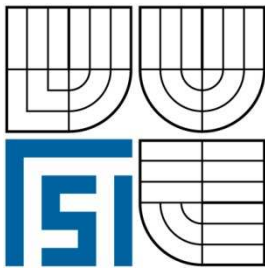


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE PRO VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ – TEPLOVZDUŠNÉ SYSTÉMY

UTILIZATION OF SOLAR ENERGY FOR HEATING AND VENTILATION – WARM-AIR
SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

DAVID POSPÍŠIL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL JAROŠ, Dr.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2008/09

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Pospíšil David

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Využití solární energie pro vytápění a větrání – teplovzdušné systémy

v anglickém jazyce:

Utilization of solar energy for heating and ventilation – warm-air systems

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Možnosti využití solární energie při vytápění a větrání jsou poměrně široké – mimo klasických vodních solárních kolektorů ji lze využít např. na ohřev větracího vzduchu (vzduchové kolektory, solární fasády) či přímo na podporu větrání (solární komíny). Použitelnost jednotlivých řešení souvisí i se zeměpisnou polohou dané lokality.

Cíle bakalářské práce:

Zpracujte přehled současných trendů v aplikaci teplovzdušných systémů, využívajících solární energii na vytápění a větrání budov. Uveďte příklady využití, posuďte vhodnost jednotlivých řešení v podmínkách ČR, případně navrhněte možné modifikace.

Seznam odborné literatury:

Cihelka, J.: Solární tepelná technika. T.Malina, Praha, 1994.

Murtinger, K., Truxa, J.: Solární energie pro váš dům. ERA group spol. s r.o., Brno 2005.

Schulz, H.: Teplo ze slunce a země. Nakl. HEL, 2002.

Filleux, Ch., Gütermann, A.: Solární teplovzdušné vytápění. Nakl. HEL, Ostrava, 2006.

Časopis Vytápění, větrání, instalace, ročníky 1997–2007.

Internetové zdroje dle vlastního výběru studenta.


Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michal Jaroš, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.


V Brně, dne

L.S.





doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá přehledem trendů v aplikaci teplovzdušných systémů využívajících solární energii pro vytápění a větrání budov. Práce je rozdělena do několika částí. Úvod se zabývá solární energií, jejím původem a dostupností. Dále jsou popsány systémy využívající solární energii pro vytápění a větrání budov, jejich základní rozdělení a princip činnosti. V poslední části jsou uvedeny příklady použití těchto systémů.

ABSTRACT

Bachelor's thesis considers summary of application trends with using warm-air systems to space heating and ventilation. Thesis is divided into several sections. The introduction to the topic presents basic facts about solar energy; the origin of it and its availability. The next part defines systems working with solar energy for space heating and ventilation, describes partition of these systems and explains working principles. The final part gives examples in system's application.

KLÍČOVÁ SLOVA

Solární energie, vytápění, větrání, pasivní solární systém, aktivní solární systém, vzduchový kolektor, solární fasáda, SolarWall®

KEYWORDS

Solar energy, space heating, ventilation, passive solar system, active solar system, solar air collector, solar façade, SolarWall®

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

POSPÍŠIL, D. *Využití solární energie pro vytápění a větrání – teplovzdušné systémy*.
Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 55 s.
Vedoucí bakalářské práce Ing. Michal Jaroš, Dr.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Využití solární energie pro vytápění a větrání – teplovzdušné systémy“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

25. května 2009

.....
David Pospíšil

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Michalu Jarošovi, Dr. za vedení při vypracování bakalářské práce, za jeho cenné rady a připomínky.

OBSAH

ÚVOD	11
1. SOLÁRNÍ ENERIE	12
1.1 PŮVOD SOLÁRNÍ ENERIE	12
1.2 DOSTUPNOST SOLÁRNÍ ENERIE	12
1.3 OHŘEV VZDUCHU SOLÁRNÍ ENERGIÍ	16
2. VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERIE PRO VYTÁPĚNÍ	17
2.1 PASIVNÍ SOLÁRNÍ SYSTÉMY	17
2.1.1 SYSTÉM S PŘÍMÝM ZISKEM – OKNO	17
2.1.2 TROMBEHO STĚNA	18
2.1.3 VOŠTINOVÉ STRUKTURY (HONEYCOMB).....	19
2.1.4 AEROGEL	19
2.1.5 ZIMNÍ ZAHRADA	19
2.2 AKTIVNÍ SOLÁRNÍ SYSTÉMY	20
2.2.1 SOLÁRNÍ SYSTÉM S PŘÍVODEM VZDUCHU	20
2.2.2 SOLÁRNÍ SYSTÉM S ŘÍZENÝM PŘÍVODEM A ODVODEM VZDUCHU.....	20
2.2.3 DVOUPLÁŠŤOVÉ FASÁDY	21
2.2.4 SOLÁRNÍ VYTÁPĚNÍ MÍSTNOSTÍ	21
2.2.5 OBLASTI POUŽITÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTOROVÝCH SYSTÉMŮ	22
3. VZDUCHOVÉ KOLEKTORY	23
3.1 PRŮHLEDNÉ KRYTÉ VZDUCHOVÉ KOLEKTORY	23
3.1.1 PRŮMYSLOVĚ VYROBENÉ PLOCHÉ KOLEKTORY	23
3.1.2 PLOCHÉ KOLEKTORY ZHOTOVENÉ NA STAVBĚ.....	24
3.2 NEKRYTÉ VZDUCHOVÉ KOLEKTORY	24
3.2.1 SOLARWALL®	24
3.3 OKENNÍ KOLEKTOR	25
4. TEPELNÉ ZÁSOBNÍKY	25
5. PŘÍKLADY POUŽITÍ	26
5.1 OWENS CORNING	26
5.2 ASSINIBOINE CREDIT UNION (ACU)	26
5.3 ELIPSE BLC	27
5.4 FLIN FLON GENERAL HOSPITAL.....	27
5.5 MDS NORDION.....	28
5.6 GREATER SUDBURY HOUSING CORPORATION	28
5.7 SAINSBURY DISTRIBUTION CENTER	29
5.8 FORT DRUM – US MILITARY	29
5.9 GREATER TORONTO AIRPORT AUTHORITY	30
5.10 KRAUSE PLANT	30
5.11 HIBBING COUTHOUSE ANNEX	31
5.12 METALLBAU EISENACH	31
5.13 ERLANGEN CITY HALL	31
5.14 WIWOG WOHNBAUGESELLSCHAFT	32
5.15 GERAER VERKEHRSBETRIEBE	33
5.16 REALSCHULE HAAG.....	33
5.17 STADTWERKE ROTTENBURG	34
5.18 STADTWERKE GÖTTINGEN.....	34
5.19 AURORA SUPERCENTER	35
5.20 SYRACUSE HOUSING	35
5.21 HEALTH CANADA.....	36

5.22 THETFORD ELEMENTARY SCHOOL.....	36
5.23 MANITOBA HOUSING AUTHORITY.....	37
5.24 RAPID CITY COMMUNITY CENTERS	37
5.25 NASA – DRYDEN FLIGHT RESEARCH CENTER.....	38
5.26 TORONTO COMMUNITY HOUSING AUTHORITY.....	38
5.27 BOMBARDIER (CANADAIR FACILITY).....	39
5.28 FORD MOTOR COMPANY.....	39
5.29 2008 BEJING OLYMPIC VILLAGE.....	40
5.30 JOHN MOLSON SCHOOL OF BUSINESS	40
5.31 COPELDOS R.L.....	41
5.32 GELEE CHICKEN FARM	41
5.33 PASIVNÍ DŮM PRO VÍCE RODIN WINTERTHUR.....	42
5.34 SOLÁRNÍ DOMY FIRMY MAISSEN SA	42
5.35 RODINNÝ DVOJDŮM HERISAU	43
5.36 RODINNÝ DŮM HORW	43
5.37 RODINNÝ DŮM BRAUNWALD.....	44
5.38 RODINNÝ DŮM DEGERSHEIM.....	44
5.39 RODINNÝ DŮM DOTZLER.....	45
5.40 PANELOVÝ DŮM FRIEDLAND.....	45
5.41 AQUA LATIUM.....	46
5.42 RODINNÝ DŮM KUBIS.....	46
5.43 MORAVSKÁ ZEMSKÁ KNIHOVNA.....	47
5.44 SLUNEČNÍ PENZION SVITAVY	48
DISKUSE.....	49
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	51
PŘÍLOHY	53

ÚVOD

Solární energie je jeden z tzv. obnovitelných zdrojů energie. Lze proto zjednodušeně říci, že bude k dispozici stále (z hlediska potřeb naší civilizace). Využívání solární energie má zanedbatelné dopady na životní prostředí, neprodukuje škodlivé látky, a tak neovlivňuje tepelnou rovnováhu Země. Nejčastější aplikací jsou systémy na ohřev užitkové vody. Další možností je výroba elektrické energie, která je ve vhodných lokalitách i v rozsáhlých energetických aplikacích. Využití solární energie pro vytápění a větrání však není stále tak rozšířené. Každý ho svým způsobem využívá při pasivním příjmu sluneční energie okny objektu, ale nejspíš ho ani nenapadne uvažovat o tomto faktu jako o „využití“ solární energie. Cílených aplikací jako jsou solární fasády, teplovzdušné kolektory a také efektivně navrhovaných pasivních prvků domu není mnoho, ale přibývají i v našich zeměpisných končinách.

Vedle již zmíněných vodních kolektorů existují již více jak 20 let solární vzduchové kolektorové systémy. Prvopočátky vzduchových kolektorů sahají až do devatenáctého století, kdy byly poprvé použity v USA [2]. Byly to zasklené načerno nabarvené kovové pásy zhotovované na místě stavby a montované na jižní fasádu domu. Jednalo se pouze o pár aplikací a další vývoj tehdy nepokračoval. Druhá světová válka způsobila nedostatek energetických rezerv, a to v USA podnítilo další vývoj a zdokonalování těchto zařízení. V roce 1945 postavil George Løf (svého času profesor na Colorado State University) ve svém domě poblíž Denveru první kompletní solární zařízení k vytápění místností, které i dnes po více jak šedesáti letech přispívá k vytápění tohoto domu [2]. Ropná krize v 70. letech minulého století vedla k mnohem větší potřebě využívání alternativních energií a došlo tak k většímu rozšíření solárních systémů pro ohřev vzduchu hlavně u nového druhu nízkoenergetických domů po celých Spojených státech [13].

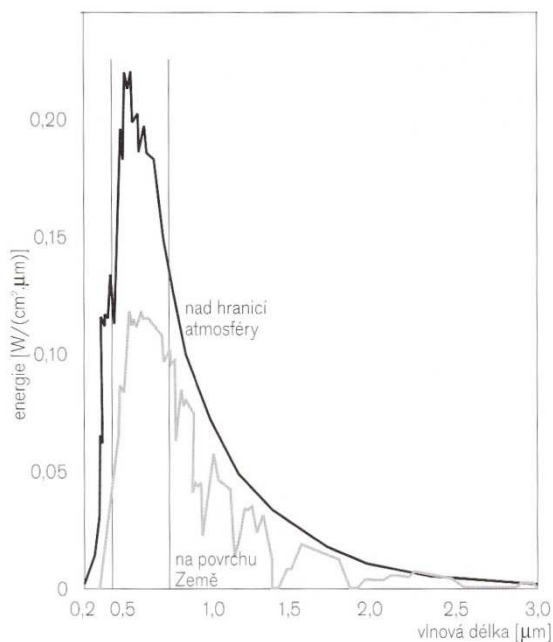
Do Evropy (konkrétně německy mluvících zemí) se tato metoda využití solární energie dostala koncem sedmdesátých let. Pozornost se nejprve soustředila na proveditelnost solárních vzduchových kolektorových systémů, později se staly hlavními tématy systémová technika a její integrace do budovy. Protože v té době ještě nebyly dostupné žádné průmyslově vyrobené komponenty, byla tato zařízení zhotovována pouze individuálně na místě stavby [2].

V osmdesátých a devadesátých letech minulého století bylo toto téma přijato do několika výzkumných programů Mezinárodní agentury pro energii s cílem zvýšit spolehlivost těchto systémů a snížit jejich náklady [2].

1. SOLÁRNÍ ENERGIE

1.1 PŮVOD SOLÁRNÍ ENERGIE

Solární energie je taková energie, která dopadá na Zemi ve formě slunečního záření. Tato energie je uvolňovaná termionukleárními reakcemi na Slunci a na Zemi je doprovázena ve formě elektromagnetického záření. Slunce vyzařuje energii jako



Obr. 1.1 Sluneční spektrum nad hranicí atmosféry a na povrchu Země; průměrné roční hodnoty globálního záření [$\text{MJ}\cdot\text{m}$]; [3]

absolutně černé těleso, tj. vysílá paprsky v celém rozsahu vlnových délek (obr. 1.1). Nejvýznamnější oblast záření pro lidstvo je v rozsahu přibližně 400 až 650 nm, protože záření těchto vlnových délek je viditelné lidským okem [3]. V této oblasti na Zemi dopadá největší množství energie (asi 3/4) [3]. Energeticky významné je blízké infračervené záření v oblasti od 650 nm do přibližně 2000 nm [3]. Většina ultrafialového záření je pohlcena ozónem ve stratosféře a na povrch Země se nedostane. Atmosférou je také zadržováno dlouhovlnné infračervené záření.

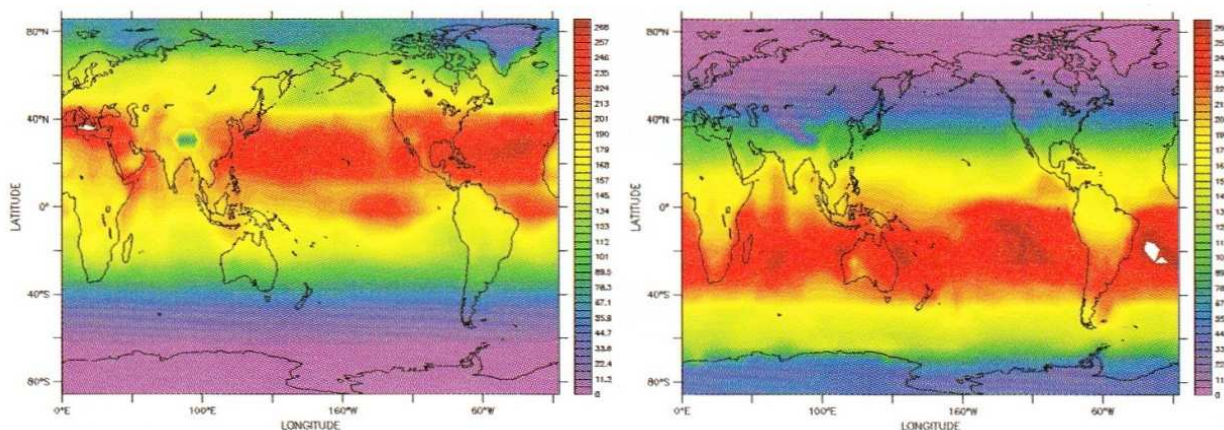
Hustota dopadající energie slunečního záření na hranici zemské atmosféry je $1,37 \text{ kW/m}^2$, to je tzv. solární konstanta [3]. Energie, kterou nám poskytuje Slunce je hlavním zdrojem energie pro biosféru (tím pádem pro veškerý život na Zemi). Solární energie je také původcem dalších používaných energetických zdrojů jako

energie větru, proudící vody, biomasy a také fosilních paliv (energie slunečního záření zachycená před miliony let v rostlinách). Jaderná energie, geotermální energie a energie mořského přílivu jsou jediné energie, které využíváme a zároveň nemají původ v energii solární.

1.2 DOSTUPNOST SOLÁRNÍ ENERGIE

Solární energie je na Zemi dostupná prakticky všude, ale značně se liší její intenzita v závislosti na zeměpisné poloze. Množství energie, které lze ze slunečního záření získat záleží na těchto faktorech:

1. **Zeměpisná šířka.** Největší množství záření dopadá na Zemi v oblastech okolo rovníku a nejméně u pólů (obr. 1.2).



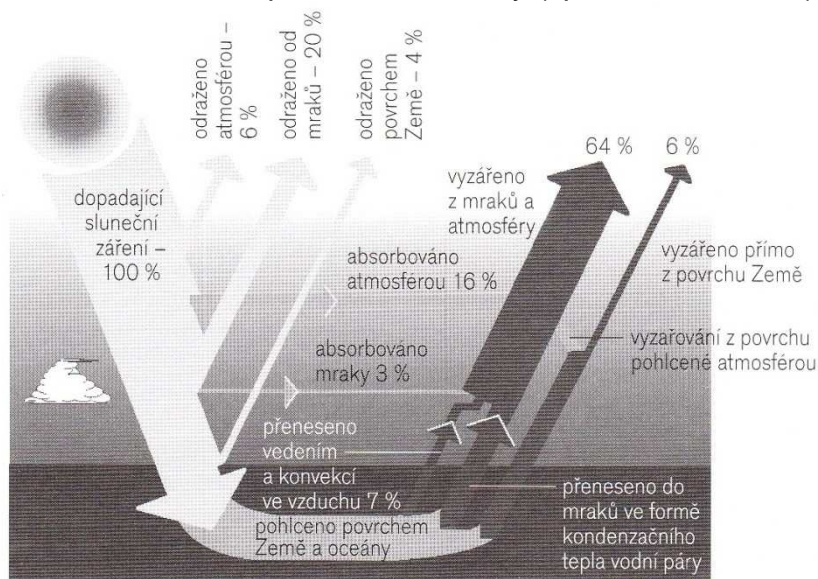
Obr. 1.2 Mapa průměrné intenzity slunečního záření dopadajícího na povrch Země v létě a v zimě, z hlediska severní polokoule [W/m^2]; [3]

2. **Roční doba.** Nabídka slunečního záření se mění v průběhu roku – v zimě jsou dny mnohem kratší a Slunce vystoupá na obloze nízko, což spolu s častější oblačností značně omezuje energetický zisk solárních zařízení. V letním období za jasného dne dopadne na 1 m^2 plochy orientované na jih cca 7 až 8 kWh, při oblačném počasí jen cca 2 kWh [3]. V zimě za slunečného počasí jsou to jen 3 kWh a při oblačném počasí pak méně než 0,3 kWh [3]. Tab. 1.1 uvádí srovnání sum dopadajícího slunečního záření v Praze a španělské Seville.

Měsíc	Suma záření na vodorovnou plochu [$kWh/(m^2 \cdot \text{den})$]	
	Praha	Sevilla
Leden	0,77	2,47
Únor	1,42	3,10
Březen	2,42	4,61
Duben	3,74	5,29
Květen	4,83	6,78
Červen	4,89	7,30
Červenec	5,06	7,11
Srpen	4,28	6,45
Září	2,86	5,13
Říjen	1,89	3,87
Listopad	0,81	2,51
Prosinec	0,55	2,09
Roční průměr	2,8	4,73

Tab. 1.1 Sluneční záření dopadající v Praze a Seville v průběhu roku na vodorovnou plochu; [3]

3. **Místní klima, oblačnost.** Záření je při průchodu zemskou atmosférou pohlcováno, ale také odráжено (obr. 1.3). Zásadní vliv na poměr pohlceného a odraženého záření mají mraky – za jasné oblohy dopadá na povrch Země přibližně 75% záření, při zatažené obloze je to pod 15% [3]. Dalšími vlivy na množství získané energie ze slunečního záření jsou znečištění atmosféry a jisté lokální vlivy (např. časté přízemní mlhy. Oblačnost také způsobuje rozptýlení dopadajícího záření, což vede k dalšímu snížení využitelnosti některými solárními systémy (např. systémy s Fresnelovými čočkami difuzní záření nevyužijí). Vliv oblačnosti nelze předpovědět na delší dobu, proto se používají pro výpočty dostupnosti solárního záření průměrné hodnoty (zpravidla za 50 let) [3].



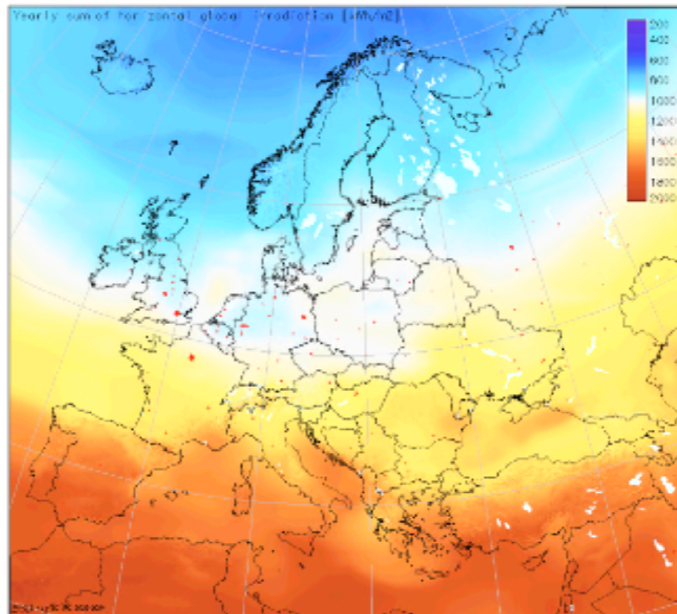
Obr. 1.3 Energetická bilance Země – průchod záření zemskou atmosférou; [3]

4. **Sklon a orientace plochy, na niž sluneční záření dopadá.** Maximální výkon ze slunečního záření získáme na ploše, která je kolmá k dopadajícím paprskům. Optimální by proto bylo natáčet záření za Sluncem tak, aby paprsky dopadaly stále kolmo. Takovéto řešení se však používá spíše výjimečně, jelikož je nákladné a dost často by komplikovalo instalaci zařízení. Kompromis je proto osazení se sklonem cca 45° jižním směrem, které zaručí optimální celoroční zisk [3]. Pro zvýšení zisku v zimním období je možno zvětšit sklon na 60° a pro zvýšení zisku v letním období je lepší použít sklon 30° [3].

Nelze jednoduše předpovědět, kolik energie Slunce poskytne v jeden konkrétní den příštího roku, lze ale odhadnout, kolik jí bude za celý měsíc nebo celý rok. Za přibližně dvacetiletou životnost solárního systému na každý metr čtvereční dopadne ze Slunce přibližně 25 MWh energie [3].

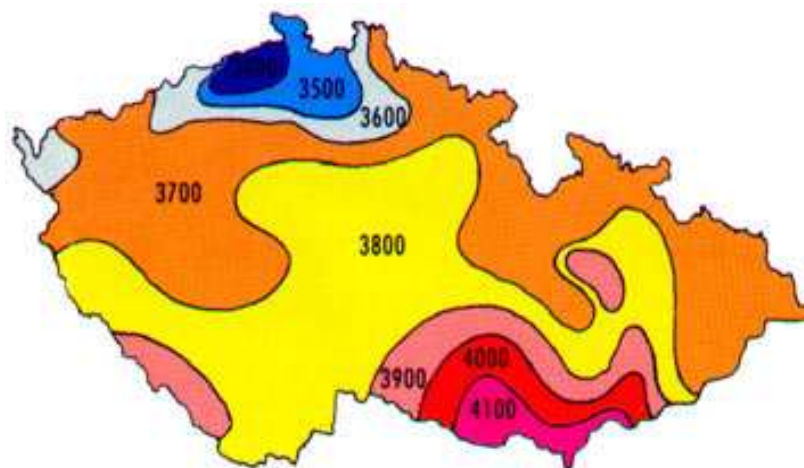
Důležité je, že celkové množství solární energie, které je k dispozici v určité lokalitě, je známo s dostatečnou přesností. Příslušný solární systém je pak možné správně dimenzovat a spočítat tak návratnost této investice.

Dostupnost solární energie na území Evropy je vidět na obr. 1.4.



Obr. 1.4 Roční sumy globálního slunečního záření dopadajícího na vodorovnou plochu v Evropě
© European Communities, 1995-2005; [3]

Podobné zobrazení pro ČR (obr. 1.5) ukazuje, že rozdíly v dopadajícím slunečním záření jsou na tak malém území poměrně nevýznamné.



Obr. 1.5 Mapa ročních úhrnů celkového slunečního záření dopadajícího na vodorovnou plochu v ČR
[kWh/m²]; [1]

1.3 OHŘEV VZDUCHU SOLÁRNÍ ENERGIÍ

Vzduchová solární zařízení jsou z konstrukčního hlediska srovnatelná s kapalinovými solárními zařízeními. Vzduch jako teponosné médium má však v porovnání s vodou zcela odlišné fyzikální vlastnosti (viz tab. 1.2).

		Vzduch	Voda	Faktor
Specifická hustota	ρ	1,185 kg/m ³	998,20 kg/m ³	842
Specifická tepelná kapacita	C_p	0,28 Wh/kgK	1,16 Wh/kgK	4,14
	C_v	0,33 Wh/kgK	1158 Wh/kgK	3488
Tepelná vodivost	λ	0,026 W/mK	0,599 W/mK	23

Tab. 1.2 Charakteristické hodnoty suchého vzduchu při 25 °C a atmosférického tlaku; pro srovnání hodnoty pro vodu; [2]

Fyzikální vlastnosti vzduchu jako teponosného média způsobují, že [2]:

- Vzduch se ohřívá rychleji než voda již při slabším slunečním záření, a tak i při zatažené obloze dosahuje požadované úrovně užitečné teploty.
- Vzduchové kolektorové systémy vyžadují z důvodu nízké specifické tepelné kapacity vzduchu poměrně velké průřezy proudění a dmýchací výkony pro transport tepla.
- Vzduch nelze použít jako akumulární médium pro jeho nízkou hustotu energie.
- Vzduch potřebuje díky své nízké tepelné vodivosti při přenosu tepla na jiná média velké přenosové plochy.

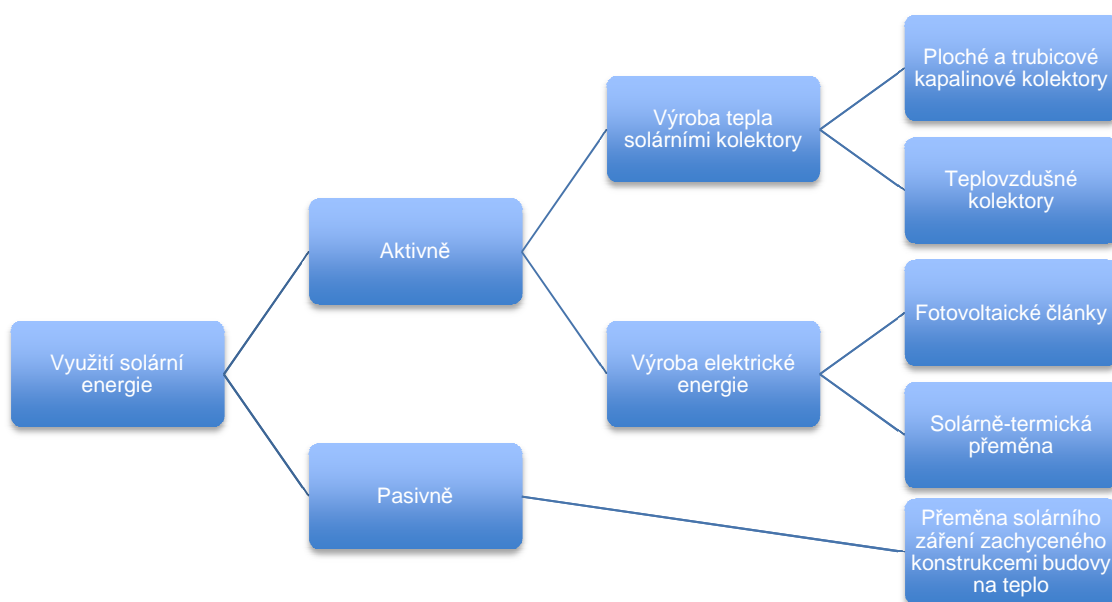
Výhody vzduchových solárních zařízení [2]:

- Vzduchová zařízení podléhají méně korozi, a tak u jejich kolektorů může být stanovena mnohem vyšší životnost než u kapalinových systémů.
- Vzduchová zařízení nevyžadují jak ochranu proti mrazu, tak proti přehřátí. Obejdou se bez pojistných ventilů a expanzních nádob.
- Vzduchové kolektorové systémy pracují efektivně i při relativně nízké teplotě, a proto mohou být v provozu celý rok.
- Akumulace energie ve vzduchových kolektorových systémech je možná pouze nepřímo, a to prostřednictvím pomocné akumulace v jiném médiu (voda, kámen, beton). Nebo lze teplý vzduch ze solárního okruhu vést přímo do místností.
- Síť vzduchových kanálů nemusí být absolutně těsná. Menší ztráty, způsobené netěsnostmi, nemají negativní vliv na chování systému a ani nezpůsobují škody.

Ekonomicky zajímavá řešení jsou případy, kdy jsou kolektory konstruovány jako součást pláště budovy a akumulární média jsou součástí nosné struktury.

2. VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERIE PRO VYTÁPĚNÍ

Solární energii pro vytápění lze využít dvěma způsoby – aktivně nebo pasivně. Pasivní využití počítá pouze s přeměnou solární energie na teplo pomocí prvků budovy a neobsahuje žádné složitější technické prvky. Pasivní systémy mohou sloužit pouze pro vytápění. Aktivní solární systém je koncipován jako technická aplikace integrovaná do budovy. Většina aktivních solárních systémů slouží pro vytápění a větrání.



Obr. 2.1 Schéma rozdělení možností využití solární energie; [1]

2.1 PASIVNÍ SOLÁRNÍ SYSTÉMY

Ohřívání místností dopadajícím slunečním zářením bylo využíváno již ve starověku. Ve starém Řecku byl vyvinut typ domu, který byl otevřený nízkému zimnímu slunci a dobře chráněný od severu (nazývaný jako „Sokratův dům“). Ulice byly často vedeny ve směru východ – západ, což domům umožňovalo otevřenost na jih a také se nestínily. Hlavním problémem tehdy bylo, že získané teplo se velmi rychle ztrácelo díky proudění vzduchu v důsledku nezasklených oken. O faktickém využití proto mluvíme až s příchodem transparentní izolace, čímž rozumíme izolující zasklená okna [3].

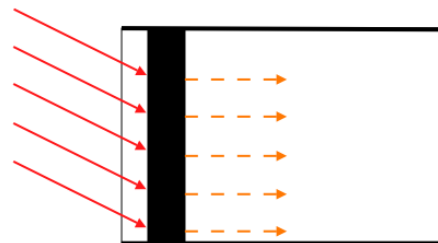
2.1.1 SYSTÉM S PŘÍMÝM ZISKEM – OKNO

Jižní okno je vlastně tím nejjednodušším solárním vytápěcím systémem. Sluneční záření dopadající na okno z větší části projde do místnosti, kde se přemění v teplo. Z menší části se od okna odrazí. Takto získané teplo se díky konvekci a radiaci

v místnosti rovnoměrně rozloží a akumuluje se do stěn a zařízení. Tento velmi jednoduchý systém funguje skoro v každém domě a snižuje roční spotřebu energie o cca 10 až 15 % [3]. Účinnost závisí hlavně na vlastnostech zasklení, což jsou součinitel celkové tepelné propustnosti pro sluneční záření g a součinitel prostupu tepla U . Žádoucí je, aby propustnost g byla co nejvyšší a prostup tepla U co nejmenší. Platí však, že zasklení s vysokou hodnotou propustnosti mívají relativně velké ztráty, a naopak. Energetickou bilanci tohoto solárního systému lze zvýšit aplikací krycích prvků okna (okenice, žaluzie, rolety apod.) na dobu, kdy okno neslouží k osvětlování místnosti. Využití okna jako solárního systému má své limity. Pokud mají být velké tepelné zisky, musí být i velká plocha okna. Velké okno ovšem představuje také velkou tepelnou ztrátu a často nepříjemné oslnění při nízkém slunci. Nejzávažnějším problémem je přehřívání místnosti v dobách, kdy již není třeba topit. Udává se, že by plocha oken neměla přesáhnout 20% podlahové plochy, aby se předešlo těmto problémům [3].

2.1.2 TROMBEHO STĚNA

Trombeho stěna byla poprvé zkoumána koncem 50. let 20. století francouzským inženýrem Felixem Trombem a po něm byla také pojmenována. Typická Trombeho stěna je 20 – 40 cm silná stěna z těžkého, dobře tepelně vodivého materiálu (beton, plné cihly). Povrch stěny je natřený tmavou barvou, zvenku je zakrytá jednoduchým, popř. dvojitým zasklením [3]. Dopadající sluneční záření zahřívá tmavý povrch stěny a teplo je vedeno materiálem stěny dovnitř. Stěna zde plní dvojí funkci – kolektor



Obr. 2.2 Trombeho stěna; [3]



Obr. 2.3 Reflexní rolety na Trombeho stěně domu Nullenergyhouse, Freiburg (Německo); [3]

Dalším upravováním Trombeho stěny za použití ventilátorů, zásobníku atd. by vznikl aktivní systém s fasádním kolektorem (viz dále).

slunečního záření a také zásobník tepla. Nejvyšší teploty na vnějším povrchu stěny je dosaženo v odpoledních hodinách, ale díky velké tepelné kapacitě stěny je prostup tepla dovnitř zpožděn o 5 až 10 hodin [3]. Ventilovaná Trombeho stěna je opatřena otvory, kterými je ohřátý vzduch z prostoru mezi stěnou a zasklením veden do místnosti. Nežádoucí tepelné zisky se eliminují aplikací reflexní rolety v mezeře mezi zasklením a akumulací stěnou (obr. 2.3). Základní nevýhoda Trombeho stěny je jako u okna přílišná tepelná ztráta směrem ven.

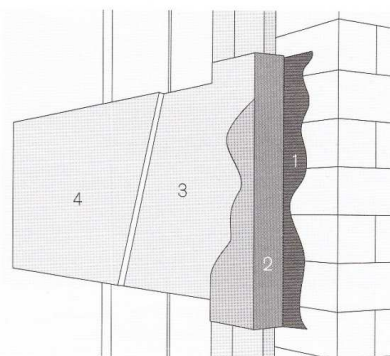
2.1.3 VOŠTINOVÉ STRUKTURY (HONEYCOMB)

Jedná se o druh transparentní izolace využívající vrstvu průhledných trubiček (voštin). Tyto trubičky jsou orientovány kolmo ke stěně (nejlépe kolmo k dopadajícímu slunečnímu záření). Sluneční záření se bez větších překážek dostává k černě natřenému povrchu stěny, kde se přemění na teplo. Únik tepla směrem ven je podstatně omezen z důvodu neprobíhajícího přenosu tepla konvekcí a radiací (materiál voštin je pro dlouhovlnné infračervené záření neprostupný). Tento druh transparentní izolace, vsazené do normální vnější



Obr. 2.5 Vila Tannheim, Freiburg (Německo); [12]

tepelné izolace fasády, lze najít například na vile Tannheim, sídle Mezinár. společnosti pro solární energii (ISES) ve Freiburgu (obr. 2.5) [3]. Dalším druhem jsou voštinové panely z neprůhledného materiálu, a to papíru. Příspěvek slunečního záření je zde menší. Paprsky pouze zahřejí vnitřek voštinové izolace a neproniknou až ke stěně.



Obr. 2.4 Transparentní izolace typu honeycomb; [3]

- 1 – lepicí tmel,
- 2 – panel transparentní izolace,
- 3 – transparentní lepidlo,
- 4 – transparentní povrchová úprava

2.1.4 AEROGEL

Aerogel je další druh transparentní izolace. **Křemičitý aerogel** je speciálně připravený silikagel (= oxid křemičitý). Lze jej připravit ve formě lehkých, mikroporézních a téměř průhledných desek a vyznačuje se neuvěřitelně nízkou tepelnou vodivostí, která je nižší než má nejlepší extrudovaný polystyren [3]. Je velmi dobře propustný pro sluneční záření a jeho vysoká tepelněizolační schopnost je dána velmi malými rozměry pórů (je znemožněn volný pohyb molekul plynu a nedochází tak k přenosu tepla). Hlavní nevýhodou zůstává cena způsobená nákladným způsobem výroby. **Granulovaný aerogel** se používá nasypaný mezi dvě skla nebo do dutinkových polykarbonátových panelů. Jeho výroba je snadnější a je produkována komerčně [3].

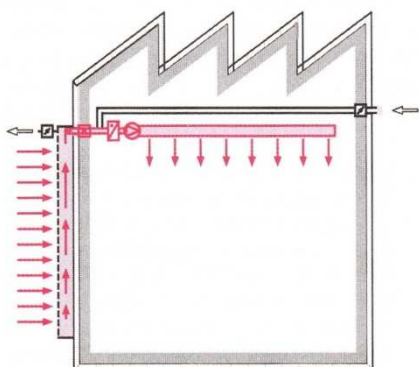
2.1.5 ZIMNÍ ZAHRADA

Jedná se v podstatě o alternativu solárního systému s přímým ziskem – okna. Zimní zahrada (což je v podstatě skleník) je předsazena nejčastěji před jižní stěnu domu. Dopadající sluneční záření zahřívá podlahu skleníku a přilehlou stěnu domu (do jisté míry se zde i akumuluje). Současně se ohřívá i vzduch, který lze poté odvádět do přiléhajících místností domu. Podstatnou nevýhodou zimní zahrady je přehřívání tohoto prostoru v době, kdy je velká nabídka slunečního svitu, a tak je podstatně efektivní odvětrávání a stínění. Výhodou zimní zahrady je rozšíření obytného prostoru domu při příznivém počasí.

2.2 AKTIVNÍ SOLÁRNÍ SYSTÉMY

Základní výhodou aktivních systémů je jejich větší flexibilita oproti systémům pasivním. Jsou to komplexně navrhované systémy sloužící pro vytápění a větrání (popřípadě i pomocný ohřev TUV). Nejčastěji se skládají ze vzduchových kolektorů, rozvodu vzduchu s příslušným regulačním systémem a případně obsahují i zásobník tepla. Složení jednotlivých systémů je individuální a v této kapitole je popsáno jejich základní rozdělení.

2.2.1 SOLÁRNÍ SYSTÉM S PŘÍVODEM VZDUCHU



Obr. 2.6 Schéma solárního ohřívání přiváděného vzduchu; [2]

Solární ohřívání přiváděného vzduchu je jednoduchý systém sloužící k předeřívání venkovního vzduchu, který je přiváděn do budovy. Předností tohoto systému jsou nízké investiční a provozní náklady. Kolektor tvoří nečastěji nezasklený absorbér – perforovaný plechový plášť budovy. Venkovní vzduch se uvnitř takového kolektoru ohřeje již při slabém slunečním svitu a také při nízkých venkovních teplotách. V letních měsících systém plní chladicí funkci, protože předsazený absorbér brání přímému ozáření pláště budovy a vzduch proudící v důsledku přirozené konvekce vzhůru ještě podporuje ochlazování neozářeného pláště. To je velice podstatný fakt pro

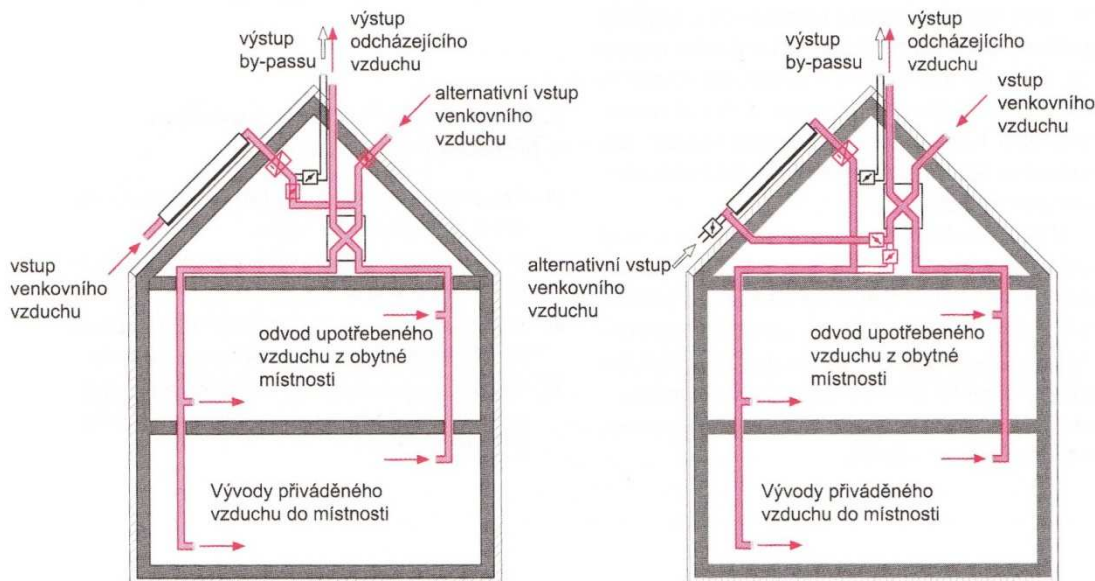
budovy s neizolovaným pláštěm, u kterých může být toto snížení nároků na chlazení významné. Příkladem tohoto systému je SolarWall® (viz kapitola 3.2.1).

2.2.2 SOLÁRNÍ SYSTÉM S ŘÍZENÝM PŘÍVODEM A ODVODEM VZDUCHU

Jedná se o kombinaci solárního vzduchového kolektoru s řízeným ventilačním zařízením (zařízení s přívodem a odvodem vzduchu a regenerací tepla).

Pro integraci kolektoru do okruhu existují dvě možnosti zapojení [2]:

1. **Kolektor je zapojen před regenerační jednotkou.** Venkovní vzduch je veden skrz kolektor a následně dohříván v zařízení pro regeneraci tepla. Předeřev vzduchu v kolektoru snižuje účinnost regenerační jednotky. Při oblačnosti a v noci vzduch kolektorem neproudí (by-pass). Přimísením venkovního vzduchu se dá omezit otopný výkon. Jako kolektory se dají použít i nekryté fasádní kolektory.
2. **Kolektor je zapojen za regenerační jednotkou.** Přiváděný vzduch předeřátý v zařízení pro regeneraci tepla je přes kolektor veden do obytné místnosti. Účinnost kolektoru je snižována tím, že do něho proudí vzduch s vyšší teplotou. Vzduch se vede kolektorem pouze pokud na něj dopadá sluneční záření (v opačném případě by se mohl ochlazovat). Otopný výkon se dá omezit částečným otevřením by-passové klapky kolektoru.



Obr. 2.7 Schéma solárního systému s řízeným přívodem a odvodem vzduchu: vlevo kolektor před regenerační jednotkou, vpravo za ní; [2]

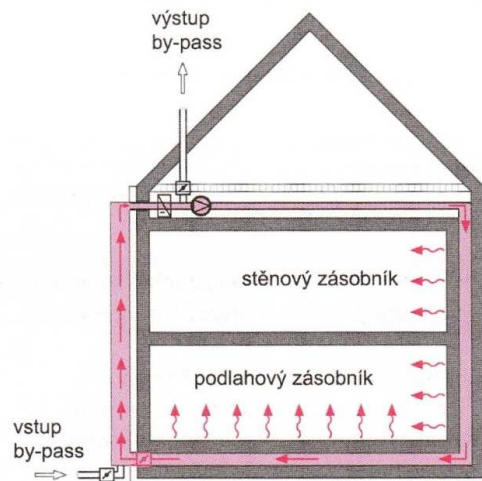
V obou případech zapojení se do systému může připouštět cirkulující vzduch. Část vzduchu odcházejícího z obytných místností se před TV přimísí do čerstvého vzduchu přiváděného do místnosti. Systémy s cirkulací vzduchu jsou ekonomicky výhodné jenom tehdy, jsou-li obytné místnosti vytápěny pouze vzduchem.

2.2.3 DVOUPLÁŠŤOVÉ FASÁDY

Jedná se o přídatný skleněný plášť instalovaný před hlavní fasádu. Tento plášť zlepšuje zvukovou izolaci objektu a celkovou hodnotu koeficientu tepelné ztráty pláště budovy. Mimo to vytváří prostor pro architektonický návrh budovy odlišný od konvenčních fasád. V letních měsících je z důvodu přehřívání nutná sluneční clona. Fasády se dělí na **koridorové**, u kterých je vzniklý meziprostor rozdělen vertikálně podle podlaží, a fasády **vícepodlažní**, které kryjí více obytných místností vertikálně i horizontálně [2]. Nevýhodou dvojitých fasád je přenos zvuku mezi jednotlivými místnostmi přes fasádu.

2.2.4 SOLÁRNÍ VYTÁPĚNÍ MÍSTNOSTÍ

Oběh vzduchu je v tomto případě oddělený od vzduchu v místnosti. Ohřátý vzduch z kolektoru proudí do stavebních dílů v budově, které akumulují teplo. Vzniká tak hypokaustové vytápění podle římského vzoru s vysokým tepelným komfortem [2]. Pro dostatečný přenos tepla za nízkých povrchových teplot jsou zapotřebí velké výhřevné plochy. Systém slouží pouze pro vytápění budov a větrání je potřeba



Obr. 2.8 Schéma solárního vytápění místnosti; [2]

realizovat jinou cestou. Teplota vzduchu na vstupu do kolektoru odpovídá přibližně teplotě vzduchu v obytné místnosti. Pro tento systém se doporučují kryté kolektory (vyrobené průmyslově nebo v místě stavby) a okenní kolektory. Integrace kolektorů do střechy nebo fasády bude v tomto případě hrát podstatnou roli, jelikož jsou zapotřebí velké kolektorové plochy.

2.2.5 OBLASTI POUŽITÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTOROVÝCH SYSTÉMŮ

Výhodné je aplikovat solární teplovzdušné systémy u budov, které vykazují v zimě a v přechodovém období významnou potřebu vytápění, nebo mají vysokou potřebu venkovního vzduchu.

Obytné budovy

Dobré uplatnění, zejména pro budovy v horských oblastech (více slunečního svitu ve vyšší zeměpisné poloze) [2].

Průmyslové budovy a skladištní haly

Průmyslové budovy se často vyznačují vysokou potřebou větrání, která je dána charakterem výroby a nízkými požadavky na komfort. Zvláště vhodné jsou zde solární systémy s přívodem vzduchu [2].

Sportovní a víceúčelové haly

Sportovní haly, plavecké haly atd. se na základě vysoké potřeby venkovního vzduchu hodí jako průmyslové budovy pro použití solárních systémů s přívodem vzduchu [2].

Administrativní a správní budovy, školní budovy

Přednost mají systémy ohřívání venkovního vzduchu ve spojení s řízenou průtažnou ventilací. Díky častému vysokému internímu zatížení (způsobené různými zdroji tepla, jako je např. výpočetní technika) je použití solárních vzduchových kolektorových systémů k vytápění místností zbytečné, neboť u objektů tohoto typu nevzniká zvláště v přechodovém období potřeba vytápění [2].

	Jednoduchý solární systém s přívodem vzduchu	Solární systém s řízením přívodem a odvodem vzduchu	Solární vytápění místností
Obytné domy	Podmíněně vhodný	Vhodný	Vhodný
Úřady	Podmíněně vhodný	Vhodný	Podmíněně vhodný
Školní budovy	Podmíněně vhodný	Vhodný	Podmíněně vhodný
Průmyslové objekty a skladištní haly	Vhodný	Podmíněně vhodný	Podmíněně vhodný
Sportovní a víceúčelové stavby	Vhodný	Vhodný	Podmíněně vhodný

Tab. 2.1 Uplatnění vzduchových kolektorových systémů pro různé typy staveb; [2]

3. VZDUCHOVÉ KOLEKTORY

Podle druhu konstrukce můžeme vzduchové kolektory dělit na [2]:

- ploché kolektory s průhledným krytem;
- nekryté velkoplošné ploché kolektory;

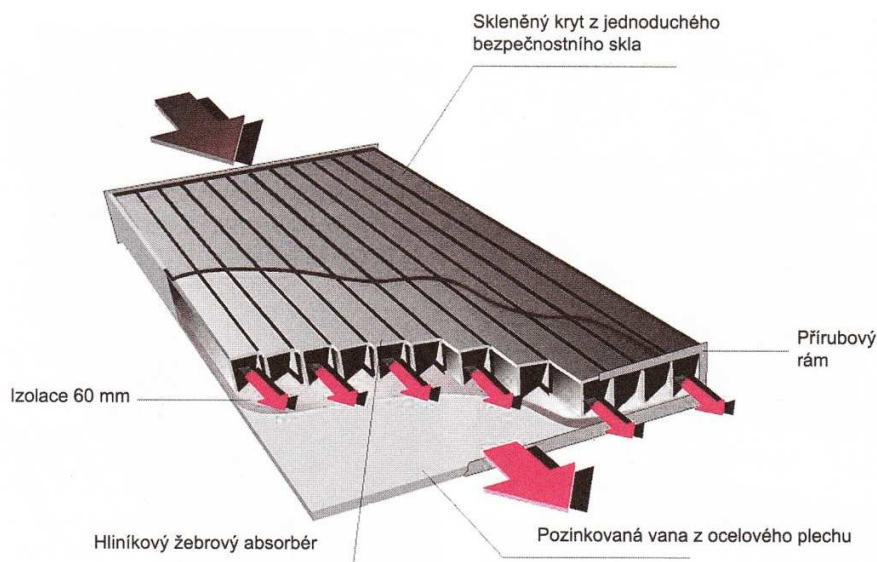
a podle způsobu výroby na [2]:

- standardní kolektory (průmyslově, tzn. sériově vyrobené);
- kolektory sestavované na stavbě (individuálně realizované projekty v dané lokalitě).

3.1 PRŮHLEDNÉ KRYTÉ VZDUCHOVÉ KOLEKTORY

Používají se při požadavku na vyšší provozní teploty vzduchového kolektoru (zařízení se zásobníkem, určená také pro přípravu TUV). Na trhu existují průmyslově vyrobené vzduchové kolektory, které dosáhly vysokého stupně standardizace, srovnatelného se stupněm standardizace kapalinových kolektorů [2]. Mnohé stavební prvky (např. integrace do střechy) jsou s kapalinovými kolektory identické. Průhledné kryté vzduchové kolektory se také velmi často montují přímo na stavbě za použití průmyslově vyrobených komponent.

3.1.1 PRŮMYSLOVĚ VYROBENÉ PLOCHÉ KOLEKTORY



Obr. 3.1 Vzduchový kolektor firmy Grammer, Amberg; [2]

Dominantními firmami na trhu německy mluvících zemí jsou v tomto oboru Grammer Solar + Bau GmbH (Amber) a SCHÜCO International KG (Bielefeld). Standardní vzduchový kolektor firmy Grammer má rozměry 2000 x 1000 mm a váží 45 kg, což je ještě přijatelné pro montáž jak na střechu, tak na fasádu [2].

3.1.2 PLOCHÉ KOLEKTORY ZHOTOVENÉ NA STAVBĚ

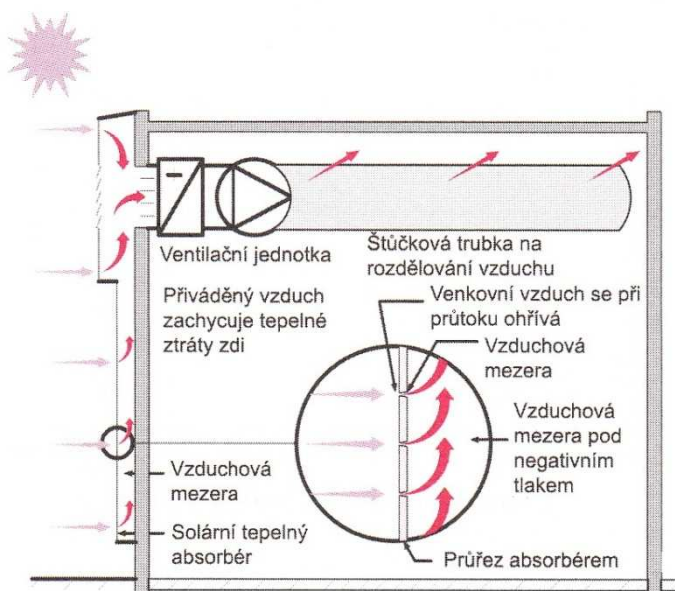
Kolektory zhotovené na stavbě se montují ve většině případů celoplošně na daný prvek budovy (střecha, fasáda), který pak funguje jako zadní izolace. Zároveň přejímají funkci ochrany proti povětrnostním vlivům, případně funkci zadního větrání fasády. Tak vznikají značné investiční úspory a závěr, že m² kolektorů zhotovených v dané lokalitě je levnější, než je tomu u kolektorů průmyslově vyrobených [2]. Stavba kolektoru na místě umožňuje v mnoha případech lepší integraci do budovy, protože je individuální a navrhovaná pro konkrétní objekt.

3.2 NEKRYTÉ VZDUCHOVÉ KOLEKTORY

Tento typ kolektorů vykazuje z důvodu absence průhledného krytu větší tepelné ztráty směrem dopředu/ven. Používá se převážně na jižně orientovaných stěnách objektů.

3.2.1 SOLARWALL®

SolarWall® je solární fasáda, jejíž vnější plášť tvoří jemně perforovaný plech vyvinutý firmou Conserval Engineering. Plechy se vyrábí o šířce 1 m, délce 16 m a montují se beze spojů [2]. Sluneční záření působí většinou na tmavý absorpční plech. Ten se zahřívá a na vnější straně začne proudit ohřátý vzduch vzhůru. Řízeným odsáváním (podtlakem) na zadní straně fasády proniká tento teplý vzduch perforovaným absorbérem. Vzduch se pak shromažďuje v prostoru zadního odvětrávání a přivádí se k ventilačnímu zařízení.



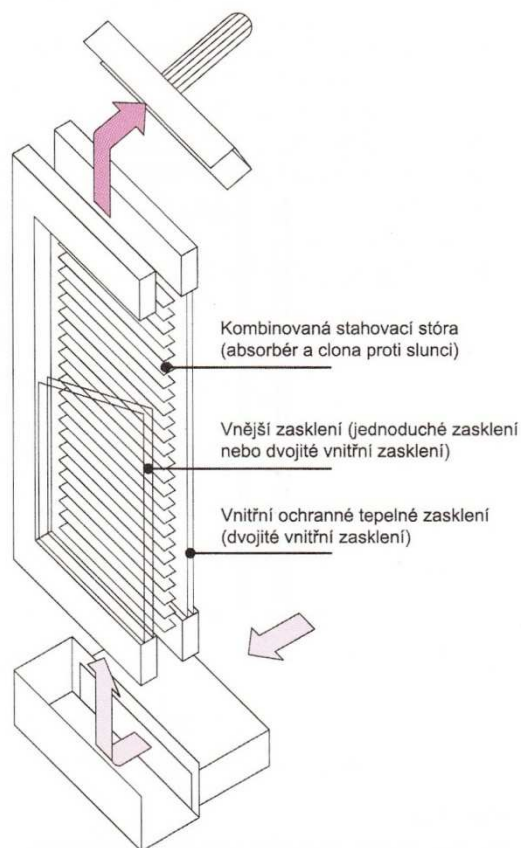
Obr. 3.2 Funkční schéma solární stěny SolarWall®; [2]

Pomocí přidavných otvorů v horní části odvětrávání je v létě možné absorbér obejít, vyhnout se tak přehřátí obytných místností a udržovat ventilaci v chodu.

Vzduchové kolektory na principu SolarWall® lze postavit za podobných nákladů jako konvenční fasády. Mezi další výhody patří bezúdržbovost a nízké ztráty díky nízkým provozním teplotám venkovního vzduchu. Nevýhodou je použitelnost pouze pro přehřívání vzduchu a nikoli pro vytápění [2].

3.3 OKENNÍ KOLEKTOR

Je speciální variantou průhledného krytého kolektoru. Kolektor v tomto případě slouží zároveň jako okno. Konstruuje se pouze na stavbě, neboť poptávka po sériové výrobě je stále ještě nízká [2]. Okenní kolektor se používá výhradně v uzavřených okruzích. V principu to jsou dvojitá okna s deštěnou špaletou a se žaluzií pohlcující teplo slunečního záření v meziprostoru. Vzduch cirkulující ve dvojitém okně se na lamelách ohřívá a kanálovým systémem se přivádí do obytné místnosti za oknem, nebo do zásobníku. Okenní kolektor je výhodnou aplikací, jelikož plní také funkci okna a tím poskytuje nákladové úspory. Okenní kolektory jsou podobné oknům s přívodem odpadního vzduchu, ve kterých se však vzduch ohřívá teplem z obytného prostoru, který leží za ním. Okna s přívodem odpadního vzduchu se ve Skandinávii instalují do všech světových stran, což znamená, že i při nízkém slunečním záření a extrémně nízkých venkovních teplotách zaručují v obytném prostoru dobré klima [2].



Obr. 3.3 Princip okenního kolektoru; [2]

Výhody tohoto typu kolektoru jsou pozitivní celková energetická bilance otopné sezóny, příjemná povrchová teplota skla na straně obytné místnosti a individuální ochrana proti oslnění. Základní nevýhoda jsou zvýšené náklady na péči a údržbu [2].

4. TEPELNÉ ZÁSOBNÍKY

Při vytápění budovy sluneční energií se její nabídka většinou nekryje s dobami tepelné poptávky, proto je potřebná akumulace takto získaného tepla. Přečasná akumulace tepla získaného ze solární energie je důležitá také proto, že jeho dodávka není vhodná v době přímého slunečního záření přes okna. Naakumulované teplo lze rozvést do neosluněných místností.

Pro stavební provedení zásobníku existují různé materiály a konstrukce. Jako akumulační materiály pro vzduchové kolektorové systémy se hodí těžké minerální stavební hmoty, jako jsou přírodní kámen a umělý kámen (hliněné cihly, vápenopískové cihly nebo beton). Tyto materiály mohou na základě své vysoké hustoty akumulovat velmi mnoho tepla a jsou rovněž schopné teplo rychle přijímat i odevzdávat [2].

5. PŘÍKLADY POUŽITÍ

5.1 OWENS CORNING [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 1030 m²

Místo: Toronto, Kanada

Typ stavby: průmyslová

Rok dokončení: 2009

Instalace systému SolarWall® na továrně Owens Corning, která je světovým výrobcem stavebních materiálů a skelných vláken. Tato instalace systému SolarWall® byla počátkem roku 2008 největší v Severní Americe. Instalace poskytuje výkon 2,5 MW tepelné energie za rok. V roce 2009 je naplánovaná druhá etapa instalace SolarWall®.



Obr. 5.1 Továrna Owens Corning, Toronto (Kanada); [9]

5.2 ASSINIBOINE CREDIT UNION (ACU) [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 32 m²

Místo: Winnipeg, Kanada

Typ stavby: komerční

Rok dokončení: 2009

SolarWall® na objektu ACU je zakomponován do čelní fasády. Na jeho černém povrchu se nachází logo společnosti ACU. Integrace do fasády je dobře provedená a často je považována za architektonický prvek, který slouží čistě esteticky.



Obr. 5.2 Pobočka Assiniboine Credit Union, Winnipeg (Kanada); [9]

5.3 ELIPSE BLC [9]

Kolektor: SolarWall®
Plocha: 1800 m²
Místo: Riga, Litva
Typ stavby: průmyslová
Rok dokončení: 2009

Jedna z největší instalací systému SolarWall® v Evropě poskytující více jak 1 MW tepelné energie za rok. Elipse BLC je poskytovatel distribuce a logistiky pro velké společnosti působící v baltských zemích.



Obr. 5.3 Logistická centrála Elipse BLC, Riga (Litva); [9]

5.4 FLIN FLON GENERAL HOSPITAL [9]

Kolektor: SolarWall®
Plocha: 353 m²
Místo: Flin Flon Manitoba, Kanada
Typ stavby: zdravotní zařízení
Rok dokončení: 2009

Budova nemocnice z roku 1938, která byla roku 1952 a později ještě roku 1971 rozšířena. Narůstající náklady na energii a požadavek na dostatek ventilačního vzduchu (jako u každého nemocničního zařízení) vedly k rozhodnutí na montáž systému SolarWall®. Prvky jsou na fasádu umístěny jak horizontálně, tak vertikálně a tvoří tak zajímavý architektonický prvek. Systém ve Flin Flon General Hospital poskytuje ročně úsporu energie cca 1,523 GJ.



Obr. 5.4 Flin Flon General Hospital před rekonstrukcí; [9]



Obr. 5.5 Flin Flon General Hospital s instalací SolarWall®, Flin Flon Manitoba (Kanada); [9]

5.5 MDS NORDION [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 293 m²

Místo: Ottawa, Kanada

Typ stavby: komerční

Rok dokončení: 2008

MDS Nordion je část MDS Inc. MDS Nordion je významný světový producent v oblasti medicínské biotechnologie. MDS Nordion není jenom vynálezce molekulární medicíny, ale také se významně podílí na ochraně životního prostředí. Aplikace systému ušetří ročně až 735 GJ energie.



Obr. 5.6 Jihozápadní stěna pobočky MDS Nordion, Ottawa (Kanada); [9]

5.6 GREATER SUDBURY HOUSING CORPORATION [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 569 m²

Místo: Sudbury, Kanada

Typ stavby: obytná

Rok dokončení: 2008

Nezisková Greater Sudbury Housing Corporation musela vyřešit problém, jak redukovat spotřebu energie a zlepšit ventilaci v jejich největším bytovém komplexu z roku 1972. Instalovaný systém ušetří ročně až 2162 GJ energie. Systém byl zároveň oproti jiným možným způsobům úspory energie za zlomek jejich ceny.



Obr. 5.7 Černé vertikální a červené horizontální kolektory SolarWall® na bytovém domě, Ottawa (Kanada); [9]

5.7 SAINSBURY DISTRIBUTION CENTER [9]

Kolektor: SolarWall®
Plocha: 950 m²
Místo: Pineham, Velká Británie
Typ stavby: komerční
Rok dokončení: 2008

Sainsbury Distribution Center v Anglii je důkazem, že barva solárního kolektoru SolarWall® může být i velice světlá (v tomto případě světle šedá). Systém generuje 343 MWh energie za rok.



Obr. 5.8 Světle šedé panely na Sainsbury Distribution Center, Pineham (Velká Británie); [9]

5.8 FORT DRUM – US MILITARY [9]

Kolektor: SolarWall®
Plocha: 10220 m²
Místo: New York, USA
Typ stavby: vojenská
Rok dokončení: 2008

Světově největší komplex budov využívajících solární teplovzdušné vytápění. Armádní komplex, na opravu a údržbu armádních vozidel a hangáry vrtulníků o 27 budovách, má celkem nainstalováno 50 panelů SolarWall®, které ušetří ročně 46 TJ energie a poskytuje 4 MW výkonu tepelné energie. Po celé USA se nachází další aplikace systému SolarWall® pro americkou armádu (letectvo, námořnictvo atd.).



Obr. 5.9 Část armádního komplexu Fort Drum, New York (USA); [9]

5.9 GREATER TORONTO AIRPORT AUTHORITY [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 240 m²

Místo: Toronto, Kanada

Typ stavby: administrativní

Rok dokončení: 2007

Jedno z architektonicky nejzajímavějších řešení solárního systému SolarWall®. Budova stojící na Torontském mezinárodním letišti slouží jako výcvikové středisko pro pohotovostní a krizové situace. Na objekt bylo použito i 250 m² neperforovaného plechu, aby byla fasáda budovy jednotná.



Obr. 5.10 Osvětlená část fasády je solární fasáda SolarWall® a v pozadí neperforovaný plech, Toronto (Kanada); [9]

5.10 KRAUSE PLANT [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 2000 m²

Místo: Swidnica, Polsko

Typ stavby: průmyslová

Rok dokončení: 2007

Největší evropská instalace SolarWall®. Systém produkuje 1 MW tepelné energie a doba jeho návratnosti byla vypočítána na 5 let.



Obr. 5.11 Jižní stěna továrny pokrytá panely SolarWall®, Swidnica (Polsko); [9]

5.11 HIBBING COUTHOUSE ANNEX [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 115 m²

Místo: St. Louise County, USA

Typ stavby: administrativní

Rok dokončení: 2006

Kancelářská budova z padesátých let minulého století byla rekonstruována za použití solárních panelů SolarWall® s účelem nejmenších provozních nákladů za ponechání maximální energetické účinnosti budovy. Bylo výhodnější zrekonstruovat budovu starší než stavět novou nízkoenergetickou. Což ukazuje další praktickou vlastnost těchto kolektorů.



Obr. 5.12 Hibbing Courthouse Annex, St. Louis County (USA); [9]

5.12 METALLBAU EISENACH [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 220 m²

Místo: Eisenach, Německo

Typ stavby: průmyslový

Rok dokončení: 1997



Systém byl instalován na prosklenou jižní fasádu továrny, kde plní stínící funkci a získané teplo dodává do severní části budovy. Ročně ušetří cca 40 MWh energie.

Obr. 5.13 Metallbau Eisenach, Eisenach (Německo); [9]

5.13 ERLANGEN CITY HALL [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 150 m²

Místo: Erlangen, Německo

Typ stavby: administrativní

Rok dokončení: 2005

Nová směrnice Evropské unie o spotřebě energie byla inspirací jít příkladem a do projektu nové budovy radnice v Erlangenu byla tak zahrnuta instalace solárního systém SolarWall®. Perforovaný plech byl zakomponován do pásu oken a stoupá od šestého patra až po poslední čtrnácté. Úspora energie za rok činí 60 MWh.



Obr. 5.14 Radnice, Erlangen (Německo); [9]

5.14 WIWOG WOHNBAUGESELLSCHAFT [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 240 m²

Místo: Wiwog, Německo

Typ stavby: obytná

Rok dokončení: 1998

Instalace na střechu panelového domu pro teplovzdušné vytápění v zimních měsících a ohřev vody v letních měsících. Roční úspora energie je 96 MWh.



Obr. 5.15 Použití systému SolarWall® na střechu obytné budovy, Wiwog (Německo); [9]

5.15 GERAER VERKEHRSBETRIEBE [9]

Kolektor: SolarWall®
Plocha: 715 m²
Místo: Gera, Německo
Typ stavby: průmyslový
Rok dokončení: 1998

Cílem při budování komplexu lakovny, dílny a garáží veřejné dopravy v německém městě Gera byla ekonomická a ekologická stavba. Volba padla na systém SolarWall®, který byl použit na jižní i na východní stěně objektu. Systém ušetří ročně až 286 MWh energie a jeho návratnost byla v roce stavby 2 roky.



Obr. 5.16 Geraer Verkehrsbetriebe, Gera (Německo); [9]

5.16 REALSCHULE HAAG [9]

Kolektor: SolarWall®
Plocha: 330 m²
Místo: Haag, Německo
Typ stavby: sportovně-rekreační
Rok dokončení: 2002



Systém je užíván pro přehřev větracího vzduchu pro sportovně-odpočinkové zařízení. Roční úspora energie je zhruba 132 MWh.

Obr. 5.17 Realschule Haag, Haag (Německo); [9]

5.17 STADTWERKE ROTTENBURG [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 80 m²

Místo: Rottenburg, Německo

Typ stavby: průmyslový

Rok dokončení: 1998

Solární systém SolarWall® byl začleněn do čelní strany fasády autobusové garáže. Roční úspora energie činí přibližně 32 MWh.



Obr. 5.18 Stadtwerke Rottenburg, Rottenburg (Německo); [9]

5.18 STADTWERKE GÖTTINGEN [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 370 m²

Místo: Göttingen, Německo

Typ stavby: průmyslový

Rok dokončení: 1993



Obr. 5.19 Stadtwerke Göttingen, Göttingen (Německo); [9]

Úplně první instalace solárního systému SolarWall® v Německu. Solární panely byly začleněny do fasády a střechy 150 let staré elektrárny. Zde je vidět, že je možné i naprosto nedestruktivní začlenění solárního teplovzdušného prvku do fasády tak starého objektu. Systém ušetří cca 148 MWh energie ročně.

5.19 AURORA SUPERCENTER [9]

Kolektor: SolarWall®
Plocha: 745 m²
Místo: Denver, USA
Typ stavby: komerční
Rok dokončení: 2005

Jedná se o úplně první experimentálně postavený obchodní dům společnosti Wal-Mart v prostředí chladného klimatu státu Colorado. Obchodní dům Aurora Supercenter obsahuje řadu energeticky šetrných technologií a má ukázat možnou budoucnost koncepce obchodních domů podobného typu. Aplikace solární panelů má ročně ušetřit 388 MWh energie.



Obr. 5.20 Obchodní dům Aurora Supercenter sítě Wal-Mart, Denver (USA); [9]

5.20 SYRACUSE HOUSING [9]

Kolektor: SolarWall®
Plocha: 100 m²
Místo: New York, USA
Typ stavby: obytná
Rok dokončení: 2004

Instalace byla provedena na 25 let starý bytový dům z důvodu snížení spotřeby energie a zlepšení ventilačního systému budovy.



Obr. 5.21 Bytový dům Syracuse, New York (USA); [9]

5.21 HEALTH CANADA [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 185 m²

Místo: Toronto, Kanada

Typ stavby: administrativní

Rok dokončení: 2004

Komplex státních budov Health Canada v Torontu zadal projekt na potenciální využití solárních teplovzdušných kolektorů. Po sériích měření bylo jako nejvhodnější místo vybrána budova laboratoře, na jejíž jižní a východní stěnu byl instalován solární systém SolarWall®. Systém byl umístěn na stávající fasádu z režného zdiva a navržen tak, že kopíruje tvar zaobleného rohu. Jako nejvhodnější barva se jevila bronzová.



Obr. 5.22 Budova laboratoře komplexu Health Canada, Toronto (Kanada); [9]

5.22 THETFORD ELEMENTARY SCHOOL [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 95 m²

Místo: Thetford, USA

Typ stavby: škola

Rok dokončení: 2002

Pro novou budovu tělocvičny základní školy v americkém městě Thetford (Vermont) byl zvolen solární systém SolarWall® modré barvy. Aplikace má zajistit přísun vzduchu do tělocvičny a zároveň vést studenty k energeticky šetrnému životu.



Obr. 5.23 Tělocvična s modrými panely, Thetford (USA); [9]

5.23 MANITOBA HOUSING AUTHORITY [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 676 m²

Místo: Manitoba, Kanada

Typ stavby: obytná

Rok dokončení: 2002

Na systém instalovaný na bytový dům byly kladeny požadavky na: zlepšení ventilace objektu, zlepšení energetické účinnosti objektu a v poslední řadě na zlepšení samotného ventilačního systému, protože byl již za hranic své životnosti. Černý kolektorový systém byl umístěn na jižní stěnu objektu v rozsahu jejích 14 horních pater.



Obr. 5.24 Manitoba Housing Authority, Manitoba (Kanada); [9]



Obr. 5.25 MHA po instalaci systému, Manitoba (Kanada); [9]

5.24 RAPID CITY COMMUNITY CENTERS [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 900 m² instalace, vlastní kolektory 115 m² a 90 m²

Místo: Rapid City, USA

Typ stavby: sportovně-rekreační

Rok dokončení: 2002

Dvě budovy Rapid City Community Center v Jižní Dakotě, kde solární panely byly použity na všechny stěny obou budov pro zachování architektonické homogenity, ale jako kolektory slouží pouze osazení na dvou jižních stěnách.



Obr. 5.26 Rapid City Community Centers, Rapid City (USA); [9]

5.25 NASA – DRYDEN FLIGHT RESEARCH CENTER [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 372 m²

Místo: Edwards, USA

Typ stavby: průmyslový

Rok dokončení: 2001



Obr. 5.27 Letecký pohled na hangáry komplexu Dryden Flight Research Center, Edwards (USA); [9]

Dryden Flight Research Center je hlavní centrum NASA pro letecké testy a výzkum v USA. NASA je hlavní organizací věnující se letectví a kosmonautice a chtěla tímto krokem ukázat i svoji ochotu jít příkladem v úsporách energie a ohledu k životnímu prostředí. Instalace kolektorů SolarWall® je provedena na jižní stěně hangáru 1623 (levý na obr. 5.27).

5.26 TORONTO COMMUNITY HOUSING AUTHORITY [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 310 m²

Místo: Toronto, Kanada

Typ stavby: obytný

Rok dokončení: 2001

Vedení města Toronto se rozhodlo v roce 2001 pro výrazné snížení spotřeby energie na svých obecních bytových domech a v roce 2006 dosáhlo „Green Development Standard“ za svoje úsilí o snížení produkce emisí a snížení spotřeby energie. Příkladem je instalace z počátku v roce 2001, kdy byly na bytovou budovu umístěny černé kolektory systému SolarWall® o výšce posledních 12 pater.



Obr. 5.28 Toronto Community Housing Authority, Toronto (Kanada); [9]

5.27 BOMBARDIER (CANADAIR FACILITY) [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 8826 m² + 1700 m² na krytech (mimo fasádu)

Místo: Montreal, Kanada

Typ stavby: průmyslový

Rok dokončení: 1996

Jedna ze světově největších instalací solárního systému SolarWall®. Použité panely mají šedo-modrou barvu, která byla zvolena s ohledem na bílou barvu ostatních částí objektu (černá by tvořila přílišný kontrast).



Obr. 5.29 Hala Bombardier společnosti Canadair, Montreal (Kanada); [9]

5.28 FORD MOTOR COMPANY [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 1858 m² (1986)

Místo: Severní Amerika

Typ stavby: průmyslový

Rok dokončení: 1986 - současnost

Ford Motor Company spolupracuje s dodavatelem systému SolarWall® už přes 20 let a instalace na jejich 7 továrnách na území USA a Kanady již ušetřily cca 10 miliónů dolarů za energetické výdaje.



Obr. 5.30 Jedna ze 7 instalací pro Ford Motor Company na území Severní Ameriky, Cleveland (USA); [9]

5.29 2008 BEIJING OLYMPIC VILLAGE [9]

Kolektor: SolarWall[®], SolarWall PV/T[™]

Plocha: 33 m² SolarWall[®] + 50 m² SolarWall PV/T[™] m²

Místo: Peking, Čína

Typ stavby: administrativní, obytný

Rok dokončení: 2008

Olympijské hry v Číně byly velice kontroverzní. Čína jako jeden z hlavních znečišťovatelů ovzduší se ale při výstavbě olympijské vesnice snažila jít alespoň symbolicky ekologickou cestou. Pro zapojení do ventilačního systému byly zvoleny šedé kolektory SolarWall[®] umístěné horizontálně na vybraných budovách. Na střeše hlavního



Obr. 5.31 Objekt v olympijské vesničce s horizontálním šedým kolektorem SolarWall[®] (na střeše je pak SolarWall PV/T[™]), Peking (Čína); [9]

objektu byl instalován vůbec poprvé systém SolarWall PV/T[™] s integrovanou výrobou elektrické energie. Fotovoltaické panely mají výkon 200 W.

5.30 JOHN MOLSON SCHOOL OF BUSINESS [9]

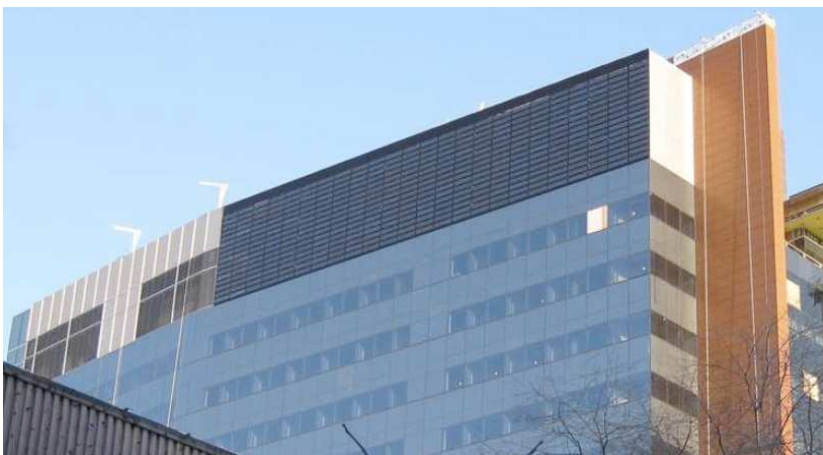
Kolektor: SolarWall PV/T[™]

Plocha: 288 m²

Místo: Montreal, Kanada

Typ stavby: administrativní - vzdělávací

Rok dokončení: 2009



Obr. 5.32 John Molson School of Business (Concordia University), Montreal (Kanada); [9]

Projekt je datován zpět do roku 2007, kdy se při návrhu nové budovy obchodní školy počítalo s integrací energeticky šetrného systému. Škola chtěla jít příkladem a tato instalace je důkazem, že začlenění systému do fasády moderní budovy není problém. SolarWall PV/T[™] systém poskytuje 24,5 kW elektrické energie a přes 75 kW energie tepelné.

5.31 COOPELDOS R.L. [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 860 m²

Místo: Coopeldos, Kostarika

Typ stavby: zemědělský

Rok dokončení: 2005

Další aplikací systému SolarWall® je využití při sušení různorodých surovin pro další zpracování. Tento příklad je instalace na střeše objektu v Coopeldos pro sušení kávy.



Obr. 5.33 Panely SolarWall® pokrývají střechu sušárny kávy, Coopeldos (Kostarika); [9]

5.32 GELEE CHICKEN FARM [9]

Kolektor: SolarWall®

Plocha: 158 m²

Místo: Sherbrooke, Kanada

Typ stavby: zemědělský

Rok dokončení: 2001

Systém je v tomto chovu využíván na sušení slepičích výkalů, které se využijí dále jako hnojivo. Instalace systému ušetří farmě ročně 534 GJ energie.



Obr. 5.34 Systém SolarWall® spojující dva světlé objekty na Gelee Chicken Farm, Sherbrooke (Kanada); [9]

5.33 PASIVNÍ DŮM PRO VÍCE RODIN WINTERTHUR [2, 4]

Kolektor: zasklený kolektor, výroba v místě stavby, otevřený systém

Plocha: 60 m²

Místo: Winterthur, Švýcarsko

Typ stavby: obytný

Rok dokončení: 2000

Dům se šesti bytovými jednotkami v ulici Rychenbergstrasse v městě Winterthur je pasivního typu. Z tohoto důvodu bylo výhodné použití solárního teplovzdušného systému, který slouží pro ventilaci, vytápění a ohřev teplé vody.



Obr. 5.35 Pasivní dům s fasádním otevřeným kolektorovým systémem, Winterthur (Švýcarsko); [4]

5.34 SOLÁRNÍ DOMY FIRMY MAISSEN SA [2, 4, 11]

Kolektor: zasklený kolektor, výroba v místě stavby, uzavřený systém

Plocha: 26 m²

Místo: Trun a Morissen, Švýcarsko

Typ stavby: obytný

Rok dokončení: 1995 (Trun), 1997 (Morissen)

Solární domy firmy Maissen jsou charakteristické vzduchovým kolektorem, rozprostírajícím se přes dvě poschodí a prakticky zakrývající celou jižní fasádu. Jedná se o dřevostavby, na kterých jsou skleněné desky integrované do dřevěné fasády prakticky neviditelně a objekt je dále doplněn okenními kolektory. Systém v domech slouží pro vytápění.



Obr. 5.36 První dům v z roku 1995, Trun (Švýcarsko); [11]

5.35 RODINNÝ DVOJDŮM HERISAU [2, 4]

Kolektor: zasklený kolektor, výroba v místě stavby, uzavřený systém

Plocha: 40 m²

Místo: Herisau, Švýcarsko

Typ stavby: obytný

Rok dokončení: 2000



Obr. 5.37 Dvojdům se solární fasádou, Herisau (Švýcarsko); [4]

Stavba vznikla v roce 2000 na místě objektu určeného k demolici. Byly dány přesné podmínky její podoby: dřevostavba, sklon střechy 20° a dělená fasáda musela odpovídat tradičnímu stavebnímu slohu. Konvenční vodní kolektory akceptovány nebyly, konvenční fasáda však ano. Celá jižní fasáda je plocha pro získávání energie, jak pasivně (okny), tak aktivně (podokenní plochy). Solární vzduchový systém se využívá také k přípravě teplé vody.

5.36 RODINNÝ DŮM HORW [2, 4]

Kolektor: zasklený kolektor, výroba v místě stavby, uzavřený systém

Plocha: 33 m²

Místo: Horw, Švýcarsko

Typ stavby: obytný

Rok dokončení: 2000

Obytný dřevěný dům z roku 1945 bylo nutno podrobit celkové rekonstrukci, a tak samotná instalace solárního systému nijak výrazně cenu rekonstrukce nenavýšila. Jako kolektor slouží celá jižně orientovaná střecha domu. Systém zde obstarává vytápění a ohřev teplé vody.



Obr. 5.38 Dům z roku 1945 před rekonstrukcí, Horw (Švýcarsko); [4]



Obr. 5.39 Dům po sanaci, Horw (Švýcarsko); [4]

5.37 RODINNÝ DŮM BRAUNWALD [2, 4]

Kolektor: zasklený kolektor, výroba v místě stavby, uzavřený systém

Plocha: 60 m²

Místo: Braunwald, Švýcarsko

Typ stavby: obytný

Rok dokončení: 2001

Větší část střechy tohoto rodinného domu z roku 1965 tvoří vzduchový solární kolektor a jako doplněk tohoto systému jsou do přístřešku, kryjícího verandu, vsazeny poloprůhledné fotovoltaické články. Stejně jako v předchozím případě byla nutná rekonstrukce celého objektu a integrace solárního systému nijak výrazně nenavýšila cenu samotné rekonstrukce. Systém slouží pro vytápění a ohřev teplé vody.



Obr. 5.40 Dům z roku 1965 před rekonstrukcí, Braunwald (Švýcarsko); [4]



Obr. 5.41 Dům po přestavbě, Braunwald (Švýcarsko); [4]

5.38 RODINNÝ DŮM DEGERSHEIM [2, 4]

Kolektor: zasklený kolektor, výroba v místě stavby, uzavřený systém

Plocha: 30 m²

Místo: Degersheim, Švýcarsko

Typ stavby: obytný

Rok dokončení: 2001

Na této novostavbě byly optimalizovány a navzájem propojeny různé techniky: selektivní ploché plechy jako absorbér (jižně orientovaná střecha o sklonu 70°), plně integrované a sběrné kanály a vápenopískové cihly jako hypokaustový zásobník. Záměrem této stavby měla být optimalizace a předvedení možností solárních vzduchových kolektorových systémů v kombinaci s vysoce tepelně izolovaným druhem konstrukce domu z dřevěných prvků. Systém vytápí budovu a ohřívá teplou vodu.



Obr. 5.42 Tmavá plocha kolektoru na střeše domu, Degersheim (Švýcarsko); [4]

5.39 RODINNÝ DŮM DOTZLER [2, 10]

Kolektor: zasklený kolektor, průmyslová výroba, otevřený systém

Plocha: 20 m²

Místo: Amberg, Německo

Typ stavby: obytný

Rok dokončení: 2002



Ventilační zařízení novostavby obytného domu bylo doplněno šesti průmyslově vyrobenými kolektory. Systém slouží pro ventilaci, vytápění a ohřev teplé vody. Solární dům Dotzler byl v roce 2002 vyznamenán institucí Eurosolar německou cenou v oblasti využívání solární energie.

Obr. 5.43 Průmyslově vyrobené kolektory na fasádě domu Dotzler, Amberg (Německo); [10]

5.40 PANELOVÝ DŮM FRIEDLAND [2, 7]

Kolektor: zasklený kolektor, průmyslová výroba, otevřený systém

Plocha: 35 m² fasáda, 40 m² střecha

Místo: Friedland, Německo

Typ stavby: obytný

Rok dokončení: 1998

Panelový dům z doby NDR byl podroben celkové rekonstrukci. Výměna oken za nová termookna značně snížila přirozenou výměnu vzduchu v budově a jak je známo, obyvatelé na to reagují častějším větráním a tím zvyšují energetickou spotřebu domu. Byl nainstalován solární systém s fasádními a střešními kolektory na podporu větrání. Systém obstarává také podpurné vytápění a ohřev teplé vody.



Obr. 5.44 Panelový dům před rekonstrukcí, Friedland (Německo); [7]



Obr. 5.45 Panelový dům s vertikálně uspořádanými kolektory na fasádě a horizontálně na střeše, Friedland (Německo); [7]

5.41 AQUA LATIUM [2]

Kolektor: zasklený kolektor, průmyslová výroba, otevřený systém

Plocha: 320 m²

Místo: Laatzen, Německo

Typ stavby: sportovně-rekreační

Rok dokončení: 2002

Rekreační plavecký areál Aqua Latium v německém Laatzen využívá pro předehřev venkovního vzduchu 128 průmyslově vyrobených kolektorů. Tento objekt je uváděn jako příklad pro velkoplošné standardní solární vzduchové kolektory integrované do fasád nebo střech. Kolektory jsou umístěny na oblé střeše, a proto je jejich sklon v rozmezí 10° až 30°.



Obr. 5.46 Využití vzduchových kolektorů u velkého sportovního komplexu, Laatzen (Německo); [2]

5.42 RODINNÝ DŮM KUBIS [6]

Kolektor: pasivní - okna

Plocha: - m²

Místo: Brno, Česká republika

Typ stavby: obytný (experimentální)

Rok dokončení: 2003



Obr. 5.47 Nízkoenergetický dům Kubis, Brno (ČR); [6]

RD Kubis je z produkce RD Rýmařov a jedná se o experimentální objekt využívající teplovzdušné vytápění, které v ČR není rozšířené. V oblasti pasivních a nízkoenergetických domů se však začíná spolu s rekuperací tepla z odpadního vzduchu prosazovat. Dům je dřevostavba a nejedná se o využití solární energie pro vytápění v pravém slova smyslu. Nasávání vzduchu se

provádí na fasádě za protidešťovými žaluziemi (nemůžeme tak mluvit o kolektoru v pravém slova smyslu, pouze zjednodušeném). Pro podporu vytápění jsou na jižní stěně jako pasivní prvky velká okna. Objekt se nachází v areálu Eden, BVV.

5.43 MORAVSKÁ ZEMSKÁ KNIHOVNA [5]

Kolektor: dvouplášťová fasáda

Plocha: - m²

Místo: Brno, Česká republika

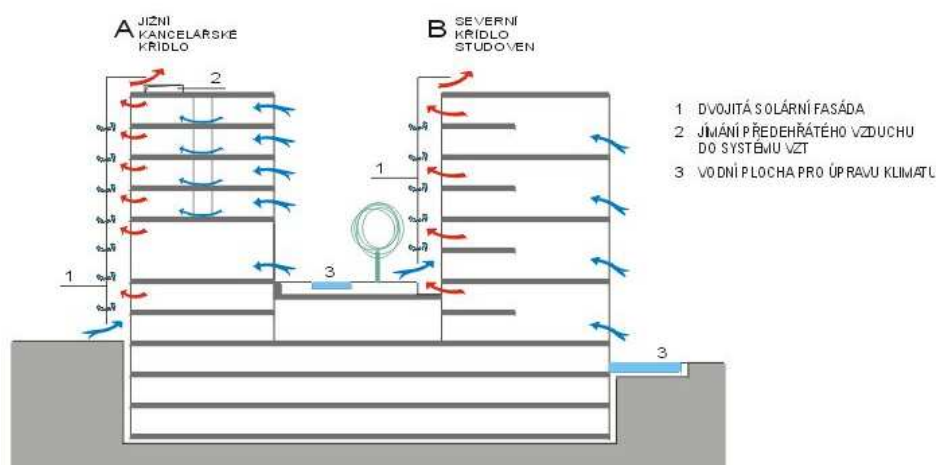
Typ stavby: administrativní

Rok dokončení: 2001

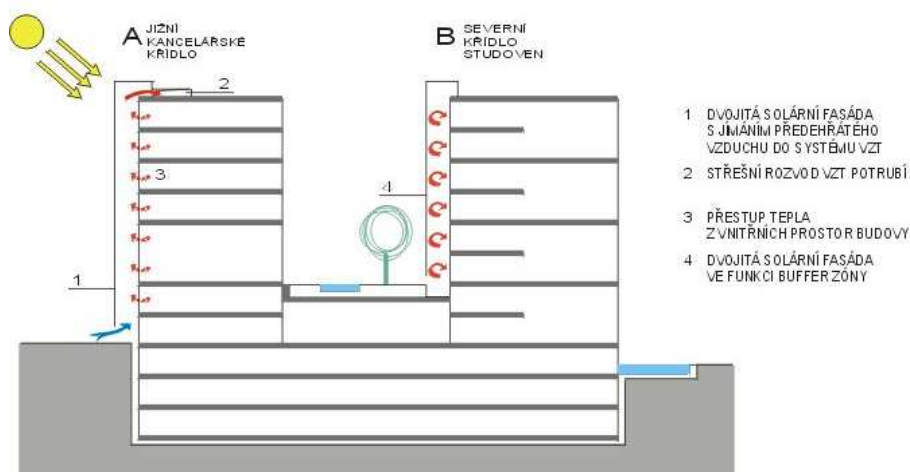
Nová budova Moravské zemské knihovny byla koncipována s minimalizací energetické náročnosti jejího provozu. Využito je energie slunečního záření pro ohřev vzduchu na jižních fasádách obou křídel budovy. Fasády mají průběžné pásy oken a druhý celoskleněný plášť, který tvoří vzduchový kolektor. Severní fasáda objektu je v rámci úspor energie uzavřenější.



Obr. 5.48 Moravská zemská knihovna na Kounicově ulici, Brno (ČR); [5]



Obr. 5.49 Schéma přirozeného větrání MZK (čelní pohled), Brno (ČR); [5]



Obr. 5.50 Schéma přehřevu vzduchu pomocí solárních fasád MZK, Brno (ČR); [5]

5.44 SLUNEČNÍ PENZION SVITAVY [8, 13]

Kolektor: dvouplášťová fasáda

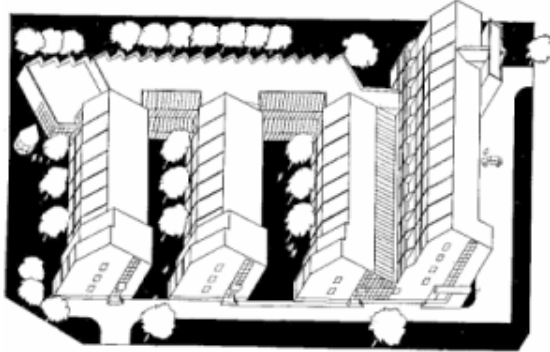
Plocha: - m²

Místo: Svitavy, Česká republika

Typ stavby: obytná

Rok dokončení: 1993

Jedná se o penzion se 115 malometrážními byty pro důchodce. Komplex je řešen jako 4 řadové nízkopodlažní domy, které si vzájemně nestíní a jsou orientované na jih. Ze západu jsou uzavřeny pátým objektem, který je všechny propojuje a zároveň objekty chrání před převládajícími západními větry. Nejvyšší čtyřpatrová budova chrání objekty před nejchladnějšími severními větry. Se sousední budovou je spojena zasklením, díky němuž vznikla zimní zahrada s rostlinami a vytvořila tak společenskou část objektů.



Obr. 5.51 Uspořádání Slunečního penzionu, Svitavy (ČR); [13]



Obr. 5.52 Nižší z budov komplexu Slunečního penzionu (v pozadí západní propojující objekt), Svitavy (ČR); [13]

Obytné místnosti jsou situovány na jih a mají předsazenou zasklenou lodžii, která slouží jako zimní zahrada (pokud obyvatelé pěstují rostliny) a zároveň jako solární pasivní vytápěcí systém. Sedlové střechy jsou směrem na jih prosklené a získané teplo se používá na ohřev vzduchu ve vzduchotechnice. V letním provozu je naopak nasáván vzduch ze severních stran střech. V objektu jsou dále tepelná čerpadla vzduch-voda, která slouží pro ohřev užitkové vody.

DISKUSE

Kapitola 5 udává příklady použití solárního teplovzdušného vytápění. Aplikace jsou rozmístěny po celém světě, konkrétně nejvíc v Kanadě, kde jich je 12. Veškeré aplikace v Kanadě jsou otevřené systémy SolarWall® a jeden z nich je progresivnějšího typu SolarWall PV/T™ (instalace jednoho tohoto systému je i v Číně). Další zemí je Německo s celkově 10 instalacemi. Z těchto 10 instalací převažuje systém SolarWall® se 7 příklady a další 3 jsou průmyslově vyrobené vzduchové kolektory. V USA je opět zastoupen pouze SolarWall® a to 8 instalacemi. Vzduchové kolektory montované na stavbě zastupuje Švýcarsko uvedenými 7 příklady (Maissen SA je zastoupen dvěma domy). SolarWall® je kromě uvedeného Německa v menší míře zastoupen v dalších evropských zemích jako je Velká Británie, Litva a Polsko. Jižní Amerika je díky typu místního zemědělství (potřeba sušení plodin) vhodným teritoriem pro aplikaci teplovzdušných systémů. V kapitole 5 je z mnoha aplikací systému SolarWall® uveden jeden, a to v Kostarice. Česká republika je reprezentována třemi stavbami, z čehož pouze u dvou se jedná o faktickou aplikaci solárního systému pro předeřev vzduchu. Třetí aplikací je experimentální nízkoenergetický dům, kde se systémy pro solární ohřev vzduchu začínají uplatňovat, ale objekt nemá fakticky žádný solární kolektor.

V příkladech použití jednoznačně převažuje solární systém SolarWall®. Je to dáno faktem, že výrobce tohoto systému Conserval Engineering, který má hlavní sídlo v USA a Kanadě operuje celosvětově. Své aplikace spolu s investory navrhuje a také realizuje jejich instalaci. Jako jedna jediná firma poté poskytne nejhogennější informace a na svých internetových stránkách sdružuje příklady použití tohoto systému po celém světě. Výčet jejich instalací v této práci není úplný, jsou uvedeny pouze zajímavé příklady tohoto technicky méně náročného systému. Mohlo by se zdát, že SolarWall® bude vhodný pouze u nevzhledných průmyslových objektů a zemědělských aplikací. V příkladech je však mnoho instalací i na obytné domy a instituce v centrech měst. Systém je velice dobře přizpůsobitelný tvarům fasád a v mnohých aplikacích tvoří spíše architektonický prvek budovy a ne na první pohled rozeznatelné technické zařízení. Další příklady použití (hlavně Švýcarsko a Německo) jsou uvedeny v [2]. Aplikace v ČR jsou méně známé objekty v Brně a okolí.

Cílem práce bylo uvést příklady použití solárních teplovzdušných systémů hlavně s pomocí internetu. To je však díky nedostatečným informacím prakticky nemožné. Firmy provádějící instalaci kolektorových systémů opomíjejí dokumentovat své zakázky. Stavbu kolektoru v místě stavby mohla provést zkušená stavební firma, kterou je posléze těžké dohledat, pokud se na daný typ zakázky nespecializuje. Samotné veřejné instituce (např. Moravská zemská knihovna) nejdou veřejnosti příkladem a na fakt použití solární fasády na budově, ve které sídlí, nepoukazují ani na svých webových stránkách.

Z klimatického hlediska není použití vzduchových kolektorových systémů v České republice problém, jelikož tyto systémy mají dostatečný výkon i za nízkých venkovních teplot. Aplikace systémů v ČR je ve většině případů možná pouze u novostaveb, generálních rekonstrukcí a průmyslových objektů. Hlavním nedostatkem je absence vzduchotechniky v budovách. Na uvedených příkladech

systemu SolarWall® je vidět, že ho lze za poměrně malých pořizovacích nákladů použít

i u starých obytných domů, kde slouží pro zlepšení větracích parametrů a podporu vytápění, a to vede k značným úsporám energie. To je však možné jen díky rozvodu vzduchotechniky, který mají budovy (v USA a Kanadě u bytových komplexů většinou standardně) již od svého vzniku a nemusí se tak nákladně budovat. Dobré uplatnění našly solární teplovzdušné systémy u nízkoenergetických a pasivních domů.

ZÁVĚR

V současnosti je vcelku snadno dostupná celá řada solárních systémů sloužících většinou k jednomu účelu. V budoucnosti se budou častěji používat systémy hybridní, jako je třeba zmiňovaný SolarWall PV/T™, který je v současné době instalován v Kanadě a Číně. Kombinace fotovoltaické výroby elektrické energie spolu s teplovzdušným vytápěním je totiž velmi výhodná. Účinnost fotovoltaických panelů se stoupající teplotou klesá. Zavedení vzduchového kanálu pod PV kolektory tak vede k lepší účinnosti výroby elektrické energie a k intenzivnějšímu ohřevu vzduchu pro teplovzdušné vytápění. Vhodnou aplikací pro systém SolarWall PV/T™ by byla například výšková budova A1 areálu Fakulty strojního inženýrství v Brně. Tento druh aplikace plní dvojí účel. Poskytne energii a při dobré prezentaci slouží jako „výchovná“ cesta. To je využíváno v některých zemích jako USA nebo Rakousko, kde je snaha o instalaci různých solárních zařízení na vzdělávací instituce. Studenti zde na vlastní oči vidí, jak takovýto systém v praxi funguje a později ho díky nasbíraným zkušenostem budou třeba chtít sami využít.

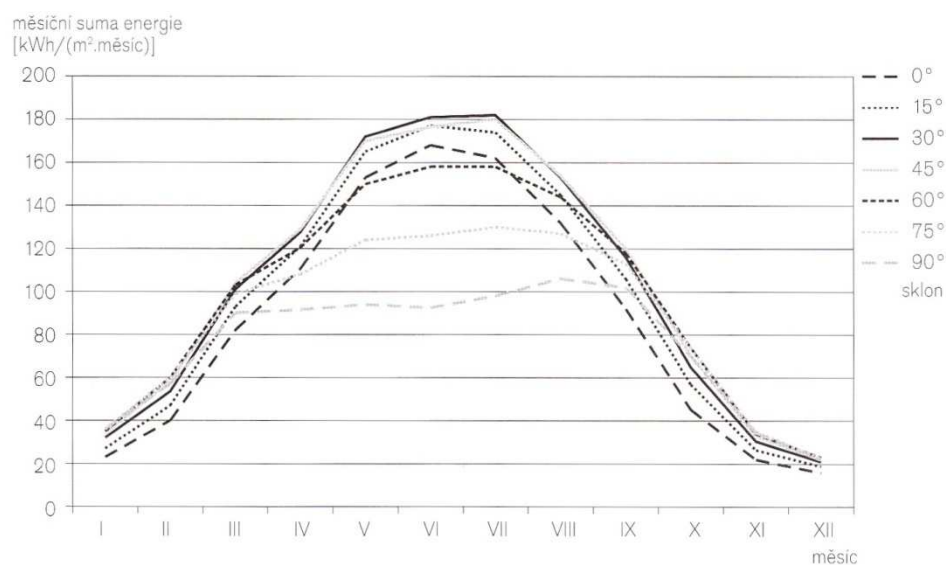
Nejdůležitějším faktorem v rozvoji aplikací solárních systémů v České republice je v první řadě cena takového systému a dále malá osvětenost o všech možnostech využívání solární energie. V současnosti je nejčastější využití solární energie pro vytápění a větrání u nízkoenergetických a pasivních domů, což jsou většinou rodinné domy. Je jen otázkou času, kdy se začnou ve velké míře budovat i nízkoenergetické městské zástavby, kancelářské komplexy a nákupní centra, která budou využívat energii slunce pro vytápění mnohem efektivněji, než je tomu dnes.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BERANOVSKÝ, Jiří - TRUXA, Jan a kolektiv. *Alternativní energie pro váš dům*. 2. vyd. Brno: ERA group spol. s r.o., 2004. 125 s. ISBN 80-86517-89-6.
- [2] FILLEUX, Charles - GÜTERMANN, Andreas. *Solární teplovzdušné vytápění – koncepce, technika, projektování*. 1. vyd. Ostrava: nakladatelství HEL, 2006. 176 s. ISBN 80-86167-28-3.
- [3] MURTINGER, Karel - TRUXA, Jan. *Solární energie pro váš dům*. 2. vyd. Brno: ERA group spol. s r.o., 2006. 92 s. ISBN 80-7366-076-8.
- [4] *Amena Solarluftsysteme: Objekte* [online]. 22.12.2008 [cit. 2009-05-16]. <http://www.amena.ch/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=53%3Asolarluftsysteme-objekte&catid=35%3Aprojekte&Itemid=60>.
- [5] *e - ARCHITEKT: Moravská zemská knihovna v Brně* [online]. 21.09.2006 [cit. 2009-05-16]. <<http://www.e-architekt.cz/index.php?KatId=140&PIId=2117>>.
- [6] *Luft Projekt: RD Kubis* [online]. 01.03.2004 [cit. 2009-05-16]. <<http://www.luftprojekt.cz/view.php?cisloclanku=2004103101>> .
- [7] *Monitoring House in Friedland* [online]. 01.05.2003 [cit. 2009-05-16]. <http://www.enob.info/fileadmin/media/Publikationen/EnSan/Projektberichte/04_MonitoringAB1_p2_Sanierung_WBS70_k.pdf> .
- [8] *Penzion napájený Sluncem: Sluneční penzion Svitavy* [online]. 18.09.1996 [cit. 2009-05-16]. <<http://cde.ecn.cz/dokumenty/energetika/ekodomy/svitavcz.htm>>.
- [9] *SolarWall by Conserval Engineering: Projects in 30 Countries Worldwide* [online]. 12.04.2009 [cit. 2009-05-16]. <<http://solarwall.com/en/case-histories.php>> .
- [10] *SoloSolar: Grammer Solar GmbH* [online]. 29.06.2005 [cit. 2009-05-16]. <http://www.solosolar.ch/Partner/Grammer_Solar_e.html>.
- [11] *Tarcisi Maissen SA: Solarhouse* [online]. 07.08.2004 [cit. 2009-05-16]. <<http://www.maissen-sa.ch/indexen.html>>.
- [12] *The International Solar Energy Society (ISES)* [online]. 02.05.2009 [cit. 2009-05-16]. <<http://www.ises.org/ises.nsf!Open>>.

- [13] *TZB info: Paradoxy a úskalí pasivní výstavby* [online]. 04.09.2006
[cit. 2009-05-16]. <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3509>>.

PŘÍLOHY



Obr. P.1 Graf množství energie dopadající v jednotlivých měsících na jižně orientovanou plochu v závislosti na jejím sklonu; [3]

Praha Měsíc	Suma záření na vodorovnou plochu [kWh/(m ² ·měsíc)] Úhel sklonu plochy ve stupních od vodorovné roviny						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
Leden	23	27	32	34	35	36	36
Únor	40	47	53,5	58	60	60	57
Březen	82	93	101	104	103	99	90
Duben	110,5	121	127,5	129	120,3	108	91,5
Květen	153	165	172	170	150	124	94
Červen	168	177	181	176,5	158	126	92,5
Červenec	162	174	182	180	158	130	98
Srpen	132	145	153	154	144	127	106
Září	92	106	116	120	118	113	102
Říjen	45,3	57	65	70,5	74	74	70
Listopad	22	26,5	30,5	33	34	35	34,5
Prosinec	15,8	18,9	21	22	23	22,6	22,3
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
Průměr za otopnou sezonu (X-III)	228,1	269,4	303	321,5	329	326,6	309,8
Průměr za letní období (IV-IX)	817,5	888	931,5	929,5	848,3	728	584
Roční průměr	1046	1157	1235	1251	1177	1055	894

Tab. P.1 Sluneční záření dopadající v Praze v průběhu roku na skloněnou plochu; [3]

	U	g [%]
Jednoduché zasklení	5	90
Dvojsklo	2,9	76
Dvojsklo + selektivní vrstva	1,4	60
Dvojsklo + selektivní vrstva + Ar	1,1	60
Trojsklo + selektivní vrstva + Ar	0,82	48
Dvojsklo + fólie Heat Mirror + Kr	0,58	45

Tab. P.2 Energetické vlastnosti zasklení; [3]

Hodnota	[h/rok]	Lokalita	[%]
Minimum	1 156	Teplice	79
Minimum	1 332	Turnov	91
Maximum	1 715	Znojmo	117
Průměr	1 462		100

Tab. P.3 Maximální a minimální počty hodin solárního zařízení ve vybraných městech ČR; [1]

Typ systému	Využití	Typ kolektoru	Doba provozu [h]	Systémový výnos [kWh/m ² za rok]
s přívodem vzduchu	průmyslové a sportovní stavby	SolarWall® nezasklený	2500	200 až 500
s řízeným přívodem a odvodem vzduchu	obytné domy	komerční, zasklený	2000	200 až 400
k vytápění místností	obytné domy	komerční, zasklený	1200	150 až 300
k vytápění místností	obytné domy	sestavený na stavbě	1200	100 až 250
k vytápění místností	obytné domy	okenní	800	80 až 150

Tab. P.4 Systémové výnosy solárních vzduchových kolektorových systémů na m² kolektorové plochy pro středoevropské klima; [2]

Typ systému	Typ kolektoru	Systémové náklady na m ² kolektoru
S přívodem vzduchu	SolarWall®, nezasklený	50 €/m ²
S řízeným přívodem a odvodem vzduchu	komerční, zasklený	300 €/m ²
K vytápění místností	komerční, zasklený	500 €/m ²
K vytápění místností	kolektor sestavený na stavbě	200 €/m ²
K vytápění místností	okenní kolektor	600 €/m ²

Tab. P.5 Typické systémové vícenáklady na solární vzduchové kolektorové systémy (cenová hladina 2004); [2]

Město / Měsíc	Počet hodin v měsíci												Celkem [h/rok]
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
Benecko	52	71	121	141	195	179	168	194	136	110	40	44	1 451
Brno	41	67	127	159	224	218	212	219	155	117	44	37	1 620
České Budějovice	41	60	124	137	195	197	181	199	138	97	55	43	1 467
Hradec Králové	31	61	120	149	217	206	192	211	153	107	45	29	1 521
Cheb	36	48	111	135	183	176	172	191	133	96	37	32	1 350
Jeseník	67	78	118	131	185	162	169	188	134	121	67	60	1 480
Jindřichův Hradec	36	58	119	138	198	188	195	201	141	107	51	38	1 470
Karlovy Vary	40	55	121	145	187	187	207	207	142	115	41	26	1 473
Klatovy	37	61	119	136	194	199	198	208	139	97	53	44	1 485
Luhačovice	31	63	115	141	197	187	176	200	138	106	39	24	1 417
Olomouc	37	62	117	155	210	205	212	213	138	118	43	32	1 542
Opava	43	57	118	135	190	185	184	194	134	106	56	46	1 448
Ostrava	40	57	119	135	191	191	183	193	138	108	49	42	1 446
Pardubice	36	60	122	158	220	210	181	209	154	108	52	39	1 549
Plzeň	31	56	118	139	195	200	197	202	134	86	46	37	1 441
Praha	43	62	128	149	208	210	204	214	150	103	55	47	1 573
Prostějov	31	54	103	137	192	191	191	200	136	100	37	27	1 399
Přerov	37	61	112	150	209	208	200	203	142	106	37	31	1 496
Sedlčany	30	52	114	133	191	188	191	196	127	88	39	34	1 383
Strážnice	48	74	134	165	223	213	206	221	169	126	51	43	1 673
Šumperk	28	57	111	146	197	172	179	199	144	103	30	25	1 391
Telč	45	63	130	150	209	208	207	212	149	117	54	48	1 592
Teplice	21	36	92	127	172	155	155	177	115	64	27	15	1 156
Třeboň	43	64	126	140	196	191	197	203	141	107	58	48	1 514
Turnov	27	55	102	125	194	196	169	190	129	85	33	27	1 332
Ústí nad Labem	22	40	93	126	179	159	163	181	118	71	28	17	1 197
Valašské Meziříčí	36	60	114	133	194	190	181	199	140	108	43	33	1 431
Velké Meziříčí	34	57	124	153	210	215	209	211	153	114	45	33	1 558
Vsetín	39	69	109	128	182	175	168	182	133	113	40	33	1 371
Vyšší Brod	54	70	126	133	178	181	185	194	140	105	59	52	1 477
Zábřeh na Moravě	31	61	110	136	186	192	186	193	136	104	26	21	1 382
Žatec	30	53	121	143	199	196	202	205	138	88	46	33	1 454
Znojmo	50	71	138	164	226	217	215	227	166	131	58	52	1 715

Tab. P.6 Průměrné měsíční sumy slunečního svítu ve vybraných městech ČR; [1]