

# SOLÁRNÍ SOUSTAVY A JEJICH ENERGETICKÉ PŘÍNOSY

Ing. Tomáš Matuška, Ph.D.

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní, ČVUT v Praze, tomas.matuska@fs.cvut.cz

*Energetické zisky solárních tepelných soustav jsou závislé nejen na kvalitě použitých komponent (kolektory, zásobníky), ale také na celkovém návrhu plochy solárních kolektorů vzhledem potřebě tepla, která má být kryta.*

## Úvod

V případě zavádění úspor v rodinných a bytových domech je využití sluneční energie pro přípravu teplé vody a vytápění logickým krokem po omezení tepelných ztrát prostupem (zateplování budov, výměna oken) a větráním (využití rekuperace tepla pro bytové větrání), využitím pasivních solárních zisků (zasklení lodží), rekonstrukci otopné soustavy (instalace termostatických ventilů, hydraulické vyvážení rozvodů) a zdroje tepla (rekonstrukce výměníkové stanice, instalace nového zdroje tepla v případě odpojení od CZT).

## Navrhování solárních soustav

Pro využití sluneční energie v zásobování budov teplem se využívají dva základní typy solárních tepelných soustav:

- solární soustavy pro přípravu teplé vody
- kombinované solární soustavy pro přípravu teplé vody a vytápění

Zatímco solární soustavy určené pro přípravu TV mají dobrou využitelnost díky relativně vyrovnanému průběhu spotřeby tepla na přípravu TV během roku, u solárních kombinovaných soustav je celoroční průběh spotřeby tepla značně nevyrovnaný (výrazné rozdíly mezi letním a zimním obdobím) a při návrhu je nutné dbát na využitelnost letních zisků. Předpoklady pro úspěšnou technickou realizaci a ekonomický provoz solárních soustav v obytných budovách tak zahrnují pečlivou analýzu výchozích provozních podmínek (doba provozu, spotřebitelská náročnost, životní styl obyvatel, roční profil spotřeby tepla, atd.), možnosti umístění solárních kolektorů s ohledem na architektonickou koncepci budovy a okolí, a dále prostorových možností a nároků na související technologie (zásobník, rozvody).

Vlastní návrh plochy solárních kolektorů vychází ze stanovené potřeby tepla pro přípravu teplé vody, případně vytápění, včetně souvisejících tepelných ztrát, které mohou být kryty solárními zisky soustavy, a ze zvolených rozhodovacích kritérií a podmínek. Ty mohou být pro obytné budovy různé:

- vysoké využití měrné zisky solární soustavy  $q_{ss,u}$  [kWh/(m<sup>2</sup>.rok)] - snaha o dobré ekonomické parametry solární soustavy
- vysoké nahrazení primárních paliv - snaha o dosažení vysoké úspory vysokým stupněm solárního pokrytí  $f$  [%]
- požadované solární pokrytí  $f$  - např. optimalizace pokrytí v bytových domech s ohledem na zamezení letnímu přehřívání
- omezující podmínky struktury budovy - maximální velikost střechy, možný sklon kolektorů, architektonické souvislosti

Především v rámci rekonstrukcí je nezbytné před vlastním návrhem a instalací solární soustavy provést nejprve úsporná opatření, pokud v minulosti nebyla učiněna. Omezení spotřeby tepla vede ke:

- snížení nároků na investiční náklady solární soustavy (kolektor, zásobník);

- omezení provozních problémů způsobených předimenzováním v případě nasazení úsporných opatření v budoucnosti;
- snižuje riziko neekonomicky předimenzované plochy kolektorů, případně velikosti zásobníku, nízkých měrných zisků solární soustavy.

Na základě parametrů solárních kolektorů (křivka účinnosti kolektoru, případně vliv úhlu dopadu na vlastní účinnost solárního kolektoru) a stanovení tepelných ztrát solárního zásobníku tepla a rozvodů solární soustavy lze stanovit teoreticky využitelné zisky (disponibilní zisky) solárních kolektorů. Porovnáním disponibilních zisků a celkové nebo částečné potřeby tepla, kterou mají krýt, se stanoví potřebná plocha solárních kolektorů. Navrhování a bilancování solárních soustav často splývá díky více či méně pokročilým výpočetním nástrojům používaným již ve fázi návrhu. Zvláště u velkých instalací, kde každé procento účinnosti či solárního podílu znamená velké ztráty nebo zisky energie, by neměla chybět optimalizace soustavy z hlediska požadavků investora.

### Solární soustavy pro přípravu TV

Využití sluneční energie pro přípravu teplé vody v obytných budovách má vysoký potenciál vzhledem k relativně rovnoměrnému průběhu potřeby teplé vody během roku a možnosti dosažení dobrých ekonomických parametrů. Aby byla instalace solární soustavy pro přípravu teplé vody efektivní, je nutné ještě před vlastním návrhem solární soustavy v první řadě omezit spotřebu teplé vody a tepla na její přípravu úspornými opatřeními, např.:

- úspornými výtokovými armaturami;
- minimalizací délky rozvodů teplé vody;
- omezením tepelných ztrát rozvodů teplé vody a cirkulace;
- omezení běhu cirkulace na nezbytně nutnou dobu, případně využití řízení cirkulace na základě teplotních čidel;
- u dlouhých a rozvětvených tras rozvodů teplé vody a cirkulace je nutné jejich hydraulické vyvážení, aj.

Celková potřeba tepla na přípravu teplé vody  $Q_{p,TV}$  se stanovuje buď na základě dlouhodobě měřených hodnot spotřeby tepla nebo teplé vody (doporučeno u rekonstrukcí) nebo výpočtem jako potřeba tepla na ohřev vody včetně zahrnutí tepelných ztrát vlastní soustavy přípravy teplé vody (související pouze s přípravou TV). V tab. 1 jsou uvedeny typické hodnoty spotřeby teplé vody v obytných budovách.

| Typ budovy    | Typ spotřeby           | m.j. | $V_{TV,mj,den}$<br>[l/mj.den] |
|---------------|------------------------|------|-------------------------------|
| Obytné budovy | Nízký standard         | os   | 10 - 20                       |
|               | Střední standard       | os   | 20 - 40                       |
|               | Vysoký standard        | os   | 40 - 80                       |
|               | Nízké (letní) vytížení |      | $0,75 \times V_{TV}$          |

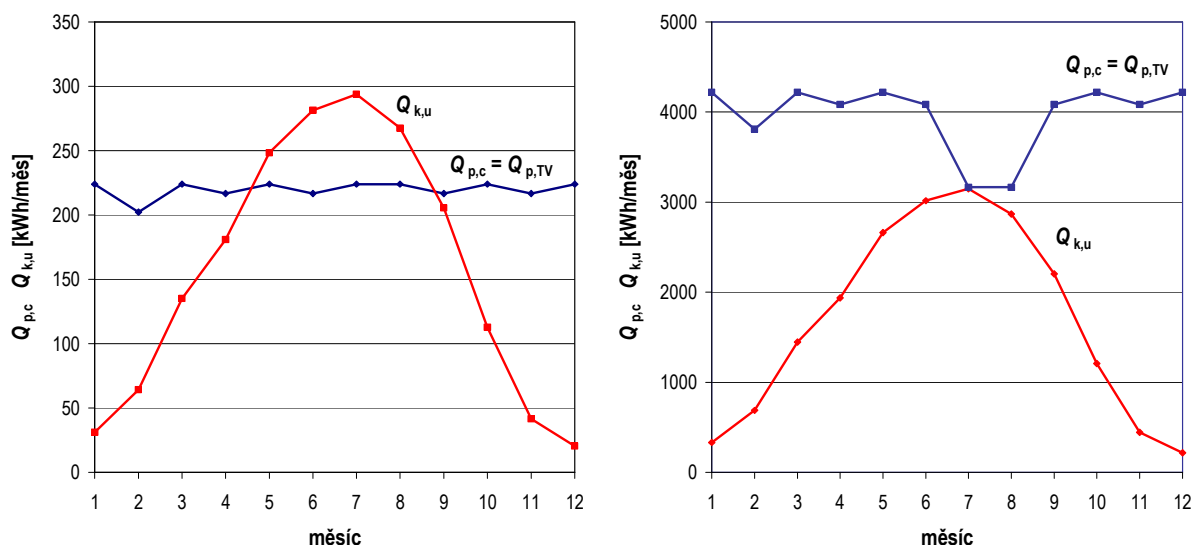
Tab.1 Typické spotřeby teplé vody pro teplotní hladinu 60 / 15 °C [2]

Solární soustavy pro celoroční přípravu teplé vody v **rodinných domech** se běžně navrhují tak, aby v okrajových měsících letního období (duben, září; viz obr. 1, vlevo) dokázaly pokrýt potřebu tepla na přípravu teplé vody. Při volbě větší kolektorové plochy než je výpočet (vyšší roční pokrytí) je pak vhodné zajistit smysluplné využití letních přebytků, které může ekonomicky zvýhodnit instalaci solární soustavy:

- ohřev bazénové vody,
- sušení palivového dřeva,
- sušení zahradních rostlin či plodin,

jinak jsou disponibilní solární zisky mařeny (stagnace, var teplotnosné kapaliny, atd.).

Návrh zajišťuje solární pokrytí přípravy teplé vody zhruba ze 60 %. V provozu to znamená téměř plné pokrytí spotřeby tepla v letním období solární soustavou. Objem solárního zásobníku se pro rodinné domy navrhuje zhruba 1,5 až 2x větší než je denní potřeba teplé vody.



Obr. 1 Grafy návrhu solární soustavy pro přípravu TV pro rodinný dům a pro bytový dům

U návrhu solárních soustav pro přípravu teplé vody v **bytových domech** je zásadní omezující podmínkou skutečnost, že bytové domy nemají k dispozici v letním období žádný „spotřebič tepla“ pro využití letních přebytků. Dimenzování solární soustavy je tak omezeno plochou kolektorů pro krytí letní potřeby teplé vody. Předimenzované solární soustavy pro bytové domy mohou vést k provozním problémům spojeným v letním období se stagnací (var teplonosné kapaliny ve velkém poli kolektorů, pronikání značného množství přehřáté páry do rozvodů, nebezpečí poškození i prvků vzdálených od kolektorového pole) a ke snížení měrných ročních využitých tepelných zisků solární soustavy  $q_{ss,u}$ , které jsou u bytových domů více zohledňovány z důvodu sledování ekonomických parametrů instalace. Solární soustavy pro přípravu teplé vody v bytových domech se proto navrhuje pro krytí potřeby tepla v měsíci červenci (viz obr. 1, vpravo). Návrh zajišťuje minimalizaci letních nevyužitelných přebytků energie a celoroční solární pokrytí potřeby tepla na přípravu teplé vody do 45 %. Solární zásobník teplé vody se navrhuje přibližně stejně velký jako denní potřeba teplé vody.

### Kombinované solární soustavy pro přípravu TV a vytápění

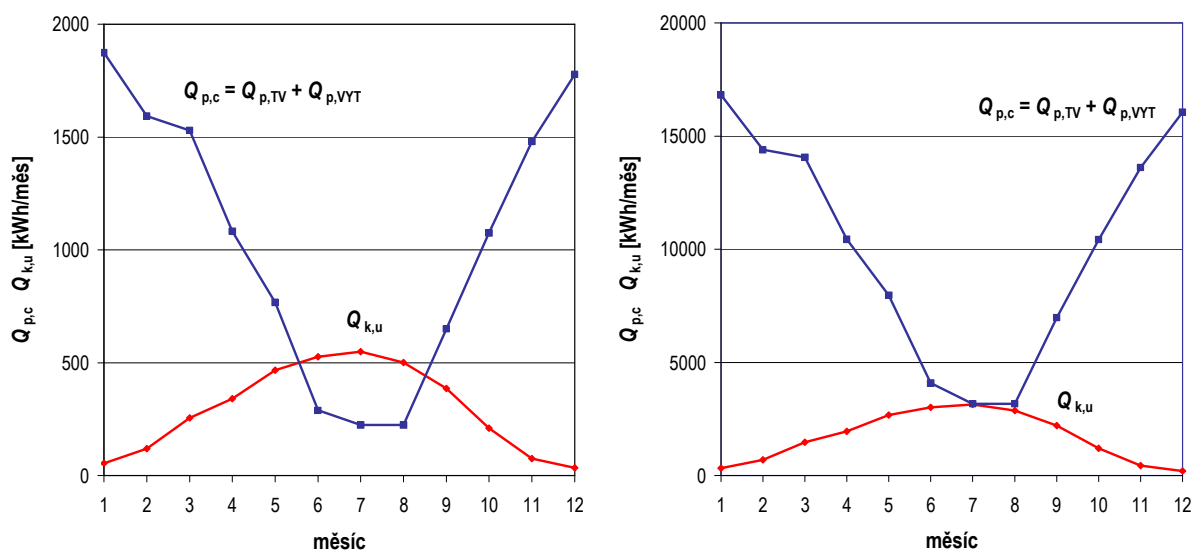
Pro navrhování a bilancování kombinovaných solárních soustav pro přípravu teplé vody a vytápění se kromě celkové potřeby tepla na přípravu teplé vody stanoví potřeba tepla na vytápění  $Q_{p,VYT}$  v jednotlivých měsících. Podobně jako u přípravy teplé vody platí, že základním předpokladem realizace solárních kombinovaných soustav je nízká potřeba tepla na vytápění (nízkoenergetické domy, pasivní domy, nízkoteplotní otopné soustavy), tedy provedení úsporných opatření (zateplení, výměna oken, mechanické větrání se zpětným získáváním tepla) před návrhem a realizací solární soustavy.

Potřeba tepla na vytápění budov se časově rozchází se špičkami dostupných solárních zisků. V otopném období se proto dosáhne vždy jen částečného pokrytí, zpravidla ekonomicky přijatelné jsou hodnoty mezi 10 a 30 % roční potřeby tepla pro přípravu teplé vody a vytápění. Tato hodnota pokrytí ovlivňuje dimenzování zařízení a musí být jasně stanovena.

Solární kombinované soustavy pro přípravu teplé vody a vytápění v **rodinných domech** se navrhuje na pokrytí celkové nebo částečné potřeby tepla v okrajových měsících otopného období (květen, září; viz obr. 2, vlevo), kdy tepelná ztráta domu je již relativně nízká, a slunečního záření je dostatek. U solárních kombinovaných soustav je nutné uvažovat o

využití letních přebytků tepla (zpravidla předimenzovaná soustava vůči letní potřebě teplé vody), případně jakým způsobem zamezit stagnačním podmínkám v soustavě (maření zisků, vývin páry v kolektorech). Solární kolektory pro kombinované soustavy přípravy TV a vytápění je vhodné instalovat s vyšším sklonem (60 až 75°), případně je integrovat do fasády objektu (90°). Takové řešení vede k rovnoměrnému profilu tepelných zisků, letní přebytečné a nevyužitelné zisky klesají a zimní zisky mírně narostou (vlivem příznivějšího úhlu dopadu slunečních paprsků, vlivem odrazivosti sněhové pokrývky).

Solární kombinované soustavy pro přípravu teplé vody a vytápění v **bytových domech** se s ohledem na potenciální problémy se stagnací a vývinem významného množství páry navrhují podobně jako soustavy pro samotnou přípravu TV (viz obr. 2, vpravo). Potom nevznikají v letním období přebytky tepelné energie a soustava může pracovat efektivně díky nízkým teplotám otopné vody v energeticky úsporné budově. U kombinovaných solárních soustav se společným zásobníkem tepla nelze bez použití odděleného měření výpočtově stanovit jaká část solárních zisků se využije pro přípravu teplé vody a jaká pro vytápění.



Obr. 2 Grafy návrhu solární kombinované soustavy pro rodinný dům a pro bytový dům

### Energetické hodnocení solárních soustav

Pro hodnocení solárních tepelných soustav se využívá několika parametrů. Základními vyhodnocovanými parametry jsou měrné tepelné zisky  $q_{ss,u}$  a solární pokrytí  $f$ . Podružnými jsou celková účinnost solární soustavy  $\eta_{ss}$  a spotřeba pomocné elektrické energie  $Q_{el}$  pro její pohon. Parametry slouží jako podklad k energetickému (úspora energie), ekologickému (úspora emisí) a ekonomickému (návrh) hodnocení.

Měrné tepelné zisky solární soustavy  $q_{ss,u}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·rok)] jsou celkové **skutečně využité** tepelné zisky solární soustavy  $Q_{ss,u}$  [kWh/rok] pro danou aplikaci vztažené k instalované účinné ploše kolektorů  $A_k$  [m<sup>2</sup>] (ploše apertury  $A_a$ ). Měrné zisky jsou ve své podstatě ekonomickým parametrem, který ukazuje dosaženou úsporu tepla instalace na 1 m<sup>2</sup> instalované plochy kolektorů, od které se zároveň odvíjí investiční náklady na pořízení solárních soustav.

Poznámka: Velikost a tedy cena prvků solárních soustav souvisí s velikostí instalované plochy solárních kolektorů: zásobník tepla (od potřeby tepla, na kterou je navržena plocha kolektorů), výměník tepla (přenáší výkon kolektorů, daný jejich plochou), světlost (dimenze) potrubí (průtok kolektory je daný jejich výkonem a tedy plochou), tepelná izolace potrubí (tloušťka je dána světlostí potrubí), oběhové čerpadlo (průtok, tlaková ztráta související se světlostí potrubí), expanzní nádoba (odvíjí se od světlosti potrubí a počtu instalovaných kolektorů).

Využití solární zisky nejsou závislé pouze na kvalitě navržených komponent (kolektor, zásobník) [3,4], ale především na návrhu plochy solárních kolektorů vzhledem k potřebě

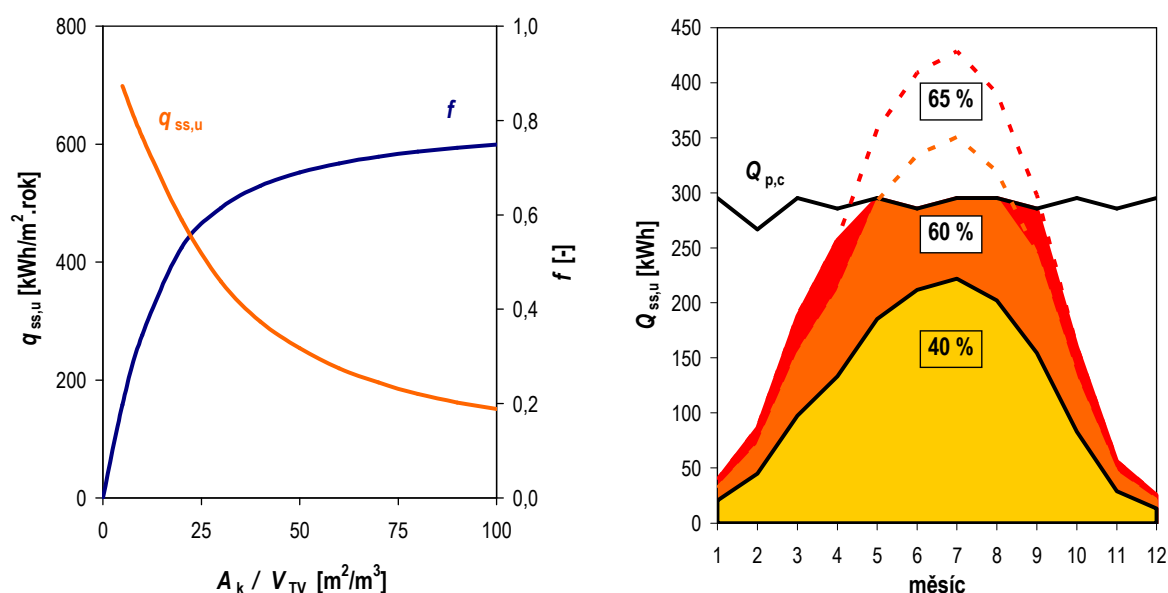
tepla (využitelnosti), resp. na požadovaném pokrytí potřeby tepla, dále na tepelných ztrátách soustavy (potrubí, solární zásobník) a na orientaci a sklonu solárních kolektorů [5].

Solární pokrytí  $f$  [%] (měsíční, roční) je obecně poměr mezi celkovými využitými zisky solární soustavy  $Q_{ss,u}$  a celkovou potřebou tepla (včetně ztrát) dané aplikace  $Q_{p,c}$

$$f = \frac{Q_{ss,u}}{Q_{p,c}} = \frac{Q_{p,c} - Q_d}{Q_{p,c}} = 1 - \frac{Q_d}{Q_{p,c}} = \frac{Q_{ss,u}}{Q_{ss,u} + Q_d}$$

Při výpočtovém hodnocení se dodatková energie  $Q_d$  stanoví jako rozdíl mezi předpokládanou potřebou tepla a využitými tepelnými zisky solární soustavy v dané aplikaci. Při provozním měření a hodnocení solárních soustav se dodatková energie měří, neboť skutečná spotřeba tepla není známá. Stanovit celkovou potřebu tepla dané aplikace  $Q_{p,c}$  provozním měřením je nerealizovatelné vzhledem k praktické nemožnosti stanovit tepelné ztráty aplikace měřením.

Souvislost mezi měrnými solárními zisky a solárním pokrytím potřeby tepla lze ilustrovat na jednoduchém příkladě solární soustavy pro přípravu teplé vody. V grafu na obr. 3 (vlevo) je pro případ solární soustavy pro přípravu teplé vody uvedena křivka solárního podílu  $f$  a křivka využitých ročních měrných zisků  $q_{ss,u}$  v závislosti na poměru mezi plochou kolektoru  $A_k$  [m<sup>2</sup>] a denní potřebou teplé vody  $V_{TV}$  [m<sup>3</sup>]. Z grafu je patrná obecná zákonitost, že solární podíl roste s instalovanou plochou kolektorů, nicméně od určité hodnoty (okolo 60 %) je nárůst již velmi pozvolný. S rostoucím solárním pokrytím na druhé straně klesají měrné solární zisky z kolektorů, vzhledem k tomu, že nárůst pokrytí je doprovázen jednak zvýšením průměrné provozní teploty v solární soustavě a poklesem průměrné účinnosti kolektoru a dále snížením využitelnosti solárních zisků v letním období (viz obr. 3, vpravo).



Obr. 3 Souvislost mezi instalovanou plochou solárních kolektorů, solárním podílem a měrnými využitými zisky solární soustavy pro přípravu teplé vody (orientační příklad)

Na základě grafů na obr. 3 je možné ukázat vliv dimenzování solární soustavy na její energetické parametry. Pro základní případ je uvažována soustava s instalovanou plochou cca 2,5 m<sup>2</sup> / 100 l připravované teplé vody. Taková soustava dosáhne v optimálním případě 60% pokrytí s odpovídajícími měrnými solárními zisky okolo 400 kWh/(m<sup>2</sup>.rok). Snížením instalované plochy kolektorů na polovinu se solární pokrytí sníží na 40 %, nicméně měrné zisky vzrostou až na 570 kWh/(m<sup>2</sup>.rok). Zvýšením instalované plochy solárních kolektorů o polovinu se solární podíl zvýší oproti referenčnímu případu pouze o 5 %, neboť výrazně narostou především letní nevyužitelné přebytky energie (viz obr. 3, vpravo). Na druhé straně značně poklesnou měrné využitelné tepelné zisky solární soustavy na neekonomickou hodnotu 300 kWh/(m<sup>2</sup>.rok). V zásadě tedy platí, že pro běžné aplikace bez výrazných

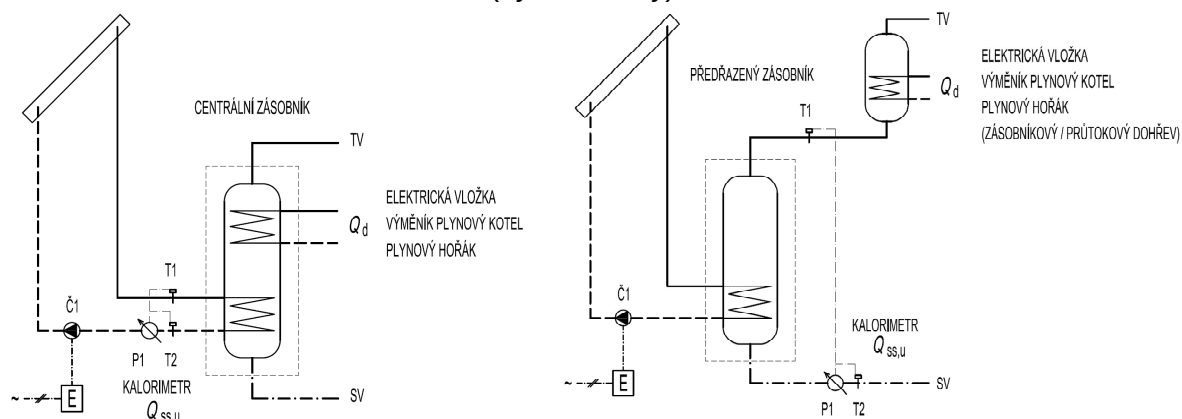
spotřebičů letních přebytků energie z kolektorů jsou solární pokrytí a měrné tepelné zisky solární soustavy v protikladu.

### Provozní měření

Nejvhodněji se solární zisky a skutečná provozní úspora stanoví vhodným provozním měřením (monitoringem). Na provozním měření a vyhodnocování je například založen koncept garantovaných solárních zisků [6], vyvinutý ve Francii pro solární soustavy pro přípravu teplé vody, kdy se ve stanovené době (4 roky) měřením ověřuje zda solární soustava vykazuje tepelné zisky smluvně garantované dodavatelem. Pokud ani po uplynutí dané doby dodavatel nedokáže soustavu opravit a zisky zajistit, je smluvně zavázán nedodané zisky kompenzovat.

U malých solárních soustav pro rodinné domy s kompaktními zásobníky a vestavěným zdrojem tepla je problematické vyhodnotit skutečné solární zisky soustavy. Zpravidla se měří na primárním okruhu před výměníkem tepla vnořeným do zásobníku a tepelné ztráty vlastního zásobníku (nebo alespoň jejich část odpovídající solární soustavě) nejsou při měření zohledněny.

U solárních soustav se samostatným solárním zásobníkem (bez dodatkového zdroje tepla) předřazeným dané aplikaci (příprava teplé vody, otopná soustava) je možné stanovit solární tepelné zisky na příslušných odběrech tepla ze zásobníku. Taková možnost je častější především u větších solárních soustav (bytové domy).



Obr. 4 – Měření solární soustavy s centrálním zásobníkem a předřazeným zásobníkem

### Výpočtové hodnocení

Výpočet energetických přínosů solárních soustav může být zpracován v různém stupni podrobnosti a přiblížení realitě. K dispozici jsou výpočtové nástroje od velmi jednoduchých na základě měsíční bilance podle TNI 73 0302 [7] převedené do výpočetní tabulky BalanceSS\_5.0 [8], přes denní bilanční metodu [9] či hodinových bilančních výpočtů v programu PROVOZ\_SK\_2.0 [10] až po pokročilé simulační programy typu Polysun [11] nebo T\*Sol [12], které už začínají být u pokročilých projektantů standardem.

Výpočtový postup podle TNI 73 0302 je fyzikálně podložený, nicméně je do značné míry zjednodušený, především započtením tepelných ztrát paušální srážkou ze zisků a uvažováním konstantní teploty v zásobníku tepla a proto udává pouze přibližné výsledky. Výpočet nezohledňuje velikost akumulčního zásobníku a neumožňuje tedy zohlednit extrémní předimenzování plochy kolektorů. Na druhé straně oproti běžné praxi v auditech uvažuje tepelné ztráty solární soustavy a využitelnost solárních zisků z kolektorů během roku. V žádném případě výpočtový postup nemůže nahradit simulační výpočty v pokročilých programech s krokem kratším než hodina, se zohledněním dynamiky provozu solárních soustav a využívající validované simulační modely prvků soustavy (kolektor, zásobník, výměník, atd.).

Cílem zpracování zjednodušené metodiky však bylo nabídnout odborné veřejnosti snadný výpočtový postup ke stanovení energetických zisků blízkých skutečnosti použitelný pro ruční

výpočet či výpočet pomocí běžného tabulkového procesoru jako podklad pro další hodnocení solárních soustav. Výpočetní program BalanceSS\_5.0 vycházející z TNI 73 0302 má pak sloužit jako jednoduchý a volně dostupný nástroj pro projektanty a auditory.

Měsíční balance uvedená ve zjednodušeném výpočetním postupu má samozřejmě díky svým zjednodušením řadu nevýhod a zanedbává vliv řady provozně důležitých parametrů na skutečné energetické přínosy solární soustavy (zisky). Pokud však existuje potřeba podrobněji hodnotit solární soustavy s uvažováním například vlivu objemu zásobníku, účinnosti konkrétního použitého výměníku, průtoku teplotnosné kapaliny, stratifikace v zásobníku, odběrové křivky, apod. je nezbytné použít některý z dostupných simulačních nástrojů. Takovým případem může být například smlouva o garantovaných solárních ziscích, kdy je nutné již v projekční fázi s vysokým stupněm jistoty stanovit budoucí zisky navržené solární soustavy, za které se dodavatel zaručí.

Matematické modelování s využitím komplexních moderních simulačních nástrojů umožňuje, pokud má uživatel dostatečnou zkušenost, snadné a poměrně přesné stanovení zisků na základě okrajových podmínek s využitím klimatických databází. Simulační programy zohledňují dynamické chování jednotlivých prvků od kolektorů s časovou konstantou v řádu minut po obytné budovy s časovou konstantou v řádu dnů. Simulační výpočet se provádí s hodinovým a kratším krokem, podle typu a možností programu.

## **Energetické přínosy solárních soustav**

### ***Příprava teplé vody***

Běžné solární soustavy pro přípravu teplé vody v rodinných domech (2 až 5 osob) mají plochu solárních kolektorů 3 až 8 m<sup>2</sup> při velikosti solárního zásobníku 200 až 400 l. Vzhledem k relativně malé ploše (výkonu) solárních kolektorů se tepelné ztráty solární soustavy projevují výrazněji na celkové energetické bilanci. Tepelné ztráty solární soustavy vztahované k disponibilním ziskům solární soustavy dosahují podílu 20 až 30 %. Důležitá je i informace o podílu spotřebované pomocné elektrické energie na provoz soustavy (čerpadla), který dosahuje vysokých hodnot 3 až 5 %, což může mít negativní vliv nejen na ekonomiku ale i na hodnocení z hlediska úspory emisí a primární energie. Měrné solární zisky se u solárních soustav pro přípravu teplé vody v rodinných domech reálně pohybují od 300 do 400 kWh/(m<sup>2</sup>.rok).

Na druhé straně u solární přípravy teplé vody v bytových domech je podíl tepelných ztrát mnohem nižší (5 až 10 %) vzhledem k velkým plochám kolektorů (30 až stovky m<sup>2</sup>). Stejně tak podíl pomocné elektrické energie na solárních ziscích je zanedbatelný (< 1 %). U přípravy teplé vody v bytových domech lze proto očekávat měrné zisky mnohem vyšší, zpravidla jsou hodnoty využitých zisků nad 400 kWh/(m<sup>2</sup>.rok). Kromě výše uvedeného je to dáno i způsobem dimenzování na nižší solární pokrytí 25 až 45 %.

### ***Kombinované soustavy pro přípravu TV a vytápění***

Solární kombinované soustavy se u rodinných domů potýkají se stejnými problémy jako příprava teplé vody. Vysoké tepelné ztráty vlivem většího akumulačního zásobníku tepla a často předimenzované plochy solárních kolektorů pro letní období bez vytápění snižuje významně měrné solární zisky. Solární kombinované soustavy dosahují v rodinných domech v podmínkách ČR hodnot menších než 300 kWh/(m<sup>2</sup>.rok).

Se solárními kombinovanými soustavami pro přípravu teplé vody a vytápění v bytových domech zatím není v ČR v podstatě žádná zkušenost, nicméně lze předpokládat úroveň zisků v oblasti 350 až 450 kWh/(m<sup>2</sup>.rok) při předpokládaném ekonomickém dimenzování plochy kolektorů na letní spotřebu teplé vody s případnými nízkými přebytky.

## **Závěr**

Energetické (a ekonomické) přínosy solárních tepelných soustav pro rodinné domy vztahované k instalované ploše kolektorů jsou obecně relativně nízké v porovnání se solárními soustavami pro bytové domy. Je to dáno jednak vyšším podílem tepelných ztrát a především

odlišným způsobem navrhování (snaha o vyšší solární pokrytí, snaha o vyšší absolutní úsporu). Nicméně ekonomické důvody investorů pro instalaci solárních soustav v rodinných domech jsou zpravidla podružné, podobně jako investice do jiných částí domu (garáž, bazén, apod.).

Naproti tomu solární soustavy, ať již pro samotnou přípravu teplé vody nebo v kombinaci s vytápěním v bytových domech, se navrhují s ohledem na energetický a ekonomický přínos. Jelikož na rozhodování o instalaci solární soustavy má vliv více uživatelů či vlastníků s různými preferencemi, ekonomické hledisko je upřednostňováno před jinými. Solární soustavy pro bytové domy proto dosahují nižšího solárního pokrytí a vyšší úrovně měrných zisků solárních soustav. V kombinaci s poklesem měrných investičních nákladů pro větší solární soustavy pak z výše uvedených skutečností vyplývá jednoznačně lepší ekonomické parametry solárních soustav pro bytové domy.

Při každém návrhu by však mělo být sledováno, aby měrné skutečně využitě zisky solární soustavy splnily určité minimální hodnoty příslušné dané aplikaci. Pro rodinné domy to může být často citovaná hodnota  $350 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$  určená pro přípravu teplé vody nebo  $280 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$  pro kombinované soustavy. U bytových domů s většími plochami solárních kolektorů a úsporným dimenzováním je možné splnit hodnoty vyšší.

## Literatura

- [1] T. Matuška, Sešit projektanta č. 1 – Solární tepelné soustavy, Společnost pro techniku prostředí, 2009, ISBN 978-80-02-02186-5.
- [2] Richtlinie VDI 2067, Blatt 4 - Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen; Warmwasserversorgung, 1982.
- [3] T. Matuška: Vliv konstrukce solárního kolektoru na jeho účinnost a zisky solární soustavy, Sborník Vytápění 20. konference 2009. Společnost pro techniku prostředí, 2009, s. 133-141. ISBN 978-80-02-02136-0.
- [4] T. Matuška, B. Šourek: Energetické zisky a ztráty solárních soustav, Sborník Vytápění - Třeboň 2005. Společnost pro techniku prostředí, 2005, s. 196-204. ISBN 80-02-01724-2.
- [5] T. Matuška, B. Šourek: Vliv dimenzování solární soustavy na její provoz, Sborník semináře Provozování a měření solárních soustav, Společnost pro techniku prostředí, 2008.
- [6] Berner, J.: Guaranteed solar yield, Sun and Wind Energy, roč. 2008, č. 1, str. 46-50.
- [7] TNI 73 0302 - Energetické hodnocení solárních tepelných soustav - Zjednodušený výpočtový postup, ÚNMZ, 2009.
- [8] B. Šourek: Program BilanceSS\_5.0 pro výpočet energetických zisků solárních soustav v souladu s TNI 73 0302, volně dostupné na <http://solab.fs.cvut.cz>, 2009
- [9] T. Matuška: Bilancování energetických úspor solárních soustav, Sborník semináře Ekonomika solárních soustav, Společnost pro techniku prostředí, 2009.
- [10] T. Matuška: Program PROVOZ\_SK\_2.0 - Provozní bilance solární soustavy pro přípravu teplé vody, dostupné na <http://utp.fs.cvut.cz>, 2009.
- [11] Polysun 4, Institut für Solartechnik SPF, Švýcarsko, dostupné z <http://www.solarenergy.ch>
- [12] T\*Sol, Dr. Valentin EnergieSoftware GmbH, Německo, dostupné z <http://www.tsol.de>