

Ing. Petra TVRDÁ, Ph.D.¹⁾
Ing. Stanislav FROLÍK, Ph.D.²⁾

¹⁾ ČVUT v Praze, Univerzitní
centrum energeticky efektivních
budov

²⁾ ČVUT v Praze, Fakulta stavební,
Katedra technických zařízení
budov

Recenzent
doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D.

Porovnání zabudované energie konkrétních solárních soustav

Comparison of Embodied Energy of Concrete Solar Systems

Článek se zabývá množstvím zabudované energie v soustavách solárních termických kolektorů. Hodnocení konkrétních soustav v českých klimatických podmínkách je ukázáno na příkladu soustavy instalované na rodinném domě a na netypické soustavě s dlouhodobou akumulací tepla. Ekonomické aspekty studovány nejsou, veškerá hodnocení se týkají energie. V článku byly zohledněny tři zdroje dat zabudovaných energií.

Klíčová slova: zabudovaná energie, solární termické soustavy

The article deals with amount of energy embodied in the systems of solar thermal collectors. Evaluation of concrete systems in the Czech climatic conditions is demonstrated on a sample of a system installed in a family house and an unusual system with long-term accumulation of heat. Economic aspects are not studied, all the assessments concern energy. Three sources of data about embodied energy have been considered in the article.

Keywords: embodied energy, solar thermal systems

ÚVOD

V dnešní době narůstá množství instalovaných soustav solárních termických kolektorů. Čím dál více tak získává na významu otázka, jaký je skutečný energetický přínos těchto systémů při uvažování zabudované energie (tzn. energie nutné na výrobu všech materiálů v soustavě). Jak vypadá hodnocení konkrétních soustav v českých klimatických podmínkách, je ukázáno na příkladu jedné typické soustavy instalované na rodinném domě ve středních Čechách v obci Tuchlovice a na příkladu jedné netypické soustavy – s dlouhodobou akumulací tepla, která se nachází ve východních Čechách ve Slatiňanech. Ekonomické aspekty studovány nejsou, veškerá hodnocení se týkají energie. Informace v tomto článku vychází z dizertační práce [12]. Analýza soustavy ve Slatiňanech vychází z publikace [11], výběr dat pro výpočet však byl zpřesněn, a proto se výsledky mírně odlišují.

POPIS SOUSTAV

Kombinovaná soustava pro rodinný dům v Tuchlovicích

Nejběžnější aplikací solárních soustav bývá malý systém určený pro přípravu teplé vody, případně pro přitápění v rodinném domě. Pro vyhodnocení byla proto vybrána malá solární soustava s trubicovými kolektory instalovaná ve středočeské obci Tuchlovice. Tento příklad ukazuje, jaké návratnosti zabudované energie může dosahovat konkrétní instalace v českých podmínkách.

Studovaná soustava se skládá ze tří vakuových trubicových kolektorů propojených rozdělovačem o celkové ploše apertury 3,036 m². Umístěna je na ploché střeše rodinného domu, kde zajišťuje přípravu teplé vody a částečně také přitápění pro pětičlennou rodinu. Nosné konstrukce kolektorů jsou provedeny z hliníku. Soustavu dále tvoří ocelová akumuláční nádrž o objemu 300 l, expanzní nádoba pro solární okruh o objemu 12 l a potrubí z vlnovce (nerezová ocel) o délce 22 m a potrubí z mědi téměř 26 m dlouhé. Izolace nádrže je provedena z polyuretanu o tloušťce 100 mm s PVC koženkovým obalem, izolace potrubí je provedena ze syntetického kaučuku (EPDM).

Soustava s dlouhodobou akumulací tepla ve Slatiňanech

Analýzovaná soustava s dlouhodobou akumulací tepla byla postavena v roce 1996, energie se využívá na vytápění a přípravu teplé vody

v domově sociálních služeb. Celá soustava má 84 plochých kolektorů o celkové ploše absorberu 147,8 m², které se nacházejí na střeše objektu. Držáky kolektorů jsou vyrobeny z hliníkových profilů. Dlouhodobá akumulace je zajištěna pomocí sezónního nadzemního smaltovaného zásobníku o objemu přes 1000 m³, který je uložen na základech ze železobetonu a experlit-betonu. Zásobník je izolovaný minerální vatou o tloušťce 700 mm uloženou v dřevěném roštu a je propojen s technickou místností energokanálem vedeným v zemi, dlouhým přibližně 30 m. V technické místnosti se nachází zásobníkový ohřívač teplé vody o objemu 0,9 m³ a dva pohotovostní zásobníky o objemech 1,2 m³. Doplnkovým zdrojem tepla je tepelné čerpadlo. Informace o soustavě byly čerpány z projektové dokumentace [10], místním šetřením a mnoho cenných informací bylo získáno přímo od projektanta soustavy.

HODNOCENÍ MNOŽSTVÍ ZABUDOVANÉ ENERGIE

Množství zabudované energie závisí na energetické náročnosti výroby jednotlivých materiálů použitých v soustavě. Konkrétní hodnoty je možné najít v různých databázích, které uvádějí celkovou primární energii spotřebovanou na výrobu materiálu zahrnující zejména těžbu, zpracování a dopravu materiálu. Zohledněny byly tři zdroje údajů: rakouské publikace [13, 14] (T. Waltjen), britská práce [5] (ICE) a české webové stránky (Envimat) [4], které obsahují zejména data ze švýcarské databáze Ecoinvent [3].

Pro určení celkové zabudované energie bylo nutné získat informace o hmotnostech všech prvků a určit použité materiály. Údaje o solárních kolektorech ve Slatiňanech byly získány na základě přeměření poskytnutého vzorku kolektoru a informací o podobných kolektorech. Trubicové kolektory použité na rodinném domě byly rozebrány a podrobně analyzovány.

Při hodnocení zabudované energie je důležité si uvědomit, že čísla uvedená v databázích nejsou obecně platnými konstantami, ale statisticky zpracovávanými údaji, které byly získány v průběhu předchozích let nebo desetiletí, proto nejsou neměnná. V okamžiku, kdy se vyhodnocuje konkrétní systém, se energetická náročnost těžby může změnit k lepšímu i k horšímu, vlivem nové efektivnější technologie nebo naopak horší dostupnosti suroviny a nutností použít energeticky náročnější postupy při těžbě. Konkrétní hodnoty také mohou být ovlivněny nepřesnostmi při

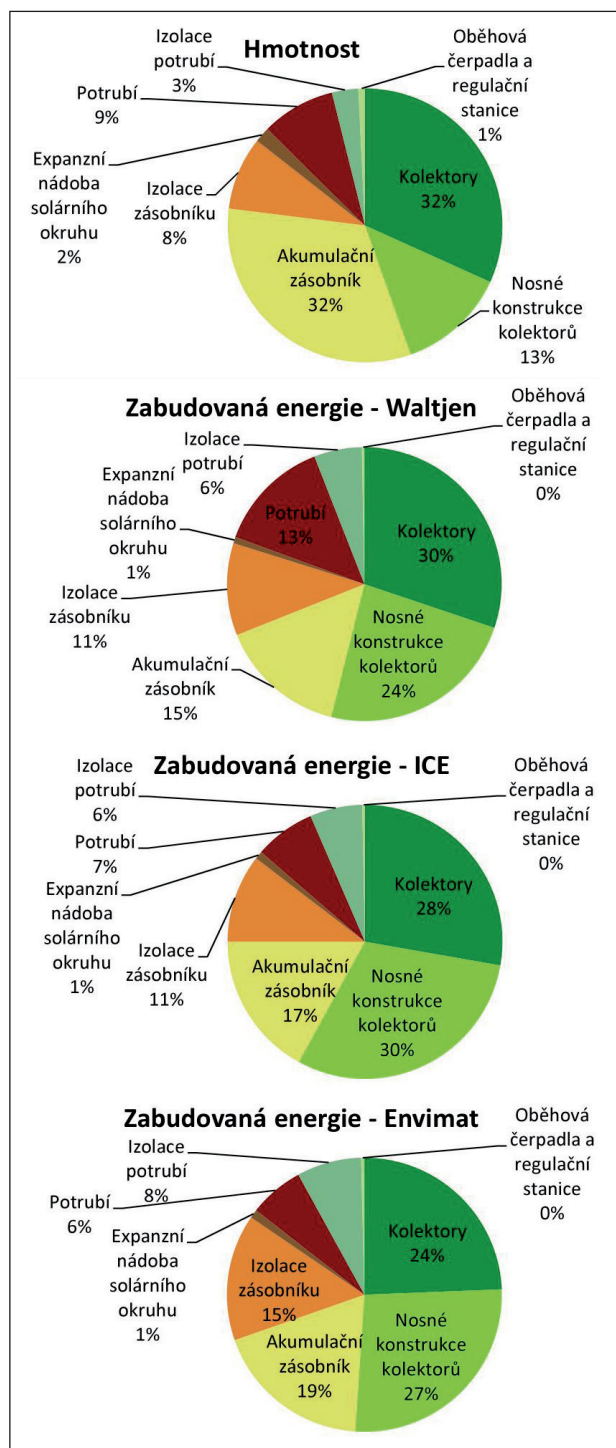
zpracovávání údajů pro daný materiál nebo nedostatkem údajů. Proto se také liší hodnoty ke konkrétním materiálům v různých databázích.

V množství zabudované energie nejsou zohledněny veškeré energeticky náročné procesy během celého životního cyklu. Např. montáž, doprava prvků soustavy na stavbu nebo energie spotřebovaná při výrobě kolektorů v továrně. Podle dostupných studií (např. [2]) mohou tyto procesy představovat přibližně 5 až 10 % energie, jejich přesné vyčíslení je však velmi problematické a nepřesné.

VÝSLEDKY

Množství zabudované energie – RD Tuchlovice

Na obr. 1 je vidět rozložení hmotnosti a zabudované energie v jednotlivých částech solární soustavy vyhodnocené podle údajů z různých databází. Solární kolektory tvoří přibližně třetinu hmotnosti soustavy. Dohromady s nosnou konstrukcí mají v soustavě největší zastoupení, představují 45 % hmotnosti. Podobný význam má také akumulční zásobník včetně izolace – 40 % hmotnosti.



Obr. 1 Hmotnost a množství zabudované energie v částech solární soustavy v Tuchlovicích (podle databází Waltjen [13, 14], ICE [5] a Envimat [4])

Fig. 1 Weight and amount of embodied energy in components of the solar system in Tuchlovice (according to databases Waltjen [13, 14] ICE [5] and Envimat [4])

Tab. 1 Materiály – RD Tuchlovice

Tab. 1 Materials – FH Tuchlovice

	Hmotnost [kg]	Měrná zabudovaná energie [MJ/kg]			Zabudovaná energie celkem [GJ]		
		Waltjen	ICE	Envimat	Waltjen	ICE	Envimat
Solární kolektory							
Sklo	40,26	15	15	14,2	0,604	0,604	0,573
Měď	19,45	97	50	28,8	1,887	0,973	0,561
Hliník	13,59	124	155	112,7	1,685	2,107	1,532
Pryž	2,76	113	120	89,2	0,312	0,331	0,246
Polypropylen	1,25	77	83,1	66,8	0,096	0,104	0,083
Mosaz	0,57	111	44	36,8	0,063	0,025	0,021
Ocel	0,3	27,4	31,5	29,1	0,008	0,009	0,009
Nerez	0,22	82,1	56,7	62,8	0,018	0,013	0,014
Polyuretan	0,09	86,3	72,1	99,3	0,008	0,007	0,009
Celkem:	78,5				4,7	4,2	3,0
Nosné konstrukce kolektorů							
Hliník	28,37	124	155	112,7	3,518	4,397	3,198
Nerez	0,8	82,1	56,7	62,8	0,066	0,045	0,050
Pozinkovaná ocel	2,5	37	39	38,2	0,093	0,098	0,096
Celkem:	31,7				3,7	4,5	3,3
Akumulační nádrž							
Ocel	78	27,4	31,5	29,1	2,137	2,457	2,267
Měď	2	97	50	28,8	0,194	0,100	0,058
PUR pěna	15,02	86,3	72,1	99,3	1,296	1,083	1,491
PVC koženka	6,28	63	77,2	60	0,396	0,485	0,377
Celkem:	101,3				4,0	4,1	4,2
Potrubí							
Nerez	4,27	82,1	56,7	62,8	0,350	0,242	0,268
Měď	12,16	97	50	28,8	1,180	0,608	0,351
Mosaz	5	111	44	36,8	0,555	0,220	0,184
EPDM	7,74	113	120	123,1	0,875	0,929	0,953
Celkem:	29,2				3,0	2,0	1,8
Expanzní nádoba							
Ocel	4,5	27,4	31,5	29,1	0,123	0,142	0,131
Oběhové čerpadlo							
Litina	1,9	22,7	25	24,4	0,043	0,048	0,046
CELKEM CELÁ SOLÁRNÍ SOUSTAVA:							
	247				15,5	15,0	12,5

Nejvýznamnější podíl zabudované energie v soustavě je obsažen v kolektorech a nosných konstrukcích kolektorů (viz obr. 1). Představuje minimálně polovinu z veškeré zabudované energie. Akumulační zásobník s izolací pak tvoří skoro třetinu zabudované energie soustavy. Největší

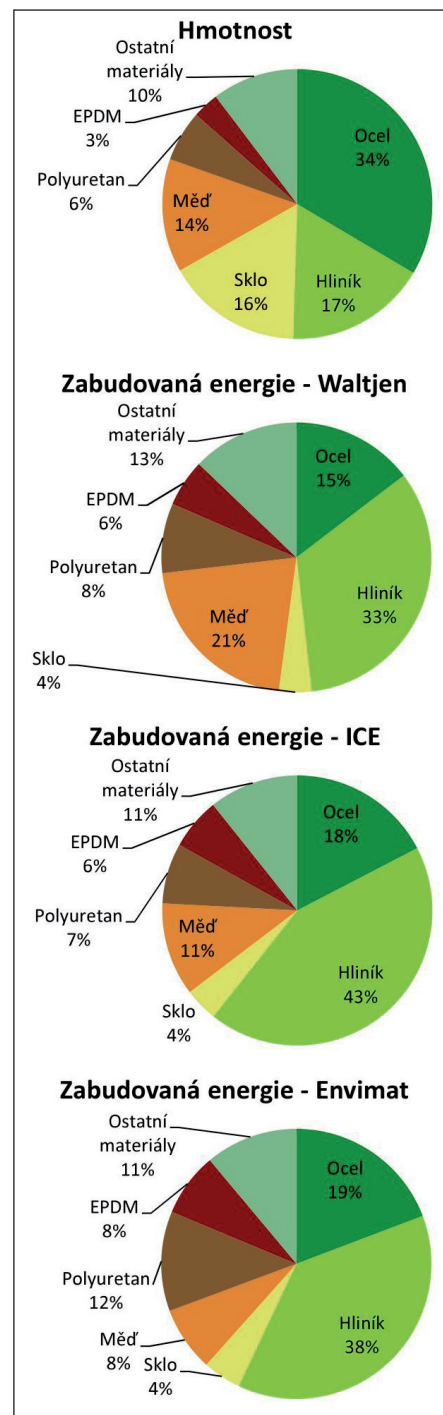
rozdíly ve vyhodnocení podle různých databází způsobuje měděné potrubí, které představuje podíly od 6 do 13 %.

Na obr. 2 je znázorněn podíl jednotlivých materiálů na celkové hmotnosti soustavy. Třetinu z materiálů v soustavě tvoří ocel. Dále jsou v soustavě zastoupeny hliník, sklo a měď, které mají podobné podíly na celkové hmotnosti – přibližně 15 %.

Tab. 2 Zabudovaná energie v jednotlivých částech solární soustavy – Slatiňany

Tab. 2 Energy embodied in particular elements of the solar system – Slatiňany

	Hmotnost [kg]	Měrná zabudovaná energie [MJ/kg]			Zabudovaná energie celkem [GJ]		
		Waltjen	ICE	Envimat	Waltjen	ICE	Envimat
Akumulační nádrž							
Smalt	28198	27,4	31,5	29,1	772,63	888,24	819,63
Železobeton	72131	3,22	3,73	3,2	232,13	268,85	228,30
Ocel	7985	27,4	31,5	29,1	218,80	251,54	232,11
Minerální vlna	10714	23,3	16,6	20,2	249,64	177,85	216,34
Experlít-beton	31919	2,23	2,42	2,2	71,02	77,10	71,05
Hliníková fólie	155	230	218	160	35,64	33,78	24,81
Dřevo	4596	3,6	4,59	3,4	16,55	21,10	15,41
Asfaltová hydroizolace	18	50,1	47	43,5	0,92	0,86	0,80
Celkem:	155717				1597	1719	1608
Energokanál							
Beton	24815	0,8	0,95	0,6	19,85	23,57	14,27
Nerezová ocel	433	82,1	56,7	62,8	35,53	24,54	27,17
Ocel	150	27,4	31,5	29,1	4,11	4,73	4,36
Hliníková fólie	5	230	218	160	1,11	1,05	0,77
Asfaltová hydroizolace	4	50,1	47	43,5	0,20	0,19	0,18
Skelná vata	5	49,8	28	45,5	0,24	0,13	0,22
Celkem:	25407				61	54	47
Technická místnost							
Nerezová ocel	811	82,1	56,7	62,8	66,55	45,96	50,89
Ocel	186	27,4	31,5	29,1	5,09	5,85	5,40
Měď	9	97	50	28,8	0,87	0,45	0,26
Skelná vata	15	49,8	28	45,5	0,74	0,42	0,68
Polyetylen	0,3	77	83,1	66,8	0,03	0,03	0,02
Celkem:	1020				73	53	57
Potrubí, nosné konstrukce kolektorů							
Hliník	644	230	218	160	148,16	140,43	103,11
Ocel	302	27,4	31,5	29,1	8,28	9,52	8,79
Měď	61	97	50	28,8	5,88	3,03	1,75
Hliníková fólie	4	230	218	160	0,98	0,93	0,68
Skelná vata	7	49,8	28	45,5	0,33	0,18	0,30
Kaučuková izolace	1	113	120	89,2	0,08	0,09	0,07
Celkem:	1018				164	154	115
Solární kolektory							
Hliník	1386	230	218	160	318,70	302,08	221,79
Měď	393	97	50	28,8	38,13	19,66	11,34
Sklo	1478	15	15	14,2	22,18	22,18	21,06
Minerální vlna	355	23,3	16,6	20,2	8,27	5,89	7,17
Celkem:	3612				387,28	349,80	261,35
CELKEM CELÁ SOLÁRNÍ SOUSTAVA:							
	186774				2283	2330	2089



Obr. 2 Podíly materiálů v solární soustavě v Tuchlovicích podle hmotnosti a množství zabudované energie (podle databází Waltjen [13, 14], ICE [5] a Envimat [4])

Fig. 2 Ratio of materials in the Tuchlovice solar system according to the weight and amount of embodied energy (according to databases Waltjen [13, 14] ICE [5] and Envimat [4])

Jak je vidět na obr. 2, nejvýznamnější z hlediska zabudované energie jsou kovy: hliník, měď a ocel, které tvoří přibližně dvě třetiny zabudované energie v soustavě. Naopak nejméně významné je sklo. Izolace z polyuretanu a EPMD představují 13 až 20 %. Přes 10 % zabudované energie pak zbývá na ostatní materiály. Všechny výsledky materiálové analýzy jsou vidět v tab. 1.

Množství zabudované energie – Slatiňany

Jak je vidět na obr. 3 vlevo, v případě této soustavy je nejvýznamnější z hlediska hmotnosti jednoznačně akumulční nádrž, která má přes 80 % celkové hmotnosti. Solární kolektory jsou z tohoto pohledu téměř bezvýznamné, představují pouze 2 % hmotnosti soustavy.

Z hlediska množství zabudované energie získávají solární kolektory na významu, když představují přibližně 15 % zabudované energie, což je dáno zejména energetickou náročností hliníku, ze kterého byl vyroben absorber a rám kolektorů. Oproti soustavě pro rodinný dům však jednoznačně dominuje akumulční nádrž, která představuje tři čtvrtiny celé soustavy.

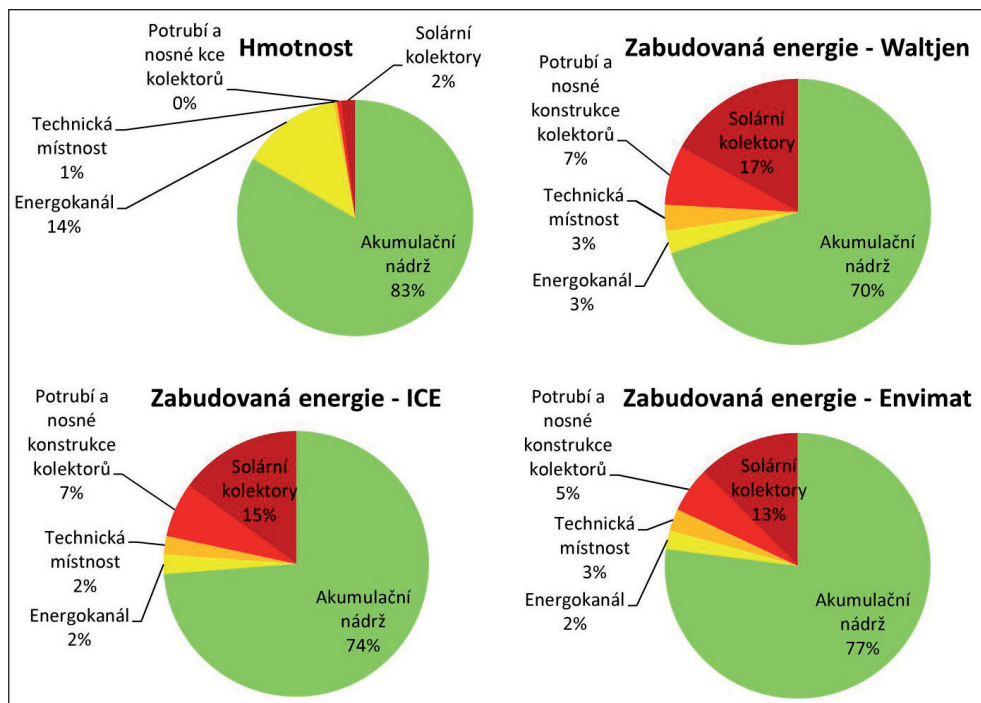
Pokud se podrobně podíváme na materiály použité v celé soustavě (obr. 4), je vidět, že betonové prvky (základy nádrže) jsou z hlediska zabudované energie nejméně významné, přestože hmotnostně jsou v soustavě zastoupeny nejvíce. Naopak hliníkové prvky, které nezaujímají ani 3 % celkové hmotnosti, jsou zodpovědné za 16 % zabudované energie a tím pádem jsou třetím nejvýznamnějším materiálem. Významné zastoupení zabudovaných energií má také velké množství ocelových prvků, které byly použity na soustavě v různých formách: smaltovaná akumulční nádrž, výztuž do železobetonu nebo ocelové a nerezové potrubí. Všechny výsledky materiálové analýzy jsou vidět v tab. 2.

Zabudovaná energie soustavy vztahovaná k ploše kolektorů

Jak je vidět v tab. 2 dole, celkové množství zabudované energie v solární soustavě ve Slatiňanech je značné: 2089 GJ až 2330 GJ. V porovnání s tím je zabudovaná energie solární soustavy v Tuchlovicích zanedbatelná: 12,5 až 15,5 GJ (viz tab. 1), což je pouze 0,6 % oproti soustavě ve Slatiňanech.

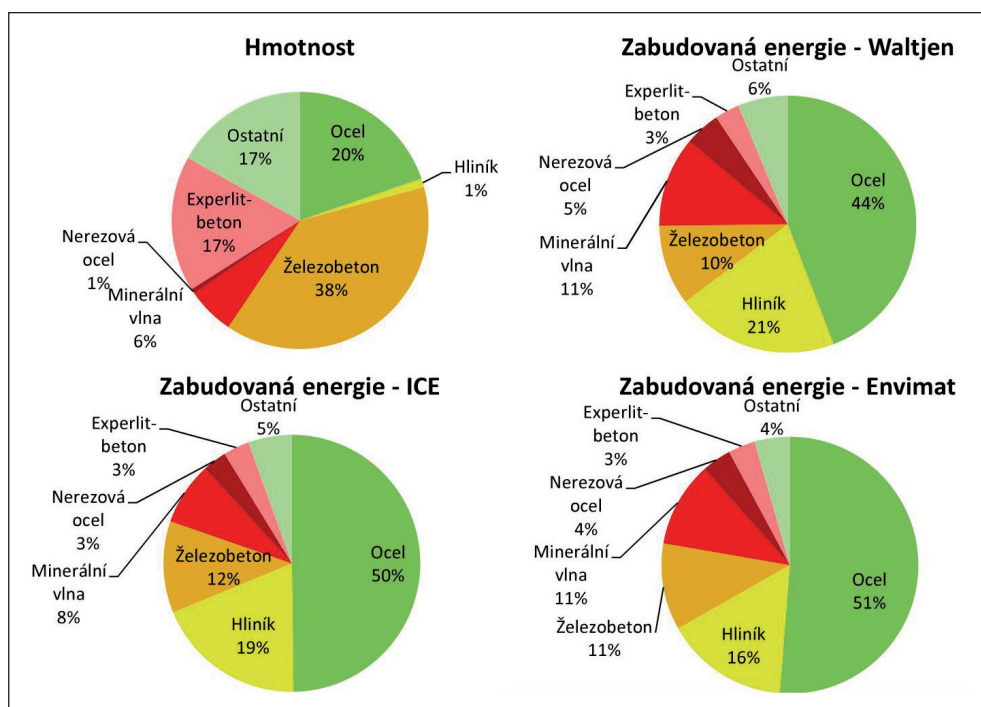
Pro porovnání zabudované energie v obou soustavách je možné podívat se na vztah mezi velikostí soustavy a plochou kolektorů (viz tab. 3).

Množství zabudované energie vztahované k ploše kolektorů je v případě soustavy v Tuchlovicích 1100 až 1400 kWh/m². U soustavy ve Slatiňanech je množství zabudované energie více než trojnásobné: 3900 až 4400 kWh/m². Pro představu, co tyto hodnoty znamenají, je dobré připomenout, že množství energie ze slunečního záření za rok v podmínkách ČR je 1000 kWh/m²rok a roční zisky běžných solárních soustav bývají kolem 400 kWh/m²rok.



Obr. 3 Rozložení hmotnosti a zabudované energie v jednotlivých částech solární soustavy s dlouhodobou akumulací tepla ve Slatiňanech (podle databází Waltjen [13, 14], ICE [5] a Envimat [4])

Fig. 3 Distribution of weight and embodied energy in the particular elements of the solar system with a long-term heat accumulation in Slatiňany (according to databases Waltjen [13, 14] ICE [5] and Envimat [4])



Obr. 4 Materiály použité v celé soustavě – rozložení hmotnosti a zabudované energie solární soustavy s dlouhodobou akumulací tepla ve Slatiňanech (podle databází Waltjen [13, 14], ICE [5] a Envimat [4])

Fig. 4 Materials used in the entire system - distribution of weight and embodied energy of the solar system with a long-term heat accumulation in Slatiňany (according to databases Waltjen [13, 14] ICE [5] and Envimat [4])

Tab. 3 Porovnání zabudované energie v solárních soustavách

Tab. 3 Comparison of embodied energy in solar systems

Databáze zabudované energie:		Waltjen	ICE	Envimat
RD Tuchlovice				
Zabudovaná energie v solární soustavě	[GJ]	15,5	15,0	12,5
Zabudovaná energie v solární soustavě	[kWh]	4307	4173	3477
Zabudovaná energie vztahovaná k ploše kolektorů	[kWh/m²]	1419	1375	1145
Solární soustava Slatiňany				
Zabudovaná energie v solární soustavě	[GJ]	2283	2330	2089
Zabudovaná energie v solární soustavě	[kWh]	634062	647282	580192
Zabudovaná energie vztahovaná k ploše kolektorů	[kWh/m²]	4290	4379	3926

Tab. 4 Vyhodnocení solárních zisků soustavy ve Slatiňanech v letech 2001, 2003 a 2010; vstupní údaje vycházejí z publikace [6]

Tab. 4 Evaluation of the solar gains of the Slatiňany system in the years 2001, 2003 and 2010; input data is based on publication [6]

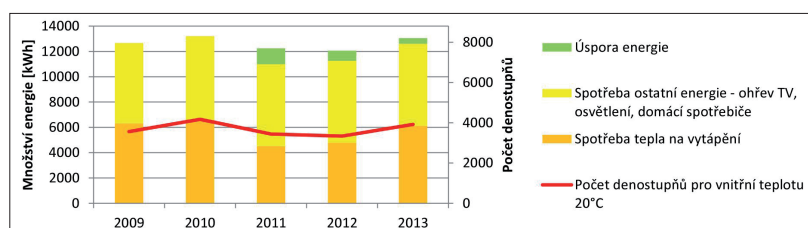
Solární soustava Slatiňany		2001	2003	2010
Spotřeba tepla na vytápění	[kWh/rok]	41475	43120	42513
Stupeň solárního pokrytí vytápění	[%]	63	65	65
Solární energie využitá na vytápění	[kWh/rok]	26212	27812	27421
Solární energie využité na vytápění – průměr	[kWh/rok]	27148		
Spotřeba tepla na přípravu teplé vody – odhad	[kWh/rok]	21100		
Stupeň solárního pokrytí přípravy teplé vody	[%]	21		
Solární energie využité na přípravu teplé vody	[kWh/rok]	4431		
Celkem solární energie využité na TV + vytápění	[kWh/rok]	31579		
Solární energie vztahovaná k ploše apertury	[kWh/m²rok]	214		

Tab. 5 Vyhodnocení solárních zisků soustavy v Tuchlovicích v letech 2009 až 2012

Tab. 5 Evaluation of the solar gains of the Tuchlovice system in the years 2009 to 2012

RD Tuchlovice		2009	2010	2011	2012	Průměr
Roční spotřeba elektřiny v objektu	[kWh/rok]	12661	13200	10991	11255	
Počet denostupňů pro teplotu 20°		3564	4173	3439	3335	
Vyhodnocení podle roku 2009 – přepočtená spotřeba tepla na vytápění podle denostupňů						
Vytápění – přepočítaná spotřeba	[kWh/rok]	6331		6109	5923	
Přepočítaná spotřeba celkem	[kWh/rok]	12661		12439	12254	
Úspora elektrické energie po instalaci solárního systému	[kWh/rok]			1448	999	1224
Vyhodnocení podle roku 2010 – přepočtená spotřeba tepla na vytápění podle denostupňů						
Vytápění – přepočítaná spotřeba	[kWh/rok]		6600	5439	5274	
Přepočítaná spotřeba celkem	[kWh/rok]		13200	12039	11874	
Úspora elektrické energie po instalaci solárního systému	[kWh/rok]			1048	619	834
Průměrná úspora elektrické energie vyhodnocená podle roků 2009 a 2010	[kWh/rok]			1248	809	1029
Úspora vztahovaná k ploše apertury	[kWh/m²rok]			411	266	339

Pozn.: Klimatologické údaje převzaty z [7, 8]



Vyhodnocení solárních zisků

Pro celkové hodnocení solárních soustav je třeba určit jejich solární zisky. Je nutné zabývat se nejen účinností soustavy, ale také skutečným využitím energie v objektu a pomocnými energiemi na provoz oběhových čerpadel.

Skutečné solární zisky soustavy ve Slatiňanech byly vyhodnoceny na základě dlouhodobých měření uvedených v článku [6]. Vzhledem k problémům při měření a provozu v některých letech byly pro výpočet použity pouze informace o letech 2001, 2003 a 2010, jak je vidět v tab. 4.

U soustavy v Tuchlovicích byla k dispozici celková měření spotřeb elektrické energie v objektu před a po instalaci solárního systému. Tento dům je připojen pouze na elektřinu, která je využívána na vytápění, na přípravu teplé vody, na osvětlení i pro domácí spotřebiče. V roce 2009 a 2010 na objektu solární systém ještě nebyl instalován, od roku 2011 pak slouží k přípravě teplé vody a přitápění. V tab. 5 a na obr. 5 je vidět přepočtená spotřeba tepla na vytápění na padesátiletý normál pomocí denostupňů, pro předpokládanou průměrnou vnitřní teplotu v objektu 20 °C. Z těchto hodnot pak vychází výsledná úspora elektrické energie v objektu po instalaci solárního systému.

V případech obou soustav jsou skutečné solární zisky vyhodnoceny pouze orientačně. Přesnější výsledky by bylo možné získat za předpokladu podrobného monitorování systémů a dílčího měření všech spotřeb v průběhu několika let.

Pro doplnění byly provedeny také teoretické výpočty solárních zisků, jak je vidět v tab. 6. Soustava pro RD v Tuchlovicích byla hodnocena podle TNI 730302:2014 pomocí výpočtového nástroje BalanceSS [9] a soustava s dlouhodobou akumulací tepla byla hodnocena pomocí kalkulačního nástroje NESTS, který byl popsán v dizertační práci [12].

NÁVRATNOST ZABUDOVANÉ ENERGIE

Doba návratnosti zabudované energie se určí jako podíl mezi energií nutnou na výrobu soustavy včetně všech jejích prvků a solárních zisků ze systému za rok, ve kterých je započítáno skutečné využití energie v objektu a pomocná energie v průběhu roku.

Při vyhodnocení můžeme postupovat dvěma způsoby. Pokud

budeme hodnotit obecnou situaci, za jak dlouho systém vyrobí takové množství energie, které bude rovno množství energie zabudované v soustavě, bude se jednat o tzv. „prostou návratnost zabudované energie“ (podobně

Obr. 5 Spotřeba energie v rodinném domě Tuchlovice

Fig. 5 Energy consumption in the family house Tuchlovice

postupovali také autoři publikace [1]). V tomto hodnocení není zahrnut vliv nahrazovaného zdroje tepla, který ohřívá teplou vodu v době, kdy není k dispozici dostatek energie ze solárního systému. Vliv nahrazovaného zdroje tepla je v tomto případě zanedbán, podobně jako některé jiné vlivy v hodnocení zabudované energie, které je problematické určit. Jak bylo již dříve uvedeno, např. přesný vliv dopravy a výroby v továrně může představovat 5 až 10 % energie navíc [2].

Druhou možností je zohlednit také zdroj tepla a vyhodnotit potenciální úsporu energetických zdrojů. Pak půjde o „návrstnost s uvažováním nahrazovaného zdroje tepla“. Zdroje tepla se liší množstvím primární energie, které potřebují na výrobu tepla. Při hodnocení byly uvažovány faktory primární energie pro pomocnou energii a elektrokotel: 3,0 kWh/kWh, pro plynový kotel 1,1 kWh/kWh a pro tepelné čerpadlo 0,8 kWh/kWh (hodnota odpovídá doplňkovému zdroji tepla ve Slatiňanech). Výsledky hodnocení návratnosti energie obou soustav jsou vidět v tab. 6.

Je vidět, že návratnost energie těchto dvou typů soustav se velmi liší. Prostá doba návratnosti soustavy pro RD se pohybuje mezi **2 až 4 roky**, u soustavy s dlouhodobou akumulací je to **15 až 20 let**.

Budeme-li se zabývat vlivem nahrazovaného zdroje tepla, pak je pro objektivní srovnání možné použít plynový kotel. V tom případě bude skutečný přínos soustav pro životní prostředí podobný jako u vyhodnocení prosté návratnosti. Kromě faktoru primární energie pro plynový kotel se ve výpočtu projeví také faktor pro pomocnou elektrickou energii.

Ve skutečnosti je doplňkový zdroj tepla ve Slatiňanech tepelné čerpadlo a v RD Tuchlovice elektrokotel. Při tomto porovnání se rozdíly mezi soustavami ještě prohloubí. Návratnost soustavy s dlouhodobou akumulací tepla **20 až 28 let** je mnohonásobně delší než v případě soustavy pro RD, která je **0,7 až 1,4 let**.

ZÁVĚR

V článku bylo ukázáno, jak rozdílné může být vyhodnocení zabudované energie skutečných solárních systémů, pokud se budeme zabývat dvěma extrémními případy: soustavou s dlouhodobou akumulací tepla a soustavou pro rodinný dům. Výsledky ukazují velké rozdíly mezi soustavami již při hodnocení množství zabudované energie v jednotlivých částech soustavy: u rodinného domu jsou nejvýznamnějším prvkem kolektory s nosnými konstrukcemi (představují přes 50 % zabudované energie), soustava s dlouhodobou akumulací je tvořena zejména akumulací nádrží (přes 70 % zabudované energie). Z hlediska zastoupení

Tab. 6 Vyhodnocení návratnosti zabudované energie solárních soustav

Tab. 6 Assessment of the return of energy embodied in solar systems

	Využitá solární energie [kWh/rok]	Databáze zabudované energie:		
		Waltjen	ICE	Envimat
		Doba návratnosti [počet let]		
Prostá návratnost zabudované energie				
RD Tuchlovice – vyhodnocení dle skutečné spotřeby	1029	4,2	4,1	3,4
RD Tuchlovice – teoretický výpočet	1570	2,7	2,7	2,2
Slatiňany – vyhodnocení dle skutečné spotřeby	31579	20,1	20,5	18,4
Slatiňany – teoretický výpočet	40076	15,8	16,2	14,5
Návratnost s uvažováním nahrazovaného zdroje tepla: PLYNOVÝ KOTEL				
RD Tuchlovice – vyhodnocení dle skutečné spotřeby	1008	4,3	4,1	3,4
RD Tuchlovice – teoretický výpočet	1604	2,7	2,6	2,2
Slatiňany – vyhodnocení dle skutečné spotřeby	32457	19,5	19,9	17,9
Slatiňany – teoretický výpočet	41804	15,2	15,5	13,9
Návratnost s uvažováním nahrazovaného zdroje tepla: ELEKTROKOTEL				
RD Tuchlovice – vyhodnocení dle skutečné spotřeby	3086	1,4	1,4	1,1
RD Tuchlovice – teoretický výpočet	4710	0,9	0,9	0,7
Návratnost s uvažováním nahrazovaného zdroje tepla: TEPELNÉ ČERPADLO				
Slatiňany – vyhodnocení dle skutečné spotřeby	22624	28,0	28,6	25,6
Slatiňany – teoretický výpočet	29421	21,6	22,0	19,7

jednotlivých materiálů jsou výsledky u obou soustav obdobné: nejvýznamnější jsou kovy (hliník, měď, ocel, nerezová ocel), které jsou zodpovědné za 70 % zabudované energie v soustavách.

Celkově soustava s dlouhodobou akumulací tepla ve Slatiňanech obsahuje značné množství zabudované energie: **2000 GJ až 2300 GJ**. Oproti tomu je soustava pro RD v Tuchlovicích zodpovědná pouze za **12 až 16 GJ**. Při porovnání množství kolektorů v soustavě zjistíme, že soustava ve Slatiňanech má více než trojnásobné množství zabudované energie vztážené k ploše kolektorů (cca 4200 kWh/m²) než soustava v Tuchlovicích (1300 kWh/m²).

Vyhodnocením solárních zisků soustav dojdeme k energetické návratnosti soustavy na rodinném domě **1 až 4 roky** (podle způsobu hodnocení), soustava s dlouhodobou akumulací má návratnost několiknásobně delší: **14 až 28 let**.

Na příkladu dlouhodobé akumulace ve Slatiňanech je vidět, že ne vždy je solární soustava obnovitelným zdrojem s rychlou návratností a při dimenzování takovýchto druhů soustav je třeba zvažovat i životnost soustavy a podmínky využití energie v průběhu příštích deseti nebo dvaceti let. Vzhledem k tomu, že tento systém je v provozu již skoro 20 let, dá se předpokládat, že energie vložená do výroby se již v příštích letech vrátí. Proto je možné i o této soustavě mluvit jako o obnovitelném zdroji tepla.

Kontakt na autora: petra.tvrda@cvut.cz

Poděkování: Tento článek vznikl za finanční podpory MŠMT v rámci programu NPU I č. LO1605.

Použité zdroje:

- [1] ALLEN, S.R., HAMMOND, G.P., HARA JLI, H.A., MCMANUS, M.C., WINNETT, A.B. Integrated appraisal of a Solar Hot Water system. *Energy*. 2010, vol. 35, issue 3, s. 1351–1362. DOI: 10.1016/j.energy.2009.11.018 [online]. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360544209005076>
- [2] ARDENTE, F., BECCALI, G., CELLURA, M., LO BRANO, V. Life cycle assessment of a solar thermal collector. *Renewable Energy*. 2005, vol. 30, issue 7, s. 1031–1054. DOI: 10.1016/j.renene.2004.09.009 [online]. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960148104003714>
- [3] ECOINVENT. The life cycle inventory data. Swiss Center for Life Cycle Inventories [online]. Dostupné z: <http://www.ecoinvent.ch/>
- [4] ENVIMAT: První český katalog stavebních produktů a dopadů jejich výroby na životní prostředí. [cit. 2014-06-21]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/>
- [5] HAMMOND, G., JONES, C. *Inventory of carbon and energy (ICE)* [online]. UK: Sustainable Energy Research Team, Department of Mechanical Engineering, University of Bath, 2008 [cit. 2014-06-21].
- [6] KNY, M., URBAN, M. Analýza provozu sezónní akumulace v podmínkách České republiky. *Topenářství, instalace: Časopis pro vytápění, instalace, vzduchotechniku a ekologii*. Praha: Technické vydavatelství Praha, s.r.o., 2004, č. 7, s. 46–51. ISSN 1211-0906.
- [7] Klimatologické údaje. In: *MPO-EFEKT.cz* [online]. Praha: STÚ-E s.r.o., 2013 [cit. 2014-06-21]. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/48550>
- [8] Klimatologické údaje 2009. In: *MPO-EFEKT.cz* [online]. Praha: ARCADIS Project Management, s.r.o., 2009 [cit. 2014-06-21]. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/21299>
- [9] MATUŠKA, T., ŠOUREK, B. *Program BilanceSS_2015v2*.
- [10] RYCHTAŘÍK, M. *Projekt solárního systému ve Slatiňanech*. 1995.
- [11] TVRDÁ, P., FROLÍK, S. Množství zabudované energie v solárním systému s dlouhodobou akumulací tepla. In *Vykurovanie 2013*. Bratislava: Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia ZSVTS, 2013, s. 269–272. ISBN 978-80-89216-53-6.
- [12] TVRDÁ, P. *Návratnost energie solárních termických systémů*, Praha: ČVUT, 2014.
- [13] WALTJEN, T., MÖTZL, H. *Ökologischer Bauteilkatalog: bewertete gängige Konstruktionen*. Wien [u.a.]: Springer, 1999. ISBN 9783211833704.
- [14] WALTJEN, T. *Passivhaus-Bauteilkatalog: Ökologisch bewertete Konstruktionen = Details for passive houses: a catalogue of ecologically rated constructions. 3rd revised ed.* Wien: Springer Verlag Wien, 2009. ISBN 978-3-21-1994-96-2. ■

Evropská komise navrhuje nové energetické štítky

Aby nedocházelo ke klamání spotřebitele, navrhla Evropská komise přepracování energetických štítků na jednotnou stupnici „A až G“ včetně nového přepočtu stávajícího štítku. Nový štítek má zaručit, že spotřebitel získá přesnější obraz o energetické účinnosti výrobku a může dojít k lépe podloženému rozhodnutí o koupi.

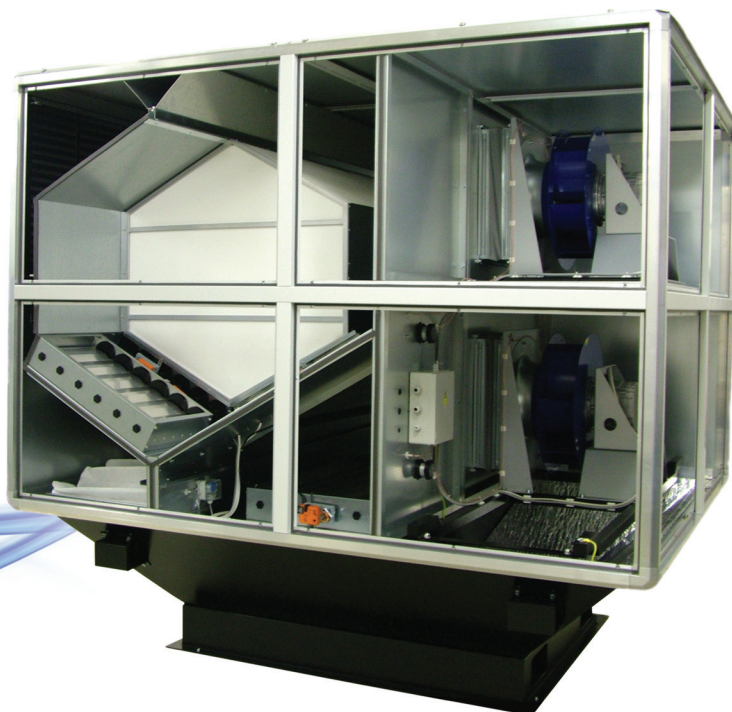
Odhaduje se, že 10 až 25 % zboží toho času se nacházejícího na trhu nesplňuje požadavky udávané štítkem a cca 10 % zboží nemůže požadovaných energetických úspor dosáhnout. Časová náročnost pořizování dat pro výrobovou databázi se musí snížit o 10 až 15 % pro jejich aktualizaci a databáze musí být přístupná jak obchodníkovi, tak spotřebiteli. Současně musí být elektronický energetický štítek k dispozici pro stažení.

Pramen: CCI 09/2015, s. 1

(AB)



BETA 9/7



- Obousměrná větrací jednotka s nastavitelným vzduchovým výkonem do 7500 m³h⁻¹
- Volná oběžná kola s EC motory s proměnlivými otáčkami
- Protiproudý deskový rekuperační výměník s účinností rekuperace až 75%
- Pro zvýšení komfortu možnost vybavení kondenzačním plynovým teplovodním kotlem
- Automatické řízení a regulace jednotek s možností připojení k síti Ethernet
- Distribuce vzduchu dálkově ovládanou tryskovou vyústkou