

Ing. Tomáš MATUŠKA<sup>1)</sup>  
Ing. Bořivoj ŠOUREK<sup>1,2)</sup>

# Solární soustavy s kolektory vestavěnými do fasády

## Solar Systems with Collectors Integrated into the Façade

Recenzent  
doc. Ing. Karel Brož, CSc.

*Snaha o racionální využití energie v budovách vede k rozvoji konceptů energeticky aktivních fasád jako jsou masivní zdi kryté transparentní izolací, fototermální a fotovoltaické fasády, pokročilá zasklení pro účely přirozeného osvětlení nebo dvojitě větrané fasády. Článek je zaměřen na fototermální kolektory do fasády budovy a jejich použití ve dvou typických potenciálních aplikacích v České republice – solární soustava pro přípravu teplé užitkové vody (TUV) v bytových domech a kombinovaná solární soustava pro přípravu TUV a přitápění v rodinných domech.*

**Klíčová slova:** solární kolektor, solární soustava, fasáda, střecha, příprava teplé užitkové vody, vytápění

*Efforts to utilise energy in buildings rationally lead to the development of active façades concepts such as massive walls covered by transparent insulation, photothermal and photovoltaic façades, advanced glazing for the purpose of natural lighting and ventilated double façades. The article focuses on photothermal collectors integrated into the building façade and their use in two typical potential applications in the Czech republic – solar system for heating the warm service water (WSW) at apartment houses, and solar system for heating the warm service water (WSW) combined with upgrading the heating at family houses.*

**Key words:** solar collector, solar systém, Façade, roof, warm water preparation, space heating

Technologie využití tepla ze solárních soustav se v Evropě přesouvá z dobře popsaných malých domácích soustav pro přípravu TUV k pokročilým aplikacím velkoplošných solárních soustav a soustav pro přípravu TUV a přitápění (ÚT), tzv. kombi-soustav. Rostoucí zájem o tyto aplikace na trhu vedl k zahájení projektu výzkumu a vývoje efektivních a optimalizovaných solárních soustav a jejich prvků pro daný účel [1], [2] a ke snaze standardizovat metodiku hodnocení takových soustav [3].

V České republice je velký potenciál využití sluneční energie pro přípravu TUV v sídlištní zástavbě, kde je situována značná část bytového fondu (cca 2,3 mil. bytů). Převážná část těchto panelových a cihlových bytových domů byla postavena mezi 50. až 80. lety a měly by tak v dohledné době projít komplexní obnovou (dodatečná tepelná izolace fasád, výměna oken, bytové větrání se zpětným získáváním tepla, měření a regulace, rekonstrukce otopných soustav a zdrojů tepla). Součástí energeticky „vědomé“ regenerace je i využití obnovitelných zdrojů energie. Při požadavku na instalaci solárních soustav na ploché střechy takových domů se však často vyskytuje problém s umístěním kolektorového pole. Časté jsou kolize se zástavbou na střechě, např. strojovny výtahů, zakončení VZT soustav nad střechou, nebo jsou kolektory přímo odmítány architekty, neboť kolektorové pole na ploché střechě tvoří kompaktní součást budovy a může vzhledově rušit.

Druhou hlavní oblastí, kde se rozšiřuje trh se solárními aplikacemi, jsou nízkoeenergetické domy. Současný trend energeticky „uvědomělých“ rodinných domů nabízí využití solární energie v kombinovaných soustavách (TUV + ÚT). Aby bylo dosaženo dostatečného solárního podílu v přechodném a zimním období, vyžadují tyto soustavy větší plochu kolektorů a větší objem akumulčního zásobníku než u běžných solárních soustav pro TUV. To však vede k velkým energetickým přebytkům v letním období a problémům s přehříváním solární soustavy, pokud není možné přebytky odvést do bazénu, sušičky plodin či jiného smysluplného „spotřebiče tepla“.

K přehřívání solární soustavy dochází při chodu naprázdno (tzv. stagnace), kdy na kolektor dopadá dostatek sluneční energie, nicméně oběhové čerpadlo je regulátorem blokováno pro příliš vysokou teplotu v nabitém akumulčním zásobníku (bezpečnostní termostat). Stagnace může vést k různým provozním problémům (zavzdušnění soustavy, pokles tlaku apod.) a k možné degradaci materiálů a prvků použitých v solární soustavě.

Výše zmíněné solární aplikace nastolují dvě základní otázky – jak dosáhnout dostatečného ročního solárního podílu a na druhé straně jak se vyvarovat problémů se stagnací vlivem nevyužitelných energetických přebytků v letním období. Řešením může být vestavba solárních kolektorů do svíslé obálky budovy, namísto jejich tradiční instalace na střechu pod „optimálním“ sklonem.

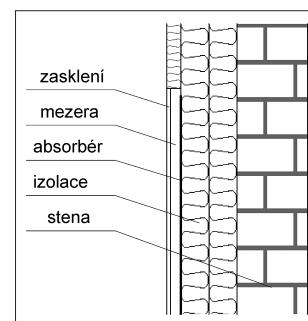
## 1. FASÁDNÍ SOLÁRNÍ KOLEKTOR

Zkoumaný fasádní kolektor je běžný plochý deskový kapalinový solární kolektor se selektivní vrstvou vestavěný do obálky budovy. Skladba obálky budovy s kolektorem je znázorněna na obr. 1. Kolektor má standardní lamelový absorber se selektivní vrstvou ( $\alpha = 0,95$ ;  $\varepsilon = 0,05$ ), vzduchovou mezeru a jednoduché bezpečnostní zasklení. Zadní a boční tepelná izolace kolektoru je shodná s tepelnou izolací fasády. Instalační panel solárního kolektoru je montován přímo na fasádu budovy bez tepelného oddělení absorberu od vrstvy tepelné izolace fasády, např. ve formě větrané vzduchové mezery. Kolektor je tak tepelně svázan přímo s konstrukcí fasády.

Vestavba do fasády přináší několik základních výhod v porovnání s kolektory instalovanými samostatně mimo obálku budovy (před obálkou, na nosné konstrukci na skloněné nebo rovné střechě). Kromě základní funkce solárního kolektoru slouží fasádní kolektor i jako ochranná vrstva fasády před atmosférickými vlivy a částečně zlepšuje tepelné vlastnosti stavební konstrukce budovy vzhledem k pasivním tepelným ziskům od kolektoru v otopném období.

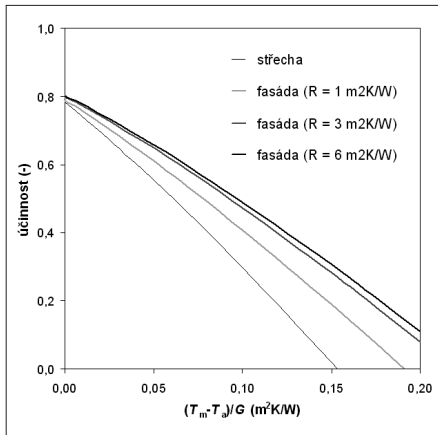
Kromě toho je fasádní kolektor esteticky přijatelným řešením, zatímco kolektorové pole instalované na ploché střechě vytváří na budově často cizorodý prvek (průmyslový vzhled budovy).

Pro popis tepelného chování samotného kolektoru byl použit detailní matematický model, založený na znalostech tepelných procesů v jednotlivých částech kolektoru. Model se skládá z vnější energetické bilance absorberu (prostup tepla zasklením, vzduchovou mezerou a rámem z povrchu absorberu) a z vnitřní energetické bilance absorberu (přenos tepla žebrem absorberu při dopadajícím slunečním záření a přestup tepla do teplotněsensitive látky). Kolektor vestavěný do fasády vykazuje v porovnání se samostatně instalovaným kolektorem s opti-

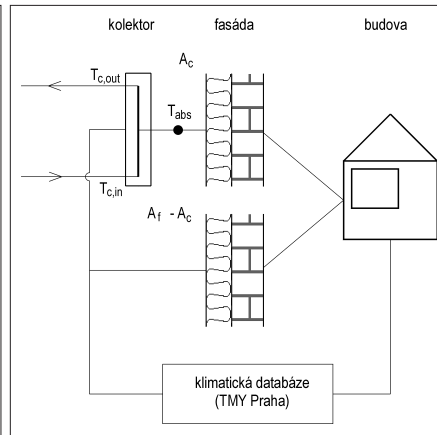


Obr. 1 Fasádní solární kolektor

<sup>1)</sup> ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí, Technická 4, 166 07, Praha 6  
<sup>2)</sup> ENKI, o. p. s., Dukelská 147, Třeboň



Obr. 2 Křivky účinnosti fasádních kolektorů



Obr. 3 Tepelná vazba kolektor – budova

málním sklonem 45° nižší součinitele přestupu tepla, zvláště u volného proudění ve vzduchové mezeře mezi zasklením a absorberem (přibližně na 80 %), u proudění způsobeného větrem (na 60 až 80 %) a významné snížení součinitele prostupu tepla zadní a boční části kolektoru v závislosti na tepelné izolaci fasády [4]. Vestavba přináší kvalitativní zlepšení energetické účinnosti přeměny slunečního záření a výrazně nižší tepelné ztráty při zvýšeném teplotním rozdílu mezi kolektorem a okolním vzduchem (viz obr. 2).

Na druhé straně, umístění fasádního kolektoru (90°) vede ke snížení roční dopadlé sluneční energie (dávky ozáření) o 30 % v porovnání s optimálním sklonem 45° (v podmínkách střední Evropy). Profil slunečního ozáření v průběhu roku ukazuje velké rozdíly mezi letními špičkami a zimními obdobími u střešních kolektorů (45°), zatímco u fasádního kolektoru je profil relativně rovnoměrný, více odpovídající potřebě TUV během roku.

## 2. MODELOVÁNÍ KOLEKTORU A BUDOVY

Energetické chování zkoumaných typů solárních soustav, soustavy pro přípravu TUV a kombi-soustavy, bylo zjišťováno počítačovou simulací. Simulace byly zaměřeny na porovnání provozního chování solárních soustav s fasádním solárním kolektorem a s kolektorem instalovaným se sklonem 45° na střeše mimo obálku budovy a na sledování vlivu fasádního kolektoru na chování budovy. Počítačové simulace byly provedeny v programu TRNSYS (TRAnsient SYstem Simulation [5]). Model s fasádním kolektorem je složen z modelu solární soustavy a modelu více-zónové budovy s teplotním propojením mezi nimi. Toto propojení je znázorněno na obr. 3. Konstrukce fasády je rozdělena do dvou částí, jedna z nich je vždy teplotně svázána s absorberem kolektoru (střední teplota absorberu je identická s vnější povrchovou teplotou tepelné izolace), druhá část je nezakrytá kolektorem. Rozdělení plochy fasády na dvě části umožnilo měnit poměr plochy kolektoru  $A_c$  vůči celkové ploše fasády  $A_f$  (faktor pokrytí fasády kolektorem) pro účely analýzy vlivu kolektoru na budovu. V případě kolektoru instalovaného na střeše jsou solární soustava a více-zónová budova modelovány samostatně.

Důležitými provozními parametry pro simulace byly denní a roční profil odběru teplé užitkové vody a klimatická data. Uvažované odběrové křivky TUV pro bytový sektor jsou uvedeny na obr. 4. Jako klimatická databáze byl použit typický meteorologický rok pro Prahu (TMY z databáze Meteoronorm). Účinnostní charakteristiky kolektoru (fasáda, střecha) byly získány z detailního matematického modelu (viz výše, obr. 2).

Základními sledovanými parametry pro analýzu chování budovy byly energetické zisky fasádou v otopném období a charakteristiky letního přehřívání vyjádřené průměrnou teplotou vzduchu v interiéru  $T_{i,av}$ . Při hodnocení chování solární soustavy byl sledován roční solární podíl  $f$  a úroveň stagnace  $b_{st}$ . Solární podíl je dán vztahem

$$f = 1 - \frac{Q_a}{Q_d}$$

kde  $Q_d$  je celková potřebná energie k pokrytí roční potřeby tepla (kWh/rok) a  $Q_a$  je dodatečná energie ze záložního zdroje tepla (kWh/rok). Úroveň stagnace lze definovat jako podíl

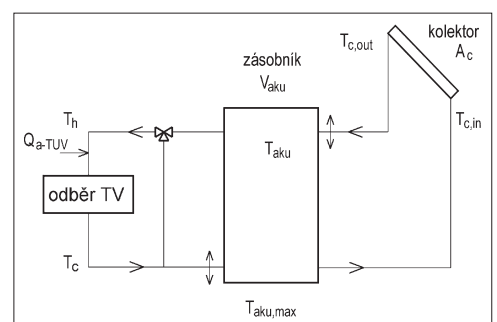
$$b_{st} = \frac{t_{st}}{t_{st} + t_{run}}$$

kde  $t_{st}$  je roční doba stagnace, chodu naprázdno (h/rok),  $t_{run}$  je roční doba běhu oběhového čerpadla solární soustavy (h/rok). Součet  $t_{st} + t_{run}$  je celková teoretická doba běhu oběhového čerpadla solární soustavy.

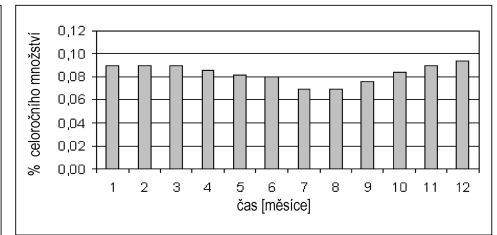
Aby bylo možné obecně porovnat soustavu s fasádními kolektory a konvenční soustavu s kolektory na střeše, byly použity jednoduché modely solárních soustav s minimálním počtem prvků a parametrů (idealizované prvky). Složitý model představuje příliš mnoho volitelných parametrů, což přináší příliš nespočetné množství variant simulací, a vliv jednotlivých vstupních parametrů na výsledky nemusí být vždy jasný. Nebyly proto použity např. modely potrubí a tepelných výměníků a byla uvažována ideální regulace s minimálním spínacím rozdílem teplot. Simulace byly zaměřeny na energetické toky a interakci mezi kolektory, akumulací nádobou a vnitřním prostředím budovy. Zde je nutné poznamenat, že výsledky simulací je nutné z výše uvedených důvodů považovat za limitní.

### 2.1. Model solární soustavy pro přípravu TUV

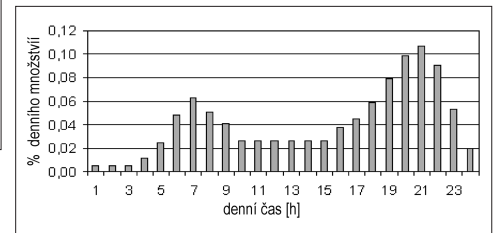
Chování solární soustavy pro přípravu TUV v bytovém domě s fasádním kolektorem bylo původně detailně zkoumáno v [4]. Současný model je částečně založen na předcházejícím, zde jsou však použity reálnější profily odběru TUV. Obě varianty solární soustavy (fasáda, střecha) byly modelovány s akumulacním zásobníkem TUV s řízeným vrstvením teplot. Fasádní kolektor se sklonem 90° byl modelován jako tepelně propojený s fasádou, jak bylo popsáno výše. Soustava se solárním kolektorem se sklonem 45° na střeše byla modelována samostatně. Pro ohřev užitkové vody byly použity standardní hodnoty (ohřev z 12 na 55 °C, maximální teplota v zásobníku 85 °C). Průměrná denní spotřeba během roku byla uvažována 200 l/den, což je obvyklá spotřeba v třípokojovém bytě. Modelovaná solární soustava byla uvažována jako low-flow (0,01 kg/s/m²). Objem akumulčního zásobníku  $V_{aku}$  byl uvažován jako proměnná pro parametrickou analýzu (200, 400, 600 l). Na výstupu z akumulčního zásobníku byla užitková voda dohřívána ( $Q_{a-TUV}$ ) v průtokovém ohřeváči. Schéma modelu solární soustavy pro přípravu TUV je znázorněno na obr. 5.



Obr. 5 Model solární soustavy pro přípravu TUV



Obr. 4a Roční odběrové křivky TUV



Obr. 4b Denní odběrové křivky TUV

Pro analýzu vlivu chování fasádního kolektoru na vnitřní prostředí byla uvažována obytná budova s konstrukcí pláště z keramzit-betonového panelu tloušťky 270 mm (středně těžká konstrukce). Tento typ konstrukce reprezentuje velkou část budov obytných panelových sídlišť. Budovy z keramzitových panelů jsou navíc citlivější na tepelnou zátěž od slunečního záření než obytné budovy starší zástavby (hmotnější cihlové). V simulačních výpočtech byly uvažovány varianty s rekonstruovanou fasádou v souladu s „požadovanými“ a „doporučenými“ hodnotami součinitele prostupu tepla  $U$  (viz tab. 1). Budova je pro účely počítačové simulace zjednodušena na jednu zónu (byt) situovanou v centrální části fasády. Celková plocha fasády zóny je 36 m<sup>2</sup>, plocha oken je 14 m<sup>2</sup>, neprůhledná část fasády je 22 m<sup>2</sup>. Fasáda je orientována na jih.

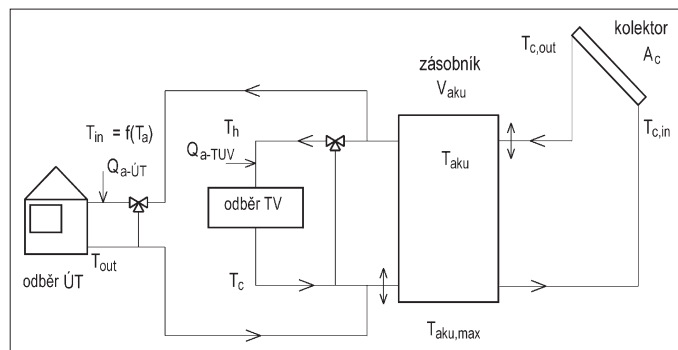
Tab. 1 Uvažované parametry obálky obytné budovy

Varianta	Fasáda	Okna
Požadované	$R = 3 \text{ m}^2\text{K/W}$	$U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Doporučené	$R = 6 \text{ m}^2\text{K/W}$	$U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

### 2.2. Kombinovaná solární soustava

V současné době existuje mnoho typů konstrukčního řešení kombinovaných soustav, především v návaznosti na typ zásobníku a regulace. Kombi-soustava je ve srovnání se soustavou pro přípravu TUV složitější, což je dáno okruhem vytápění se zcela rozdílným profilem odběru tepla, závislým na venkovní teplotě. U této soustavy je velké množství proměnných, které mohou ovlivnit chování kombi-soustavy (obálka budovy – nízkoe energetický vs. běžný standard; typ otopné soustavy – nízkoteplotní vs. vysokoteplotní; plocha kolektorů apod.).

S ohledem na ustálenou projekční praxi v České republice byl zkoumaný model solární soustavy založen na centrálním akumulčním zásobníku otopné vody. Solární kombi-soustava byla modelována podobně jako soustava pro přípravu TUV (provozní parametry, profily odběru teplé vody, tepelné propojení s fasádou), ale navíc s napojením na otopnou soustavu. Jmenovitý teplotní spád otopné soustavy byl uvažován 55/45 °C (pro výpočtovou venkovní teplotu  $t_{av} = -12 \text{ °C}$ ) a regulace teploty otopné vody byla ekvitermní. V soustavě byly zapojeny dva záložní zdroje tepla, jeden pro dohřev TUV (dodatková energie  $Q_{a-TUV}$ ) a druhý pro dohřev otopné vody pro ÚT (dodatková energie  $Q_{a-ÚT}$ ). Zjednodušené schéma modelu solární kombi-soustavy je znázorněno na obr. 6.



Obr. 6 Model solární kombinované soustavy

Zkoumané varianty vycházely ze dvou základních konstrukčních typů v současnosti navrhovaných rodinných domů. Domy mají shodné rozměry, orientaci ke světovým stranám apod. Liší se pouze v tepelné technické řešení (konstrukce, větrání).

- ❑ Cihlový zděný dům s „požadovanou“ hodnotou součinitele prostupu tepla  $U$  pro standardní obytné domy ( $R = 3 \text{ m}^2\text{K/W}$  pro fasádu) a s roční měrnou potřebou tepla na vytápění 95 kWh/m<sup>2</sup>.r. Intenzita výměny vzduchu je po celý rok uvažována konstantní 0,3 h<sup>-1</sup>.
- ❑ Lehká dřevostavba s obvodovou konstrukcí založenou na minerální tepelné izolaci dosahující doporučených hodnot součinitele  $U$  pro nízkoe energetické domy ( $R = 6 \text{ m}^2\text{K/W}$  pro fasádu) s roční měrnou potřebou tepla na vytápění 40 kWh/m<sup>2</sup>.r. Intenzita výměny vzduchu je po celý rok konstantní

0,3 h<sup>-1</sup>, s využitím zpětného získávání tepla (75 %) v otopném období a s obtokem ZZT mimo otopné období.

### 3. VÝSLEDKY

Solární soustava pro přípravu TUV v obytných budovách a kombinovaná solární soustava pro rodinné domy byly modelovány v mnoha variantách. Pro danou variantu budovy byly získány vždy tři sady výsledků pro objem akumulčního zásobníku  $V_{aku} = 200 \text{ l}$ , 400 l a 600 l. Plocha kolektorů  $A_c$  byla v každé sadě proměnnou, parametrem byla měrná plocha  $A_c/V_{aku}$  v rozsahu hodnot cca od 5 do 100 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Pro analýzu provozního chování soustav byly sledovanými parametry solární podíl a úroveň stagnace, a pro hodnocení dopadu vestavby kolektoru do fasády na chování budovy byly sledovány tepelné zisky z fasádního kolektoru do interiéru během otopného období (rozdíl mezi spotřebou tepla pro vytápění budovy s kolektorem a bez kolektoru) a letní přehřívání interiéru (průměrná vnitřní teplota).

#### 3.1 Provozní charakteristiky – soustava TUV

Výsledky analýzy provozního chování solární soustavy pro přípravu TUV jsou znázorněny v grafech na obr. 7. Solární podíl  $f$  a úroveň stagnace  $b_{st}$  jsou znázorněny v závislosti na měrné ploše kolektorů  $A_c/V_{aku}$ . U variant s větším objemem akumulčního zásobníku (400 l, 600 l) nebylo možné dosáhnout rozsahu měrné plochy až do 100 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> vzhledem ke skutečnosti, že celková plocha fasády bez oken je menší než potřebná plocha kolektorů. Pro parametrickou analýzu byla tedy u těchto případů uvažována celková plocha kolektorů větší, než byla k dispozici na fasádě. Tyto fiktivní výsledky jsou v grafech znázorněny tečkovanou čarou, reálné výsledky jsou vyznačeny plnou čarou.

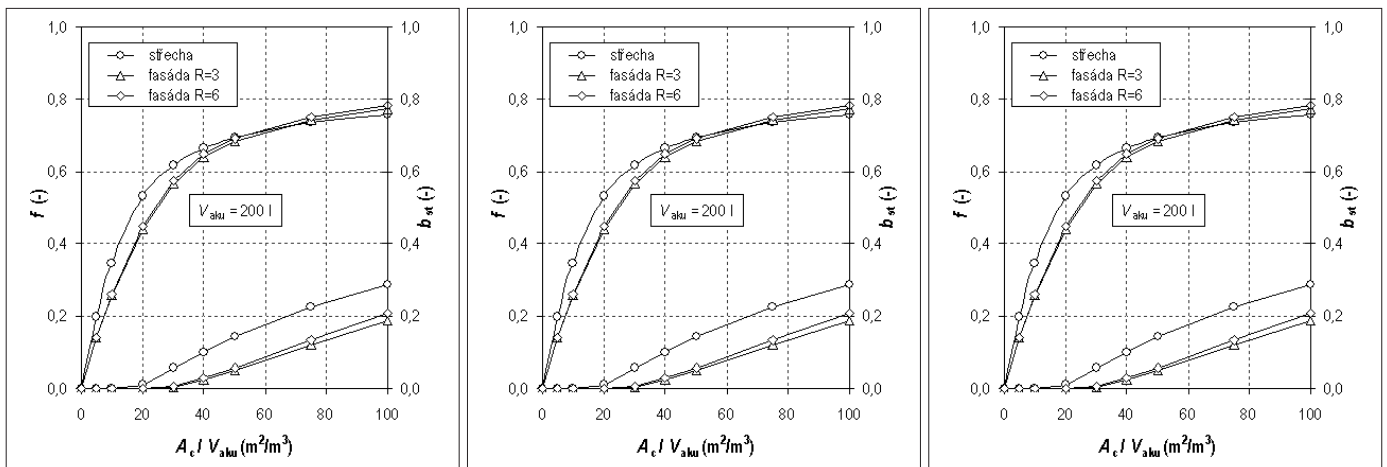
Základním případem je hospodárně navržená soustava s objemem akumulčního zásobníku odpovídajícím průměrnému dennímu odběru TUV pro uvažovanou zónu (200 l). Simulace ukázala, že plocha fasádního kolektoru pro solární soustavu by měla být o cca 25 % vyšší v porovnání s potřebnou plochou kolektorů se sklonem 45° na střeše, aby bylo dosaženo shodného solárního podílu 60 %. Pro dosažení solárního podílu nad 70 %, je potřebná plocha fasádního kolektoru srovnatelná nebo dokonce menší než u kolektoru na střeše. Kolektory instalované na střeše se však při vyšších solárních podílech dostávají na mnohem vyšší úroveň stagnace během roku, zvláště v letním období. Tato skutečnost může být u obytných budov problematická, jelikož zpravidla není k dispozici jiná možnost odvodu přebytečných letních zisků. Vertikální umístění fasádního kolektoru naproti tomu vykazuje relativně vyvážený roční průběh solárních zisků a malý podíl nevyužitelné energie v letním období.

Varianty s předimenzovanou akumulční nádobou (400, 600 l) vzhledem k dennímu odběru TUV představují soustavy s několikadenní akumulací. Takové soustavy vykazují vyšší solární podíl, ale také zvýšený podíl stagnace během roku. Fasádní solární soustava pro přípravu TUV s několikadenní akumulací dosahuje srovnatelných, případně vyšších solárních podílů při výrazně nižším podílu stagnace, čímž překonává solární soustavu s kolektory na střeše (viz obr. 7, případy 400 a 600 l).

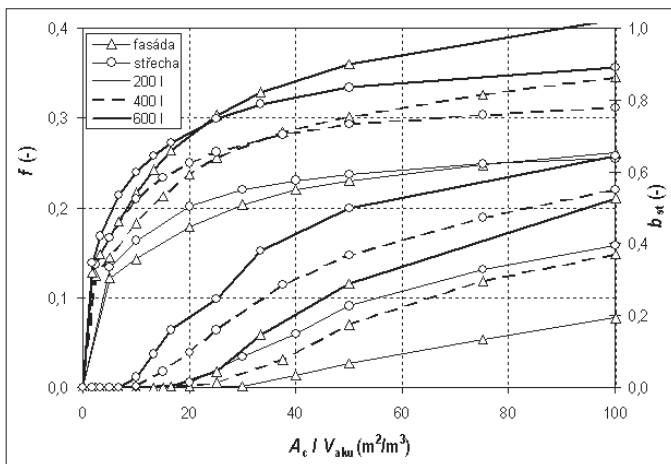
#### 3.2 Provozní charakteristiky – kombinovaná soustava

Simulace provozního chování byly provedeny parametricky pro standardní a nízkoe energetický dům shodného architektonického řešení, se stejnými parametry solární kombinované soustavy (plocha kolektorů, objem akumulčního zásobníku). Výsledky pro všechny varianty (objem akumulčního zásobníku, kolektor ve fasádě a na střeše) pro daný typ domu jsou vyneseny společně v grafech na obr. 8 (standardní dům) a na obr. 9 (nízkoe energetický dům).

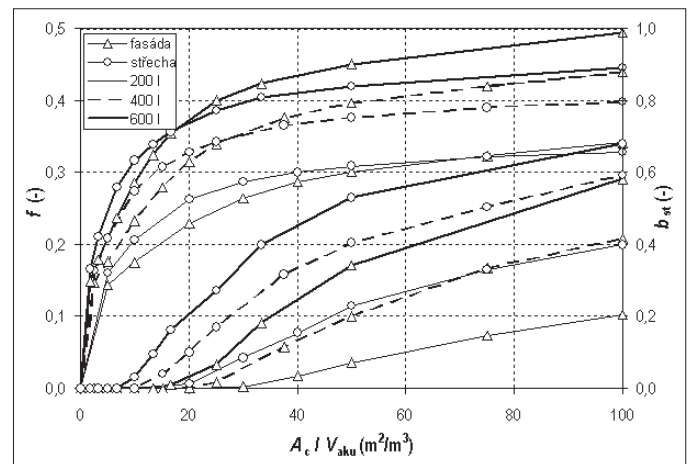
Solární kombi-systém pro standardní dům dosahuje zhruba o 10 % nižší solární podíl v porovnání s nízkoe energetickým, což je způsobeno vyšší roční potřebou tepla, kterou je nutné pokrýt energií ze slunečního záření. Podíl doby stagnace je u standardního domu kratší vlivem vyššího odběru energie z akumulčního zásobníku do otopné soustavy. Pro hospodárnou měrnou plochu kolektoru  $A_c/V_{aku} = 20 \text{ m}^2/\text{m}^3$  a běžný objem akumulčního zásobníku 600 l pro rodinný dům, má soustava s fasádním solárním kolektorem stejný solární podíl,



Obr. 7 Výsledky simulací provozního chování solární soustavy pro přípravu TUV



Obr. 8 Provozní charakteristiky kombinované soustavy pro standardní dům (95 kWh/m<sup>2</sup>.r)



Obr. 9 Provozní charakteristiky kombinované soustavy pro nízkoenergetický dům (40 kWh/m<sup>2</sup>.r)

ale s minimální stagnací v porovnání se soustavou s kolektorem se sklonem 45° na střeše.

### 3.3 Vliv vestavby kolektoru na budovu

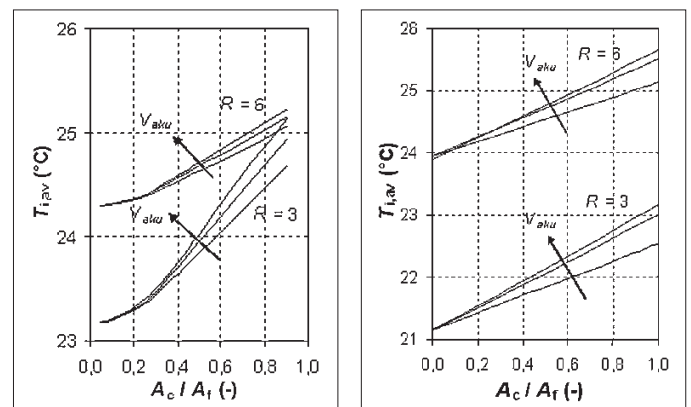
Interakce fasádního solárního kolektoru s budovou byla zkoumána pro zimu (otopné období) a léto (od června do srpna). Pasivní tepelné zisky z fasádního kolektoru přispívají v zimě k přitápění a v létě k přehřívání vnitřního prostředí budov. Průměrný tepelný zisk na m<sup>2</sup> fasádního kolektoru je pro zkoumané varianty solárních soustav a objem akumulčního zásobníku uveden v tab. 2. Zisky v otopném období rostou se zvyšujícím se objemem akumulčního zásobníku vlivem vyšší průměrné teploty (krátkodobá akumulace).

Tab. 2 Tepelné zisky budovy od fasádního kolektoru (kWh/m<sup>2</sup>) za otopné období

Zásobník	Soustava TUV		Kombi-soustava	
	R = 3	R = 6	R = 3	R = 6
200 l	25,5	13,9	40,3	17,0
400 l	28,7	14,8	40,4	17,5
600 l	30,8	15,7	41,0	18,4

U jižně orientovaných místností panelových domů se v letních měsících vyskytují problémy s přehříváním. Teplota obvodové konstrukce roste a energetické zisky fasádou a okny významně přispívají k přehřívání interiéru. Instalace fasádního kolektoru zvýšila v modelovaných případech (příprava TUV, kombi-soustava) průměrnou letní teplotu vzduchu v interiéru o 1 až 2 K v extrémním případě pokrytí celé fasády oproti případu bez instalace kolektoru.

Křivky závislosti průměrných letních teplot vzduchu v interiéru pro soustavy s různým objemem akumulčního zásobníku a poměrem pokrytí fasády kolektorem jsou uvedeny na obr. 10.



Obr. 10 Průměrné vnitřní teploty v létě v závislosti na pokrytí fasády kolektorem vlevo – TUV soustava, vpravo – kombinovaná soustava

Zatímco v levém grafu (soustava pro TUV v obytném domě) jsou varianty R = 3 m<sup>2</sup>K/W a R = 6 m<sup>2</sup>K/W založeny na stejném typu konstrukce (středně těžká – keramzit – betonový panel), v pravém grafu (kombi-soustava pro TUV a přitápění v rodinném domě) varianta R = 3 m<sup>2</sup>K/W uvažuje středně těžkou cihlovou konstrukci domu a varianta R = 6 m<sup>2</sup>K/W lehkou dřevostavbu. Tomu odpovídají i charakteristiky přehřívání.

### ZÁVĚR

Fasádní solární kolektor představuje nový prvek pro konstrukce vnější obálky budov, který umožňuje esteticky přijatelné a technicky vhodné řešení vestavby

solární soustavy do budovy. Počítačovou simulací byla zkoumána solární soustava pro přípravu TUV v obytných budovách v sídlištní zástavbě a solární kombinovaná soustava (TUV + přitápění) pro rodinné domy, obojí s fasádním kolektorem. Výsledky byly porovnány s konvenčním řešením, instalací kolektorů se sklonem 45° na střeše, z hlediska dosažitelných provozních parametrů soustavy a vlivu kolektoru na chování budovy.

Solární soustava pro přípravu TUV s fasádním kolektorem dosahuje srovnatelných solárních podílů pouze v případech mírně předimenzovaného kolektorového pole vzhledem k odběru TUV. Nicméně vestavba kolektoru do fasády nabízí nižší úroveň stagnace a určitý energetický zisk fasádou v otopném období v závislosti na tepelně-technických vlastnostech konstrukce fasády.

Solární kombinovaná soustava pro přípravu TUV a přitápění ukazuje možnosti efektivního nasazení fasádních solárních kolektorů. Kolektory do fasády mají v porovnání s kolektory instalovanými na střeše srovnatelný nebo vyšší solární podíl při obvyklých provozních parametrech, při mnohem nižším podílu stagnace, která zvláště u kombinovaných soustav může způsobovat významné provozní problémy.

Letní energetické zisky z fasádního kolektoru vedou ke zvýšení průměrné teploty vzduchu v interiéru až o 2 K při extrémním (maximálním) pokrytí fasády

(u středně těžké konstrukce z keramzitbetonu). Zvýšení teploty je způsobeno volbou provozních podmínek (low-flow systém), návrhem soustavy (zvýšení úrovně stagnace předimenzováním plochy kolektorů) a konstrukcí budovy (teplné a hmotnostní parametry obálky budovy a interiéru). S dostatečnou tepelnou izolací se vliv fasádního kolektoru na budovu snižuje, a to jak v pozitivním, tak negativním smyslu (klesají tepelné zisky v otopném období, snižuje se přehřívání interiéru v letním období vlivem instalace kolektorů).

*Poděkování*

*Tato práce byla podpořena výzkumným záměrem MSM 6840770011.*

*Spojení na autory: matuskat@fsid.cvut.cz, sourek@fsid.cvut.cz.*

### Použité zdroje:

- [1] IEA-SHC Task 26 Solar Combinations. 1998-2002
- [2] Altener 2000 Project – Solar combinations. Final report, May 2003
- [3] ENV 12977:2001 – Thermal solar systems and components – Custom built systems. CEN, 2001
- [4] Matuška, T., Šourek, B.: "Facade solar collectors", *Eurosun 2004, June 20-23, 2004*, International Solar Energy Society
- [5] TRNSYS 16 release. User's manual. Wisconsin University, 2004. ■

## Ze zahraniční literatury

- Yolton, K., Dietrich, K., Auinger, B., Lamphear, B.P., Hornung, R.: **Exposure to Environmental Tobacco Smoke and Cognitive Abilities among U.S. Children and Adolescents** (Expozice produktům kouření tabáku a poznávací schopnosti dětí a dospívajících). *Environmental Health Perspectives*, 113, 2005, č. 1, s. 1–6.

Studie započala hodnocením 5683 amerických dětí ve věku 6 až 16 let, které byly pacienty dětské nemocnice v Cincinnati. Biomarkerem expozice produktům kouření tabáku byla přítomnost kotininu v krevním séru. (Kotinin je metabolitem nikotinu a spolehlivě indikuje, že dotyčná osoba dýchala produkty hoření tabáku – je tedy přítomen v těle aktivních i pasivních kuřáků. Lze jej indikovat v různých tělních tkáních, např. ve vlasech nebo v moči. Nejspolehlivější je vyšetření krevního séra, ve kterém je měřitelný ještě pět dní po vykouření poslední cigarety). Děti, které měly hladinu kotininu v séru vyšší než 15 ng/ml a ty, které přiznaly kouření v posledních pěti dnech, byly z hodnocení vyloučeny. Zůstalo 4399 dětí.

Všichni sledovaní jedinci se podrobili psychologickému vyšetření včetně standardních testů, kterými byly hodnoceny jejich poznávací schopnosti. Testy jsou v práci podrobně specifikovány (rozpoznávání písmen, čtecí a jednoduchý sčítací test). U skupiny aktivních kuřáků byl prokázán pokles koeficientu inteligence o 2 až 5 % oproti stejně starým nekuřákům. Hodnocení prokázalo u kuřáků – přítom se nerozlišuje, zda jde o aktivní či pasivní kuřáky! – statisticky významný rozpoznávací deficit ve čtení i v řešení jednoduchých matematických úkolů. Zvláště čtení se ukázalo jako citlivý ukazatel snížení poznávacích schopností.

Autoři uzavírají, že studie plně potvrdila předchozí výsledky jiných autorů, kteří již dříve upozornili na vysokou neurotoxicitu nikotinu i v extrémně malých dávkách.

- Bilski, B., Połczyńska, M.: **Konsekwencje zdrowotne narażenia zawodowego techników dentystycznych** (Zdravotní důsledky profesionální expozice zubních techniků). *Medycyna Pracy*, 56, 2005, č. 1, s. 49–54.

V přehledové práci shrnují autoři profesionální rizika, kterým může být vystaven při práci zubní technik. Většina významných rizik chemické a biologické povahy je do organismu vdechnuta. Rizikovou operací je jakákoliv sanace chrupu, odběr otlisků pro pevné náhrady a jejich zhotovování, zkoušení a úpravy. Dominují rizika chemická, za určitých okolností jsou významná rizika biologická. Mezi chemickými látkami dominují silné alergen

a toxické látky jako metylmetakryláty, různé kovy (kromě drahých kovů chrom, kobalt, kadmium, rtuť, měď, zinek, nikl, berylium a paladium), latex, disulfidy, aldehyd kyseliny mravenčí, krezol, kalafuna, vinylchlorid, kyseliny solná, sírová, dusičná a fluorovodíková a různé směsi a sloučeniny. Biologické riziko – různé infekce – je vyšší při opravách a úpravách zubních náhrad, které již byly pacientem používány, příp. při zkoušení a úpravách pevných náhrad. Je však významné při jakémkoliv kontaktu s ústní dutinou pacienta. Ne bez významu jsou i rizikové faktory fyzikální. Z nich je významný minerální prach, hluk nástrojů (turbín, vrtačky, leštičky aj.) a elektromagnetické pole u indukčních pecí k tavení kovů. Navíc jde o práci ve nucené poloze. Autoři upozorňují, že dobré větrání a místní odsávání může mnohá rizika práce zubní technikou téměř odstranit.

(Laj)

### \* Největší evropská fotovoltaická elektrárna slavnostně uvedena do provozu

Solární fotovoltaická elektrárna o špičkovém výkonu 2 MW byla uvedena do provozu v dřívější základně leteckých sil USA (US Air Force base) v Kaufbeuren v Německu. Celý zdroj, kolaudovaný firmou Solar World AG, se nachází na nyní jinak nevyužívané ploše, která sloužila od konce 2. světové války až do r. 1989 k letecké dopravě a překládce potravin, paliv a energií pro izolované obyvatelstvo západního Berlína. Očekává se, že průměrná roční výroba dosáhne 2 milionů kWh sluneční elektřiny (tedy využití špičkového výkonu 1000 hodin za rok – v ČR podle doposud provedených měření na menších zdrojích to bylo 880 až 920 hodin za rok). To by postačovalo pro zásobování 600 čtyřčlenných domácností elektřinou.

Jímací plocha je vytvořena ze 13 000 panelů z polykrystalického křemíku. Vyráběný stejnosměrný proud je převáděn na střídavý o síťové frekvenci 50 Hz šesti centrálními invertory Sunny Central C 25 a dvěma invertory Sunny Central SC 150 (výrobce SMA Technologie AG). Střídavý proud je dodáván do středně napěťové sítě přes dva vnější transformátory. Provoz zdroje může být sledován na internetové prezentaci (Sunny Portal od SMA Technologie), která umožňuje snadné monitorování a vizualizaci i v dalším vývoji. Společnost SMA oznámila, že uvádí na trh nové beztransformátorové invertory SB 3300 TL, které mohou být používány s FV články rozměru 152 x 152 mm (6 x 6 palců) až do špičkového výkonu 3,85 kW<sub>p</sub>.

*Kontaktní osoba:* Christiane Keim, SMA Technologie AG, tel. + 495619522-4127  
Christiane.Keim@sma.de www.sma.de

(Brož)