_k = c \cdot M \cdot \frac{\Delta T}{t}, \quad (4)$$

kde c je měrná tepelná kapacita teplonosné kapaliny (v našem případě je teplonosnou kapalinou voda) a $\frac{\Delta T}{t}$ je rozdíl teploty za jednotku času, tuto veličinu zjistíme sestrojením grafu závislosti teploty v nádrži na čase a odvozením rovnice přímky.

Na kolektor budeme svítit halogenovou lampou o výkonu 1000 W. Pro dodanou energii (dopadající záření) pak platí

$$\dot{Q}_s < 1000 \text{ W}$$

a ze vztahu 1) a 4) můžeme odhadnout účinnost použitého solárního kolektoru ze vztahu

$$\eta = \frac{\dot{Q}_k}{\dot{Q}_s} > \frac{c \cdot M \cdot \frac{\Delta T}{t}}{1000} \quad (5)$$

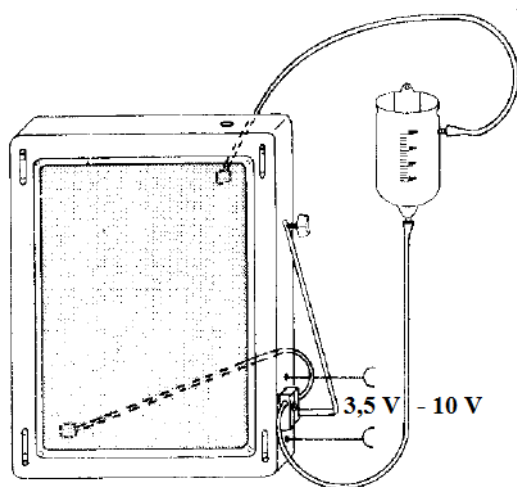
Úkol

- a) Zaznamenejte průběh teploty vody v oběhu se solárním panelem v závislosti na čase. Průběh sledujte pro tři různé hodnoty průtoku vody oběhem a odhadněte účinnost solárního panelu.

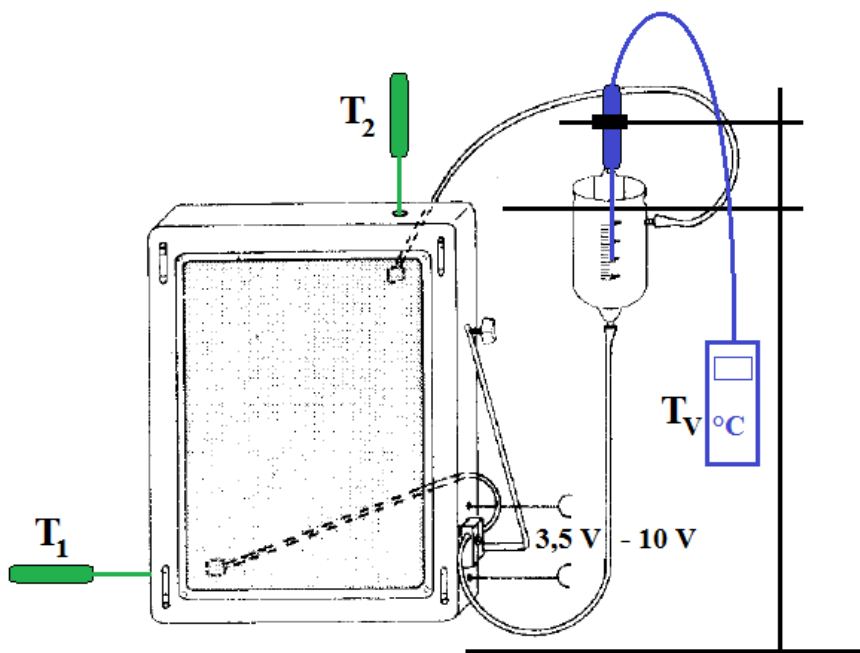
a) Průběh teploty vody v oběhu se solárním panelem

Pomůcky:

sestava na zkoumání funkce solárního panelu (viz obr. 1, obr. 2) obsahující solární panel, pumpu, spojovací hadičky, expanzní nádobu o objemu 1000 ml, stojan, svorku, dva digitální teploměry, teplotní sondu s multimetrem, odměrku o objemu 1000 ml, propojovací dráty, voltmetr, zdroj jednosměrného proudu, vodováha, stopky, halogenová lampa o výkonu 1000 W



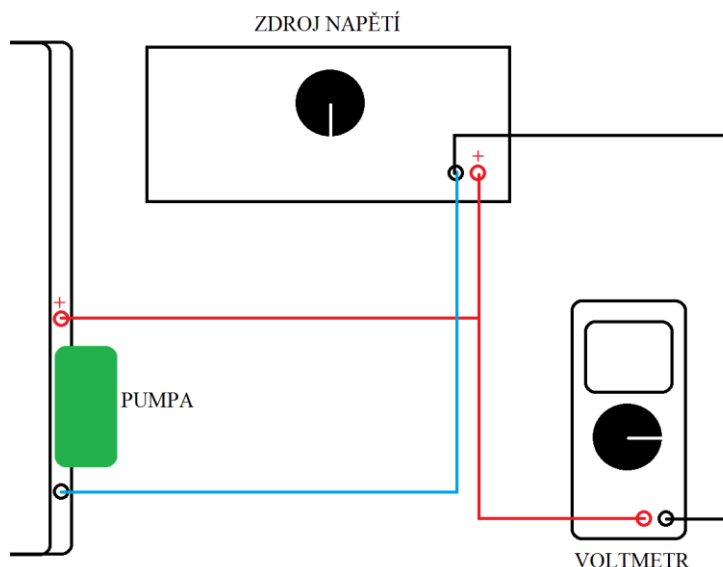
Obrázek 1: Schéma zapojení hadiček v obvodu se solárním panelem



Obrázek 2: Schéma připojení teploměrů a teplotní sondy do obvodu

Postup:

- 1) Zkontrolujte zapojení sestavy podle obrázku 2. Ujistěte se, že máte všechny díly, které jsou na svém místě, především teploměry T_1 a T_2 musí dostatečně těsnit.
- 2) Zkontrolujte zapojení elektrického obvodu podle obrázku 3. **Nezapínejte zdroj napětí, dokud vám nebude řečeno a vyučující nezkontroluje jak zapojení obvodu s vodou, tak zapojení obvodu elektrického!**



Obrázek 3: Schéma zapojení elektrického obvodu s pumpou a voltmetrem

- 3) Naplňte obvod se solárním panelem vodou následujícím způsobem:
 - a. Expanzní nádobu sundejte z držáku a dejte ji do polohy, kdy bude níže než celý solární panel (tzn. pod úroveň pracovní desky).
 - b. Do expanzní nádoby nalijte pomocí odměrné nádoby přibližně 0,5 litru chladné vody z vodovodu.
 - c. Expanzní nádobu pomalu zvedejte nad úroveň pracovní desky. Tím voda začne rovnoměrně a bez bublin zaplňovat vnitřní prostory solárního panelu.
 - d. Expanzní nádobu dolijte dalším 0,5 litrem vody a umístěte ji zpět na držák.
 - e. Celý obvod by nyní měl být naplněn vodou. Pokud se někde vyskytne větší množství bublin či prázdné místo, snižte expanzní nádobu pod úroveň pracovní desky a naplňte solární panel znovu podle návodu v bodě c a d.
- 4) Zapněte zdroj napětí a voltmetr.
 - a. **Nezapomeňte mít při zapínání zdroje nastavené co nejmenší napětí (tzn. 0 V)!**
 - b. **Nezapomeňte nastavit na voltmetru správný rozsah pro měření jednosměrného napětí!**
- 5) Na zdroji napětí navolte 8 V, tím se spustí pumpa, která způsobí cirkulaci vody v obvodu. Díky vysoké rychlosti proudění se z obvodu dostanou bubliny vzduchu. **Nenastavujte napětí vyšší, než 10 V jinak zničíte pumpu!**
- 6) Zapněte oba teploměry a multimetr s teplotní sondou.
- 7) Zapojte halogenovou lampu do sítě. Tím se automaticky spustí chlazení lampy.
- 8) Umístěte lampu před solární panel tak, aby vzdálenost mezi těmito dvěma předměty byla 50 cm a halogenová lampy aby směřovala doprostřed solárního panelu.
- 9) Snižte napětí na zdroji na 3,5 V – pomalá cirkulace.
- 10) Do tabulky 1 запиšte teplotu v nádrži.
- 11) Tlačítkem na zadní straně lampy ji uveďte do chodu, spusťte stopky. **Nedívejte se přímo do halogenové lampy! Nedotýkejte se přední části halogenové lampy!**
- 12) Po jedné minutě запиšte teplotu v nádrži. Každou minutu запиšte hodnotu teploty v nádrži.
- 13) Každé dvě minuty запиšte teploty na teploměrech T_1 a T_2 do tabulky 2.

- 14) Po 10 minutách vypněte halogenovou lampu (tlačítkem, ne ze sítě), odečtěte poslední hodnoty a vypněte zdroj napětí.
- 15) Spočítejte rozdíly teplot v tabulce 2.
- 16) Opět zapněte zdroj napětí, nastavte napětí 5 V – střední rychlost cirkulace.
- 17) Odečtěte teplotu v expanzní nádobě.
- 18) Zapněte halogenovou lampu a opakujte body 12 až 15.
- 19) **Pozor! Teplota vody v solárním panelu nesmí dosáhnout vyšších teplot než 60°C! Proto je třeba před třetím měřením vyměnit vodu.**
 - a. Vypněte zdroj napětí, vytáhněte jej ze zásuvky.
 - b. Sejměte expanzní nádobu z držáku.
 - c. Opatrně, aby voda nevytekla otvory pro držák, přelijte vodu z expanzní nádoby do odměrky.
 - d. Expanzní nádobu umístěte pod úroveň pracovní desky a počkejte, dokud z obvodu nevyteče zbylá voda. Tu vylijte do odměrky, poté do odpadu.
 - e. Postupem podle bodu 3 naplňte obvod novou chladnou vodou.
 - f. Až bude solární panel opět naplněný, spusťte zdroj napětí. Zvolte napětí cca 6 V a počkejte, dokud se teplota vody v obvodu neustanoví (přibližně 3 minuty).
- 20) Pro třetí měření zvolte napětí 8 V – vysoká rychlost cirkulace. Opakujte body 12 až 15.
- 21) Po posledním měření vypněte halogenovou lampu tlačítkem, vypněte zdroj napětí i voltmetr.
- 22) Vylijte vodu z obvodu postupem z bodu 18.
- 23) Vytáhněte halogenovou lampu ze sítě.
- 24) Vytvořte protokol popisující průběh vašeho měření, který bude obsahovat vámi naměřená data a výpočty. Pro všechny tři průtoky sestrojte graf, který bude znázorňovat závislost teploty na čase a uveďte rovnici přímky ve tvaru $T_i = A_i \cdot t + B_i$ ($i = 1,2,3$).
- 25) Odhadněte účinnost solárního kolektoru pro všechny tři průtoky ze vztahu 5) a za veličinu $\frac{\Delta T}{t}$ dosad'te hodnotu A_i odvozenou z rovnice přímky.
- 26) Na závěr shrňte výsledky svého snažení a diskutujte možné chyby měření.

Tabulka 1: Tabulka pro zapisování naměřených hodnot v expanzní nádobě

	Rychlost cirkulace		
	Pomalá	Střední	Vysoká
Čas	Teplota v expanzní nádobě		
t (min)	T_{V1} (°C)	T_{V2} (°C)	T_{V3} (°C)
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Tabulka 2: Hodnoty teplot na teploměrech T_1 a T_2 v čase

	Rychlost cirkulace								
	Pomalá			Střední			Rychlá		
Čas	Teploty		Rozdíl	Teploty		Rozdíl	Teploty		Rozdíl
t (min)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	ΔT _P	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	ΔT _S	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	ΔT _R
2									
4									
6									
8									
10									
průměrná hodnota									