

Ing. Miroslav URBAN, Ph.D.,
 Prof. Ing. Karel KABELA, CSc.,
 Ing. Daniel ADAMOVSÝ, Ph.D.,
 Ing. Michal KABRHEL, Ph.D.
 ČVUT v Praze, Fakulta stavební,
 Katedra technických zařízení budov

Princip výpočtu dodané energie pro přípravu teplé vody

Principle of Calculation of Energy Delivered for Preparation of Warm Service Water

Recenzent

Dr. Ing. Petr Fischer,
 Prof. Ing. František Drkal, CSc.

Jednou ze součástí výpočtu energetické náročnosti budov ve smyslu stanovení celkové dodané energie do budovy je stanovení dílčí hodnoty dodané energie potřebné na přípravu teplé vody. Autoři popisují princip výpočetního postupu pro stanovení dodané energie pro přípravu teplé vody ve smyslu použití pro potřeby vyhlášky 148/2007 Sb. Přínosné je přehledné uvedení měrných potřeb teplé vody.

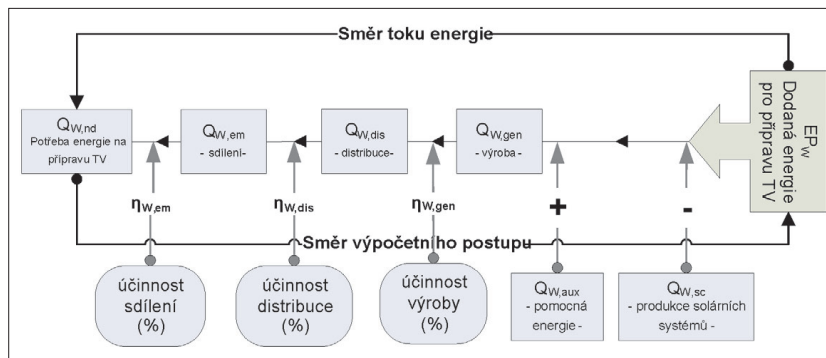
Klíčová slova: Teplá voda, měrná potřeba, roční potřeba

The need of a partial value of the delivered energy needed for the domestic hot water preparation (hereinafter the "DHW") is showing one of calculation factors specifying the building energy demand in sense of determination the total energy delivered in the building.

Authors describe the principle of the calculation procedure regarding the delivered energy serving for preparation of DHW in sense of use with respect to requirements of Decree 148/2007 Coll. The contributive issue is presented by the clear arrangement of DHW specific consumptions.

Key words: domestic hot water (DHW), specific needs, annual needs

V případě, že je objekt po tepelně-technické stránce zabezpečen podle požadovaných normových požadavků, nebo nad jejich rámec – v případě objektů se sníženou potřebou energie na vytápění, potom se v kontextu celkové potřeby dodané energie do budovy projeví jako rozhodující složka podíl připadající na dodanou energii pro přípravu teplé vody. U budov se sníženou potřebou energie na vytápění tento podíl představuje cca 40 až 80 % celkové dodané energie do budovy. Naopak u administrativních budov může dodaná energie pro přípravu teplé vody představovat cca 10 % z celkové potřeby dodané energie do budovy. Nicméně vzhledem k faktu, že dodaná energie na přípravu teplé vody nebyla doposud součástí žádného hodnocení, byla stanovována často chybně pouze za účelem získání parametru doplněného do technické zprávy, nebo parametru potřebného pro dodavatele energie (media), je dobré si připomenout základní princip výpočtu. Princip výpočtu postihuje zjednodušený roční provoz systému přípravy teplé vody z pohledu potřeby stanovení celkové roční dodané energie pro přípravu teplé vody.



Obr. 1 Schematické znázornění postupu výpočtu

lek. Zónování budovy na základě potřeby teplé vody je pro některé budovy problematické např. z hlediska její potřeby na úklid celé budovy, apod.

ROČNÍ DODANÉ ENERGIE NA PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY

Hodnotícím kritériem je roční dodaná energie na přípravu teplé vody včetně roční dodané pomocné energie pro přípravu teplé vody EP_W , která se stanoví podle vztahu

$$EP_W = Q_{fuel,W} + Q_{W,aux} \quad (1)$$

kde $Q_{fuel,W}$ je roční dodaná energie na přípravu teplé vody [GJ], $Q_{W,aux}$ je roční dodaná pomocná energie systému přípravy teplé vody [GJ] – princip jejího stanovení nebude z důvodu rozsahu v tomto článku popisován a řídí se požadavky uvedenými v příslušných částech ČSN EN 15316 a DIN 18599.

Roční dodaná energie na přípravu teplé vody $Q_{fuel,W}$ se stanoví jako součet dodané energie $Q_{fuel,W,sys,z,j}$ na přípravu teplé vody ve všech energetických systémech sys pro z-té zóny za j-tý časový úsek. Roční dodaná energie na přípravu teplé vody $Q_{fuel,W}$ se stanoví podle vztahu

$$Q_{fuel,W} = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{sys=1}^n \left(\sum_{z=1}^n \frac{Q_{W,dis,z,j} \cdot f_{W,sys}}{\eta_{W,gen,sys}} \right) \right) \quad (2)$$

ZÁKLADNÍ POSTUP VÝPOČTU

Problematiku účinnosti ohřevu a distribuce teplé vody lze vyjádřit faktorem účinnosti (pozn. efficiency faktor, viz ČSN EN 15316–3-2 a ČSN EN 15316–3-3). Vstupem do výpočtu, který je nezbytné stanovit, je výpočtové množství spotřebované teplé vody o předpokládané teplotě. Roční potřeba teplé vody je většinou spojována s technickou normou ČSN 06 0320 Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování. V této normě jsou uvedeny tzv. návrhové parametry pro dimenzování a návrh systémů přípravy teplé vody. Norma však není určena pro popis chování systémů budovy v průběhu celého roku. Návrhové parametry uvedené v ČSN 06 0320, zejména parametry potřeby teplé vody (např. 80 l/os.den) pro bytové stavby) nelze použít pro výpočet roční dodané energie ve smyslu, vytvoření matematického modelu typického ročního provozu systémů budovy.

Z pohledu vytápění, chlazení a mechanického větrání je důležité tzv. zónování budovy. V případě teplé vody se ovšem pro výpočet předpokládá stanovení roční dodané energie na přípravu teplé vody pro budovu jako ce-

kde $Q_{W,dis,z,j}$ je potřeba energie dodané do distribučního systému přípravy teplé vody v j -tém časovém úseku pro z -tou zónu [GJ], $f_{W,sys}$ je podíl z dodané energie připadající na příslušný zdroj tepla [-], $\varphi_{W,gen,sys}$ je účinnost zdroje přípravy teplé vody [-].

Potřeba energie dodané do distribučního systému přípravy teplé vody $Q_{W,dis,z,j}$ se stanoví podle vztahu

$$Q_{W,dis,z,j} = \frac{Q_{W,nd,z,j}}{\eta_{W,em,sys} \cdot \eta_{W,dis,sys}} - Q_{W,sc,j} \quad (3)$$

kde $Q_{W,nd,z,j}$ je potřeba energie na přípravu teplé vody v z -té zóně v j -tém časovém úseku [GJ], $\eta_{W,em,sys}$ je účinnost sdílení energie v koncových prvcích příslušného systému přípravy teplé vody [-], $\eta_{W,dis,sys}$ je účinnost příslušného systému distribuce teplé vody [-], $Q_{W,sc,sys,j}$ je energie pro přípravu teplé vody vyrobená v příslušném systému solárních kolektorů v j -tém časovém úseku [GJ].

Potřebu energie na přípravu teplé vody $Q_{W,nd,z,j}$ lze stanovit podle známého vztahu

$$Q_{W,nd,z,j} = 1 \cdot 10^{-6} \cdot V_{W,z,j} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{W,h,z} - \theta_{W,c}) \cdot t_j \quad (4)$$

kde $V_{W,z,j}$ je potřeba teplé vody v z -té zóně za j -tý časový úsek [m^3 /perioda], ρ_w je hustota vody [kg/m^3], c_w je měrná tepelná kapacita vody [$J/(kg \cdot K)$], $\theta_{W,h,z}$ je průměrná roční teplota teplé vody v místě přípravy [$^{\circ}C$], $\theta_{W,c}$ je průměrná roční teplota přiváděné studené vody [$^{\circ}C$], t_j je délka j -tého časového úseku [h].

ROČNÍ POTŘEBA TEPLÉ VODY

Jelikož potřeba teplé vody $V_{W,z,j}$ za j -tý časový úsek, ať už roční, nebo denní, je parametrem s nejvyšší citlivostí ve vztahu k výsledku výpočtu, je správné stanovení této hodnoty důležitým krokem ve fázi sběru dat pro provedení výpočtu. Prameny a zdroje pro stanovení této hodnoty jsou následující:

- ČSN EN 15316-3-1 Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy – Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody).

V rámci této technické normy, která je v současnosti k dispozici pouze v angličtině, jsou uvedeny rámcové návrhové parametry pro stanovení potřeby teplé vody v různých typech budov. Podrobně viz níže.

- Vyhláška 428/2001 Sb., zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) – podrobně příloha č. 12 k vyhlášce č. 428/2001 Sb.

Vyhláška 428/2001 Sb. v příloze č. 12 uvádí směrné roční potřeby studené vody pro různé typy provozů. Za předpokladu, že v rámci budovy je možné paušálně stanovit procentuelní podíl potřeby teplé vody ze potřebované studené, lze velmi jednoduše odvodit z údajů uvedených v příloze č. 12 vyhlášky 428/2001 Sb., roční potřebu teplé vody v daném objektu.

- DIN V 18 599-8: Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungsanlagen

Pro doplnění přehledu uvádíme německý zdroj, kde je jako referenční hodnota brána měrná potřeba energie obsažené v dodávané teplé vodě. Podrobně viz níže, tab. 3. Sekundárně lze z uvedených hodnot odvodit měrnou potřebu teplé vody za předpokladu ideálního provozu systému distribuce teplé vody.

Potřeba teplé vody v příslušné z -té zóně a j -tém časovém úseku $V_{W,z,j}$ se stanoví podle ČSN EN 15316-3-1 podle vztahu

$$V_{W,z,j} = \frac{V_{W,f,z,j} \cdot f_z}{1000} \quad (5)$$

kde $V_{W,f,z,j}$ je měrná potřeba teplé vody v z -té zóně za j -tý časový úsek [$l/(mj \cdot \text{perioda})$], f_z je počet měrných jednotek, ke kterému je vztažena hodnota $V_{W,f,z,j}$ [m^3].

Pro domácnosti obývané jednou rodinou, lze měrnou denní potřebu teplé vody v z -té zóně stanovit zjednodušeně podle ČSN EN 15316-3-1, kde f_z je celková podlahová plocha zóny A_z .

Měrná denní potřeba teplé vody $V_{W,f,z,j}$ se stanoví pro byty:

- a) $A_{f,z} > 27 \text{ m}^2$ podle vztahu

$$V_{W,f,z,j} = \frac{x \cdot \ln(A_z) - y}{A_{f,z}} \quad (6)$$

- b) $A_{f,z} \leq 27 \text{ m}^2$ a současně $A_{f,z} \geq 14 \text{ m}^2$ podle vztahu

$$V_{W,f,z,j} = z \cdot A_{f,z} \quad (7)$$

kde $A_{f,z}$ je celková podlahová plocha zóny (bytu) [m^2], x je konstanta, uvažuje se 39,5 l/den, y je konstanta, uvažuje se 90,2 l/den, z je konstanta, uvažuje se 1,49 l/($m^2 \cdot \text{den}$).

Pro ostatní typy budov lze určit hodnoty měrné potřeby teplé vody v z -té zóně za j -tý časový úsek $V_{W,f,z,j}$ podle hodnot (viz tab. 1) podle ČSN EN 15316-3-1.

Tab. 1 Měrné potřeby teplé vody pro nebytové budovy $V_{W,f,z,j}$

Typ budovy	$V_{W,f,z,j}$ [l/(mj.den)]	Měrná jednotka
Zdravotnická zařízení (bez prádelny)	56	lůžko
Zdravotnická zařízení (s prádelnou)	88	lůžko
Stravovací zařízení (samoobslužné)	4	host
Stravovací zařízení (s obsluhou)	10	host
Hotel 1* – 4* (bez prádelny)	56 až 118	lůžko
Hotel 1* – 4* (s prádelnou)	70 až 132	lůžko
Sportovní zařízení	101	sprcha

Zjednodušeně lze potřebu energie pro přípravu teplé vody v příslušné z -té zóně za den $Q_{W,nd,z,d}$ v GJ stanovit podle DIN V 18599-10:

- a) na základě obsazenosti zóny

$$Q_{W,nd,z,d} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot f_z \cdot q_{W,nd,f,z,d} \quad (8)$$

- b) nebo podle plochy zóny

$$Q_{W,nd,z,d} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot A_{f,z} \cdot q_{W,nd,A,z,d} \quad (9)$$

kde $q_{W,nd,f,z,d}$ je měrná denní potřeba energie na přípravu teplé vody podle obsazenosti z -té zóny [$kWh/(mj \cdot \text{den})$], např. stanovená podle tab. 2, f_z je počet měrných jednotek z -té zóně, ke které je vztažena hodnota parametru $q_{W,nd,f,z,d}$ [m^3], $q_{W,nd,A,z,d}$ je měrná denní potřeba energie na přípravu teplé vody podle plochy z -té zóny [$kWh/(m^2 \cdot \text{den})$], např. stanovená podle tab. 2, $A_{f,z}$ je celková plocha z -té zóny [m^2].

Tab. 2 Měrná denní potřeba energie na přípravu teplé vody

Typ zóny	$Q_{W,nd,f.z.d}$ [kWh/(mj.den)]	$Q_{W,nd,A.z.d}$ [Wh/(m ² .den)]
Administrativní budova	0,4 kWh na osobu a den	30
Nemocnice – lůžka	8 kWh na osobu a den	530
Škola	0,5 kWh na osobu a den	170
Budovy pro obchod	1 kWh na zaměstnance a den	10
Výrobní provozy, dílny (šatny)	1,5 kWh na zaměstnance a den	75
Hotel (ubytovna)	1,5 kWh na lůžko a den	190
Hotel (standard ***)	4,5 kWh na lůžko a den	450
Hotel (vyšší standard ****)	7 kWh na lůžko a den	580
Restaurace, stravování	1,5 kWh na místo a den	1250
Kolej, domov mládeže	3,5 kWh na místo a den	230
Sportovní zařízení (sprchy)	1,5 kWh na místo a den	–

V některých případech lze použít zjednodušený výpočetní postup, kdy se předpokládá, že roční potřeba teplé vody za daný j -tý časový úsek (měsíc, rok) nekolísa, je konstantní a je vztažena k celé budově, případně určit potřebu teplé vody v délce časového kroku jednoho měsíce. Potom lze pro stanovení potřeby energie na přípravu teplé vody $Q_{W,nd,j}$ použít zjednodušený vztah

$$Q_{W,nd,j} = \frac{V_{W,j} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{W,h} - \theta_{W,c})}{12 \cdot 10^6} \quad (10)$$

kde $V_{W,j}$ je měsíční (roční) potřeba teplé vody v z -té zóně za [m³/měsíc(rok)], $\theta_{W,h}$ je průměrná roční teplota teplé vody v místě přípravy [°C], $\theta_{W,c}$ je průměrná roční teplota přiváděné studené vody [°C].

Poznámka: Pro průměrnou teplotu teplé vody $\theta_{W,c}$ se uvažuje hodnota $\theta_{W,c} = 10$ °C. V případě difference pro roční období lze uvažovat pro letní období $\theta_{W,c} = 15$ °C, pro zimní období $\theta_{W,c} = 5$ °C. V případě bytových domů se sníženou potřebou energie na vytápění lze použít jednotně hodnotu $Q_{W,nd,z,j} = 550$ kWh/rok na jednu osobu podle TNI 73–0329.

ÚČINNOST ZDROJE PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY

Jedním z parametrů, určujících množství dodané energie do budovy, je účinnost zdroje přípravy teplé vody. Průměrná roční účinnost zdroje přípravy teplé vody $\eta_{W,gen,sys}$ se orientačně stanoví podle ČSN EN 15316–3–3 a DIN V 18599–8 závislosti na systémovém řešení přípravy TV.

Pro nepřímě ohřívání zásobníků platí, že účinnost zdroje přípravy TV v podobě plynového kotle je shodná jako $\eta_{H,gen,sys}$. Podrobněji lze stanovit $\eta_{W,gen,sys}$ podle jmenovitého výkonu příslušného zdroje tepla podle ČSN EN 15316–3–3, kdy platí pro:

a) standardní plynový kotel

$$\eta_{W,gen,sys} = (84,0 + 2 \cdot \log(P_{gen,nom,out,sys})) / 100 \quad (11)$$

b) nízkoteplotní kotel

$$\eta_{W,gen,sys} = (87,5 + 1,5 \cdot \log(P_{gen,nom,out,sys})) / 100 \quad (12)$$

c) kondenzační kotel do roku 1995

$$\eta_{W,gen,sys} = (914,0 + 1,0 \cdot \log(P_{gen,nom,out,sys})) / 100 \quad (13)$$

d) kondenzační kotel mladší než 1995

$$\eta_{W,gen,sys} = (94,0 + 1,0 \cdot \log(P_{gen,nom,out,sys})) / 100 \quad (14)$$

kde $P_{gen,nom,out,sys}$ je jmenovitý výkon zdroje tepla, plynového kotle pro přípravu TV [kW].

Pro plynem přímo ohřívání zásobníků je postup stanovení účinnosti výroby energie $\eta_{W,gen,sys}$ odvozen ze vztahů uvedených v ČSN EN 15316–3–3 a stanoví se ze vztahu

$$\eta_{W,gen,sys} = \frac{Q_{W,nd,z,j}}{Q_{W,nd,z,j} + Q_{W,gen,ls,sys}} \quad (15)$$

kde $Q_{W,gen,ls,sys}$ je celková tepelná ztráta zásobníku, které se pro přímo ohřívání zásobník plynem stanoví podle normy ČSN EN 15316–3–3, pro elektricky ohřívání zásobník s časově průběžným ohřevem se stanoví podle normy ČSN EN 15316–3–3, resp. přílohy D pro časově programovatelnou přípravu teplé vody.

Alternativně lze při stanovení $Q_{W,gen,ls,sys}$ postupovat podle zjednodušeného postupu uvedeného v DIN 18599–8, kde pro přímo ohřívání zásobníků přípravy teplé vody platí vztah

$$Q_{W,gen,ls,sys} = 1,2 \cdot \frac{50 - \theta_{i,gen,sys}}{45} \cdot q_{gen,ls,sys} \cdot t_{use,j} \quad (16)$$

kde $\theta_{i,gen,sys}$ je průměrná vnitřní teplota v místě přípravy teplé vody [°C], $t_{use,j}$ je roční doba provozu zásobníku přípravy teplé vody [d], $q_{gen,ls,sys}$ je průměrná denní ztráta tepelné energie příslušného systému přípravy TV [GJ], která se stanoví pro:

a) nové zásobníky do objemu 1000 l

$$q_{gen,ls,sys} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot (0,8 + 0,02 \cdot V_{W,gen,sys}^{0,77}) \quad (17)$$

b) nové zásobníky nad objem 1000 l

$$q_{gen,ls,sys} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot (0,39 + V_{W,gen,sys}^{0,35} + 0,5) \quad (18)$$

c) nepřímě ohřívání zásobníků do roku 1992

$$q_{gen,ls,sys} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot (0,4 + 0,23 \cdot V_{W,gen,sys}^{0,4}) \quad (19)$$

d) elektricky přímo ohřívání zásobníků

$$q_{gen,ls,sys} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot (0,29 + 0,019 \cdot V_{W,gen,sys}^{0,8}) \quad (20)$$

e) elektricky přímo ohřívání zásobníků do roku 1992

$$q_{gen,ls,sys} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot 1,4 \cdot (0,29 + 0,019 \cdot V_{W,gen,sys}^{0,8}) \quad (21)$$

f) plynem přímo ohřívání zásobníků

$$q_{gen,ls,sys} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot (2,0 + 0,033 \cdot V_{W,gen,sys}^{1,1}) \quad (22)$$

g) plynem přímo ohřívání zásobníků do roku 1992

$$q_{gen,ls,sys} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot 1,4 \cdot (2,0 + 0,033 \cdot V_{W,gen,sys}^{1,1}) \quad (23)$$

kde $V_{W,gen,sys}$ je objem zásobníku přípravy teplé vody [l].

Zjednodušený postup stanovení účinnosti systému distribuce teplé vody $\eta_{W,sys,dis}$ je odvozen ze vztahů uvedených v ČSN EN 15316–3–2. Parametr $\eta_{W,sys,dis}$ se stanoví ze vztahu

$$\eta_{W,dis,sys} = \frac{Q_{W,nd,z,j} + Q_{W,gen,ls,sys}}{Q_{W,nd,z,j} + Q_{W,gen,ls,sys} + Q_{W,dis,ls,sys}} \quad (24)$$

kde $Q_{W,dis,ls,sys}$ je celková tepelná ztráta rozvodů přípravy teplé vody, které se stanoví podle normy ČSN EN 15316-3-2, $Q_{W,gen,ls,sys}$ je celková tepelná ztráta zásobníku, např. podle normy ČSN EN 15316-3-3.

Účinnost sdílení energie v koncových prvcích příslušného systému přípravy teplé vody $\eta_{W,em,sys}$ představuje účinnost tzv. předání energie do využitelného množství vody.

Obecně lze tento parametr vyjádřit jako poměrné množství teplé vody, která je odtočena, ale není využita: Např. množství teplé vody odtocené před namixováním teplé vody o požadované teplotě a množství ve výtokové armatuře umyvadla, dřezu, sprchy, nebo vany.

Zjednodušeně lze uvést, že v případě použití různých typů koncových armatur platí

a) směšovací obyčejné výtokové armatury

$$\eta_{W,em,sys} = 0,87 \quad (25)$$

b) směšovací termostatické výtokové armatury

$$\eta_{W,em,sys} = 1 \quad (26)$$

ZÁVĚR

Uvedený výpočet představuje základní postup stanovení energetické náročnosti přípravy teplé vody. V případě některých detailů, systémového řešení přípravy teplé vody, je nutné postupovat podle příslušných technických norem, např. ČSN 15 316-3 a především logického technického myšlení.

Z uvedeného výpočetního postupu je patrné, že stanovení dodané energie pro přípravu teplé vody nepředstavuje složitý výpočet. Výpočet je však závislý na několika parametrických vstupech, které musí zpracovatel výpočtu stanovit. Nejcitlivějším údajem pro výpočet je množství potřeby teplé vody v budově. Na tomto parametru závisí relevantnost zpracovaného výpočtu.

Vzhledem k procentuelnímu podílu dodané energie na přípravu teplé vody k celkové potřebě v budově, je u některých budov, právě příprava teplé vody rozhodujícím parametrem, pro celkové množství dodané energie do budovy. Z tohoto pohledu je v současnosti také největší potenciál úsporu v hospodaření s teplou vodou.

Kontakt na autory: kabele@fsv.cvut.cz, miroslav.urban@fsv.cvut.cz

Použité zdroje:

- [1] Směrnice 2002/91/ES, o energetické náročnosti budov (EPBD)
- [2] Vyhláška MPO ČR č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov
- [3] Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů
- [4] Vyhláška MZE č. 428/2001 Sb., kterou určuje zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)
- [5] DIN V 18599-8, Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungsanlagen, platnost v Německu od 2005
- [6] ČSN EN 15316-3-1, Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy – Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody)
- [7] ČSN EN 15316-3-2, Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy – Část 3-2: Soustavy teplé vody, rozvody
- [8] ČSN EN 15316-3-3, Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy – Část 3-3: Soustavy teplé vody, příprava
- [9] Kabele, K., Urban, M., Adamovský, D., Kabrhel, M., *Národní kalkulační nástroj NKN* (počítačová aplikace). Ver. 2.066 Praha, 2010. Dostupné zdroje <<http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn>>. Výpočetní nástroj pro stanovení energetické náročnosti budov, 61 MB
- [10] Kabele, K., Urban, M., Adamovský, D., Kabrhel L, M., *Energetická náročnost budov v souvislostech s platnou legislativou ČR*. 1. vyd., Praha, ABF – nakladatelství ARCH, 2008, 144 s., ISBN 978-80-86905-45-7
- [11] Urban, M., Svoboda, Z., Kabele, K., Kabrhel L, M., Adamovský, D., *Metodika bilančního výpočtu energetické náročnosti budov*. Ministerstvo průmyslu a obchodu 2008

IZOLACE TECHNICKÝCH ROZVODŮ

- odolávají ohni
- brání šíření hluku
- eliminují tepelné ztráty

PAVEL HAVLÍČEK ☎ +420 724 668 344
OBCHODNÍ ZÁSTUPCE ✉ pavel.havlicek@knaufinsulation.com

www.knaufinsulation.cz

KNAUF INSULATION
čas chránit energii