

Ing. Zdeněk LERL
TZB spol. s r.o.

Problémy měření dodávky teplé vody

Problems of Hot Water Metering

Recenzent
doc. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.

Autor se zabývá legislativou o přípustných možnostech měření dodávky teplé vody, v případě, že je zdroj ohřevu teplé vody umístěn mimo objekt její spotřeby. Autor vyjadřuje svůj názor na výhody a nevýhody dvou vybraných a předpisem povolených postupů.

Klíčová slova: metodické pokyny, dodávka teplé vody, energetický zákon

The author deals with legislation defining acceptable methods of hot water supply metering in such cases when the locations of heat source and the place of consumption differ. The author expresses his opinion on advantages and disadvantages of two approaches chosen from the accepted methods.

Keywords: methodology, hot water supply, energy act

ÚVOD

Trvale rostoucí spotřeby energií, které způsobují jejich zdražování a ekologické problémy při jejich získávání, vedou k hledání energetických úspor ve všech oborech lidské činnosti. Problém se týká i hledání úspor spotřeby tepla při ohřevu a dodávce teplé vody uživatelům bytů. Snahy po omezení plýtvání při využívání teplé vody ohřívané centrálně ve výměňkových stanicích mají podporu i v legislativě. Následně uvádím výňatky ze závazných předpisů týkajících se tohoto problému. Energetický zákon č. 458/2000 Sb. v platném znění stanoví ve svém § 78 následující podmínky pro dodavatele a odběratele teplé vody:

Měření

(1) Povinností držitele licence na výrobu a držitele licence na rozvod je dodávku tepelné energie měřit, vyhodnocovat a účtovat podle skutečných parametrů teplotnosné látky a údajů vlastního měřicího zařízení, které na svůj náklad osadí, zapojí, udržuje a pravidelně ověřuje správnost měření v souladu se zvláštním právním předpisem.¹²⁾ Odběratel má právo na ověření správnosti odečtu naměřených hodnot.

(2) Má-li odběratel pochybnosti o správnosti údajů měření nebo zjistí-li závadu na měřicím zařízení, má právo požadovat jejich přezkoušení. Držitel licence je povinen na základě odběratelovy písemné žádosti měřicí zařízení do 30 dnů přezkoušet, a je-li vadné, vyměnit. Odběratel je povinen poskytnout k výměně měřicího zařízení nezbytnou součinnost. Je-li na měřicím zařízení zjištěna závada, hradí náklady spojené s jeho přezkoušením a výměnou držitel licence. Není-li závada zjištěna, hradí tyto náklady odběratel.

(3) Jakýkoliv zásah do měřicího zařízení bez souhlasu jeho vlastníka se zakazuje.

(4) Držitel licence má právo měřicí zařízení osadit a zajistit proti neoprávněné manipulaci, odběratel je povinen to umožnit. Zjistí-li odběratel porušení měřicího zařízení nebo jeho zajištění, je povinen to neprodleně oznámit dodavateli.

(5) Hodnoty naměřené a zjištěné dodavatelem a ceny v místě měření tvoří náklady na tepelnou energii, které se rozúčtují mezi konečné spotřebitele, jimiž jsou uživatelé bytů a nebytových prostorů. Pravidla pro rozdělení těchto nákladů na služby, vytápění a poskytování teplé užitkové vody stanoví prováděcí právní předpis.

V prosinci roku 2004 byla schválena pod č. 670/2004 Sb. rozsáhlá úprava energetického zákona 458/2000 Sb. Našeho problému se týká úprava § 78 v následujících odstavcích:

(6) Při dodávce teplé užitkové vody společně připravované pro více odběrných míst zajistí držitel licence do 5 let po nabytí účinnosti tohoto zákona v každém odběrném místě dodávky měření dodaného množství teplé užitkové vody pro účely poměrného rozúčtování nákladů na tepelnou energii na její přípravu a rozvod na jednotlivá odběrná místa podle § 76 odst. 3 písm. e). Dojde-li k dohodě o způsobu rozúčtování na jednotlivá odběrná místa mezi všemi odběrateli a dodavatelem, povinnost tohoto měření nevzniká.

(7) Pokud držitel licence instaluje v každém odběrném místě kromě měření podle odstavce 6 též měření dodané tepelné energie v teplé užitkové vodě nebo souhrnné měření tepelné energie dodané pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody, účtuje se dodávka tepelné energie pro každé odběrné místo podle údajů těchto měření.

(8) Při společné přípravě teplé užitkové vody pro více odběratelů nelze měření instalované odběrateli použít pro stanovení množství dodávané tepelné energie. Hodnoty získané od odběratelů může dodavatel využít pro rozúčtování dodávky tepelné energie spotřebované na centrální přípravu teplé užitkové vody.

Z výše uvedeného výňatku z vyhlášky je patrná snaha zabránit ne hospodárným a nezdůvodnitelným nadměrným spotřebám teplé vody a adresně přenášet náklady na její skutečné odběratele. Realizace výše požadovaných opatření naráží na technické problémy. Technická řešení, předložená tuzemskými i zahraničními výrobci, měla omezenou oporu v legislativě. Tento stav byl ukončen 21. prosince 2007 Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví vydáním Metodického pokynu pro metrologii pod názvem „Metrologická expertiza metod měření množství teplé vody pro účely § 78 odst. 6 zákona č. 458/2000 Sb.“ Tímto metodickým pokynem jsou legalizovány dva způsoby měření množství teplé vody dodané do sledovaného objektu.

METODY MĚŘENÍ ODEBRANÉHO MNOŽSTVÍ TEPLÉ VODY

V metrologické expertize jsou popsány technické principy obou metod a u každé metody uvedeny podmínky, které zabezpečují obvyklou úroveň správnosti měření množství teplé vody dodané do sledovaného objektu.

Uskutečnění požadavků tohoto právního předpisu naráží v realizaci na řadu úskalí. Příčinou je proměnný průběh odběru teplé vody v závislosti na čase a nutnost zabezpečit zaručovanou teplotu teplé vody u konečného odběratele její cirkulací v rozvodu. Problémy v praktických provezech a rozdílné pojetí u některých výrobců měřicích zařízení vyvolaly potřebu posouzení možných řešení Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii

a státní zkušebnictvím vydáním výše uvedené expertizy. Expertiza je zařazena mezi Metodické pokyny pro metrologii tohoto úřadu.

Vzhledem ke skutečnosti, že spotřeba teplé vody kolísá ve velkém rozmezí v průběhu dne i jednotlivých dní v roce, je nutno zaručit splnění zadávacích podmínek metrologické expertizy, což zaručuje dodržení obvyklé úrovně správnosti měření dodávaného množství teplé vody. Jde o následující podmínky, ve kterých je definována spotřeba teplé vody v odběrném místě:

1 Zadávací podmínky metrologické expertizy

1.1 Spotřeba teplé vody v odběrných místech je definována:

- minimálním průtokem Q_1
 přechodovým průtokem Q_2
 trvalým průtokem Q_3
 (předpokládám, že jde o jmenovitý průtok)
 přetěžovacím průtokem Q_4
 (předpokládám, že jde o maximální průtok)

1.2 Předpokládané maximální chyby měření průtoku:

- a) v laboratorních podmínkách
 $\pm 5\%$ v rozsahu průtoků $Q_1 \leq Q \leq Q_2$
 $\pm 3\%$ v rozsahu průtoků $Q_2 \leq Q \leq Q_4$
 což je zmírnění požadavku normy ČSN ISO 4064-1, která požaduje
 $\pm 2\%$ v rozsahu průtoků $Q_2 \leq Q \leq Q_4$
- b) v provozu
 $\pm 10\%$ v rozsahu průtoků $Q_1 \leq Q \leq Q_2$
 $\pm 6\%$ v rozsahu průtoků $Q_2 \leq Q \leq Q_4$
 což je dalším zmírněním výše uvedeného požadavku.

1.3 Všechna použitá měřidla splňují požadavky zákona č. 505/1990 Sb. o metrologii, ve znění pozdějších předpisů.

Expertiza připouští dvě metody měření odebraného množství teplé vody. Metody se odlišují způsobem jak zamezit vlivu cirkulačního průtoku vody na měřené hodnoty odběru teplé vody.

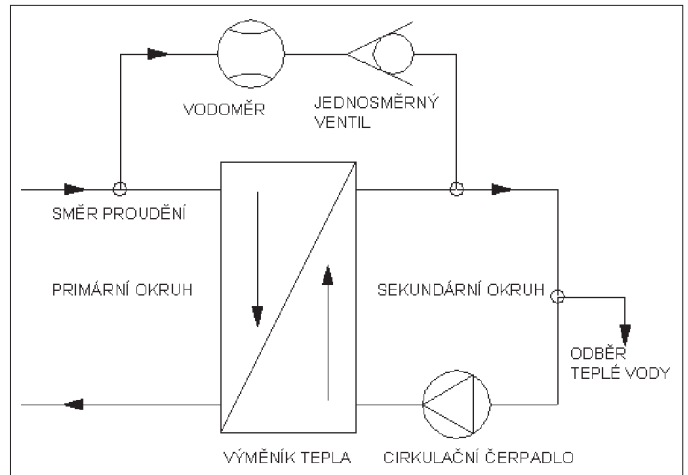
METODA „A“

Měření průtoku teplé vody podle metody „A“ je založeno na principu rozdělení cirkulační smyčky výměníkem tepla na primární a sekundární okruh (obr. 1). Teplá voda se odebírá ze sekundárního okruhu, do kterého je doplňována obtokem výměníku tepla. Odebrané množství teplé vody je měřeno vodoměrem umístěným v obtoku výměníku. Pro volbu velikosti a kvality vodoměru platí podmínky odpovídající rozsahu předpokládané spotřeby, rychlých změn průtoku, popř. teplotních změn. U registračních vodoměrů se doporučuje registrovat samostatně proteklé množství teplé vody s průtokem menším než je minimální průtok Q_1 . Z těchto důvodů by bylo výhodnější používat vodoměry třídy C, které mají nižší hodnotu minimálního průtoku Q_1 než vodoměry třídy B a tudíž procentní podíl průtoků neregistrovaných na hlavním (fakturačním) registru průtoků teplé vody je menší.

Pro vodoměry s jmenovitým průtokem $Q_3 (Q_N) < 10 \text{ m}^3/\text{h}$ jsou rozdíly uvedeny v tab. 1. Příklad je uveden pro nejčtenější velikosti domovního vodoměru.

$$Q_3 (Q_N) = 1,5 \text{ m}^3/\text{h} \text{ a } Q_3 (Q_N) = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

V současné době většina zařízení pro externí komunikaci a sběr dat je instalována na vodoměry třídy „B“. Protože průtoky menší než $Q_1 (Q_{\min})$ by měly být registrovány na samostatném pomocném registru počítačů, bylo by výhodnější používat vodoměry s přesností třídy „C“ a snáze tak dodržet další podmínku expertizy, aby přírůstek v pomocném registru nepřekročil 10 % přírůsteku na hlavním součtovém registru.



Obr. 1 Metoda „A“ – schéma zapojení

Tab. 1 Vodoměry s jmenovitým průtokem $Q_3 (Q_N) < 10 \text{ m}^3/\text{h}$

Vodoměr DN 15	Třída přesnosti „B“	$Q_1 (Q_{\min})$	0,020	$Q_3 (Q_N) = 0,03 \text{ m}^3/\text{h}$
			$Q_2 (Q_t)$	0,080
$Q_3 (Q_N) = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ $Q_4 (Q_{\max}) = 3,0 \text{ m}^3/\text{h}$	Třída přesnosti „C“	$Q_1 (Q_{\min})$	0,010	$Q_3 (Q_N) = 0,015 \text{ m}^3/\text{h}$
			$Q_2 (Q_t)$	0,015
Vodoměr DN 15	Třída přesnosti „B“	$Q_1 (Q_{\min})$	0,020	$Q_3 (Q_N) = 0,05 \text{ m}^3/\text{h}$
			$Q_2 (Q_t)$	0,080
$Q_3 (Q_N) = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ $Q_4 (Q_{\max}) = 5,0 \text{ m}^3/\text{h}$	Třída přesnosti „C“	$Q_1 (Q_{\min})$	0,010	$Q_3 (Q_N) = 0,025 \text{ m}^3/\text{h}$
			$Q_2 (Q_t)$	0,015

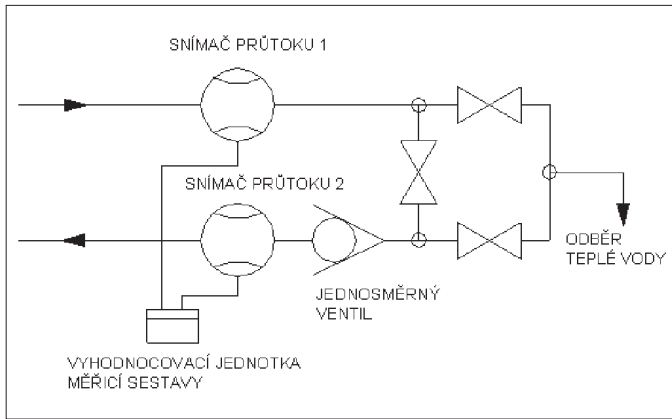
METODA „B“

Měření průtoku teplé vody podle metody „B“ spočívá v integraci hodnot rozdílů průtoků naměřených dvěma průtokoměry. Jeden průtokoměr je umístěn na vstupu a druhý na výstupu cirkulační smyčky. Jejich umístění je patrné z obr. 2. Jde o měřicí soustavu pro diferenční měření proteklého množství teplé vody. Minimální diferenční průtok, tj. minimální odběr Q_1 je určen vztahem k maximálnímu cirkulačnímu průtokem q_{\max} následujícím vřazem:

$$Q_1 \geq 0,153 \times q_{\max}$$

kde q_{\max} je maximální cirkulační průtok měřený na výstupu z cirkulační smyčky z objektu, který nastává v době nulových odběrů. Dokument obsahuje další podmínky, ze kterých uvádím pouze významnější z hlediska porovnání metod a i ty většinou ve zkráceném znění:

- Minimální cirkulační průtok $q_{\min} \geq Q_{\min}$ snímačů.
- Rozsah diferenčního průtoku vyhodnocovaného měřicí soustavou má odpovídat rozsahu spotřeby teplé vody, což by mělo být ověřeno zkouškou.
- Pro eliminaci nárůstu relativní chyby při stanovení rozdílu proteklého množství teplé vody je požadována přesnost měření vstupního a výstupního cirkulačního průtoku $\pm 0,5\%$ v celém rozsahu (q_{\min} až q_{\max}), při dodržení vzájemné odchylky snímačů max. $\pm 0,3\%$.
- Instalace vhodné armatury zabrání zpětnému toku teplé vody.
- Nastavený práh citlivosti by měl zabránit registraci hodnot diferenčních průtoků menších než je vložený práh citlivosti.
- Průtokoměry se nastavují současně na jednom etalonovém zařízení s nejistotou měření lepší než 0,15 %.
- Největší dovolená chyba, kladná nebo záporná všech měřících a výpočetních funkcí vyhodnocovací jednotky v rozsahu stanovených pracovních podmínek, je 0,1 %.
- Dlouhodobá shoda metrologických parametrů těchto dvou průtokoměrů je průběžně kontrolována přímým sériovým propojením jejich snímačů průtoku. Tato kontrola probíhá automaticky, minimálně je-



Obr. 2 Metoda „B“ – schéma zapojení

denkrát denně a její výsledek se zaznamenává v paměti vyhodnocovací jednotky. Při zjištění vzájemné odchylky vyšší než 0,6 % je automaticky indikován chybový stav.

POROVNÁNÍ METOD

Metoda „A“ spočívá v přímém měření hledané veličiny, spotřeby teplé vody fakturačním měřidlem, tedy postupem, který je shodný s tradičním přímým měřením spotřeby studené vody.

Nevýhodou metody je jisté snížení teploty teplé vody v sekundárním cirkulačním okruhu, které souvisí s dohříváním cirkulační vody výměníkem tepla. Tento problém lze odstranit zvýšením teploty teplé vody v primárním okruhu.

Na obr. 3 je znázorněn průběh maximální relativní chyby u vodoměru třídy „B“ s nejčastěji použitelným jmenovitým průtokem $Q_N = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$, např. pro osmipodlažní panelový dům s 20 byty.

V rozsahu průtoků 0,12 až 3,0 m^3/h (0,033 až 0,83 l/s) je v tomto případě průtok stanoven s maximální relativní chybou $\delta_{p\max} = \pm 2 \%$ a u průtoků 0,03 až 0,12 m^3/h (0,008 až 0,83 l/s) je průtok stanoven s $\delta_{p\max} = \pm 5 \%$.

Protože jeden naplno otevřený výtok reprezentuje průtok 0,1 $\text{l/s} = 360 \text{ l/h}$, je s $\delta_{p\max} = \pm 2 \%$ měřen výtok otevřený na třetinu plného průtoku. Jde o jeden výtok z přibližně 95 výtoků instalovaných v objektu.

Při použití vodoměru třídy „C“ se snižuje hodnota nejnižšího průtoku měřeného s minimální $\delta_{p\max} = \pm 2 \%$ z 0,12 na 0,0225 m^3/h (z 0,033 na 0,00625 l/s). V tomto případě jde o výtok otevřený na 6,3 % plného průtoku.

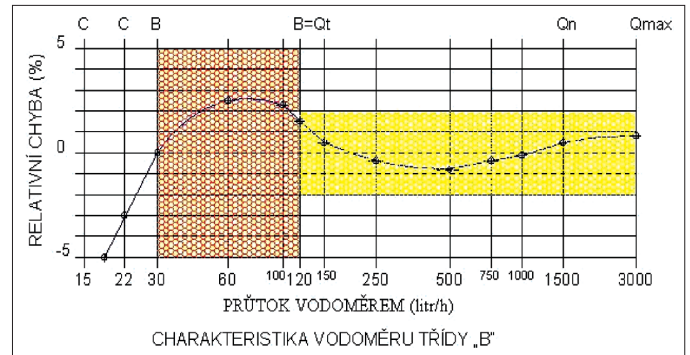
Metoda „B“ má hlavní nevýhodu v požadavku na extrémní přesnost i stabilitu průtokoměrů a vyhodnocovací jednotky, protože se stanovuje spotřeba teplé vody jako rozdíl naměřených hodnot dvěma průtokoměry. Při tomto stanovení dochází, jak je uváděno v expertize, k nárůstu velikosti chyby oproti přímému měření jedním zařízením.

Ve smyslu požadavků uvedených v expertize je maximální relativní chyba soustavy rovna odmocnině ze součtu čtverců dílčích relativních chyb.

V celém rozsahu měření je celková relativní chyba soustavy

$$\delta_{cp\max} = \pm \sqrt{(2 \times 0,5^2 + 0,6^2 + 0,1^2)} = \pm 0,933 \%. \quad (1)$$

Jde tedy o zdánlivě přesnější postup než je měření spotřeby teplé vody jedním vodoměrem podle metody „A“. Tato zdánlivá výhoda je však vykoupena požadavkem na vysokou přesnost a stabilitu průtokoměrů a omezenou stabilitu soustavy. Expertiza požaduje jako ochranu před



Obr. 3 Charakteristika vodoměru třídy „B“

projevy nestability každodenní automatickou kontrolu průtokoměrů při jejich kontrolním sériovém propojení a požaduje odstavení měřicí soustavy při nárůstu odchylky průtokoměrů nad 0,6 %. Z tohoto důvodu je nutno při stanovení celkové maximální relativní chyby použít hodnotu vzájemné odchylky průtokoměrů 0,6 % a nikoliv cejchovací přípustnou odchylku 0,3 %.

Nejmenší průtok registrované spotřeby teplé vody – diferenční průtok, jak je výše uvedeno, se stanoví z maximálního cirkulačního průtoku:

$$Q_{\min} = 0,153 \times q_{\max} = 0,153 \times 0,3 = 0,0459 \text{ m}^3/\text{h} (= 0,01275 \text{ l/s}). \quad (2)$$

V případě metody „B“ je tedy podle (2) zaručena přesnost měření od 13 % maximálního průtoku z jednoho výtoku.

Pro výše uvedený případ domu s 20 byty vychází $q_{\max} = 300 \text{ l/h}$. Při dnes obvyklém upořádání potrubí s izolací v obdobných objektech můžeme předpokládat dodržení podmínky maximálního poklesu teploty teplé vody o 5 K.

Jako příklad uvádím výše zmíněný bytový objekt s osmi nadzemními podlažními:

- Přívodní horizontální rozvod teplé vody je z PP trubek 50 x 6,9 a cirkulační horizontální rozvod 40 x 5,6, $\lambda_1 = 0,22 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Obojí potrubí je dlouhé 20 m a je opatřeno izolací hadicemi s tloušťkou stěny 13 mm, $\lambda_{iz} = 0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.
- Přívodní vertikální rozvod teplé vody je z PP trubek 40 x 5,6 a cirkulační vertikální rozvod 20 x 2,6, $\lambda_1 = 0,22 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Obojí potrubí je dlouhé 26 m a je opatřeno izolací hadicemi s tloušťkou stěny 9 mm, $\lambda_{iz} = 0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Při využití výpočtového postupu Ing. Reinberka [4] činí tepelná ztráta rozvodu teplé vody při nulovém odběru $Q_{z} = (345,1 + 294,9 + 386,3 + 241,1) = 1267,4 \text{ W}$.

Kontrolou teplotního poklesu maximálního cirkulačního průtoku se stanoví:

$$\Delta t_w = Q_z / (q_{\max} \cdot \rho \cdot c) = 1267,4 / (0,3 \times 3600 \cdot 1 \times 1000 \times 4200) = 3,62 \text{ K}, \quad (3)$$

kde je

střední teplota vody $t_m = 55 \text{ }^\circ\text{C}$,

a teplota okolního vzduchu u horizontálního rozvodu $t_a = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

u vertikálního rozvodu $t_a = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

měrná hmotnost vody $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

tepelná kapacita vody $c = 4200 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Použití automatických termostatických armatur pro vyrovnání teplot na přípojkách cirkulačního potrubí může snížit maximální cirkulační průtok při nulovém odběru. Bylo by vhodné vyhodnotit takto osazený objekt a následně vyhodnotit pro tyto případy číselné údaje kritéria (2).

ZÁVĚR

K předepsanému zjišťování spotřeby teplé vody na vstupu do objektu při centrálním ohřevu teplé vody ve výměňkové stanici jsou doporučeny dvě metody. Výhodou metody „A“ je využití tradičního měření průtoku vody jedním vodoměrem, nevýhodou této metody je nutnost použít výměník tepla a pomocné cirkulační čerpadlo. Metoda „B“, která pracuje s rozdílem průtoků, vyžaduje uplatnění přesnějších průtokoměrů než jsou fakturační vodoměry používané metodou „A“ a navíc měřicí soustava vyžaduje stálou kontrolu odchylek mezi použitými průtokoměry.

Max Josef von Pettenkofer (1818–1901)

Před 190 lety se narodil první profesor a zakladatel vědního oboru hygiena. Svými aktivitami se zapsal do několika oborů: medicíny, farmakologie, chemie i techniky vnitřního prostředí.

Narodil se 3. 12. 1818 v Lichtenheimu v Bavorsku jako páté z osmi dětí. Osmiletého se jej ujal strýc Franz Xaver von Pettenkofer, který byl dvorním lékárníkem krále Ludvíka I. bavorského. Umožnil nadanému Maxovi navštěvovat latinskou školu a humanitní gymnázium. Max byl excelentním studentem. V r. 1837 začal studovat na mnichovské universitě, specializoval se na přírodní vědy. Po dvou letech se se strýcem – mecenášem nepohodl (ten si přál, aby Max studoval farmakologii a přešel po něm královskou lékárnou) a utekl s hereckou společností, ve které působil dva roky v Augsburgu a Regensburgu. Posléze ale „dostal rozum“ a k vysokoškolskému studiu se za strýcovy podpory vrátil (uvozovky říkají, že návrat způsobila sestřenice Helena, do které se Max zamiloval). V r. 1843 složil s významným státní závěrečné zkoušky z lékařství a farmakologie. Netoužil však po lékařské ani farmakologické praxi. Strýc lékárník byl zklamán a definitivně ukončil svou finanční podporu.

Max pokračoval ve studiu na universitě ve Würzburgu, kde studoval chemii a mineralogii, krátce podporován významným mineralogem Johannem von Fuchsem. Byl ale nucen najít si práci. Získal místo asistenta v královské mincovně. Tím překonal finanční tíseň a mohl se dokonce s milovanou Helenou oženit. V mincovně zdokonalil analytické metody k separaci zlata a stříbra. Vyvinul metodu k izolaci platiny. Díky jeho objevům zvýšila mincovna kvalitu ražby. Další jeho chemické objevy byly zaměřeny jiným směrem. Objevil výrobu červeně barveného skla, tzv. porporina. To si velmi oblíbil král Ludvík I. bavorský. Na jeho přímou přímluvu byl Max von Pettenkofer jmenován r. 1847 mimořádným profesorem chemie na mnichovské universitě. S jeho jménem jsou spojeny četné studie lidského metabolismu: zabýval se výživou, studoval odbourávání tuků, cukrů a bílkovin z lidského těla, analyzoval moč, stolici a vydýchaný vzduch. Pro tato měření zbudoval experimentální klimatickou komoru. Prokázal, že hlavními metabolity jsou CO_2 a vodní pára. Měřil zejména množství CO_2 ve vydechaném vzduchu – vypracoval metodu jeho detekce a měření. Od problematiky metabolismu živin jej posléze odvedl sám bavorský král Maximilian II., který si stěžoval na únavu z vydýchaného vzduchu v nevětraném paláci. Výzkumu kvality vnitřního prostředí zasvětil Max von Pettenkofer dalších dvacet let svého života. Věděl už, že oxid uhličitý je hlavním lidským metabolitem, uměl jej měřit, přesnou metodu stanovení sám vypracoval, věděl, že jeho koncentrace informuje ve vnitřním prostředí o kvalitě větrání a stanovil jeho maximální přípustné množství 0,1 obj. % – dnes tzv. Pettenkoferovo kritérium. Pro jeho dosažení je třeba přivést do vnitřního prostředí cca 25 m³ venkovního vzduchu za hodinu na osobu. (Toto kritérium bylo akceptováno při tvorbě standardů ve většině vyspělých států). Zabýval se problematikou přirozeného větrání místností při zavěšených oknech – dnes bychom řekli, že studoval infiltraci. Vzduch v místnosti zahřívá a obohacoval CO_2 . Zkoumal, jak teplota ovlivňuje distribuci vzduchu a rychlost jeho výměny. Stanovil první standardy pro větrání škol a nemocnic. Měřil závislost větrání na teplotě vzduchu uvnitř a vně místností, na rychlosti proudění vzduchu na fasádě. Studoval vliv oblečení na metabolické procesy, se svými studenty měřil průnik vlhkosti různými tkaninami.

V r. 1854 se rozšířila epidemie cholery. Max von Pettenkofer se vrhl do studia epidemiologie této střevní nákazy. Studoval výskyt cholery v Evropě v posledních 40 letech. Konstatoval, že se infekce šíří vodou a doporučil její přeřívání. Epidemii se tak podařilo zastavit.

Použité zdroje:

- [1] Metodické pokyny pro metrologii – Metrologická expertiza metod měření množství teplé vody pro účely § 78 odst. 6, zákona č. 458/2000 Sb. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví 12/2007.
- [2] Recknagel, H., Sprenger E., Schramek E.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, Oldenburg Verlag, München 2003/2004.
- [3] Lerch, M.: Vodoměry. Má smysl používat vodoměry třídy přesnosti „C“ DN 15 až 32 mm? Actaris metering systems, 2003.
- [4] Reinberk Z.: Tepelná ztráta potrubím s izolací kruhového průřezu, TZB Info, FSV ČVUT. ■

Max von Pettenkofer měl široké všestranné vzdělání a věnoval se mnoha různým aktivitám. Byl to člověk velmi pracovitý, zanechal bohatou biografii, která obnáší 227 původních odborných sdělení. Vzhledem k šíři zájmů a aktivit jsou však jeho práce značně rozptýleny v tisku. Významná je publikace o semikvantitativním stanovení arzenu v tkáních. Metoda se na dlouho uplatnila v soudním lékařství. Četné práce se týkají biologie, chemie a medicíny. Málokdo dnes ví, že Pettenkofer jako první syntetizoval rtuťový amalgám, dodnes užívaný k zubním výplním. Vynalezl metodu výroby svítíplynu ze dřeva, která se dlouho užívala v mnoha zemích Evropy. Stanovil velmi přesně atomovou váhu několika podobných prvků. Až mnohem později vyšlo najevo, že předpokládal jejich periodický zákon. Prokázal přeměnu sacharózy na tuk, vyvinul barvivo, užívané k detekci žlučových kyselin, izoloval kreatinin a vypracoval metodu jeho syntézy.

Roku 1876 odmítl pozvání kancléře Bismarcka k řízení nového říšského zdravotního ústavu v Berlíně.

V r. 1879 byl otevřen v Mnichově Institut hygieny, velmi dobře vybavený, vzdělával v preventivní medicíně studenty z celé Evropy. Studoval zde r. 1887 i Gustav Kabrhel (1857–1939), který se po návratu habilitoval na pražské technice v průmyslové hygieně. Roku 1899 byl jmenován prvním profesorem hygieny na lékařské fakultě v Praze. Po vzoru Maxe von Pettenkofera založil zde v r. 1891 hygienický ústav. Tento Pettenkoferův žák je považován za zakladatele hygieny jako samostatného vědního oboru u nás.

V r. 1885 byla ustanovena na mnichovské universitě první katedra hygieny a Max von Pettenkofer byl jmenován řádným profesorem a jejím vedoucím. Už v r. 1865 založil časopis Zeitschrift für Biologie, posléze Archiv für Hygiene. Kromě odborné publikační činnosti se rád věnoval i popularizaci hygieny přednáškovou činností.

Věděl, že v Mnichově je až o 50 % vyšší úmrtnost než v Londýně. Zasadil se proto o vybudování veřejného vodovodu, o výstavbu nových jatek s přísným hygienickým dozorem, o výstavbu splaškové kanalizace. Ještě za jeho života se podařilo úmrtnost obyvatel o 1/3 snížit.

To, čemu se v mládí tak bránil, nakonec přece vykonával. Stal se totiž vrchním lékárníkem bavorského krále Maximiliana II a tuto funkci vykonával až do svých 77 let. Ve zralém věku se stal zámožným i díky obchodním aktivitám, v nichž byl úspěšný. Prožil plodný osobní život. V harmonickém manželství s Helenou měl 5 dětí. Manželka zemřela v r. 1890. Byl věřící, srdečný, pozitivně myslící člověk. Obecně byl vážen, dostalo se mu mnoha poct. Roku 1883 mu byl udělen šlechtický titul s právem být osloven Excéllence.

Aktivně se věnoval poezii. Zdolával problémy v práci i ve volných chvílích: je o něm známo, že rád dobýval vrcholky hor, kopce, ale vystoupil i na každou kostelní věž. Navzdory pokročilému věku byl stále aktivní. Začaly se u něj ale projevovat stavy melancholie a deprese, začínal trpět obavou, že už nebude užitečný. Věděl o rodinné zátěži – bratr Michael onemocněl psychózou a v ústavu pro duševně choré zemřel. Max von Pettenkofer se ve věku 82 let dne 10. 2. 1901 krátce po půlnoci v Mnichově zastřelil.

Na naše obdivuhodné předchůdce, kteří významně ovlivnili nejen život své doby, ale zasáhli výsledky své práce i do naší současnosti, bychom neměli zcela zapomenout.

(Laj)