

Ing. Roman VAVŘIČKA, Ph.D.
ČVUT v Praze, Fakulta strojní,
Ústav techniky prostředí

Metody návrhu zásobníku teplé vody – (3. část)



Ústav techniky prostředí

Methods for Designing the WSW (Warm Service Water) Storage Tank (Part 3)

Recenzent

doc. Ing. Antonín Pokorný, CSc.

Příspěvek se zabývá komplexní, problematikou, která úzce souvisí s energetickou náročností budovy a nebylo možné jej vtěsnat do náplně jednoho článku. Proto byl rozdělen do tří částí: „Metody návrhu zásobníku teplé vody – (1. až 3. část)“. První část příspěvku byla otištěna ve 3. čísle časopisu VVI 2011. Byly v ní popsány návrhy zásobníku TV podle ČSN 06 0320 resp. DIN 4708. Druhá část příspěvku byla otištěna ve 2. čísle časopisu VVI 2012 a věnovala se podrobně návrhu zásobníku TV podle ČSN EN 15316-3. V této třetí části autor jednotlivé metody výpočtu vyhodnocuje a porovnává vhodnost jejich použití pro čtyři různé objekty (rodinný dům, bytový dům 23 bytů, bytový dům 105 bytů a sportovní centrum).

Klíčová slova: Teplá voda, ohřev teplé vody, akumulací zásobník, potřeba tepla pro přípravu teplé vody, křivky odběru a dodávky tepla, přednostní ohřev teplé vody.

The author deals with the complete dilemma that tightly relates to the building specific energy demand in his contribution and the subject matter thereof could not have been included in the contents of one single article. Therefore, it was divided in three parts: “Methods for Designing the WSW Storage Tank (reservoir) – (1st – 3rd part)”. The first part of the contribution was published in the 3rd number of the VVI magazine 2011. There were described designs of storage tanks for WSW pursuant to CSN 06 0320 or DIN 4708 standards.

The second part of the contribution was published in the 2nd number of the VVI magazine 2012 and it was dedicated to the design of WSW storage tank pursuant to CSN EN 15316-3 standard. The author assesses individual methods of the calculation in this 3rd part and compares the suitability of their use for four different types of facilities (a single family house, multiple dwelling house with 23 apartments, block of flats with 105 apartments, and a sport centre).

Key words: Warm Service Water (WSW), WSW heating –up, accumulation storage tank, requirement of heat for the WSW preparation, heat demand and heat supply curves, WSW preferential heating –up.

ÚVOD

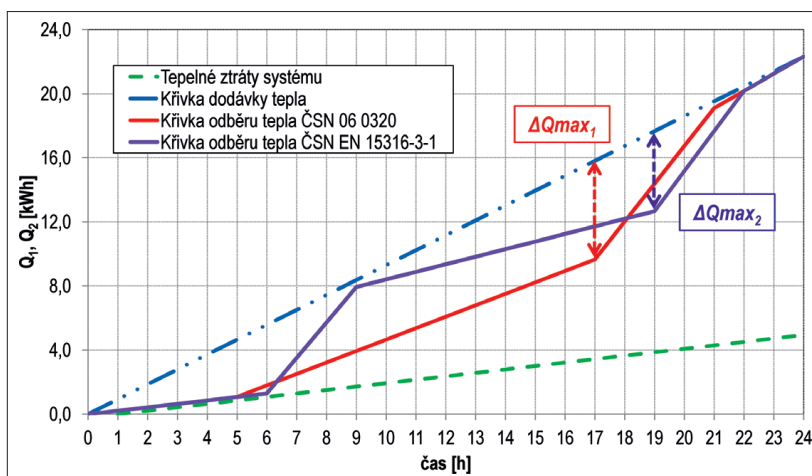
První dva díly článku byly věnovány přehledu jednotlivých způsobů návrhu zásobníku teplé vody (TV). Jednalo se o metodiky v souladu s ČSN 06 0320, ČSN EN 15 316-3, DIN 4708 a teoretické odvození s ohledem na regulační schopnost zdroje tepla s tzv. přednostním ohřevem teplé vody (dále TV). Jak bylo ukázáno nejvýraznější vliv na výslednou hodnotu má způsob definování potřeby teplé vody V_{2P} [l/os.perioda] a způsob stanovení časového odběru TV. V poslední (3. části) článku jsou jednotlivé metody výpočtu velikosti zásobníku TV aplikovány na konkrétní domy jak rodinného tak bytového charakteru.

Příklad 1 – rodinný dům

První příklad reprezentuje dvoupatrový nepodsklepený rodinný dům o velikosti obytné plochy 141 m² a dispozice 5+1. Z hlediska odběrných míst TV má dům jednu kuchyň (dřez) a dvě koupelny (tj. 3x umyvadlo, 2x sprcha, 1x vana). Pro výpočet byl uvažován celkový počet osob $n = 4$ osoby, poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci $z = 0,3$. Teplota studené vody $t_1 = 10$ °C, teplota teplé vody $t_2 = 55$ °C (postup výpočtu viz [L1]).

Podle normy ČSN 06 0320 byla uvažována potřeba teplé vody $V_{2P} = 0,082$ m³/osoba.den, potřeba tepla odebraného z ohříváče TV za daný časový interval je pak $Q_{1P} = 22,32$ kWh/den. Časové rozložení odběru TV je uvažováno:

- od 5 do 17 hodin = 35 % z celkového množství TV
- od 17 do 20 hodin = 50 % z celkového množství TV
- od 20 do 24 hodin = 15 % z celkového množství TV



Obr. 1 Křivky dodávky a odběru tepla pro příklad 1 ($V_{2P} = 0,082$ m³/osoba.den)

Shodný postup výpočtu byl zvolen i pro variantu výpočtu podle ČSN EN 15 316-3 s tím rozdílem, že časové rozdělení odběru bylo uvažováno [L2]:

- od 6 do 9 hodin = 35 % z celkového množství TV
- od 9 do 19 hodin = 15 % z celkového množství TV
- od 19 do 22 hodin = 40 % z celkového množství TV
- od 22 do 24 hodin = 10 % z celkového množství TV

Jak je vidět z průběhu křivek odběru na obr. 1, maximální rozdíly mezi křivkou odběru a křivkou dodávky leží vždy ve večerních hodinách. S uvažováním časového rozložení odběru podle ČSN 06 0320 je to v 17:00 a podle ČSN EN 15 316-3 je to v 19:00. Pokud bychom příklad 1 řešili v souladu s modifikovanou potřebou teplé vody podle normy ČSN EN 15 316-3-1 (tabulka v příloze B1 normy) [L2], můžeme uvažovat pro rodinný dům potřebu teplé vody $V_{2P} = 0,04$ m³/osoba.den. Časové rozložení křivek dodávky

a odběru by bylo graficky podobné, proto pro lepší porovnání výsledků je uvedena tabulka 1.

Tab. 1 Shrnutí výsledků pro příklad 1 (index 1 – časové rozložení podle ČSN 06 0320, index 2 – časové rozložení podle ČSN EN 15 316-3)

Okrajové podmínky	V_{zp} [m ³ /osoba·den]	ΔQ_{max1} [kWh]	ΔQ_{max2} [kWh]	V_{z1} [l]	V_{z2} [l]	P_z [W]
ČSN 06 0320	0,082	6,15	5,01	117,5	95,7	930
ČSN EN 15 316-3	0,04	3,00	2,44	57,3	46,7	460

Z tab. 1 jednoznačně vyplývá výrazná závislost velikosti objemu zásobníku na zvolené potřebě teplé vody za den. Dále je zřejmé, že v případě časového rozložení podle evropské normy je vypočtený objem velikosti zásobníku TV o cca 20 % nižší než při časovém rozložení podle původní ČSN. Pro řešení systému přípravy TV např. v přímo ohříváném elektrickém zásobníku lze podle vypočteného tepelného výkonu P_z (pozn. tento výkon je stanoven při kontinuální dodávce tepla po celou periodu, tj. 24 h [L1]) vybrat vhodný zásobník TV.

Další řešení příkladu 1 nabízí norma DIN 4708. Pro stanovení velikosti zásobníku TV je nutné znát typ budovy, počet a typy zařizovacích předmětů. Nejprve se stanoví koeficient obsazenosti p . Ten se určí na základě počtu osob, pokud není znám, lze použít tabulku podle počtu místností [L1]. S ohledem na zadání příkladu 1 (rodinný dům 5+1) tzn. pro počet obytných místností $n_{místností} = 5$ (pozn. kuchyň a koupelny se do výpočtu nezahrnují), lze stanovit koeficient obsazenosti $p = 4,3$ [-]. Dále je nutné stanovit potřebu tepla odběrných míst. Proto je nutné znát počet a typy odběrných míst. Posuzovaný dům má jednu kuchyň (dřez) a dvě koupelny (tj. 3x umyvadlo, 2x sprcha, 1x vana).

Do výpočtu budeme uvažovat tzv. komfortní vybavenost domu (tzn. dům má větší množství jiných zařízení). Z hlediska stávajícího vybavení uvažujeme koupelnu v horním patře = hlavní koupelna (1x vana, 1x sprcha, 2x umyvadlo), jako vybavení pro hosty uvažujeme menší koupelnu v přízemí = vedlejší koupelna (1x sprcha a 1x umyvadlo). Součet potřeby tepla odběrných míst lze vyjádřit jako $\Sigma w_v = (\text{hlavní koupelna}) + (\text{vedlejší koupelna}) = (\text{vana+sprcha}) + (\text{sprcha+umyvadlo})$. Kuchyňský drez a umyvadla v hlavní koupelně se do výpočtu nezahrnují (tab. 2 a 3 [L1]). Potřeba tepla odběrných míst (tab. 4 [L1]) pak tedy bude,

$$\Sigma w_v = [(5,82 + 1,63) + (1,63 + 0,67)] = 9,78 \text{ kWh}, \quad (1)$$

Následně se vypočte koeficient potřeby N jako,

$$N = \frac{\Sigma(n \cdot p \cdot \Sigma w_v)}{Q_N} = \frac{\Sigma(1 \cdot 4,3 \cdot \Sigma 12,4)}{20,37} = 2,06, \quad (2)$$

kde

Q_N je koeficient potřeby jednotkového bytu [kWh]
($Q_N = 20,37$ kWh [L1]),

n počet odběrných míst (rodinný dům = 1) [-].

Z katalogu výrobců bychom pak hledali typ zásobníku TV, který by splnil podmínku, že vypočtený koeficient potřeby N je roven nebo menší než koeficient výkonu zvoleného zásobníku N_L . Podle typu zásobníku a výrobce se bude objem zásobníku TV pravděpodobně pohybovat v rozmezí od 80 do 160 l. Např. Buderus Logalux LT135/1 má koeficient výkonu $N_L = 2,4$ (135 l), zásobník Geminex MS120 má koeficient výkonu $N_L = 2,5$ (120 l), případně zásobník Wolf SE-2 150 má koeficient výkonu $N_L = 2,0$ (150 l) atd. Koeficient potřeby je dále možné navýšit v případě, že zdroj tepla je zároveň určen pro vytápění domu. Grafické vyjádření koeficientu potřeby a výkonu kotle lze nalézt v [L1].

Jednodušší metodou stanovení objemu zásobníku TV je využít tzv. přednostního ohřevu TV. V tomto případě není důležitý charakter odběru TV, ale pouze tepelný výkon zdroje tepla, který je primárně navržen pro pokrytí potřeby tepla na vytápění domu. Takto kombinovaný zdroj tepla pro vytápění a přípravu TV je u rodinných domů velmi často využíván. U řešeného rodinného domu dle zadání příkladu 1 (velikost obytné plochy 141 m², dispozice 5+1), je celková tepelná ztráta domu $Q_c = 6,5$ kW. Navržený zdroj tepla je plynový kondenzační kotel o tepelném výkonu Q_k v rozsahu od 1,1 do 9,5 kW. Pro výpočet velikosti zásobníku TV je rozhodující jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla (tzn. $Q_{k,N} = 9,5$ kW). Výpočet je pak založen na bilanci dodaného tepla určitému objemu kapaliny (velikosti zásobníku TV) za časovou jednotku (3) [L1].

$$Q_{k,N} = \frac{V_z \cdot \gamma \cdot \rho \cdot c \cdot X_p}{\tau_a} \Rightarrow V_z = \frac{Q_{k,N} \cdot \tau_a}{\gamma \cdot \rho \cdot c \cdot X_p}, \quad (3)$$

kde je

$Q_{k,N}$ jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla [W],
 V_z objem zásobníku TV [m³],
 τ_a doba ohřevu TV při teplotním rozdílu pro dohřev TV [s],
 ρ hustota vody při střední teplotě zásobníku [kg/m³],
 c měrná tepelná kapacita vody při střední teplotě zásobníku [J/kg.K],
 X_p spínací difference pro dohřev TV (5 nebo 10 K) [K],
 γ korekční faktor odběru tepla ze zásobníku TV (tab. 5 [L1]) [-].

Pokud budeme uvažovat dobu ohřevu $\tau_a = 5$ minut a spínací diferenc $X_p = 10$ K bude pro jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla $Q_{k,N} = 9,5$ kW požadován zásobník TV o objemu $V_z = 76,5$ l.

Příklad 2 – menší bytový dům

Jedná se o čtyřpatrový nepodsklepený bytový dům s celkovým počtem bytů $n_{bytů} = 23$ bytů. Dům má 12 bytů dispozice 2+kk a 11 bytů dispozice 3+kk. Celkový počet osob žijících v domě je $n = 58$ osob. Z hlediska odběrných míst TV má byt 2+kk (dřez, umyvadlo, sprchu), byt 3+kk (dřez, umyvadlo, vanu, sprchu). Poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci $z = 0,5$. Teplota studené vody $t_1 = 10$ °C, teplota teplé vody $t_2 = 55$ °C. Pro stanovení maximálního rozdílu mezi křivkou odběru a křivkou dodávky je výpočet proveden pro stejné časové rozložení odběru jako v příkladu 1 a výsledky jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab. 2 Shrnutí výsledků pro příklad 2 (index 1 – časové rozložení podle ČSN 06 0320, index 2 – časové rozložení podle ČSN EN 15 316-3)

Okrajové podmínky	V_{zp} [m ³ /osoba·den]	ΔQ_{max1} [kWh]	ΔQ_{max2} [kWh]	V_{z1} [l]	V_{z2} [l]	P_z [W]
ČSN 06 0320	0,082	89,20	72,60	1 704	1 387	15 560
ČSN EN 15 316-3	0,04	43,51	35,42	831	676	7 590

Jak je vidět z tabulky 2 při řešení podle ČSN 06 0320 ať pro první nebo druhé rozložení časového odběru je vypočtená velikost zásobníku TV výrazně nadhodnocena. Reálné hodnoty dostaneme v případě časového rozložení dle evropské normy a předpokládané potřeby TV $V_{zp} = 0,04$ m³/osoba.den. Pak by velikost zásobníku TV měla být cca 680 litrů. Přičemž zdroj tepla pro přípravu TV by měl mít tepelný výkon cca 7,6 kW.

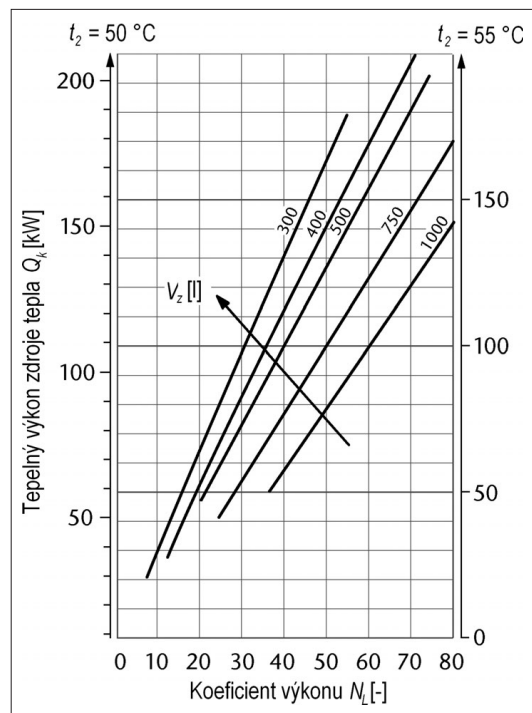
Pro výpočet velikosti zásobníku podle DIN 4708 je postup shodný jako v předchozím příkladu. Koeficient obsazenosti je pro byty 2+kk (dvě obytné místnosti) $p = 2,0$ [-], pro byty 3+kk (3 obytné místnosti) je $p = 2,7$ [-]. Z hlediska vybavení pro byty 2+kk do výpočtu uvažujeme pouze sprchu. U bytů 3+kk započítáváme sprchu a vanu. Potřeba tepla odběrných míst (tab. 4 [L1]) pak tedy pro byty 2+kk bude $w_v = 1,63$ kWh, pro byty 3+kk bude $w_v = 5,82 + 1,63 = 7,45$ kWh. Koeficient potřeby N je poté vypočten

jako,

$$N = \frac{\sum(n \cdot p \cdot \sum w_v)}{Q_N} = \frac{\sum((12 \cdot 2,0 \cdot \sum 1,63) + (11 \cdot 2,7 \cdot \sum 7,45))}{20,37} = 12,78 \quad (3)$$

Z katalogu výrobců bychom pak mohli navrhnout např. zásobník Wolf SE-2500 má koeficient výkonu $N_L = 15$ (500 l), nebo Buderus Logalux SU 400 $N_L = 13,8$ (400 l). Nicméně zde je nutné připomenout, že je u tohoto řešení potřeba přihlídnout k dalším podmínkám. Zejména je nutné si uvědomit tepelný výkon zdroje tepla, který bude zásobník nabíjet. Výrobce zásobníku musí dále uvést pro jaké teplotní parametry jak na sekundární straně výměníku (tj. odběru TV) tak na primární straně výměníku (tj. zdroje tepla) a pro jaký tepelný výkon zdroje tepla, je daného koeficientu výkonu zásobníku N_L dosaženo. Např. pro zásobník Buderus Logalux SU 400 by k dosažení koeficientu výkonu $N_L = 13,8$ bylo nutné připojit zdroj tepla o minimálním tepelném výkonu $Q_K = 35,2$ kW (při teplotě kotlové vody na výstupu 70°C a maximálním průtoku TV na výstupu ze zásobníku $0,6\text{ m}^3/\text{h}$). S ohledem na použitý jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla a tím i požadovaný přenosový tepelný výkon výměníku TV ($Q_K = 35,2$ kW) je vždy nutné ověřit, zda výměník tepla v navrženém zásobníku TV je schopen tento tepelný výkon do zásobníku TV předat.

Pokud je nutné zvýšit průtok TV, nebo nestačí přenosový tepelný výkon výměníku tepla v zásobníku, je nutné navrhnout jiný zásobník TV nebo externí výměník tepla. Pro příklad 2 bychom mohli stejně tak navrhnout pro požadovanou teplotu na výstupu ze zásobníku TV $t_2 = 55^\circ\text{C}$ zásobník, bez integrovaného výměníku např. Logalux SF 400 se sadou výměníkového setu LAP 3.1 ($N_L = 15,3$, $Q_{TV} = 49,3$ kW, při teplotním spádu kotlového okruhu $60/40^\circ\text{C}$ a průtoku TV na výstupu ze zásobníku $0,94\text{ m}^3/\text{h}$). Závislost koeficientu výkonu N_L zásobníků Logalux řady SF na tepelném výkonu zdroje tepla a teplotě zásobníku TV uvádí obr. 2.



Obr. 2
Závislost koeficientu výkonu N_L zásobníků řady Logalux SF na tepelném výkonu zdroje tepla a teplotě zásobníku
(www.buderus.cz)

Řešení příkladu 2 tzv. přednostním ohřevem TV není vhodné. U bytových domů se potřeba tepla pro přípravu TV v porovnání s potřebou tepla na vytápění výrazně liší. Rozdíl je nejen v požadavku na časové rozložení odběru, ale také v době provozu systémů. Otopnou soustavu provozujeme po dobu otopného období (tj. cca 220 až 240 dní v roce) a požadavky na

zdroj tepla jsou během tohoto období různé. Naproti tomu příprava TV je dána požadavky spotřebitelů (počtem osob, počtem odběrných míst, apod.) a způsobem časového rozložení odběru TV během dne. Požadavky na zdroj tepla pro přípravu TV tak zůstávají po celý rok stejné. Proto je vhodnější pro bytové domy navrhovat samostatný zdroj tepla pro přípravu TV a samostatný zdroj pro otopnou soustavu. V případě využití centrálního zásobování tepla je situace samozřejmě odlišná.

Příklad 3 – větší bytový dům

Jedná se o šestipatrový podsklepený bytový dům s celkovým počtem bytů $n_{bytů} = 105$ bytů. Dům má 30 bytů dispozice 1+1, 75 bytů dispozice 3+1. Celkový počet osob žijících v domě je $n = 337$ osob. Z hlediska odběrných míst TV má byt 1+1 (dřez, umyvadlo, vanu), byt 3+1 (dřez, umyvadlo, vanu). Poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci $z = 0,6$. Teplota studené vody $t_1 = 10^\circ\text{C}$, teplota teplé vody $t_2 = 55^\circ\text{C}$.

Tab. 3 Shrnutí výsledků pro příklad 3 (index 1 – časové rozložení podle ČSN 06 0320, index 2 – časové rozložení podle ČSN EN 15 316-3)

Okrajové podmínky	V_{2P} [m ³ /osoba.den]	ΔQ_{max1} [kWh]	ΔQ_{max2} [kWh]	V_{z1} [l]	V_{z2} [l]	P_z [W]
ČSN 06 0320	0,082	518,26	421,84	9 900	8 060	96 400
ČSN EN 15 316-3	0,04	252,81	205,77	4 830	3 930	47 050

Z hlediska výsledků výpočtů se opět potvrzuje, že normou ČSN 06 0320 uvedená potřeba teplé vody $V_{2P} = 0,082\text{ m}^3/\text{osoba.den}$ je naprosto nevhodná. Jak v tomto příkladu tak i v příkladu 2 je vhodnější použít potřebu teplé vody na osobu a den společně s časovým rozložením odběru TV, které byly graficky stanoveny z ČSN EN 15 316-3 [L2]. Z uvedených tabulek 3 dále vyplývá, že u takto velkého bytového domu je v podstatě nemožné řešit přípravu TV v jednom akumulčním zásobníku TV (velikost zásobníku TV => potřebný objem kotelny). Proto by bylo vhodnější rozdělit navrženou velikost zásobníků TV např. podle počtu vchodů do domu, bytové dispozici jednotlivých podlaží apod.

Pro příklad 3 by celkový objem akumulčních zásobníků TV cca $3,9\text{ m}^3$ při celkovém tepelném výkonu zdroje tepla $47,0\text{ kW}$, byl dostačující.

Z hlediska výpočtu dle DIN 4708 bychom stanovili koeficient obsazenosti pro byty 1+1 (jedna obytná místnost) je $p = 2,0$ [-] a pro byty 3+1 (3 obytné místnosti) je $p = 2,7$ [-]. Z hlediska vybavení pro byty 1+1 i 3+1 do výpočtu uvažujeme pouze vanu. Potřeba tepla odběrných míst (tab. 4 [L1]) pak tedy pro jeden byt $w_v = 5,82\text{ kWh}$. Koeficient potřeby N je následně,

$$N = \frac{\sum(n \cdot p \cdot \sum w_v)}{Q_N} = \frac{\sum((30 \cdot 2,0 \cdot \sum 5,82) + (75 \cdot 2,7 \cdot \sum 5,82))}{20,37} = 12,78 \quad (4)$$

Výběr velikosti zásobníku TV bychom provedli podobně jako v předchozím příkladu. Např. 2x Logalux SF 1000 a 1x Logalux SF 500 (tj. celkový instalovaný objem zásobníků TV $2\,500\text{ l}$) a 3x výměníkový set LAP 3.1. Pro zásobník Logalux SF 1000 jsou parametry $N_L = 29,3$, $Q_{TV} = 49,3\text{ kW}$, při teplotním spádu kotlového okruhu $60/40^\circ\text{C}$ a průtoku TV na výstupu ze zásobníku $0,94\text{ m}^3/\text{h}$. Pro zásobník Logalux SF 500 jsou parametry $N_L = 18,2$, $Q_{TV} = 49,3\text{ kW}$, při teplotním spádu kotlového okruhu $60/40^\circ\text{C}$ a průtoku TV na výstupu ze zásobníku $0,94\text{ m}^3/\text{h}$.

Celkový instalovaný koeficient výkonu $N_L = 76,8$ je větší než vypočtený koeficient potřeby $N = 12,78$. Požadavek na tepelný výkon zdroje tepla by pak byl $Q_{TV} = 2 \cdot 49,3 + 1 \cdot 49,3 = 147,9\text{ kW}$.

Příklad 4 – sportovní centrum

Řešení návrhu objemu zásobníku u sportovního centra představuje typický příklad návrhu zásobníku se špičkovými odběry s krátkou dobou ohřevu. Zadání příkladu je navrhnout zásobník TV pro sportovní fotbalový klub, který má 3 šatny (2 šatny pro fotbalová mužstva a 1 šatna pro rozhodčí). V šatně fotbalového mužstva je instalováno 10 sprch, v šatně rozhodčích 2 sprchy. Doba ohřevu by neměla být delší než např. doba fotbalového zápasu, tréninku či jiné sportovní akce spojené s provozem areálu. V zadání dobu ohřevu TV stanovme na $\tau = 1,5$ h. Teplota studené vody $t_1 = 10$ °C, teplota teplé vody $t_2 = 55$ °C.

Zásadním krokem v řešení tohoto příkladu je stanovení počtu odběrů TV ve sprchách. Jednou z možností je vyjádřit předpokládaný počet osob, které uskutečňují odběr TV. U fotbalového mužstva přichází v úvahu sprchování hráčů základní sestavy a střídajících hráčů na lavičce každého mužstva. Dalšími osobami jsou pak rozhodčí, tj. 3 osoby. V součtu při fotbalovém utkání je možné očekávat odběr TV pro celkem $n = 2 \cdot (11 + 6) + 3 = 37$ osob. Na základě počtu dávek (tj. osob) a předpokládané charakteristiky odběru TV, lze pro jednu sprchu stanovit potřebu tepla v dávce $Q_1 = 1,32$ kWh (ČSN 06 0320).

Celková potřeba tepla odebraného z ohřivače TV za daný časový interval je pak $Q_{1P} = 37 \cdot 1,32 = 48,84$ kWh/periodu. Pokud bychom uvažovali celý odběr TV ve velmi krátkém časovém okamžiku (např. po skončení zápasu), můžeme vyjádřit potřebný objem zásobníku z kalorimetrické rovnice jako

$$V_z = \frac{Q_{1P}}{\rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)} \cdot 3600 \cdot 1000 \quad (5)$$

Za předpokladu ohřevu TV za zvolený čas t , lze potřebný tepelný výkon ohřevu TV P_z stanovit jako

$$P_z = \frac{Q_{1P}}{\tau} \quad (6)$$

Z hlediska platnosti normy DIN 4708 jsou z účinnosti normy vyloučeny budovy, které mají požadavky na špičkové odběry TV (např. hotely, svobodárny, služební byty, domovy důchodců apod.). Z tohoto pohledu nelze uplatnit metodiku návrhu podle DIN 4708 ani na sportovní zařízení podle zadání příkladu 4. Nicméně je možné podle normy DIN 4708 stanovit potřebu tepla v dávce (tj. pro jednu sprchu) $Q_1 = 1,22$ kWh (DIN 4708 – pro sprchování u sportovců, potřeba TV na jednu sprchu 35 l). Celková potřeba tepla odebraného z ohřivače TV za danou periodu je pak $Q_{1P} = 37 \cdot 1,22 = 45,14$ kWh/periodu. Další postup výpočtu je podobný jako u vzorce (5), ale je rozšířen o korekční faktor odběru tepla ze zásobníku y (viz. příklad 1 přednostního ohřev TV, nebo [L1]). Ten zohledňuje nevyrovnaný teplotní profil obsahu zásobníku TV při nabíjení zásobníku v krátkém časovém úseku. Korekční faktor y je tedy funkcí předpokládaného objemu zásobníku TV a doby trvání odběru ze zásobníku. Podle zadání příkladu 4, lze očekávat odběr celého množství TV v časovém okamžiku do 15 minut. V případě instalace horizontálního zásobníku o objemu větším než 400 l je tento korekční faktor $y = 0,85$ [L1].

Objem zásobníku TV bychom pak vypočítali z upraveného vztahu (5) jako,

$$V_z = \frac{Q_{1P}}{\rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1) \cdot y} \cdot 3600 \cdot 1000 \quad (7)$$

Tab. 4 Shrnutí výsledků pro příklad 4

Okrajové podmínky	Q_{1P} [kWh/dávku]	Q_{1P} [kWh]	V_z [l]	P_z [W]
ČSN 06 0320	1,32	48,84	933	32 560
DIN 4708	1,22	45,14	1 015	30 100

Obdobně jako u příkladu 2 a 3 je nutné dále zkontrolovat přenosový výkon výměníku v navrženém zásobníku TV s ohledem na požadovaný tepelný výkon při ohřevu TV.

Pozn.: V případě návrhu průtokového ohřivače TV, bychom pro příklad 4 museli navrhnout ohřivač, který by pokryl tepelný výkon přítoku jedné dávky TV $q_{1P} = 12,0$ kW (ČSN 06 0320) do každého odběrného místa (tj. $n = 2 \cdot 10 + 2 = 22$ sprch). Tzn., že jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla by byl $P_p = (n \cdot q_{1P}) = (22 \cdot 12,0) = 264$ kW.

VYHODNOCENÍ

Z hlediska řešení pro rodinné domy, kdy je většinou zdroj tepla pro otopnou soustavu využíván i pro přípravu TV, je výhodnější využít výpočet tzv. přednostního ohřevu TV. Z hlediska porovnatelnosti výsledků je pak dále možné doporučit metodiku podle DIN 4708, která je výrazně jednodušší než postup podle ČSN 06 0320. Postup podle ČSN 06 0320 se hodí více pro případ samostatného systému přípravy TV (např. přímo ohříváním elektrickým zásobníkem TV).

Pro bytové domy je možné využít metodiku výpočtu stanovenou podle ČSN 06 0320, ale s přihlédnutím k reálné potřebě TV na osobu a den. Významný vliv na výsledek má v tomto případě také zvolený průběh odběru TV během dne. Jako podklad nám může sloužit průběh časového odběru TV graficky stanovený z tabulek podle ČSN EN 15 316-3. Norma DIN 4708 nabízí sice opět rychlejší způsob řešení ve srovnání s postupem podle ČSN 06 0320. Na druhou stranu je nutné věnovat větší pozornost vazbě mezi požadovaným jmenovitým tepelným výkonem zdroje tepla a přenosovým tepelným výkonem výměníku TV. Tzn. ověřit, zda je vůbec možné stanovený tepelný výkon, výměníkem do zásobníku předat.

U objektů s krátkými špičkovými odběry TV (např. sportovní areály, průmysl, obchody, atd.) je návrh velikosti zásobníku TV lépe provést výpočtem podle skutečného počtu odběrných míst s předpokládanou potřebou dávek TV. Tabulkové hodnoty pro tento výpočet uváděné v normách ČSN 06 0320 a DIN 4708, dávají poměrně dobrou shodu výsledků.

ZÁVĚR

Z uvedeného vyplývá, že velikost zásobníku TV je výrazně závislá na potřebě teplé vody, tepelném výkonu zdroje tepla a požadované teplotě teplé vody na výstupu ze zásobníku. Při výpočtu bychom měli také brát zřetel (zejména u bytových domů) na maximální dosažitelný průtok teplé vody pro námi navrženou sestavu zásobníku teplé vody, jeho výměníku tepla a zdroje tepla. Pokud bychom měli porovnávat jednotlivé metody a jejich vhodnost pro stanovení velikosti objemu zásobníku TV, nelze jednoznačně doporučit jednu metodiku pro všechny případy. Projektant by měl vždy přihlídnout ke konkrétnímu typu budovy, předpokládanému charakteru odběru teplé vody a způsobu zajištění přípravy teplé vody.

Kontakt na autora: Roman.Vavricka@fs.cvut.cz

Použité zdroje:

- [1] Vavříčka, R., Metody návrhu zásobníku teplé vody – 1. část. In: VVI, 2011, roč. 20, č. 3, s. 108–112. ISSN 1210–1389
- [2] Vavříčka, R., Metody návrhu zásobníku teplé vody – 2. část. In: VVI, 2012, roč. 21, č. 2, s. 54–57. ISSN 1210–1389
- [3] ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování, ČNI, 2006
- [4] ČSN EN 15 316-3 Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinnosti soustavy, ČNI 2010
- [5] DIN 4708 – Zentrale Wassererwärmungsanlagen, 1994
- [6] Firemní podklady – Bosch Termotechnika s.r.o., obchodní divize Buderus. ■