



## Zjednodušená měsíční bilance solární tepelné soustavy BILANCE 2015/v2

Tomáš Matuška, Bořivoj Šourek

Univerzitní centrum energeticky efektivních budov, České vysoké učení technické, Buštěhrad

### Úvod

Pro návrh a zhodnocení solárních tepelných soustav pro přípravu teplé vody, kombinovaných soustav pro přípravu teplé vody a vytápění a pro ohřev bazénové vody s využitím údajů o měsíční potřebě tepla v daných aplikacích sloužila v posledních letech excelová aplikace BILANCE 5.6 (poslední verze z roku 2012), která aplikovala výpočtový postup v souladu s TNI 73 0302 z roku 2010.

Nová verze výpočtové tabulky obsahově respektuje změny v novele technické normalizační informace TNI 73 0302 z roku 2014 [1]. Jedná se především o výpočet střední teploty v solárních kolektorech a srážky vlivem tepelných ztrát. V předchozí verzi byly tyto hodnoty vybírány jako paušální tabulkové hodnoty, v nové verzi jsou stanoveny výpočtem na základě uvažované plochy solárních kolektorů, potřeby tepla, případně teploty otopné vody. Nová verze výpočtového postupu podle TNI 73 0302 se svými výsledky více blíží výsledkům podrobných počítačových simulací [2].

Z pohledu formálního provedení výpočtového nástroje se jedná o nový koncept. Veškeré informace jsou nyní na jednom listu – stránce formátu A4. To by mělo vést k větší přehlednosti výpočtu, kdy zadání i výsledky jsou na jednom místě. List se dělí na čtyři bloky: základní informace, zadání / výpočet potřeby tepla, specifikace solární soustavy a výsledky výpočtu, včetně grafického znázornění. Všechny šedé buňky slouží jako zadávací pole a hodnoty v nich lze měnit. Ostatní bílé buňky měnit nelze, jsou výsledkem volby nebo výpočtu.

### Potřeba tepla

Zadání potřeby tepla, kterou je možné krýt solární tepelnou soustavou, je možné ve třech základních aplikacích provést pomocným výpočtem nebo zadáním hodnot v jednotlivých měsících. **Mělo by být upřednostněno především zadání hodnot externě vypočtených například v nástrojích pro hodnocení energetické náročnosti budov, neboť pomocné výpočty jsou značně zjednodušené.**

Rozbalovací menu umožňuje zvolit:

Vložit měsíční údaje – lze zadat potřebu tepla v dané aplikaci po jednotlivých měsících, stanovenou externím výpočtem, např. v rámci hodnocení energetické náročnosti budovy

Vypočítat ze zadaných údajů – měsíční potřeby tepla jsou vypočteny z údajů zadaných pod tabulkou měsíčních potřeb, výpočet potřeby tepla proběhne až po stisknutí tlačítka „PŘEPOČET HODNOT“

### Příprava teplé vody

V bloku zadání potřeby tepla na přípravu teplé vody výpočtem se vychází z následujících vstupních údajů:

**Počet osob** – nejčastěji se jedná o osoby, ale mohou to být jakékoli měrné jednotky, ke kterým je známa měrná potřeba teplé vody, např. místa v restauraci, lůžka v nemocnici, sprchy v šatnách apod.



**Potřeba teplé vody** – jedná se o měrnou denní potřebu teplé vody v litrech/den, vztaženou na měrnou jednotku, nejčastěji na osobu; v TNI 73 0302 jsou v tabulce 1 uvedeny směrné hodnoty pro definované teplotní podmínky.

**Teplota studené vody** – teplota studené vody, uvažovaná jako celoročně stálá hodnota; běžné hodnoty se pohybují mezi 5 a 20 °C.

**Teplota teplé vody** – teplota teplé vody, uvažovaná jako celoročně stálá hodnota; z hlediska zadání reálné potřeby tepla na přípravu teplé vody **je nutné, aby zadaná měrná potřeba teplé vody korespondovala s uvedenou teplotou teplé vody** – je zřejmé, že např. 40 l/os.den vody o teplotě 40 °C bude představovat jinou potřebu tepla než stejné množství vody o teplotě 60 °C.

**Letní snížení potřeby** – umožňuje pro dva letní prázdninové měsíce (červenec, srpen) zadat procentní snížení potřeby tepla, v obytném sektoru se běžně pohybuje okolo 20 až 40 %.

**Přirážka na tepelné ztráty** – hodnota se automaticky doplňuje volbou způsobu přípravy teplé vody na základě tabulky 2 z TNI 73 0302 [1].

## Vytápění

**Tepelná ztráta** – výpočtová (návrhová) tepelná ztráta budovy, pro návrhové podmínky definované níže (návrhová vnitřní teplota, návrhová venkovní teplota).

**Návrhová vnitřní teplota** – výpočtová teplota vnitřního vzduchu, pro kterou byla stanovena tepelná ztráta, zároveň je uvažována jako průměrná teplota v otopném období.

**Návrhová venkovní teplota** – výpočtová teplota venkovního vzduchu, pro kterou byla stanovena tepelná ztráta, výpočtové teploty v oblastech ČR se pohybují mezi -12 až -21 °C.

**Teplota přívodní vody** – návrhová teplota přívodní otopné vody do otopné soustavy.

**Přirážka na ztráty** – hodnota zohledňuje míru energetické ztráty rozvodu a prvků sdílení otopné soustavy, tzn. o kolik procent je potřeba dodat více tepla do otopné soustavy pro krytí potřeby tepla na vytápění prostoru; jedná se jednak o tepelné ztráty rozvodů a jednak o ztráty způsobené přetápěním vlivem nedokonalé regulace a setrvačnosti otopných ploch.

**Korekční součinitel** - hodnota se automaticky doplňuje volbou energetického standardu budovy podle údajů v tabulce 3 v TNI 73 0302 [1]; čím je kvalitnější standard budovy, tím je použita denostupňová metoda výpočtu měsíční potřeby tepla méně spolehlivá, přestože díky korekčnímu součiniteli se roční potřeba tepla může přiblížit reálné potřebě.

## Bazén

**Plocha bazénu** – čistá plocha vodní hladiny bazénu.

**Provozní doba** – vymezuje časový úsek, ve kterém trvají teplotní podmínky v režimu **den** pro výpočet potřeby tepla bazénu, teplotní podmínky v režim **noc** jsou v časovém úseku „24 – provozní doba“; u zakryvaného bazénu je po tuto dobu uvažována odkrytá hladina.



**Teplota vody (den)** – teplota bazénové vody v časovém úseku „den“, volí se podle reálného provozu bazénu, typické hodnoty viz tabulka 4 v TNI 73 0302 [1].

**Teplota vzduchu (den)** – teplota vzduchu v časovém úseku „den“, pro vnitřní bazén se volí podle reálného provozu bazénu, typické hodnoty viz tabulka 4 v TNI 73 0302 [1], pro venkovní bazén je teplotou vzduchu střední teplota v době slunečního svitu (předpoklad provozu bazénu ve dne), hodnoty viz tabulka A.2 v TNI 73 0302 [1].

**Teplota vody (noc)** – teplota bazénové vody v časovém úseku „noc“, volí se podle reálného provozu bazénu, typické hodnoty viz tabulka 4 v TNI 73 0302 [1].

**Teplota vzduchu (noc)** – teplota vzduchu v časovém úseku „noc“, pro vnitřní bazén se volí podle reálného provozu bazénu, typické hodnoty viz tabulka 4 v TNI 73 0302 [1], pro venkovní bazén je teplotou vzduchu teplota v noční době, hodnoty viz tabulka A.2 v TNI 73 0302 [1].

**Počet návštěvníků** – měsíční počet návštěvníků bazénu (osob/měsíc), zadává se přímo počet, v TNI 73 0302 je uvedena možnost stanovit měsíční množství návštěvníků z kapacity bazénu podle vztahů (12) a (13).

#### **Specifikace solárního kolektoru a solární soustavy**

**Druh** – druh kolektoru, pouze informativní údaj, nevstupuje nijak do výpočtu.

**Typ** – pouze informativní údaj pro jasnou definici použitého solárního kolektoru.

**Optická účinnost  $\eta_0$**  – účinnost při nulových tepelných ztrátách kolektoru, průsečík s osou účinnosti, zjednodušeně zde nazvána „optická účinnost“, může být zadána hodnota od 0 do 1, viz protokol o zkoušce kolektoru.

**Koeficient ztráty  $a_1$**  – lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru, viz protokol o zkoušce kolektoru.

**Koeficient ztráty  $a_2$**  – kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru, viz protokol o zkoušce kolektoru.

**Vztažná plocha kolektoru** – plocha jednoho solárního kolektoru, **zde musí být zadána plocha, ke které jsou vztaženy koeficienty křivky účinnosti  $\eta_0$ ,  $a_1$  a  $a_2$  (viz protokol o zkoušce kolektoru)**

**Počet kolektorů** – počet instalovaných solárních kolektorů pro danou solární soustavu.

**Plocha kolektorového pole** – celková plocha, vypočítaná hodnota z plochy jednoho kolektoru a počtu kolektorů.

**Plocha apertury kolektoru** – plocha apertury jednoho solárního kolektoru, plocha je použita pro výpočet srovnávacího kritéria solárních soustav – měrných tepelných zisků vztažených k ploše apertury kolektorového pole.

**Sklon kolektorů** – úhel sklonu solárních kolektorů od vodorovné roviny.

**Azimut kolektorů** – úhel odklonu průmětu normály plochy kolektoru do vodorovné roviny od jihu, zjednodušeně orientace solárních kolektorů vzhledem k jižnímu směru.



Roletovým menu se vybírá druh aplikace solární soustavy:

- bazén vnitřní, ohřev bazénové vody;
- bazén venkovní, ohřev bazénové vody;
- příprava teplé vody;
- příprava teplé vody a vytápění.

V případě volby solární soustavy se zadané potřeby tepla ve sloupcích neodpovídajících aplikaci smažou, např. volbou ohřevu bazénové vody se po stisku tlačítka „PŘEPOČET HODNOT“ smažou sloupce potřeby tepla na přípravu teplé vody a vytápění, pokud v nich jsou nějaké údaje.

Z uvedených možností také vyplývá, že nelze bilancovat multifunkční solární soustavu kombinující přípravu teplé vody a ohřev bazénové vody nebo soustavu kombinující přípravu teplé vody vytápění a ohřev bazénové vody.

### Výsledky výpočtu

Výpočet bilance solární tepelné soustavy se provede tlačítkem „PŘEPOČET HODNOT A KONTROLA“.

V tabulce výsledků jsou shrnuty:

- klimatické údaje zásadní pro tepelný zisk kolektorů (střední teplota v době slunečního svitu, střední denní sluneční ozáření, měsíční dávka slunečního ozáření);
- účinnost solárních kolektorů  $\eta_k$ ;
- potřeba tepla  $Q_p$ , která má být kryta solární tepelnou soustavou;
- teoretický zisk solární soustavy  $Q_{ku}$  využitelný pro krytí potřeby tepla;
- skutečně využitý zisk solární soustavy pro krytí potřeby tepla  $Q_{ss,u}$ .

V souhrnných výsledcích jsou uvedeny hlavní tři parametry solární tepelné soustavy:

**Energetický zisk** – celkový využitý tepelný zisk solární soustavy v MWh/rok

**Měrný solární zisk** - celkový využitý tepelný zisk solární soustavy, vztažený k zadané ploše solárních kolektorů v kWh/m<sup>2</sup>.rok

**Solární pokrytí** – procentní pokrytí potřeby tepla solární tepelnou soustavou v %

Výsledky jsou doplněny grafickou formou bilance potřeby tepla a solárního zisku.

**V případě, že zadání vykazuje poměr plochy apertury kolektorového pole vůči potřebě tepla mimo rozsah spolehlivosti výpočtu (0.1 až 2.6), objeví se dialogové okno:**

**„Zadání okrajových podmínek výpočtu neodpovídá vhodnému návrhu a výsledky jsou mimo platnost bilance solární soustavy. Opravte prosím zadání. Pravděpodobně je nevhodně zvolen počet osob nebo kolektorů.“**



**Zároveň se objeví nad výsledky nápis „Výsledky jsou mimo rozsah platnosti“.**

Je potřeba upravit zadání počtu kolektorů nebo zadání potřeby tepla. Zjednodušená bilance neumožňuje výpočet solárních soustav s příliš malou nebo příliš velkou plochou vzhledem k ročnímu odběru tepla v aplikaci.

**Odkazy**

- [1] TNI 73 0302 Energetické hodnocení solárních tepelných soustav - Zjednodušený výpočtový postup, ÚNMZ 2014.
- [2] Matuška, T., Šourek, B.: Porovnání zjednodušené metody hodnocení solárních tepelných soustav s počítačovou simulací, sborník konference Alternativní zdroje energie 2014, str. 107-118.