

NĚKTERÉ ASPEKTY VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE PRO OBYTNÉ BUDOVY

Roman Straka, Milan Siegl,

Ústav ekonomie, Fakulta ekonomicko-správní, Univerzita Pardubice

Abstract

In this paper a problem of solar energy application for housing heating is analysed. First part of the publication describes certain projects with solar energy used in so called experimental ecological houses with low energy consumption. Second part shows solar system implementation into three panel houses in the City of Pardubice particularly for hot water supply. Total cost of the solar system and energy unit price were computed and compared with price from classical energy source used. Solar energy cost came approximately three times higher in comparison with the current energy system.

1. Úvod

Nárůst spotřeby energie je jedním ze znaků globálního rozvoje. Limity klasických zdrojů energie a ekologická hlediska vedou k novým přístupům v této oblasti. Jsou připravovány nové, alternativní zdroje energie, nová technologická zařízení jsou projektována s menší provozní spotřebou energie. Velká část spotřebované energie připadá na vytápění budov. Proto je maximálně žádoucí snižovat spotřebu staveb a hledat nové, netradiční zdroje energie k vytápění. Ekologické domy s nízkou spotřebou energie jsou stavebně uzpůsobeny tak, že pro udržení komfortní teploty uvnitř potřebují podstatně menší energetický přísun než běžné stavby. Kromě toho se v těchto domech klasické zdroje energie, tj. plyn, elektřina, kapalná nebo pevná paliva, nahrazují netradičními zdroji, jejichž využívání minimalizuje dopady na životní prostředí.

Většina projektů řešících ekologické domy s nízkou spotřebou energie má experimentální charakter. Další část projektů se zabývá aplikací obnovitelných zdrojů energie přímo v rodinných domech a vícebytových komplexech. V předložené práci se budeme nejprve zabývat výběrem realizovaných projektů výše uvedeného typu a to jak v ČR tak v zahraničí.

Druhá část práce původního charakteru je zaměřena na posouzení možnosti využití solární energie ve vícebytových jednotkách včetně ekonomického posouzení projektu tohoto typu.

2. Využití solární energie v ekologických nízkoenergetických domech

Z netradičních zdrojů energie se využívá zejména sluneční záření, energie větru, energie akumulovaná v biomase a v menší míře energie geotermální. Spotřeba energie je dále snižována opakovaným využíváním energie již jednou získané čili její rekuperací pomocí výměníků tepla, čerpajících teplo z odtékající teplé užitkové vody (TUV) a z ohřátého vzduchu, který je pro zabezpečování požadované obměny vzduchu v domě vypouštěn ven. K tomu přistupuje nový způsob snižování tepelných ztrát budov tzv. metodou superizolace. Využitím vhodných materiálů (polystyren, polyuretan, minerální vlákna) se důkladně izolují konstrukce vnější obálky budovy (střecha, stěny a základy objektu). Nové konstrukce okenních výplní umožňují snižovat tepelnou ztrátu okenními otvory v poměru 1 : 4 i více. Objevují se dokonce stavby panelového typu řešené na bázi materiálu s vynikajícími tepelně-

izolačními vlastnostmi a současně s přímo zabudovanými solárními kolektory. V poslední době lze sledovat i využívání fotovoltaických kolektorových solárních panelů při rekonstrukci fasád budov, což začalo být možné po snižování cen těchto panelů.

Jako nízkoenergetické domy provozované v letech 1990 až 2000 lze uvést tyto objekty:

2.1 Palm House firmy Andreas Messrli AG (Wetzikon, Švýcarsko)

Palm House ve Wetzikonu [5] je sedmipodlažní správní budova mezinárodní výstavnické a propagační firmy. Výstavba budovy byla ukončena v roce 1989. Koncepční řešení se vyznačuje novým typem fasády s vysokou tepelně-izolační schopností, novým způsobem větrání a chlazení budovy. Pro vytápění není vlastně zapotřebí žádná externí energie.

Při celkovém objemu budovy $7\,760\text{ m}^3$ a celkové ploše fasády $1\,616\text{ m}^2$ je 994 m^2 fasády pokryto okny HIT (High Insulation Technology) švýcarské firmy Geilinger. Vývoj těchto speciálních fasádních oken byl zahájen v roce 1977 a podílely se na něm některé americké a kanadské firmy, které též spolupracovaly na vývoji oken do kosmických stanic pro NASA. Okno je složeno ze dvou vnějších skel o tloušťkách 6 a 8 mm s vnitřní světlostí 73 mm. V prostoru mezi těmito skly, který je vyplněn vzduchem o atmosférickém tlaku, jsou dvě polyesterové folie opatřené polopropustnými vrstvami, umožňujícími prostup viditelného záření a odrážejícími infračervené záření. Činitel prostupu tepla takto realizované fasády je $0,7\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

Ohřev interiéru budovy na požadovanou teplotu 20 až $22\text{ }^\circ\text{C}$ více než dostatečně zabezpečují ztráty z osvětlení, z provozu počítačů a dalších technických zařízení, kterými je běžný kancelářský provoz vybaven, a též z energie vyzařované do okolí osobami pracujícími v budově. Po většinu roku je nutné větší či menší chlazení; pouze při venkovních teplotách pod $-0\text{ }^\circ\text{C}$, po zimní dovolené a v exponovaných místnostech (rohové, pod střechou) je nutné místnosti temperovat.

2.2 Rodinné domy s nízkou spotřebou energie (Wädenswill, Švýcarsko)

Ve městečku Wädenswill u Curychu bylo počátkem devadesátých let dokončeno pět rodinných dvojdomků [4], o kterých se hovoří jako o „domech s nulovou energií“ čili o domech s velmi nízkou spotřebou energie z klasických zdrojů pro vytápění. Tyto domy mají dokázat reálnost využití sluneční energie pro obytné objekty při současném využití nových tepelně-izolačních principů a energetické techniky. Z energetického hlediska se předpokládá, že polovina uváděného dvojdomku spotřebuje celoročně na vytápění $25\,000\text{ kWh}$ (tj. 90 GJ). Přibližně deseti různými úpravami domu a zařízeními (ve fasádě integrované kolektory s využitím transparentních izolací, rekuperace tepla, okna s gelovými izolačními dvojskly, okna s dvojskly a trojskly plněnými argonem atd.) lze roční spotřebu snížit až na 10% původní hodnoty. Jedním z nejúčinnějších izolačních prostředků je zvýšení tepelného odporu stěn a střechy použitím vrstvy 12 až 18 cm speciálního polystyrenu se součinitelem prostupu tepla $0,15\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, zavedení vodního akumulátoru s objemem 20 m^3 uprostřed dvojdomku. Pamatuje se i na využití tepla vycházejícího z kondenzátoru ledničky a rekuperaci tepelné energie ze znečištěného vzduchu z digestoře nad varnou plochou sporáku v kuchyni.

2.3 Experimentální nízkoenergetický dům Fraunhoferova institutu (Freiburg, SRN)

Jedním z novějších projektů (ukončeno 1995) je energeticky soběstačný sluneční dům ve Freiburgu [10]. Jde o pokusný objekt Ústavu solárních energetických systémů Fraunhoferova institutu. Je to rodinný dvojpodlažní domek pro čtyři osoby; půdorys je 111 m², obytná plocha 145 m², vytápěné prostory mají objem 365 m³. Samotná budova stála 1,6 miliónu DEM, předběžné náklady na výzkum a vývoj dokonce 4 milióny DEM.

Půdorys domku má půlkruhový tvar. Vypouklá bohatě prosklená stěna, vybavená transparentními izolačními prvky s elektricky ovládanými žaluziemi, je orientována k jihu. Rovinná severní stěna je zvenku obložena dřevem. Masivní stěny 60 cm silné jsou z opuky, od podloží je domek izolován vrstvou pěnového skla tloušťky 25 cm. Na střeše je 14 m² slunečních fototermických kolektorů pro ohřev TUV a 30 m² solárních fotovoltaických kolektorů o maximálním (špičkovém) výkonu 4,2 kW. Oba typy kolektorů jsou orientovány k jihu a s horizontální rovinou svírají úhel 40°. Elektrická energie z fotovoltaických kolektorů se krátkodobě ukládá do akumulátorových baterií a pro domácí elektrospotřebiče se střídačem mění na běžné síťové střídavé napětí 230 V. Přebytky elektrické energie jsou určeny k výrobě vodíku elektrolýzou vody. Vodík se používá k dlouhodobé akumulaci energie. V případě potřeby se vodík ze zásobníku odčerpává a slouží pro výrobu elektrické pomoci kyslíkovodíkového palivového článku. Vodík je rovněž palivem pro katalytický difuzní hořák, který díky neškodnosti spalin může pracovat přímo ve vzduchovém potrubí klimatizace, tj. bez výměníku a bez komínu. Umožňuje tak obdobu klasického vytápění hořícím plamenem. Optimální chod všech energetických zařízení v domě sleduje řídicí aparatura s počítačem. Dům je soběstačný ve spotřebě elektrické energie a šetří až 90 % energie na vytápění ve srovnání s obdobnou stavbou klasického typu. Za celý rok spotřebuje jen 321 kWh (tj. 1,2 GJ z veřejné elektrické sítě), zbytek je kryt ze sluneční energie, přitom teplota neklesne pod 18 °C. Dům je i ekologický, nemá komín a nevypouští žádné škodlivé spaliny.

Tento projekt je hodnocen jako velmi zdařilý a je podkladem pro tvorbu norem o nízkoenergetických stavbách. Zahrnuje v sobě rozsáhlou kombinaci energií šetřících prostředků a prostředků využívajících obnovitelné energie. Na druhé straně je nutné si uvědomit, že jde o výzkumný vývojový projekt, což implikuje jeho vysokou pořizovací cenu.

2.4 Experimentální ekologický dům s nízkou spotřebou energie, VUES Brno, a.s.

Experimentální ekologický dům VUES Brno [6,7,8,9] je charakterizován jednak podstatným snížením spotřeby energie odebírané z klasických zdrojů, jednak minimalizací vybraných ekologických dopadů mezi tímto objektem a okolním prostředím.

Hlavním cílem projektu je snížit spotřebu energie odebírané objektem z klasických zdrojů pod 20 % původní hodnoty.

Experimentální ekologický dům odpovídá svou velikostí dvoupodlažnímu domu o půdorysu asi 15x20 m. Požadovanou energetickou bilanci zabezpečuje toto technické vybavení:

1. Solární kolektor o ploše asi 40 m².
2. Dvojitý velkoobjemový akumulátor energie s kapalinovou náplní (celosezónní).
3. Sekundární solární systém s oběhem vzduchu a zásobníkem z kameniva.
4. Dvě tepelná čerpadla.
5. Sluneční fotovoltaická baterie, stacionární akumulátory a měniče na síťové napětí.
6. Malá větrná elektrárna.
7. Výměník pro zpětné získávání tepla z odtékající ohřáté užitkové vody.

8. Výměník pro zpětné získávání tepla z ohřátého vzduchu vyfukovaného ven (ventilace domu).
9. Minimalizace tepelných ztrát je dále zvýrazňována podstatným zlepšením izolačních vlastností odpovídajících částí experimentálního objektu, tj. vnějších stěn, střešní konstrukce a oken.
10. Optimální podmínky při vytápění zabezpečí adaptivní regulační systém řízený počítačem se speciálně vyvinutým programovým vybavením. Na regulační systém navazuje monitorovací systém, který umožní rozsáhlá měření energetických parametrů objektu a kromě toho i měření ekologických veličin pro potřeby Magistrátu města Brna.

Uvedená uzlová místa vytvářejí vyšší logické celky: solární systém s akumulátory, systém pro vytápění a přípravu teplé vody, ventilační systém, malá větrná elektrárna, regulační a monitorovací systém.

2.5 Solární dům ve Slatiňanech

Příkladem významným i v evropském měřítku je kombinovaný zdroj energie v Ústavu sociální péče pro mládež ve Slatiňanech [3], který byl uveden do provozu na sklonku léta 1995. Zdejší solární systém je určen k vytápění a přípravě TUV v objektu dílen „Humanita“. Zde se učí a připravují na budoucí povolání mladí lidé vyžadující zvláštní péči. Zdroj energie byl vybudován se státními podporami (Státní fond životního prostředí (SFŽP), Česká energetická agentura (ČEA) a ČEZ) při celkových nákladech 6,5 mil. Kč, z toho náklady na samotný vodní akumulátor sluneční energie dosáhly více než 3 mil. Kč. Jde o jediný solární zdroj energie se sezónní akumulací tepla v ČR. Zdroj má tyto hlavní části:

- solární soustava, již tvoří rovinné kolektory se selektivním povrchem o celkové ploše 148 m² a sezónní zásobník tepla (nadzemní ocelový) s objemem vody 1.108 m³,
- tepelné čerpadlo typu voda – voda o jmenovitém výkonu 37 kW, které přečerpává teplo do topné soustavy v případě, že přímý odběr vody ze zásobníku již nestačí,
- elektrický odporový kotel o výkonu 37 kW, sloužící pro pokrytí potřeby tepla ve špičkách a zároveň jako záložní zdroj.

Teplo je dodáváno do podlahových topných soustav o vytápěné ploše 1.020 m², které kryjí tepelnou ztrátu objektu (ta byla spočítána na 57 kW při venkovní teplotě -15 °C) a do akumulčního ohříváče TUV o objemu 1.000 litrů. Monitorovací zařízení bylo v plném provozu od konce roku 1998, takže jsou k dispozici úplné výsledky za rok 1999:

- energie dodaná do akumulátoru ze solárního zařízení: 95,62 MWh
- tepelné ztráty akumulátoru: 9,87 MWh
- využitá energie z akumulátoru: 85,75 MWh
- elektrická energie spotřebovaná na pohon tepelného čerpadla: 9,74 MWh
- energie spotřebovaná v elektrickém kotli: 2,56 MWh
- tepelná energie odebraná soustavou vytápění a TUV: 95,88 MWh

Tyto výsledky udávají vynikající bilanci zařízení. Ze sluneční energie bylo získáno více než 87 % energie potřebné k vytápění. Díky přečerpávání tepla bylo velké množství energie zachyceno slunečními kolektory (95,62 MWh, což znamená 646,1 kWh/m² za rok).

Toto množství představuje 54,2 % energie celoročně dopadající na plochu kolektorů – to je celoroční účinnost celého solárního systému.

Z ekonomického hodnocení solárního domu ve Slatiňanech vyplývají následující závěry:

Roční provozní náklady na jednotku tepelné energie vychází: 50,2 Kč/GJ

Pro celkové investiční náklady na solární systém včetně dotace (bez nákladů na zateplení objektu) velikosti 6,5 mil. Kč, minimální životnost systému 30 let a rovnoměrný roční odpis 216.670,- Kč budou celkové roční náklady na jednotku tepelné energie 677,- Kč/GJ.

3. Využití solární energie ve vícebytových domech včetně ekonomického rozboru

Aplikace solární energie pro rodinné domy a vícebytové jednotky je značně rozšířeno v jižních státech Evropy, kde ročního slunečního svitu je podstatně větší nežli v podmínkách stření Evropy. Proto solární stavby, jejichž velmi úzký výběr je uveden v kapitole 2 mají vesměs experimentální charakter. V práci [11] je zpracován návrh využití solární energie pro přípravu TUV ve vícebytové jednotce panelového typu.

V řešení je nejprve definována úroveň solární energie pro vybranou lokalitu, vybrán vhodný vícebytový objekt, definována jeho energetická potřeba pro zabezpečení TUV a zpracovány úvahy o odpovídajícím solárním systému. Dále následuje ekonomická analýza vedoucí k určení ceny 1 GJ energie, která je srovnána s cenami energie ze současných klasických regionálních zdrojů.

3.1 Posouzení solárního zdroje

Intenzita slunečního záření nad atmosférou Země je cca 1350 W/m². Z toho atmosférou na zemský povrch pronikne za příznivých podmínek cca 1000 W/m². Rozptylem přímého záření na oblacích, nečistotách v atmosféře a odrazem od terénu vzniká difúzní záření. Součet přímého a difúzního záření se označuje jako záření globální.

V ČR je globální záření měřeno v síti radiačních stanic. V tabulce č. 1 jsou u vybraných stanic Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) reprezentující klimatická specifika různých nadmořských výšek a zeměpisných poloh uvedeny dlouholeté průměrné roční sumy globálního záření.

Tabulka č. 1: Porovnání globálního záření v různých radiačních stanicích

Lokalita	Nadmořská výška (m n. m.)	Globální záření (kWh/m ² a rok)
Svratouch (Ždárské vrch)	737	1032
Luka u Litovle (Drahanská vrchovina)	510	1049
Košetice u Pelhřimova (Českomor. vrch.)	470	1054
Kuchařovice u Znojma (Dyjsko-svr. Úval)	334	1115
Hradec Králové (Česká tabule – Polabí)	285	1073

Stanice v různých geografických polohách vykazují srovnatelné hodnoty globálního záření. To vyvrací obecně vžitou představu o výrazných rozdílech intenzity slunečního záření v nížinách a na vrchovinách a podporuje možnost využití kolektorů na celém území České republiky bez ohledu na nadmořskou výšku.

Údaje ČHMÚ a dalších institucí jsou následující:

Doba slunečního svitu v ČR: 1.400 – 1.800 h/rok

Intenzita slunečního záření: nad atmosférou Země: 1.350 W/m²
na povrchu Země 1.000 W/m²

Dopadající solární energie:

Léto: 3,5 kWh/m² a den (max. 5,5 kWh/m² a den)
Jaro a podzim: 2,5 kWh/m² a den (max. 3,5 kWh/m² a den)
Zima: 1,2 kWh/m² a den
Ročně: 800 – 1.250 kWh/m²

3.2 Výběr vícebytového objektu

K aplikaci solárního systému byly zvoleny tři domy bytového družstva Družba v Prodloužené ulici v Pardubicích č. p. 221 – 234. Dva domy mají po čtyřech vchodech a jeden má šest vchodů. Jedná se o čtyřpodlažní bytové domy realizované klasickou panelovou výstavbou.

V následující tabulce je uvedena spotřeba tepla v GJ (na ohřev TUV) v jednotlivých letech pro každý dům počínaje rokem 1995. Spotřeba tepla je zjištěna podle ročních odečtů měřidel tepla. Tato měřidla jsou na vstupním potrubí do každého domu. Údaje poskytlo vedení družstva Družba.

Tabulka č. 2: Spotřeba tepla na ohřev TUV v GJ

Rok	Číslo popisné / počet bytů		
	221 – 226	227 – 230	231 – 234
	70	56	56
1995	732	504	502
1996	787	547	564
1997	727	482	524
1998	671	303	480
1999	640	469	416
2000	631	414	360
2001	632	411	365
2002	571	377	328
Průměr	674	438	443

Spotřeba tepla na vytápění je ve srovnání se spotřebou pro TUV přibližně čtyřnásobná. Tepelná energie do těchto domů je přiváděna z centrálního zdroje z elektrárny Opatovice nad Labem, která zároveň zásobuje i okolní města, např. Hradec Králové, Chrudim nebo Lázně Bohdaneč. Elektrárna Opatovice n.L. má kogenerační jednotku, která vyrábí tepelnou energii poměrně levně. Pro srovnání jsou v tabulce uvedeny smluvní ceny tepla v jiných oblastech republiky. Jak je z tabulky patrné, dodávky tepla v Pardubicích (a ostatních měst zásobovaných elektrárnou Opatovice n. L.) jsou nejlevnější z uvedených měst.

Tabulka č. 3: Smluvní ceny tepla ve vybraných městech v letech 1997 a 2001

Město	Cena tepla (Kč/GJ)	
	1997	2001
Hradec Králové	153,12	203,-
Chrudim	167,-	203,-
Pardubice	167,-	203,-
Lázně Bohdaneč	167,-	203,-
Praha	220,29	224,-
Litomyšl	227,56	230,-
Plzeň	230,-	253,37
Jičín	201,-	292,90
České Budějovice	257,20	312,-
Polička	176,60	322,-
Hořice	364,-	340,-
Lanškroun	280,-	389,- / 305,-
Moravská Třebová	251,27	356,07
Náchod	249,-	360,-
Přelouč	284,50 / 236,30	360,-
Hlinsko	378,-	369,60
Nová Paka	310,-	370,-
Česká Třebová	255,- / 225,-	373,-
Brno	308,- / 267,-	400,-
Vrchlabí	391,65	465,-

3.3 Solární systém

Pro uvažovaný objekt byly vybrány solární kolektory HELIOSTAR, slovensko-německého výrobce **Thermosolar**, spol. s r. o., Žiar nad Hronom. Ve prospěch této volby hovoří zejména nízké ceny. Výrobce se solární technikou zabývá více než 20 let a praxí již ověřil minimálně dvacetiletou životnost svých produktů. Celkově již vyrobil cca 500.000 m² instalovaných solárních kolektorů. Výrobce získal stavební technické osvědčení TÜV Bayern v SRN a certifikát podle § 3 nařízení vlády ČR č. 178/1997 Sb. Kolektory získaly výkonové atesty renomovaných západoevropských zkušeben (Švýcarsko, Německo, Rakousko, Švédsko) a certifikát kvality „Slovak Gold“. Výrobce poskytuje záruku 10 let na všechny kolektory.

Zvolený kolektor HELIOSTAR 400 V je dosud jediný průmyslově vyráběný plochý vakuový kolektor na světě. Má absorbér se selektivní konverzní vrstvou, která se vyznačuje vysokou účinností přeměny slunečního záření a malým zpětných vyzařováním. Design a technicky propracovaná konstrukce kolektoru je patentově chráněna v 52 státech světa.

Hlavní technické údaje:

Půdorysná plocha	2,0 m ²
Celková hmotnost	48 kg
Obsah kapalina	1,3 l
Sluneční absorpivita	min. 0,94
Optická účinnost	81 %

Solární kolektory je možné umístit na střechy vybraných domů. Nejsou zde výrazné překážky, které by umístění bránily, ani kolektory nebudou ničím zastíněny. Rozměry střech jsou 10 x 76 a 10 x 113 m, využitelná plocha tedy je 2 x 760 m² a 1.130 m². Delší strany domů jsou orientovány na jihovýchod, což neumožňuje podélné umístění kolektorů do několika dlouhých řad. Kolektory musí být orientovány na jih s maximálním odklonem ± 20°, tudíž kolektorové řady na střechách budov budou svírat s delší stranou střechy úhel cca 45°. Optimální sklon kolektorů od roviny střechy při celoročním provozu je 45°. Při požadavku minimálního úhlu slunce nad obzorem 20° pak musí být vzdálenost kolektorových řad taková, aby si kolektory vzájemně nestínily.

Na základě geometrických rozvah bude na všech třech domech 448 kolektorů o celkové absorpční ploše 775 m². Pro další výpočty je uvažováno 32 kusů kolektorů na každý vchod do domu, tedy průměrně pro 13 bytů. Absorpční plocha pro jeden vchod je tedy:

$1,73 \text{ m}^2 \times 32 \text{ ks} = 55,36 \text{ m}^2$, pro jeden byt 4,25 m², což odpovídá již dříve zmíněnému požadavku kolektorové plochy 1 až 1,5 m² na jednu osobu.

Tabulka č. 4: Energetická bilance na 1 vchod při ohřevu TUV a vody v koupališti

Měsíc	Energetický nárok		Energetický zisk ze SS (MWh)	Ohřev vody v koupališti (MWh)	Deficit tepla (MWh)
	Ohřev TUV (MWh)	Vytápění (MWh)			
I	2,57	19,40	0,92	-	1,65
II	2,57	18,52	1,67	-	0,90
III	2,57	14,99	3,39	0,82	-
IV	2,57	8,82	5,32	2,75	-
V	2,57	4,41	6,78	4,21	-
VI	2,57	-	5,39	2,82	-
VII	2,57	-	5,42	2,85	-
VIII	2,57	-	4,24	1,67	-
IX	2,57	3,09	2,78	0,21	-
X	2,57	8,82	1,85	-	0,72
XI	2,57	14,99	0,77	-	1,80
XII	2,57	18,52	0,56	-	2,01
Součet	30,84	111,56	39,09	15,33	7,09

Energetické zisky ze solárního systému (SS) jsou vypočítány z globálního záření. Navržená plocha solárních kolektorů je dle údajů v tab. č. 4. Schopna pokrýt energetickou potřebu pro TUV a přebytek energie v měsících března – září může být využit pro ohřev vody v přílehlém koupališti, nebo část solárního systému může být vyřazena z provozu.

3.4 Pořizovací náklady solárního systému

Pro výpočet ceny tepelné energie je nutné zjistit celkové investiční náklady aplikovaného solárního systému. Provozní náklady jednotlivých let jsou zanedbatelné a proto se neuvažují. Uvedené ceny včetně DPH (5 %) z roku 2003 jsou převzaty z katalogu firmy Thermosolar. Předpokládá se, že kompletní dodávka a instalace by byla provedena toutéž firmou. Rozpočet nákladů je uveden v následující tabulce.

Uvedené investiční náklady tedy zahrnují náklady spojené s pořízením projektové dokumentace a náklady na pořízení celého díla. Náklady na pořízení díla zahrnují stavební práce, náklady na dodávku technologie a náklady na montáž celého systému.

Tabulka č. 5: Rozpočet nákladů na solární systém

Položka	Počet (ks)	Jednotková cena (Kč/ks)	Celková cena (Kč)
Kolektor Heliostar 400 V (vakuový, nucený oběh)	448	15.208	6813.184
Nosné konstrukce ke kolektorům	150	5.222	783.300
Potrubí Cu 35, čerpadla PS 3010, výměníky	14	12.500	175.000
Ocelový solární zásobník OKC 5000 1, včetně izolace	14	182.650	2557.100
Řídicí systém SH-16	14	40.950	573.300
Instalace	14	200.000	2800.000
Celkem			13701.884

Celkové investiční náklady solárního systému tedy činí 13.701.884,- Kč. Životnost zařízení se předpokládá minimálně 30 let. Stavba koupaliště nebyla zahrnuta do nákladů solárního systému.

3.5 Stanovení ceny energie ze solárního systému pro různé varianty financování

Roční anuitní splátka A se vypočítá ze vztahů:

$$A = \frac{(q - 1) \cdot q^T \cdot N}{(q^T - 1)}$$

$$q = 1 + \frac{i}{100}$$

kde A je roční anuitní splátka úvěru (Kč/rok),
N je zapůjčená splátka (Kč),
T je doba splatnosti úvěru (roky) a
i je úroková sazba (%).

Financování pomocí úvěru:

$N = 13.701.884,-$ Kč
 $i = 10 \%$
 $T = 30$ let
 $A = 1.453.485,60$ Kč
Cena tepelné energie: **737,80 Kč/GJ.**

Financování pomocí vlastního kapitálu podle požadavků investora:

$N = 13.701.884,-$ Kč
 $i = 5 \%$ (výnosové procento s ohledem na požadovanou rentabilitu a riziko)
 $T = 20$ let (investor může požadovat i kratší dobu splácení)
 $A = 1.099.474.60$ Kč
Cena tepelné energie: **558,10 Kč/GJ.**

Financování pomocí vlastního kapitálu a 70 % státní dotace ze SFŽP:

$N = 4.110.565,20$ Kč (30 % podíl investora)
 $i = 9 \%$
 $T = 30$ let
 $A = 400.107.40$ Kč
Cena tepelné energie: **203,- Kč/GJ.**

4. Závěr

V této práci je analyzována problematika využití solární energie pro ohřev obytných komplexů. V první části jsou ukázány realizované projekty experimentálního charakteru. Jedná se o tzv. ekologické domy s nízkou spotřebou energie.

Druhá část práce vychází z publikací a projektů obou autorů a je zaměřena na posouzení možností využití solární energie ve vícebytových jednotkách. Aplikovaný solární systém slovensko-německého výrobce, firmy Thermosolar, dosáhl celkových pořizovacích nákladů Kč. 13 701.884,- . Cena tepelné energie při financování pomocí úvěru dosahuje 737 Kč/GJ, při financování vlastním kapitálem 558 Kč/GJ. Jak je patrné z výpočtů, cena tepelné energie vyrobené solárním systémem převyšuje ceny energie vyrobené klasickým způsobem přibližně trojnásobně a je tedy neschopná konkurence. Je tedy jisté, že obdobný projekt by nebylo možné v nejbližší budoucnosti realizovat na podnikatelském principu. Z těchto výsledků cen energie je zřejmé, že obnovitelné zdroje energie musí být nějakou formou zvýhodňovány, podobně jak je tomu v mnoha zemích Evropské unie. Možnou variantou je realizace navrženého projektu např. bytovým družstvem za předpokladu nevratné dotace na cca 70% investic z vhodných státních, evropských nebo jiných prostředků.

Literatura

1. Balák, R. Nové zdroje energie. Praha: SNTL, 1989
2. Berger, K. Úspory energie a ekologie III. Ostrava: AKS, 1995.
3. Brož, K., Juřica, J. Solární zařízení v Ústavu sociální péče o mládež ve Slatiňanech. Určeno pro ČEZ, a.s. a SFŽP, nepublikováno.
4. Humm, O. Null-Heizenergie-Haus mit neuartigem Solarkollektor. Technische Rundschau, 1989, č. 3, s. 28 – 31.
5. Peyer, W. Das Gebäude 2000. Ein umweltkonformes Energiekonzept. Technische Rundschau, 1990, č. 22, s. 52 - 55.
6. Siegl, M., Orel, V., Ošlejšek, O., Velek, J., Tobiáš, Z. Experimentální model obytného domu s nízkou spotřebou energie. Sborník přednášek na EEBW 1994. Praha: SEVEn, 1994.
7. Siegl, M. Nízkoenergetický ekologický dům – zkušenosti se zahájením experimentálního provozu. Mezinárodní konference Energy Efficiency Business Week. Praha: EEBW, 1996.
8. Siegl, M. Ekodům VUES. Zkušenosti z projekce a výstavby nízkoenergetického ekologického domu v Podolí u Brna. Brno: VUT Brno, 1996.
9. Siegl, M., Orel, V. Experimentální ekologický nízkoenergetický dům. Brno: VUES Brno, FCC Public, 2001.
10. Stahl, W., Voss, K. Goetzberger, A. The Self-Sufficient Solar House in Freiburg. Solar Energy, 1994, č. 1, s. 111.
11. Straka, R. Ekonomické aspekty využití solární energie pro obytné budovy. Diplomová práce. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003.

Kontaktní adresa:

doc. Ing. Milan Siegl, CSc., Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní, Ústav ekonomie, Studentská 84, 532 10 Pardubice
telefon 46 603 6163, e-mail: milan.siegl@upce.cz.

Ing. Roman Straka
Žerotín 8
Zábřeh na Moravě

Recenzovala: doc. Ing. Ilona Obršálová, CSc., Ústav veřejné správy a práva, FES, UPa