

Absorbce světla a generace tepla

Absorpce je způsobena interakcí světla s částicemi hmoty (elektrony a jádry)

Je-li energie částice před interakcí W_1 , po absorpci fotonu je energie $W_1 + h\nu$

- interakce s mřížkou – **nízkoenergetické fotony, následkem je zvýšení teploty**
- interakce s volnými elektrony – **zvýšení teploty**
- interakce s vázanými elektrony - **může dojít k uvolnění elektronu z vazby, vznik volných nosičů náboje**

Při rekombinaci je většina energie rozptýlena ve formě zvýšení kinetické energie atomů => **zvýšení teploty**

Absorbovaný výkon (pokud je tloušťka materiálu větší než tři absorpční délky)

$$P = (1 - \mathcal{R})\Phi_{in} = a_s \Phi_{in}$$

\mathcal{R} je odrazivost povrchu

a_s je absorpivita povrchu

Povrch absorbujícího materiálu se se ohřívá, vzniká rozdíl teplot mezi povrchem absorbujícího tělesa a okolním prostředím

Pokud zároveň dochází k ohřevu tělesa s měrným teplem materiálu c o objemu V a hustotě ρ_m

tepelná kapacita C_{th}

$$P = \rho_m c V \frac{dT}{dt} = C_{th} \frac{dT}{dt}$$

Dochází k přenosu tepla vlivem gradientu teploty

vedením uvnitř tělesa

rozptýlením do okolí

- přestupem tepla

- vyzářením

Přenos tepla vedením

$$\frac{P}{S} = \kappa \text{ grad}T \qquad \frac{P}{S} = \kappa \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

κ je tepelná vodivost

Přestup tepla (konvekce)

$$\frac{P}{S} = h\Delta T$$

h je koeficient přestupu tepla

Přestup tepla zářením

$$\frac{P}{S} = 5.67 \varepsilon_k \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

ε_k je emisivita povrchu

T_a je teplota okolí

$$\frac{P}{S} = 5.67 \left[\varepsilon_k \left(\frac{T}{100} \right)^4 - \varepsilon_{ka} \left(\frac{T_a}{100} \right)^4 \right]$$

U materiálů pro solární kolektory je vyžadována vysoká absorpivita a nízká emisivita

Zároveň je vyžadována vysoká tepelná vodivost

Pro kolektory s vysokou účinností se používá Cu a Al, u kterých je možné dosáhnout vysoké absorpivity a nízké emisivity pokrytím oxidy

Absorber	Sample	α_s	ϵ_T	Surface roughness, [nm]
Al/Al₂O₃/NiO/TiO₂ (1)	Al/Al ₂ O ₃	0.94	0.12	330.4
	Al/Al ₂ O ₃ /NiO	0.92	0.09	28.5
	Al/Al ₂ O ₃ /NiO/TiO ₂	0.92	0.08	3.6
Cu/CuO_x/NiO/TiO₂ (2)	Cu/CuO _x	0.94	0.08	303.5
	Cu/CuO _x /NiO	0.96	0.06	8.8
	Cu/CuO _x /NiO/TiO ₂	0.95	0.05	1.9

Získané teplo je možno využít:

- **příprava teplé vody**

 - užitková teplá voda

 - teplovodní vytápění budov

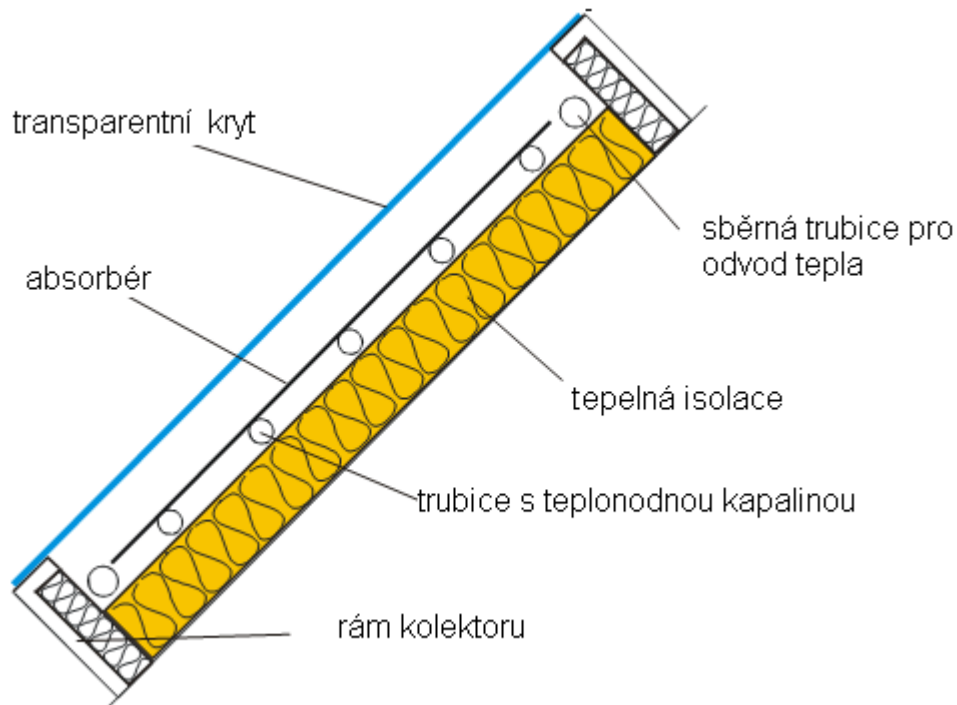
- **ohřev vzduchu**

 - vytápění budov

- **chlazení budov (klimatizace)**

- **výroba páry (návazně výroba elektrické energie)**

Ohřev vody pomocí slunečního kolektoru



Aluminium roll volume absorber



Aluminium with pressed in copper tube



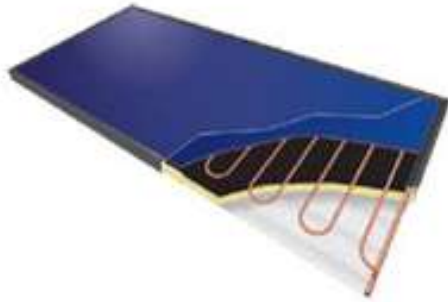
Between 2 sheet metals pressed in tubing system



On sheet metal soldered tubing system

$$\frac{P}{S} = 5.67 \left[\varepsilon_k \left(\frac{T}{100} \right)^4 - \varepsilon_{ka} \left(\frac{T_a}{100} \right)^4 \right]$$

Uspořádání absorberu



absorbér s hadovou trubicí

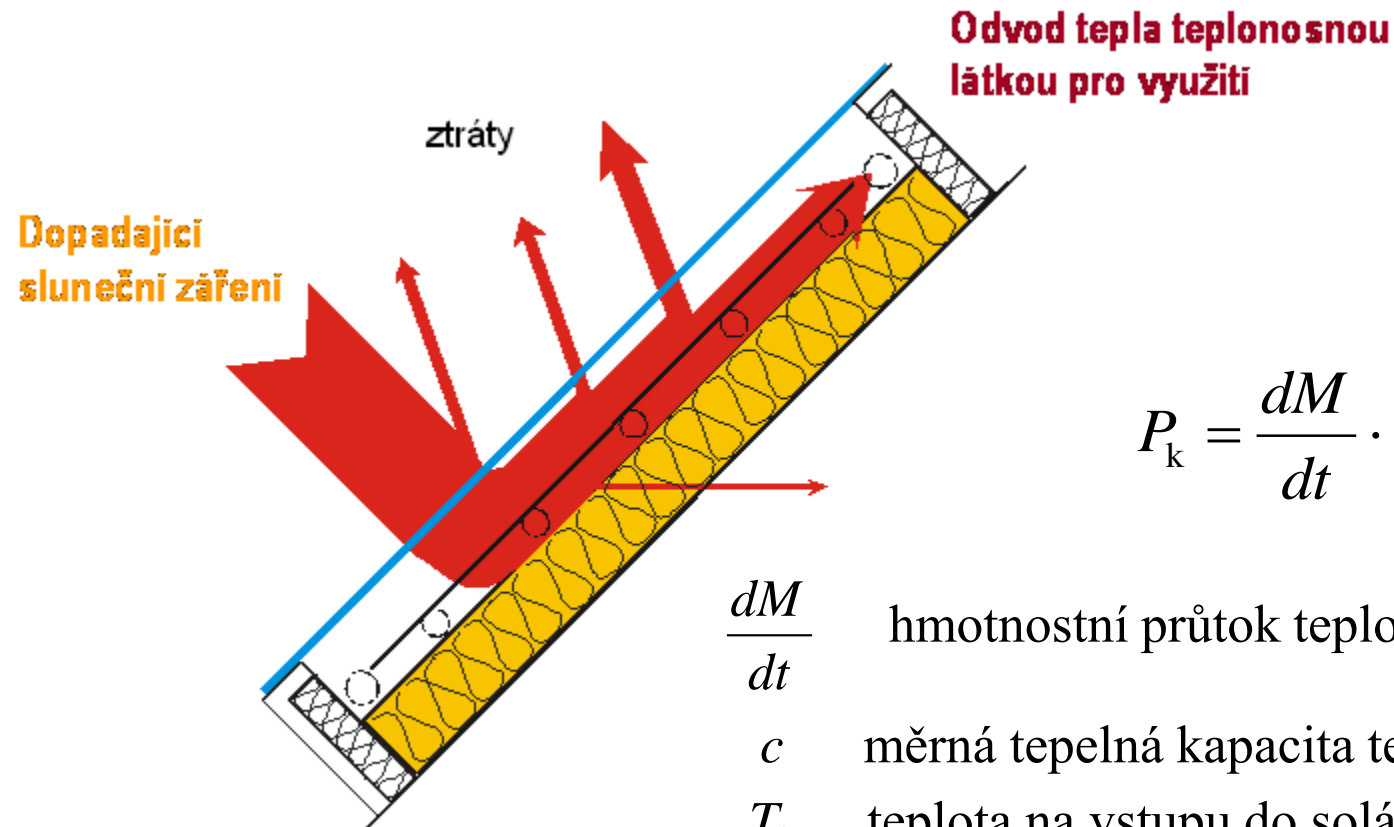


plochý nekrytý absorbér
– bazénový typ



absorbéry s přímým potrubím

Tepelný výkon slunečního kolektoru



$$P_k = \frac{dM}{dt} \cdot c \cdot (T_{k2} - T_{k1})$$

$\frac{dM}{dt}$ hmotnostní průtok teplonosné kapaliny

c měrná tepelná kapacita teplonosné kapaliny

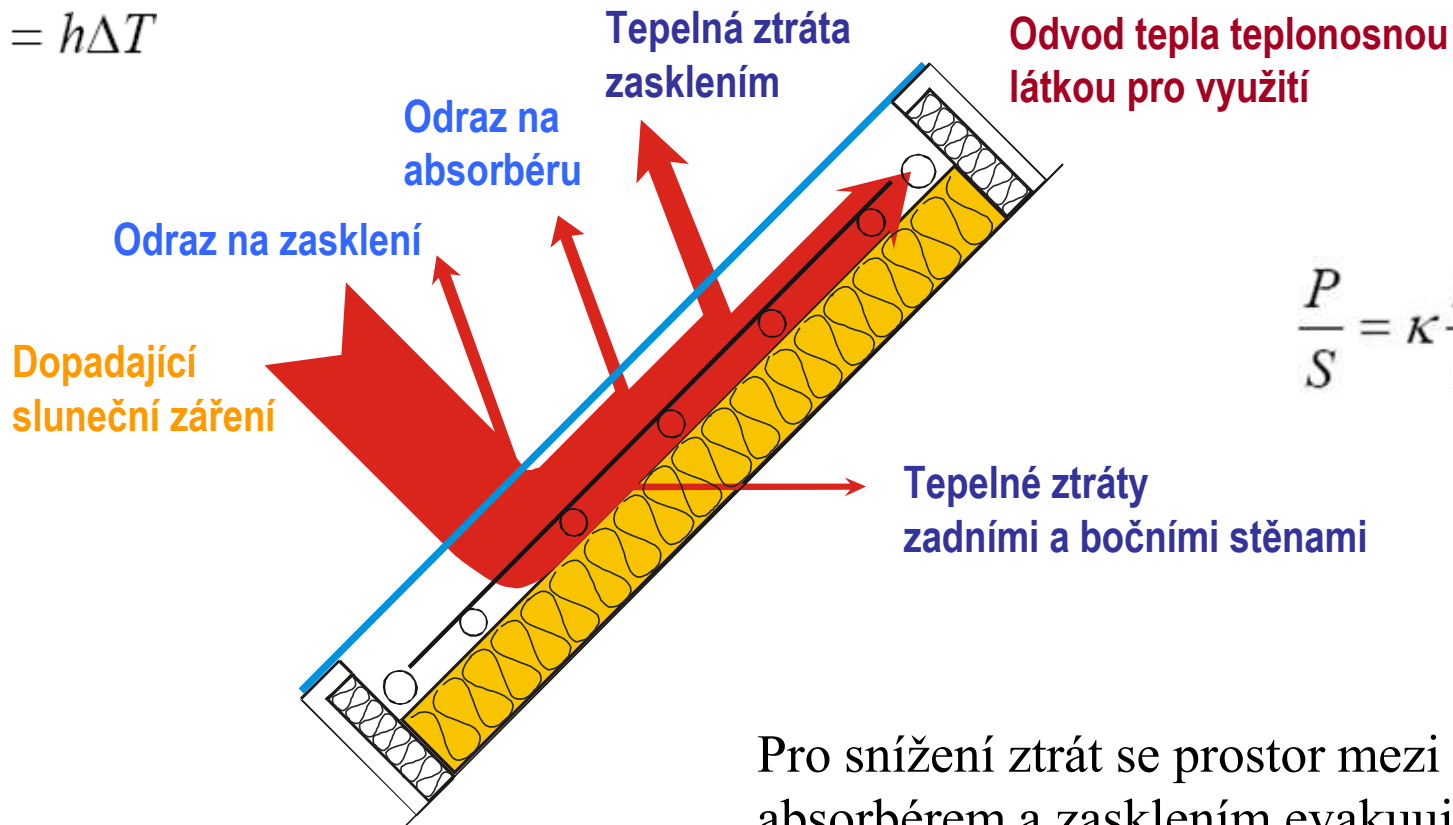
T_{k1} teplota na vstupu do solárního kolektoru

T_{k2} teplota na výstupu ze solárního kolektoru

Tepelné ztráty solárního kolektoru

$$\frac{P}{S} = 5.67 \left[\varepsilon_k \left(\frac{T}{100} \right)^4 - \varepsilon_{ka} \left(\frac{T_a}{100} \right)^4 \right]$$

$$\frac{P}{S} = h\Delta T$$



$$\frac{P}{S} = \kappa \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Pro snížení ztrát se prostor mezi absorběrem a zasklením evakuuje

vakuové kolektory

Vakuové kolektory

Plochý vakuový kolektor



Trubkový jednotěnný
vakuový kolektor



Trubkový dvojstěnný (Sydney)
vakuový kolektor

Účinnost kolektoru

$$\eta = \frac{P_k}{G \cdot A_k}$$

G je sluneční ozáření, A_k je plocha kolektoru (apertura)

Závislost účinnosti na provozních podmínkách

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{T_m - T_a}{G} - a_2 \frac{(T_m - T_a)^2}{G}$$

η_0 je účinnost solárního kolektoru při nulových tepelných ztrátách kolektoru

T_m střední teplota teplonosné kapaliny

T_a teplota okolí

a_1 lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru

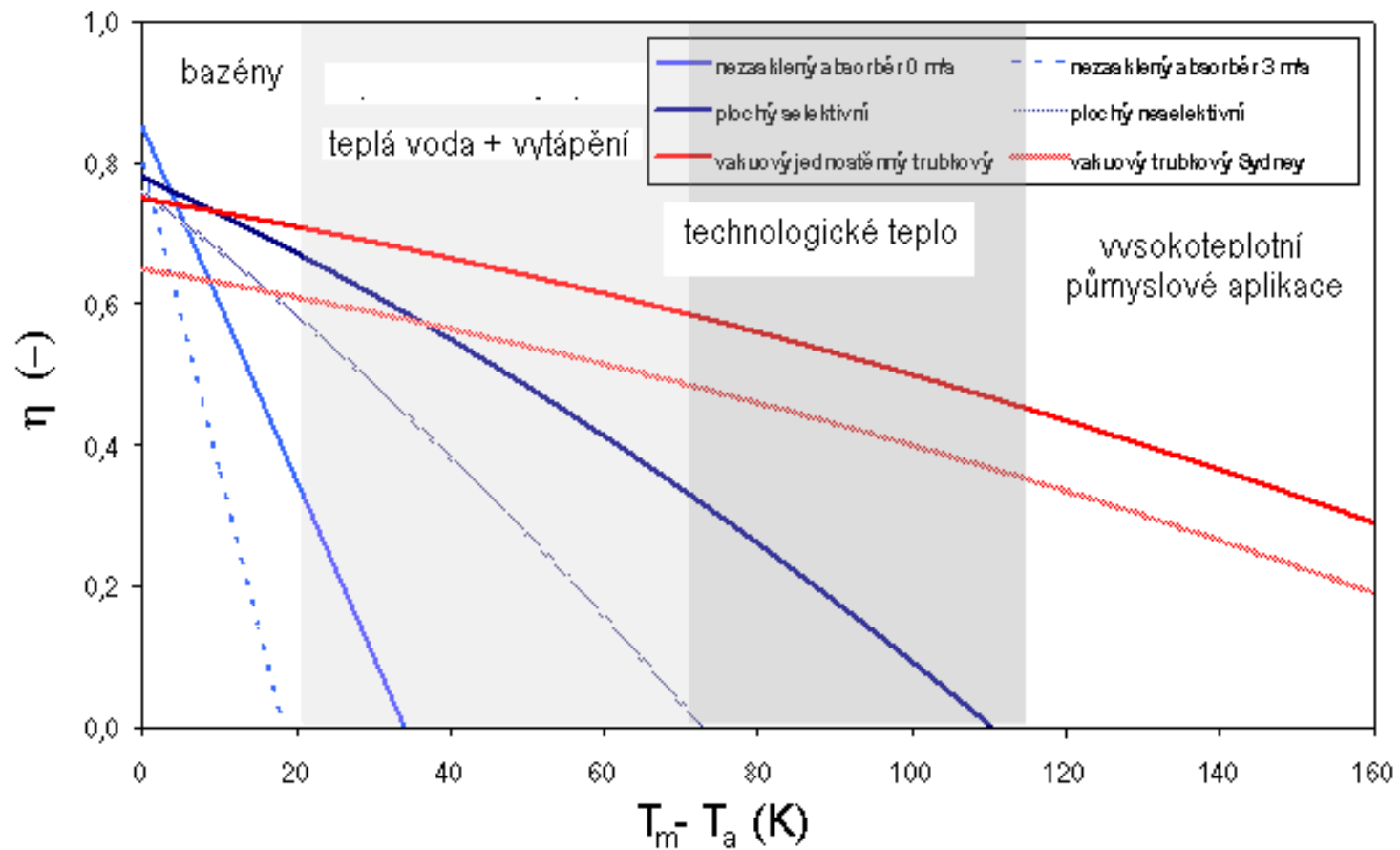
a_2 kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru

účinnost solárního kolektoru může záviset na úhlu dopadu záření.

Tepelný výkon solárního kolektoru lze určit z konstant křivky účinnosti

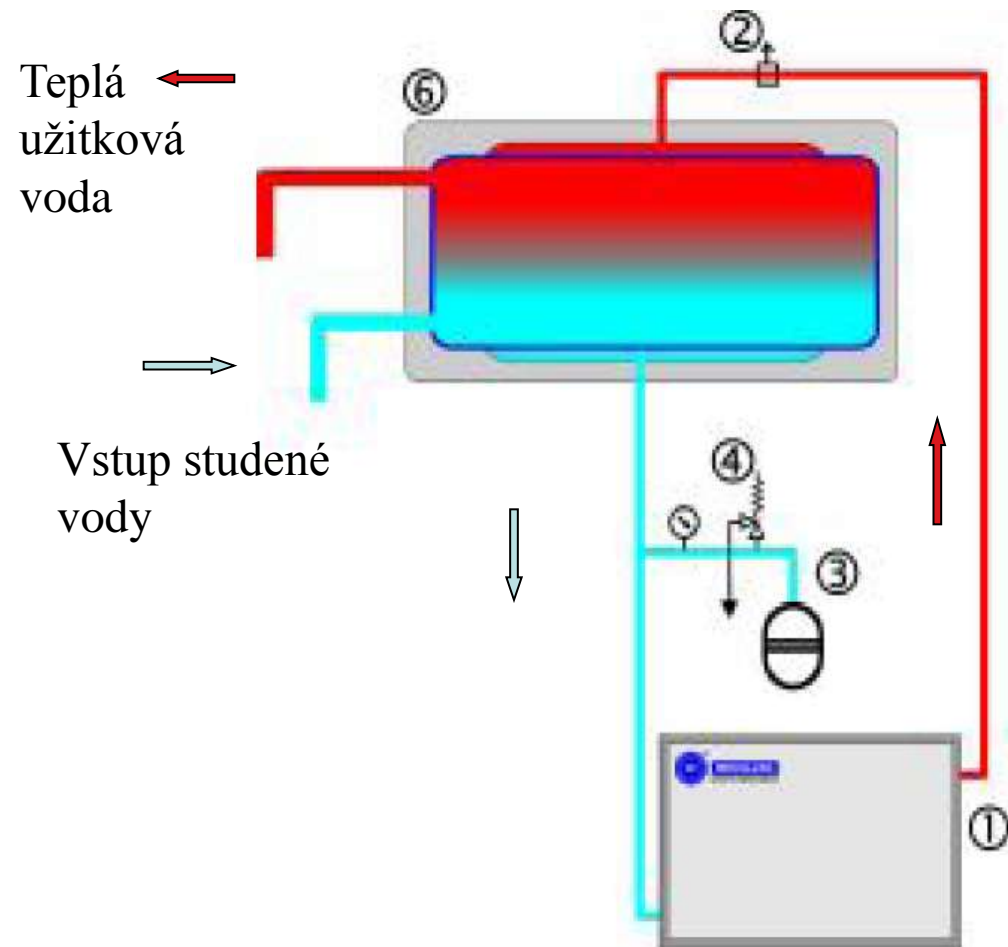
$$P_k = A_k \cdot \left[G \cdot \eta_0 - a_1 \cdot (T_m - T_a) - a_2 \cdot (T_m - T_a)^2 \right]$$

Křivky účinnosti různých druhů solárních kolektorů

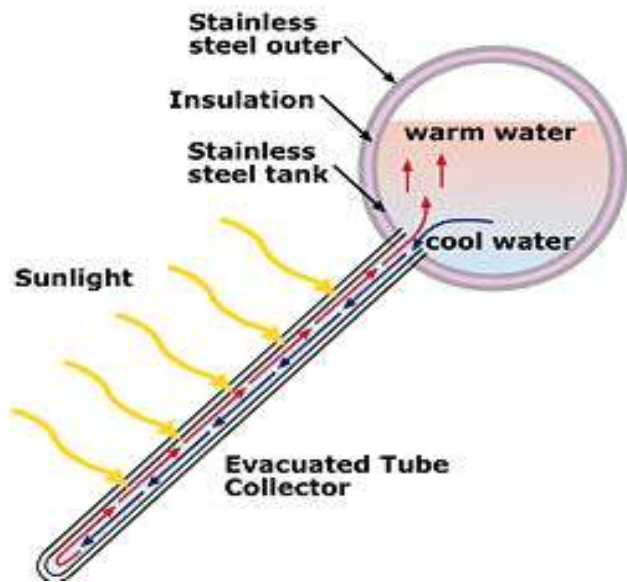


Systemy s jednoduchým výměníkem (termosyfon)

solární zásobníky teplé vody – odběrový okruh (studená a teplá voda) je přímo napojen na solární zásobníky;

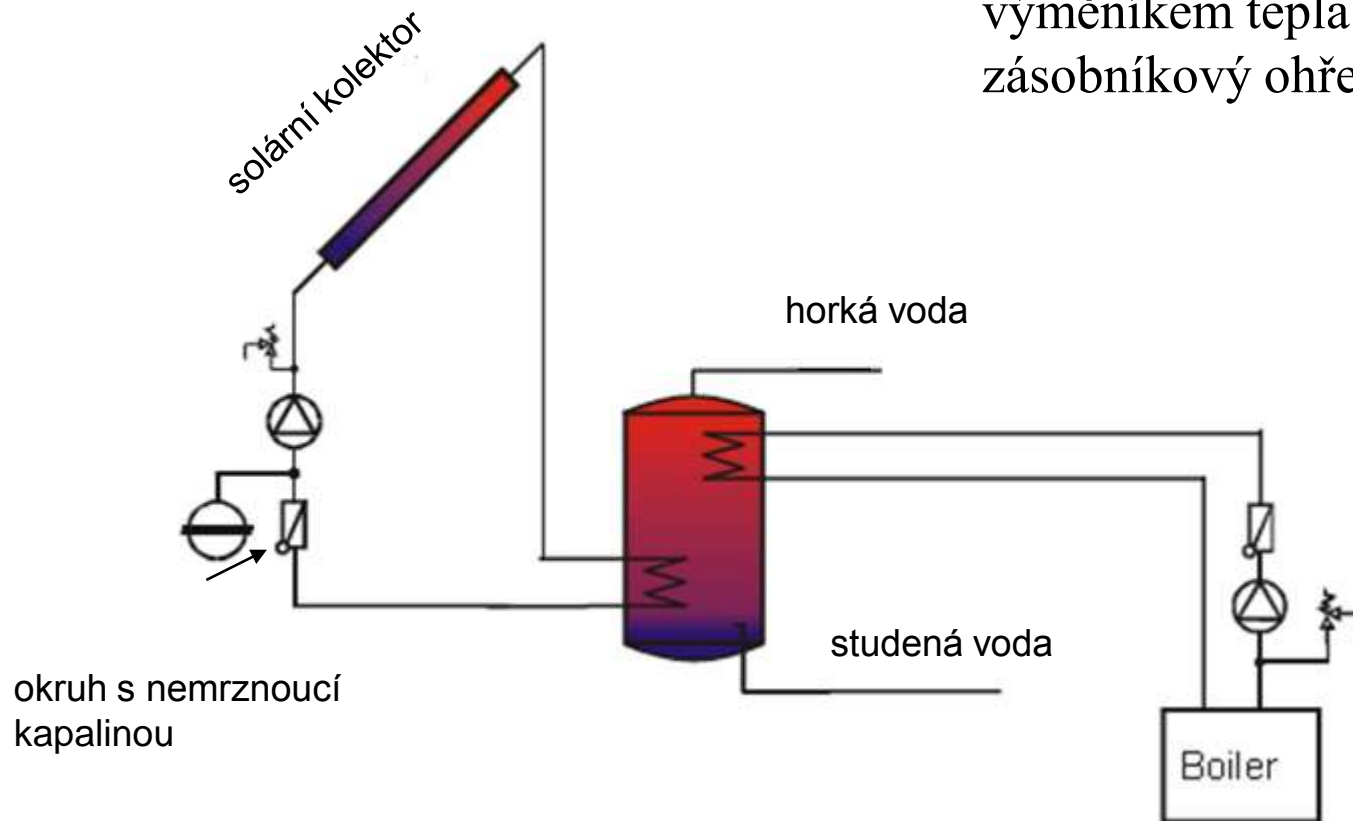




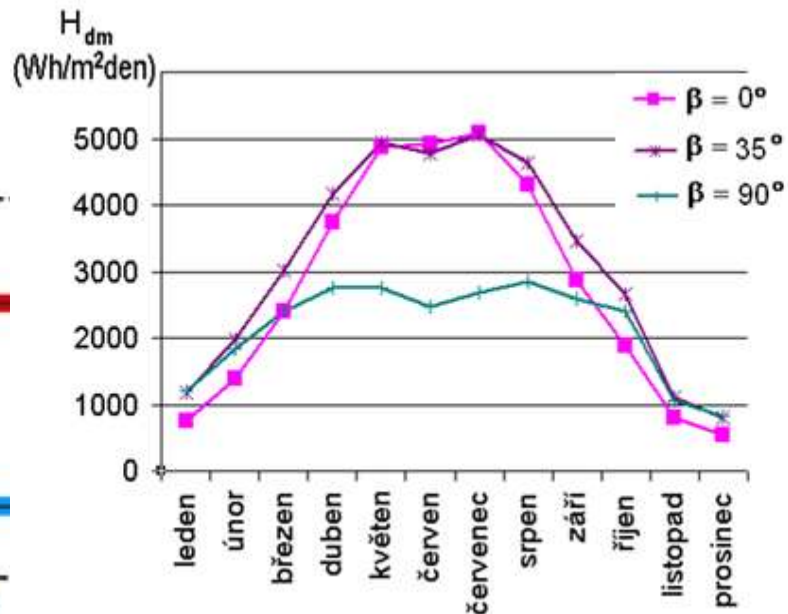
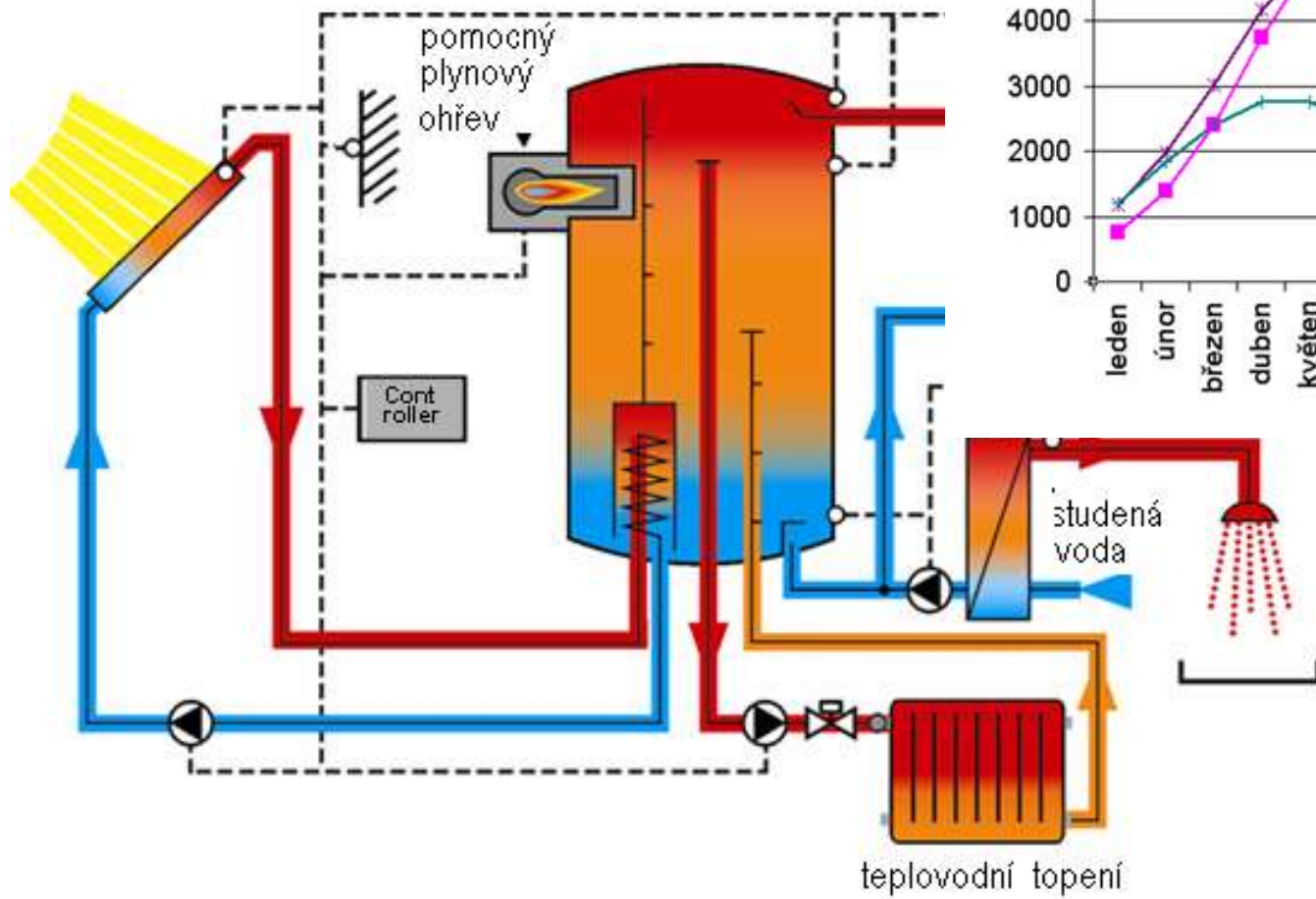


System pro přípravu horké vody

se solárním zásobníkem tepla
– oddělení odběrového okruhu
výměníkem tepla (průtokový,
zásobníkový ohřev vody);



System solárního vytápění (kombinovaný)



Solární systémy

bez akumulace tepla

Solární tepelné zisky se akumulují v objemu rozvodů celé sítě. Plocha solárních kolektorů je navržena na trvalou potřebu tepla sítě CZT a solární pokrytí se pohybuje zhruba do 5 %.

s krátkodobou (denní) akumulací

Nárazníkový akumulátor slouží pro akumulaci nejvýše několikadenních zisků. Plocha solárních kolektorů se navrhuje na krytí letní potřeby tepla na přípravu teplé vody. Návrhové solární pokrytí se pohybuje od 10 do 20 %. Typické dosahované zisky jsou 350 až 500 kWh/(m².rok).

s dlouhodobou (sezónní) akumulací

Velkoobjemové sezónní zásobníky slouží pro akumulaci letních nadbytečných zisků a jejich přenesení do zimního období

vodní zásobníky (v zemi zakopané železobetonové nádrže)

šterko-vodní zásobníky (v mělkých výkopových zásobnících),

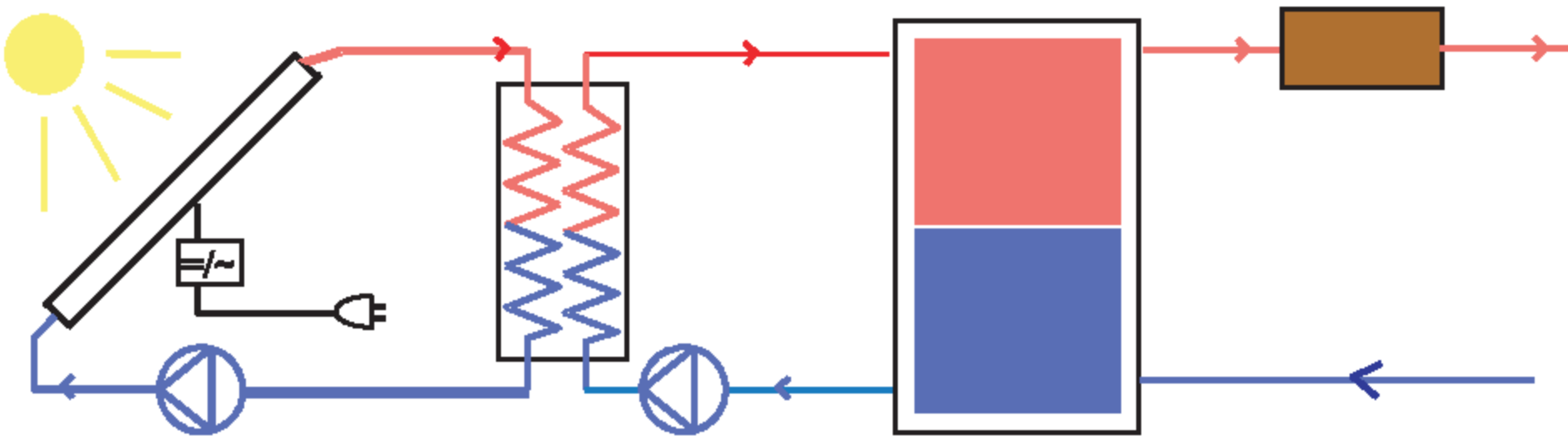
zemní vrty (akumulace v zemském masivu),

aquifery (akumulace v geologicky vhodných zvodněných podzemních vrstvách písku, šterku či pískovce bez proudění spodní vody).



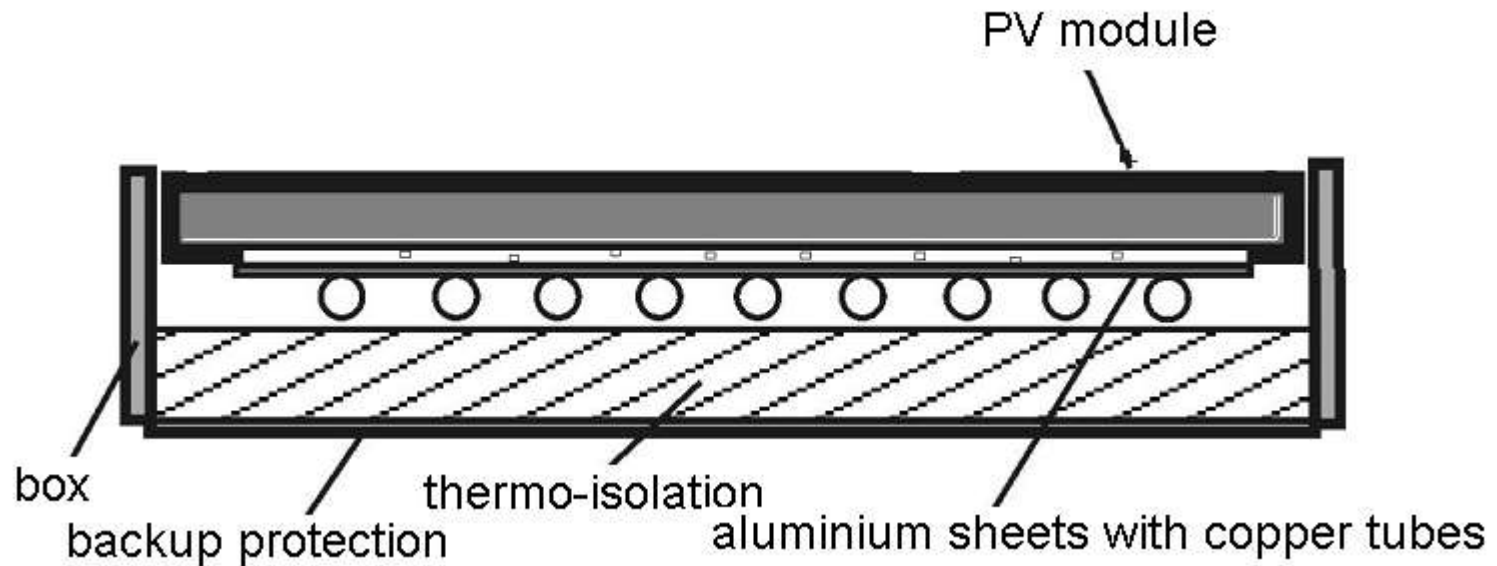
PV-Thermal

Fotovoltaický modul je ochlazován proudícím médiem (kapalina, plyn), které se ohřívá



Vzniká kombinovaný zdroj elektrické energie a tepla.

PV-T modul



PV-T moduly:

- relativně velkou parazitní kapacitu
- relativně nízkou výstupní teplotu teponosného media (vysoká teplota snižuje účinnost fotovoltaických modulů)

alpakot ranch 40kwhd multi solar sys.



Solární soustavy pro průmyslové aplikace

Zhruba třetina spotřeby tepla technologickými procesy v průmyslu se pohybuje v nízkoteplotní úrovni do 100 °C. Jako vhodné technologické aplikace pro využití solárního tepla se jeví zejména:

mytí a čištění – využití v potravinářském a textilním průmyslu, myčky, prádelny s teplotní úrovní 40 až 80 °C, snadná integrace při existenci stávajících vodních zásobníků

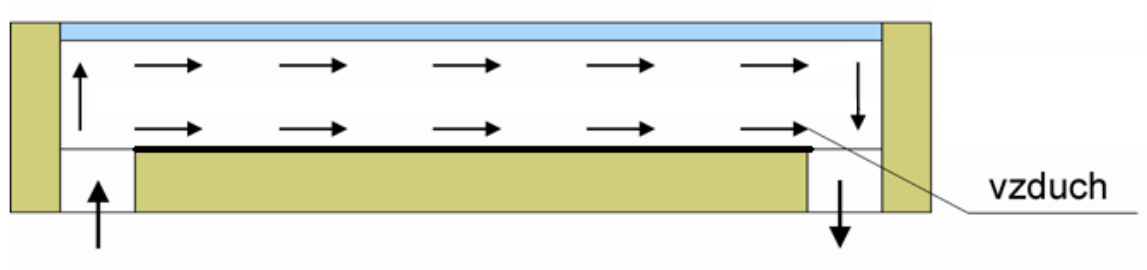
sušení – řada čisticích procesů vyžaduje jako následný krok sušení, teplý vzduch může být ohříván buď přímo sluneční energií nebo ohřátou vodou ve výměnících při teplotní úrovni 30 až 80 °C

pasterizace, sterilizace – využití v potravinářském a biochemickém průmyslu, aplikace vyžadují teploty 80 až 110 °C; akumulací tepla v podlaze.

předehřev doplňovací vody pro produkci páry – nízkoteplotní aplikace, velmi vhodné pro využití solárního tepla, teplotní úroveň 30 až 90 °C;

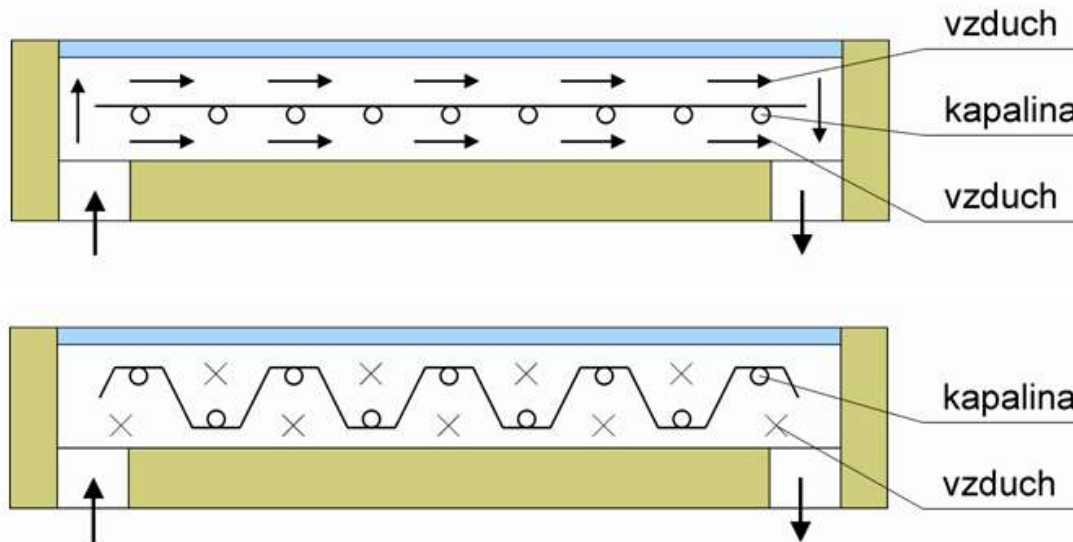
vytápění výrobních hal – vytápění na vnitřní teploty 15 až 18 °C s využitím nízkoteplotních otopných soustav (podlahové vytápění) s akumulací tepla v podlaze.

Kolektory pro ohřev vzduchu



- větrání
- vytápění
- sušení

Hybridní kolektory (kombinace kapalina – vzduch)



Integrace solárního kolektoru jako součást zateplovacího systému

Integrace solárních kolektorů do pláště budovy by měla být uvažována již ve stadiu návrhu budovy a vycházet z architektonického řešení stavby



V případě stávajících budov je vhodné integraci kolektorů spojit s renovací střešní krytiny nebo zateplením fasády