

Energetické hodnocení solárních soustav ve vztahu k programu Zelená úsporám (C.3)

Tomáš Matuška

Anotace

Článek je komentářem k postupu hodnocení solárních tepelných soustav podle TNI 73 0302 – Energetické hodnocení solárních tepelných soustav – Zjednodušený výpočet [1] a zároveň upozorněním na některé sporné požadavky programu Zelená úsporám v části C.3.

Úvod

Zjednodušený výpočtový postup energetického hodnocení solárních soustav (TNI 73 0302) původně vznikl jako reakce na nereálné hodnocení energetických přínosů solárních soustav v naprosté většině auditů, se kterými jsem se za poslední roky setkal. Nejčastější chybou bylo nezapočtení tepelných ztrát vlastní soustavy, použití nereálných provozních podmínek a zahrnutí letních nevyužitelných přebytků tepelné energie ze solární soustavy. V takových auditech se lze setkat s hodnotami měrných tepelných zisků solárních soustav **vyššími než 600 kWh/(m².rok)** pro přípravu teplé vody při pokrytí potřeby tepla nad 60 %, přestože z dlouhodobých měření tuzemských solárních soustav pro přípravu teplé vody vyplývají hodnoty měrných zisků v **průměru okolo 400 kWh/(m².rok)**, u rodinných domů je to běžně od 250 do 350 kWh/(m².rok).

Snahou bylo vypracovat výpočtový postup zohledňující specifika dané solární soustavy: orientace a sklon kolektorů, tepelné ztráty v dané aplikaci, tepelné ztráty solární soustavy, využitelnost tepelných zisků z kolektorů, atd. Na druhé straně byl kladen důraz na jednoduchost výpočtu: jednotné klimatické údaje, měsíční bilance, konstantní střední teplota v kolektoru během roku, paušální přírážky na tepelné ztráty dané aplikace, paušální srážky ze zisků kolektorů vlivem tepelných ztrát soustavy, atd. Zjednodušený výpočtový postup nemůže nahradit detailní výpočty a simulační výpočty, avšak je přístupný pro širokou odbornou veřejnost (výpočet lze v podstatě provést na kalkulačce) a do určité míry umožňuje bilancovat běžně dimenzované solární soustavy v uvedených aplikacích.

Program Zelená úsporám v oblasti C.3 (dále jen ZU) se odkazuje na výpočtový postup pro stanovení potřeby tepla pro přípravu teplé vody, teoretických zisků solárních kolektorů (základní kritérium podpory) a úspory tepla solární soustavou (skutečně využitelné zisky soustavy). Výpočtový postup je zveřejněn webových stránkách ZU jako program v Excelu (4671-BILANCE_SS_SFZP_ZU.xls) a odkazuje se na uvedenou TNI 73 0302. **ZU však v řadě aspektů výpočtu postup podle TNI 73 0302 nerespektuje.**

Postup výpočtu podle TNI 73 0302

Podstatou zjednodušené bilanční metody je stanovení skutečně využitých zisků solární soustavy $Q_{ss,u}$ na základě porovnání teoreticky využitelných tepelných zisků solárních kolektorů $Q_{k,u}$ a celkové potřeby tepla $Q_{p,c}$, která má být kryta. Celý výpočet lze v podstatě zapsat pro každý měsíc jako

$$Q_{ss,u} = \min(Q_{k,u}; Q_{p,c}) \quad (1)$$

Teoreticky využitelné zisky solární soustavy se v jednotlivých měsících stanoví jako

$$Q_{k,u} = 0,9 \cdot \left[\eta_0 - a_1 \cdot \frac{t_{k,m} - t_{e,s}}{G_{T,m}} - a_2 \cdot \frac{(t_{k,m} - t_{e,s})^2}{G_{T,m}} \right] \cdot H_{T,den} \cdot n \cdot A_k \cdot (1 - \rho) \quad (2)$$

kde

η_0 , a_1 a a_2 jsou konstanty křivky účinnosti solárního kolektoru;
 $t_{k,m}$ střední denní teplota teplotonosné kapaliny v solárním kolektoru, ve °C;

$t_{e,s}$	střední venkovní teplota v době slunečního svitu, ve °C;
$G_{T,m}$	střední denní sluneční ozáření pro daný sklon a orientaci, ve W/m^2 ;
$H_{T,den}$	skutečná denní dávka slunečního ozáření, v $kWh/(m^2den)$;
n	počet dní v měsíci;
A_k	plocha apertury solárních kolektorů, v m^2 ;
p	hodnota srážky z tepelných zisků solárních kolektorů vlivem tepelných ztrát solární soustavy (rozvody, solární zásobník)

Bilanční metoda je fyzikálně zřetelným postupem energetického hodnocení solárních soustav, která zohledňuje:

- 1) **klimatické podmínky:** střední teplota v době slunečního svitu $t_{e,s}$, měsíční dávku slunečního ozáření $H_{T,den}$ a střední sluneční ozáření $G_{T,m}$ uvažované plochy solárních kolektorů pro podmínky jasné oblohy (v době provozu solárních kolektorů) podle sklonu a orientace plochy kolektorů;
- 2) **typ solárního kolektoru:** konstanty křivky účinnosti η_0 , a_1 a a_2 a plocha apertury kolektoru A_k , ke které je křivka účinnosti vztažena;
- 3) **sklon a orientace kolektoru;**
- 4) **provozní podmínky:** střední teplota teplotnosné kapaliny v solárních kolektorech $t_{k,m}$;
- 5) **tepelné ztráty** solární soustavy, resp. jejich podíl z teoretických „čistých“ zisků solárních kolektorů Q_k ;
- 6) **potřebu tepla** v dané aplikaci a její vliv na využitelnost tepelných zisků solární soustavy

Komentář k jednotlivým bodům:

ad 1) TNI používá **jednotné klimatické údaje** (typická lokalita město), aby hodnocení solární soustavy bylo jednotné a snadno ověřitelné. Snahou výpočtového postupu není přiblížit se co nejbližší skutečnosti v daném místě (nelze zjednodušenými metodami), ale věrohodně posoudit vhodnost návrhu plochy a typu solárních kolektorů z hlediska využitelnosti jejich zisků.

ad 2) TNI 73 0302 připouští pro výpočet použití křivky **účinnosti vztažené k ploše apertury** solárního kolektoru v souladu s ČSN EN 12975-2 [2]. Plocha apertury je jednoduše změřitelná bez rozebrání solárního kolektoru a je evropskými zkušebními ústavem používána v naprosté většině případů jako referenční plocha solárních kolektorů.

Výpočetní postup ZU používá plochu absorberu solárních kolektorů a je tedy nutné používat křivku účinnosti vztaženou k ploše absorberu, pokud je k dispozici od výrobce. Pokud není, lze křivku účinnosti, resp. její konstanty přepočítat postupem uvedeným v ČSN EN 12975-2. **Bohužel v listech výrobků solárních kolektorů ze seznamu SVT stále nelze nalézt základní relevantní technické informace o solárních kolektorech [3], zvláště ne ty parametry, které jsou k výpočtu nezbytné (konstanty křivky účinnosti a_1 , a_2).**

Výpočtový postup **neuvažuje křivku modifikátoru úhlu dopadu (IAM)** konkrétního kolektoru, která stanovuje vliv úhlu dopadu slunečního záření na vlastní účinnost solárního kolektoru. Má to dva důvody: a) zkušenost ukazuje, že dodavatelé solárních kolektorů křivku IAM nemají k dispozici (změřenou), případně projektanti a auditoři ani nevědí co to je; b) jedním z cílů výpočtové metody byla snaha o zjednodušení množství potřebných vstupních údajů. Tato skutečnost znevýhodňuje **kvalitní** trubkové vakuové solární kolektory **s válcovým absorberem**. Na druhé straně nelze paušálně stanovit, že všechny trubkové kolektory budou mít ve výpočtu zvýšeny zisky např. o 20 % vlivem svých optických vlastností, protože u řady z nich to jednoduše neplatí. Přínos optických vlastností trubkových

kolektorů je velmi závislý na konkrétní geometrii jak vakuových trubek (rozteč), tak reflektoru (tvar, vzdálenost od trubek). Některé trubkové vakuové kolektory jsou svými optickými vlastnostmi i horší než kolektory ploché [4]. Obecně je proto vliv úhlu dopadu (spolu s jinými vlivy) na účinnost zahrnut v jednotném korekčním součiniteli **0,9** v rovnici (2), který snižuje zisky vypočtené z křivky účinnosti kolektoru získané za laboratorních podmínek zkoušky [2]. Dovedu si však představit, že v některé příští novelizaci postupu bude uvedeno podrobnější rozlišení typů solárních kolektorů podle geometrie na 5 skupin, podle kterých bude odlišně zohledněn vliv různých optických vlastností.

ad 3) TNI umožňuje hodnotit solární soustavy s kolektory **o sklonu 0 až 90° a orientaci ±45°** od jihu. Pro vyšší azimuty již zjednodušený výpočet zisků není platný, neboť vliv středního měsíčního úhlu dopadu na účinnost kolektoru je mnohem vyšší než zohledňuje korekční činitel **0,9** (viz komentář k bodu 2).

ad 4) TNI **zohledňuje typ aplikace a dimenzování** solární soustavy, které určují provozní podmínky. Obecně platí, že čím vyšší solární pokrytí, tím vyšší přebytky nevyužitelné energie v letním období a tím vyšší průměrná teplota v kolektorech během roku. Průměrná provozní teplota (roční, měsíční) v solární soustavě je ovlivňována řadou faktorů (velikost zásobníku, dimenzování výkonu kolektorů vůči odběru tepla a velikosti zásobníku, úroveň tepelné izolace) a je velmi obtížné jednoduchým způsobem zohlednit různé případy a kombinace. Výpočet nedokáže zohlednit extrémní předdimenzování plochy solárních kolektorů. TNI zavádí provozní teplotu jako paušální hodnotu v závislosti na typu a pokrytí solární soustavy a pro jednoduchost výpočtu **nezohledňuje změnu provozní teploty** během roku (v zimě nižší hodnoty, v létě vyšší). Zohlednění změny by bylo možné stanovením další hodnoty a to minimální provozní teploty (např. 20 °C) a mezi nimi interpolovat sinusový roční průběh.

ad 5) Tepelné ztráty solární soustavy (rozvodů, solárního zásobníku) **snížují využitelné zisky** solární soustavy. Zatímco u malých soustav, např. pro rodinné domy jsou tepelné ztráty značné v porovnání s energií produkovanou kolektory (až 40 % i u dobře zaizolovaných soustav), u velkoplošných solárních soustav se poměr tepelných ztrát vůči teoreticky využitelným ziskům kolektorů výrazně zmenšuje (< 5 %). Nicméně, **relativní rozdíl** mezi tepelnými ztrátami soustavy s velmi dobrým izolačním standardem (např. 20 mm izolace na potrubí 22x1) a špatným izolačním standardem (např. 10 mm izolace na potrubí 22x1) **je pouze do 20 %**, proto jsou použity paušální hodnoty srážky ze zisků vlivem tepelných ztrát bez ohledu na konkrétní podmínky zaizolování potrubí a zásobníku.

ad 6) TNI uvádí postup, jak stanovit potřebu tepla pro přípravu teplé vody a vytápění, včetně zjednodušeného výpočtu souvisejících tepelných ztrát, které je možné solárními zisky pokrýt. V případě přípravy teplé vody TNI vychází z reálných hodnot spotřeb podle [4, 5] potvrzených měření na řadě instalací v ČR. V běžných aplikacích přípravy teplé vody **nelze použít** hodnoty spotřeby teplé vody z normy **ČSN 06 0320** [6]. Návrhové hodnoty uvedené v normě, např. 82 l/(os·den) pro obytné budovy, jsou určeny pro návrh zdroje tepla a objemu zásobníku teplé vody pro bezpečné zajištění přípravy teplé vody v daném objektu a jsou ze své podstaty výrazně vyšší než průměrné dosahované (cca dvojnásobné). V případě výpočtu potřeby tepla na vytápění při bilancování kombinovaných solárních soustav metodika doporučuje využít výpočtu provedeného v souladu s ČSN EN ISO 13790, pokud je k dispozici. Pokud k dispozici není, TNI umožňuje s ohledem na časovou náročnost výpočtu a požadavky na detailní vstupní údaje použít zjednodušenou **denostupňovou metodu** pro přibližné stanovení potřeby tepla na vytápění v určitém období (měsíc). Pracnost výpočtu

podle ČSN EN ISO 13790 je neúměrná vlivu přesnosti stanovení potřeby na výsledky bilance využitelných tepelných zisků solární kombinované soustavy.

ZU požaduje při bilancování solárních kombinovaných soustav **výpočet potřeby tepla na vytápění v souladu s ČSN EN ISO 13790**, ačkoli **není podle TNI nutný**. Navíc ve výpočetním programu (4671-BILANCE_SS_SFZP_ZU.xls) pro bilancování solárních soustav, kterým se řídí doložení zisků (oficiální postup ZU), nelze měsíční hodnoty potřeby tepla z výpočtu podle ČSN EN ISO 13790 zadat. Naopak, jediný možný výpočet ve zmíněném výpočetním programu je denostupňová metoda. **Požadavky ZU tak představují pro posuzovatele opravdový „oříšek“: požaduje se výpočet potřeby tepla podle ČSN EN ISO 13790, jejíž výsledky nelze použít v požadovaném výpočetním programu pro bilancování a doložení zisků. Pokud by se posuzovatel měl striktně držet požadavků ZU, nemohl by solární kombinované soustavy v souladu s předpisy ZU jakkoli zhodnotit.** Navíc ani stanovená hodnota potřeby tepla nemá vliv na hodnocené kritérium, jímž je teoreticky využitelný zisk z kolektoru, nikoli tepelný zisk soustavy využitý pro přípravu teplé vody a vytápění.

Výsledky výpočtu podle TNI jsou **celkové roční využitelné (skutečně využitě) zisky solární soustavy** $Q_{ss,u}$, solární podíl f a měrné tepelné zisky solární soustavy $q_{ss,u}$.

Zelená úsporám požaduje rozpočet úspory tepla (skutečně využitých zisků) solární kombinovanou soustavou zvlášť na krytí potřeby tepla pro přípravu teplé vody a pro vytápění. **TNI rozpočet krytí potřeby tepla na jednotlivé složky neřeší, neboť ve zjednodušené měsíční bilanci to jednoduše není možné.** U solárních kombinovaných soustav, které navíc zpravidla využívají jednu akumulaci nádobu s průtočnou přípravou TV nebo s plovoucím zásobníkem TV nelze určit jaká část tepla dodaného ze solární soustavy se využije pro tu kterou spotřebu. Ve zmíněném výpočetním programu ZU se při rozdělení pokrytí potřeby tepla zisky (úspory tepla) na přípravu TV a vytápění uvažuje prioritně pokrytí přípravy TV a teprve zbylá část zisků „pokrývá“ vytápění. Takový výpočet vůbec nerespektuje využití zisků u solárních kombinovaných soustav, neboť v případě ekonomického dimenzování plochy kolektorů bez výrazných letních přebytků by pokrytí vytápění solárními zisky bylo nulové, přestože solární zisky ohřívají v kombinovaných soustavách primárně otopnou vodu. Reálnější rozdělení by mohlo vycházet z poměru obou potřeb tepla (příprava TV, vytápění), přesto však takové dělení nedělitelného nemá význam.

Hodnocení solárních soustav a kritéria programu Zelená úsporám

Kromě splnění požadavků EN 12975 jsou v Evropě v oblasti poskytování dotací do solární tepelné techniky, pokud jsou poskytovány, sledována dvě výkonnostní kritéria:

- výrobové - **čisté měrné solární zisky kolektorů za jasně definovaných provozních podmínek** jako parametr výrobku (kolektoru) bez ohledu na konečnou aplikaci a použití kolektorů.
- instalační – **skutečně využitě měrné zisky solární soustavy**, reflektující kvalitu návrhu a realizace instalace solární soustavy (vypočtené nebo změřené).

Výrobové kritérium se používá jako podmínka dotace v Německu nebo Slovensku v souladu se směrnicí RAL-UZ 73 (Modrý anděl) [7], podle které se pokročilým simulačním výpočtem hodnotí čisté zisky solárních kolektorů v jasně definované aplikaci přehřevu teplé vody (nikoli reálné s reálným dimenzováním). Ve Švédsku se pro dotaci dokládá výpočet zkušební SP hodnotící čisté zisky solárního kolektoru v celoročním provozu při třech různých konstantních provozních teplotách (25 °C, 50 °C a 75 °C) a konkrétních klimatických

podmínkách. Každopádně však platí, že měrný tepelný zisk není parametrem solárního kolektoru, pokud nejsou jasně definované okrajové referenční podmínky. I tak má stanovený tepelný zisk kolektorů nízkou vypovídající hodnotu, neboť v reálných podmínkách provozu solární soustavy může hodnocený kolektor vykazovat tepelné zisky zcela odlišné.

Instalační kritérium využívají některé regionální německé a rakouské dotační programy, které udělují podporu instalacím dosahujícím minimální hodnoty 350 kWh/(m².rok) jako skutečně využitých zisků pro přípravu teplé vody. Stejná hodnota se u solárních soustav pro přípravu teplé vody objevuje jako minimální standard ve smlouvách o garanci ročních energetických přínosů.

Kritériem pro poskytnutí dotace v rámci ZU jsou teoreticky využitelné zisky solárních kolektorů (100% využití), ovšem se zahrnutím tepelných ztrát solární soustavy. Je to trochu nepochopitelné, neboť takto nejde ani o výrokové kritérium (snaha o podporu účinných solárních kolektorů bez ohledu na aplikaci) ani o instalační kritérium (snaha o podporu účinných instalací). **Podpora je udělována na základě kritéria, které samo o sobě nemá valnou vypovídající hodnotu.** Podle podmínek ZU se měrné teoreticky využitelné zisky kolektorů porovnávají s hodnotou 350 kWh/(m².rok) jako jedno z kritérií dotace. Tato hodnota se však v zahraničních programech či smlouvách o garanci solárních zisků objevuje jako hodnota požadovaného reálného přínosu solární soustavy (změřená), nikoli jako fiktivní teoretická hodnota.

Zároveň v oblasti C.3 programu ZU chybí konkrétní výrokové kritérium na solární kolektory (např. minimální účinnost kolektoru při definovaných podmínkách), obdobně minimálnímu topnému faktoru tepelných čerpadel nebo maximálním emisím kotlů na biomasu v oblasti C.1 a C.2. To je však otázka celkové koncepce programu ZU.

Závěr

Metodika bilancování solárních soustav podle TNI 73 0302 je zjednodušeným postupem výpočtu a proto má řadu nevýhod. Nedokáže zohlednit skutečné chování solární soustavy za všech podmínek návrhu a provozu, nicméně pro běžně dimenzované solární soustavy umožňuje přibližně stanovit energetické přínosy. Podrobně bilancovat solární soustavy umožňuje řada simulačních programů (TRNSYS, Polysun, T-sol, aj.), z nichž řadu již projektanti a dodavatelské společnosti v ČR používají nejen pro hodnocení solárních soustav, ale i pro jejich návrh.

Hodnocení solárních soustav pro udělení dotace v rámci programu Zelená úsporám se na TNI 73 0302 odkazuje, avšak dodatečnými podmínkami, odporujícími textu TNI vlastně neumožňuje solární soustavy podle ní snadno vyhodnotit. Nabízejí se dva způsoby jak popsaný problém vyřešit: a) **neodkazovat se v rámci ZU na TNI 73 0302** a nabídnout vlastní výpočet fiktivních hodnot zisků srovnávaných s kritériem; b) **plně se odkázat na TNI 73 0302** bez dodatečných deformací výpočtového postupu. Nicméně, to by znamenalo vzít v úvahu realitu v oblasti energetických přínosů solárních soustav **a zásadně přepracovat kritéria programu v oblasti C.3.**

Odkazy

- [1] TNI 730302 Energetické hodnocení solárních tepelných soustav - Zjednodušený výpočtový postup. ÚNMZ 2009.
- [2] ČSN EN 12975-2 Tepelné solární soustavy a součásti – Solární kolektory – Část 2: Zkušební metody, která detailně popisuje zkušební metody a podmínky, za kterých jsou solární kolektory zkoušeny. ČNI 2006.

- [3] Stanovisko Československé společnosti pro sluneční energii k programu Zelená úsporám v oblasti podpory solárních termických soustav, Alternativní energie, roč. 2009, č. 3, str. 5. CEMC 2009.
- [4] Matuška, T.: Sešit projektanta č. 1 – Solární tepelné soustavy, Společnost pro techniku prostředí, Praha 2009, ISBN: 978-80-02-02186-5. 194 stran.
- [5] Richtlinie VDI 2067, Blatt 4 – Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen. Warmwasserversorgung, 1982.
- [6] ČSN 06 0320 Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování. ČNI, 2006.
- [7] Der Blaue Engel, RAL UZ 73 (Solar collectors), dostupné z <http://www.blauer-engel.de>