

Ing. Vít KOVERDYNSKÝ, Ph.D.
VUT v Brně, Fakulta stavební,
Ústav TZB

Výrobové normy pro technické izolace – (část 2) Součinitel tepelné vodivosti

Specification for Factory Made Industrial Insulations – (Part 2), Thermal Conductivity

Recenzent
Prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.

Autor se zabývá rozhodujícími vlivy na základní vlastnost tepelných izolací, kterou je tepelná vodivost. Rozebírá vliv teploty, vlhkosti, objemové hmotnosti a zabývá se novými pojmy jako je tepelná vodivost měřená, deklarovaná a návrhová.
Klíčová slova: Tepelná izolace, tepelná vodivost, evropské normy

The author deals with decisive influences that affect the thermal conductivity as a basic property of thermal insulations. He analyses individual influences of temperature, moisture content, and density and explains new terms such as measured, declared and design thermal conductivity.

Key words: Thermal insulation, thermal conductivity, European standards

ÚVOD

Možnosti uplatnění tepelných izolací a jejich ekonomický a ekologický přínos byly již vícekrát připomínány. Rovněž je známo, že tento význam souvisí s jejich nízkou tepelnou vodivostí. Méně často se však zdůrazňuje, že tato rozhodující vlastnost tepelných izolací je podmíněna jejich trvale suchým stavem, je výrazným způsobem ovlivněna teplotou izolovaného zařízení a dalšími vlivy, kterým se budeme věnovat v tomto 2. díle článku o výrobových normách pro technické izolace.

TEPELNÁ VODIVOST IZOLACE

Nejdůležitějším parametrem izolačních materiálů z hlediska tepelné ochrany je součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m.K)]. Představuje schopnost materiálu vést teplo. Je dán tepelným tokem [W], který projde materiálem o ploše 1 m² a tloušťce 1 m, jestliže rozdíl teplot povrchů ve směru toku činí 1 K. O látkách tepelněizolačních hovoříme tehdy, pokud je λ nižší než 0,1 W/(m.K) [6]. Tepelná vodivost je látková vlastnost materiálu a její hodnota je obecně závislá na několika faktorech.

Závislost na objemové hmotnosti

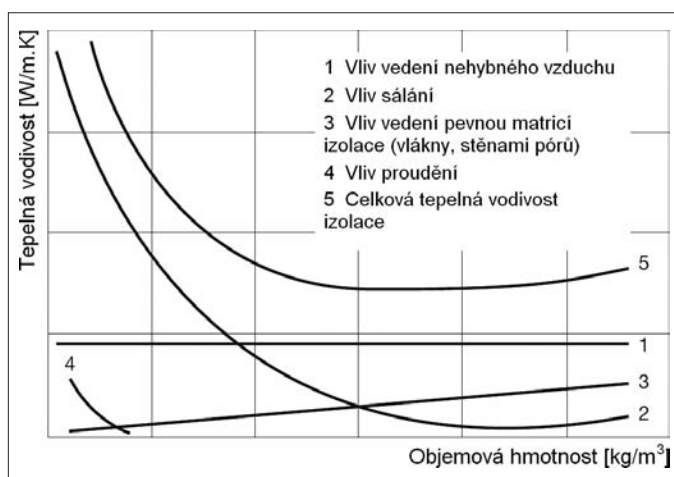
Tepelně-izolační látky lze chápat vždy jako kompozit tuhé substance a plynu. Každá z obou složek ovlivňuje výslednou charakteristiku izolace a to vlastností, která je pro ni dominantní. Plyný podíl látky s pórovitostí, vláknitostí

nebo zrnitou strukturou je tedy rozhodujícím faktorem, který určuje její nízkou tepelnou vodivost. Tuhá substance dodává látce pevnost, nebo pružnost, ale naopak nízkou hodnotu tepelné vodivosti zvyšuje. S určitým omezením platí, že čím nižší objemová hmotnost, tím méně tuhé, vodivější substance a tedy tím nižší tepelná vodivost.

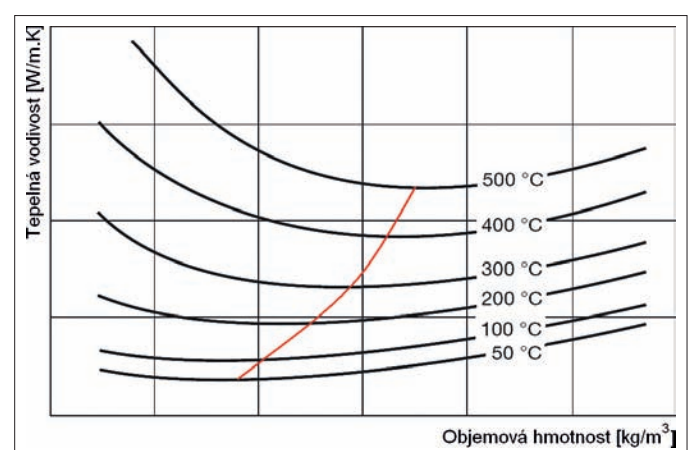
Toto tvrzení má některé výjimky. Neplatí např. u fóliových izolací. Rovněž u vláknitých látek je jejich struktura při nízké objemové hmotnosti (např. 15 kg/m³ – typická izolace ze skelných vláken do šikmých střech) již natolik řídká, že se jednak snižuje stínící účinek vláken vůči radiaci, jednak již není možno považovat vzduch mezi vlákny za klidný. Sledujeme-li závislost tepelné vodivosti na objemové hmotnosti, ukazuje se, že s její klesající hodnotou se tepelná vodivost do určité meze snižuje. Dále však opět vzrůstá. Má tedy při určité objemové hmotnosti látky své minimum. To se posouvá u vyšších teplot směrem k vyšší objemové hmotnosti, jak je patrné na obr. 2, na červeně zvýrazněné křivce. Při navrhování tepelné izolace by se tedy měl volit výrobek s objemovou hmotností, která zaručuje minimální vodivost podle provozní teploty izolovaného zařízení.

Závislost na teplotě

Údaj o tepelné vodivosti izolační látky, ať zjišťovaný měřením, nebo přejímaný z literatury nebo jiných technických podkladů, je tedy vždy třeba spojovat nejen s objemovou hmotností, ale i s teplotou, k níž se vztahuje. Tepelná vodivost tuhých látek i plynů obecně s teplotou vzrůstá. Např. u vzduchu je tato závislost zřejmá z tab. 1. Vzrůstá tedy i tepelná vodivost izolace.



Obr. 1 Rohož na pleťvu z minerální vlny je jedním z nejpoužívanějších izolačních materiálů pro izolování průmyslových zařízení nejen v energetice



Obr. 2 Tepelná vodivost v závislosti na objemové hmotnosti pro jednotlivé teploty izolovaného povrchu [7]

Tab. 1 Tepelná vodivost suchého vzduchu v závislosti na teplotě při normálním tlaku

Teplota [°C]	Tepelná vodivost [W/m·K]
-150	0,0117
-100	0,0163
-50	0,0206
0	0,0243
10	0,0250
20	0,0257
30	0,0264
50	0,0280
100	0,0320
200	0,0392
400	0,0519
600	0,0622

Navíc se však díky pórovité struktuře izolační látky uplatňuje i vliv radiace. Stěny pórů izolace představují v podstatě vzájemně sálající plochy, kde závisí velikost sdíleného toku tepla na čtvrté mocnině teploty (křivka 2 v grafu na obr. 3). Záleží na tom, jak velké jsou póry, resp. jak velký počet mezistěn se staví na odpor tepelnému prostupu. V souhrnu je pak závislost vodivosti na teplotě, zejména při vyšších teplotách, velmi progresivní a to tím více, čím je látka specificky lehčí. Závislost tepelné vodivosti na teplotě lze obecně vyjádřit křivkou 5, která je součtem jednotlivých tepelných dějů, jak vyplývá z obr. 3.

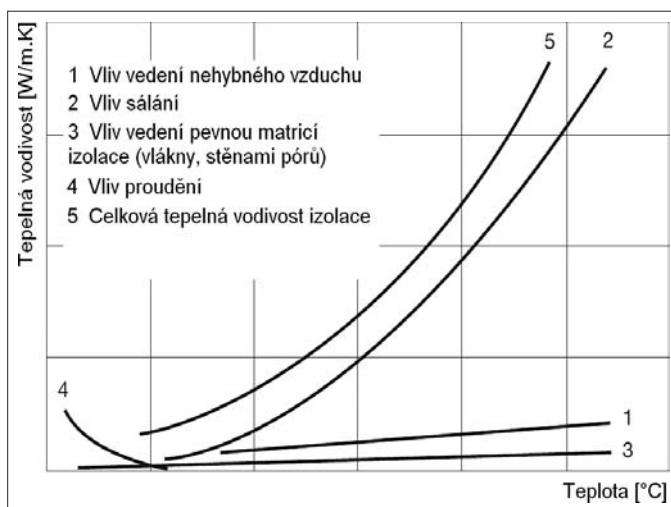
Závislost na vlhkosti

Podstatou tepelně-izolačních látek je uzavření plynu (nejčastěji vzduchu) do malých prostorů – pórů, nebo vytvoření takové prostorové struktury, která uzavírá velký objem plynu (vzduchu), ale přitom nedovoluje jeho pohyb, zamezuje proudění uvnitř struktury izolace. Součástí takového kompozitu je pak nejčastěji vzduch s tepelnou vodivostí $\lambda_{10^{\circ}\text{C}} = 0,025 \text{ W/(m.K)}$, který zaujímá u kvalitních izolací 92 až 96 %, a tuhá substance s tepelnou vodivostí zhruba 50 × větší, která zaujímá zbytek prostoru izolační látky.

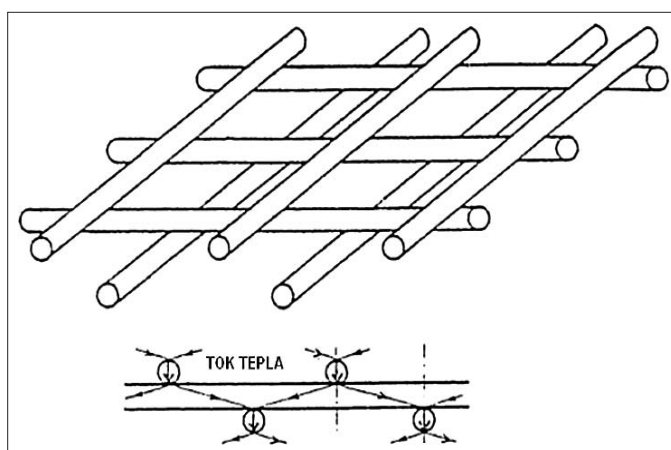
Tuhá substance může mít formu více nebo méně uzavřených pórů (např. u polystyrenu) anebo formu sypkého (např. u perlitu) či vláknitého prostředí (u minerálních nebo skleněných desek a plstí). Účinnost takových izolací je tím lepší, čím je tuhá substance v prostoru méně, tedy, čím jsou, zjednodušeně řečeno, stěny pórů tenčí anebo čím je vzájemný dotyk vláken u minerálních plstí méně častý a pouze bodový (obr. 4). Pokud se tyto podmínky jakýmkoliv způsobem naruší, má to nepříznivý vliv na výši tepelné vodivosti látky.

Tepelně-izolační látky jsou často využívány v prostředí, kde může souhra parciálních tlaků, resp. relativní vlhkosti vzduchu a povrchových napětí přítomných látek, vyvolat místní kondenzaci vody. Její rozsah může mít formu jen mikroskopické vrstvy na povrchu tuhých částic, která v podstatě nemění původní strukturu látky, nebo může mít, podle intenzity kondenzace, tzv. penikulární formu. Znamená to, že může vytvářet malé můstky v místech dotyku sousedících vláken – obr. 5. V nejhorším případě může přejít do funikulární formy, to znamená, že vyplní menší nebo větší počet dutin, v závislosti na jejich tvaru a velikosti.

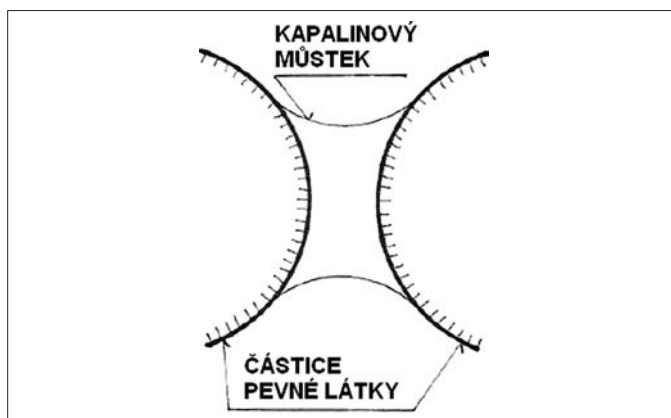
Vzhledem k tomu, že tepelná vodivost vody je $\lambda_{\text{vody}} = 0,6 \text{ W/(m.K)}$, to je 25 × větší než tepelná vodivost suchého nehybného vzduchu, a ta se dále při její případné přeměně na led (u chladiřských zařízení) zvětšuje na $\lambda_{\text{ledu}} = 2,3 \text{ W/(m.K)}$, dochází k výraznému ovlivnění tepelné vodivosti látky ve srovnání s jejím suchým stavem. Přítomnost vody ve funikulární formě pak vyvolává další nežádoucí přenos vlhkosti kapilárními, difúzními či jinými pochody.



Obr. 3 Závislost tepelné vodivosti na teplotě a vyjádření vlivu jednotlivých tepelně-přenosových dějů [7]



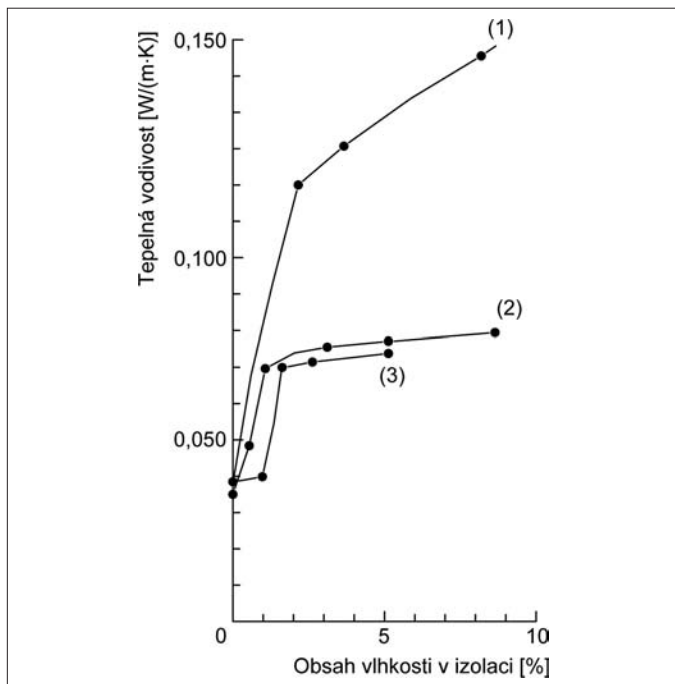
Obr. 4 Přenos tepla vedením bodovými dotyky vláken



Obr. 5 Řez dvěma sousedícími vlákny – je-li mezi nimi kapička vody dojde k vytvoření tepelného můstku

Globálně se uvádí, že 1% zvýšení vlhkosti znamená navýšení tepelné vodivosti o 4 až 6 %. Experimentálně zjištěné změny pro některé látky jsou naznačeny na obr. 6. Vzhledem k tomu je tedy pro zachování správné a trvalé funkce izolace nezbytně nutné předejít jejímu možnému navlhnutí. Realizace probíhá jednak mechanickými prostředky, tedy vhodným obalem při dopravě a uskladnění v krytých prostředcích a skladech v suchém prostředí, jednak účinnou hydrofobizací izolace.

Lze říci, že voda je největší nepřítel tepelně-izolační techniky.



Obr. 6 Tepelná vodivost v závislosti na obsahu vlhkosti v izolaci z minerální vlny [8]

- 1– Skleněná vlna (92 kg/m³, 24 °C)
- 2– Kamenná vlna (78 kg/m³, 10 °C)
- 3– Skleněná vlna (62 kg/m³, 10 °C)

KVALITATIVNÍ UKAZATEL TEPELNÉHO ODPORU IZOLAČNÍ VRSTVY

Součinitel tepelné vodivosti má podle pojetí nových norem různý význam podle způsobu jeho zjištění nebo použití.

Tepelná vodivost měřena

Tepelná vodivost materiálů, chápaná jako jejich látková vlastnost, se zjišťuje měřením na vzorcích, které jsou zvlášť připraveny co do tvaru, povrchu, případně obsahu vlhkosti. Měření probíhá při přesně definovaných podmínkách podle normy ČSN EN 12667 (pro rovinné vzorky) a podle ČSN EN ISO 8497 (pro izolační pouzdra a segmenty).

Výsledkem je součinitel tepelné vodivosti, jehož platnost lze, přísně vzato, vztahovat pouze a jedině na vyšetřený vzorek a podmínky panující při laboratorním měření. Udává se na tři desetinná místa. Výrobci izolací obvykle uvádějí takto naměřené hodnoty tepelné vodivosti ve svých technických listech. Tato praxe by se nejspíše od srpna 2012 měla, s povinnou certifikací podle ČSN EN 14303, změnit.

Tepelná vodivost deklarovaná

Deklarovaná tepelná vodivost, jako limitní křivka stanovená podle ČSN EN ISO 13787, je výsledkem statistického šetření na větším počtu vzorků téhož druhu materiálu při definovaných okrajových podmínkách. Toto nové pravidlo směřuje proti snaze výrobců uvádět pouze historicky nejlepší dosažené měření. Deklarovaná hodnota tedy bude představovat horní mez pro všechny aktuálně naměřené hodnoty. Povinnost uvádět v podkladech deklarované hodnoty platí od srpna 2012, kdy vstupují v platnost výrobové normy pro tepelné izolace v průmyslu (např. již zmiňovaná ČSN EN 14303 pro izolace z minerální vlny).

Tepelná vodivost návrhová

Stanovení návrhových hodnot součinitele tepelné vodivosti pro technické výpočty izolačních systémů vyžaduje uvážení různých možných vlivů souvisejících s provozními podmínkami technických zařízení budov a průmys-

lových instalací. Základem pro stanovení *návrhové hodnoty* je *deklarovaná hodnota* součinitele tepelné vodivosti.

Mezi možné vlivy patří následující:

- a) nelinearita závislosti součinitele tepelné vodivosti v rozsahu teplot, ve kterých lze izolant použít, $F_{\Delta\theta}$;
- b) vliv vlhkosti v izolaci (průměrný předpokládaný obsah vlhkosti materiálu, který je v rovnovážném stavu s definovanými podmínkami okolí – teplotou a relativní vlhkostí vzduchu), F_m ;
- c) vliv stárnutí podle použití, pokud není zahrnut v deklarované hodnotě, F_a ;
- d) stlačení použité v aplikaci, F_c ;
- e) vliv vedení tepla v materiálu, F_c ;
- f) vliv tloušťky, F_δ ;
- g) vliv otevřených spár, F_j ;
- h) tepelné mosty (tepelné mosty, které jsou běžnou součástí izolačního systému, např. distanční podložky), které jsou uvažovány hodnotou, $\Delta\lambda$.

Návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti se získá, buď:

- z deklarované hodnoty součinitele tepelné vodivosti převedené na podmínky použití podle rovnice: $\lambda = \lambda_d \cdot F + \Delta\lambda$ kde se hodnota $\Delta\lambda$, jakožto přídatná hodnota pro pravidelné tepelné mosty, získá podle 7.9 [5] a celkový převodní součinitel F je: $F = F_{\Delta\theta} \cdot F_m \cdot F_a \cdot F_c \cdot F_c \cdot F_d \cdot F_j$
- nebo z hodnot zjištěných experimentálně při podmínkách použití.

V normě ČSN EN ISO 23993 jsou uvedeny převodní součinitele F_i které se aplikují pro různé způsoby použití izolačních výrobků, a dále jsou popsány zásady a obecné rovnice společně s některými pokyny pro stanovení návrhových hodnot. Převodní součinitele platné pro běžně používané izolační výrobky jsou uvedeny v přílohách. Tam, kde zatím není dostatek zkušeností, a převodní součinitele nelze stanovit přesně, jsou uvedeny formou „kvalifikovaného odhadu“ tak, aby byl výsledek výpočtu na straně bezpečné, tj. vypočítaný prostup tepla byl větší než skutečný.

Projektant postupuje při návrhu tloušťky izolace podle ČSN EN ISO 23993 tak, že z *hodnot deklarovaných* spočítá *hodnotu návrhovou*, která se teprve použije pro stanovení tloušťky izolace.

Tab. 2 Postup stanovení tepelné vodivosti pro výpočet

Tepelná vodivost	Stanovení podle normy	Hodnotu stanoví
měřená	ČSN EN 12667 (rovinné vzorky) ČSN EN ISO 8497 (izolační pouzdra)	výrobce izolace
deklarovaná	ČSN EN ISO 13787	výrobce izolace
návrhová	ČSN EN ISO 23993	projektant

Postup získání návrhových hodnot je dosti složitý a jeho vysvětlení je nad rámec tohoto článku. Je podrobně popsán ve zmiňované normě.

ZÁVĚR

Od srpna 2012 bude povinností výrobců technických izolací uvádět data dle výrobových norem, např. ČSN EN 14303 pro izolace z minerální vlny. Znamená to, že certifikát bude platný na celém území Evropské unie. Ale samozřejmě jako každá nová věc, má i tato své stinné stránky. Všude se hovoří o vlastnostech „deklarovaných“. Tedy pokud výrobce deklaruje hodnotu a měřením ji splní, vyhoví dikci normy.

Bohužel norma neuvádí žádné limity vlastností, jako je tomu u německé normy pro minerální vlnu AGI Q 132. V praxi to pak může znamenat, že výrobky od dvou producentů, mající oba certifikát podle ČSN EN 14303,

mají ve skutečnosti zcela odlišné užité vlastnosti. Uživatelé nebudou nic jiného, než se naučit hledat a číst v dokumentaci výrobce a porovnávat takto zjištěné hodnoty s vlastnostmi, které očekává, či které předepisuje projekt a specifikace. Popisované zavádění nových norem je tedy nutné zatím chápat jako první krok na cestě k harmonizaci izolačních produktů pro zařízení staveb a průmyslové instalace.

Kontakt na autora: vit.kov@email.cz

Použité zdroje:

- [1] ČSN EN 14303, 2010. Tepelně izolační výrobky pro zařízení staveb a průmyslové instalace – Průmyslově vyráběné výrobky z minerální vlny (MW) – Specifikace
- [2] ČSN EN 12667, 2001. Tepelné chování stavebních materiálů a výrobků – Stanovení tepelného odporu metodami chráněné topné desky a měřidla tepelného toku – Výrobky o vysokém a středním tepelném odporu
- [3] ČSN EN ISO 8497, 1998. Tepelná izolace – Stanovení vlastností prostupu tepla v ustáleném stavu tepelné izolace pro kruhové potrubí
- [4] ČSN EN ISO 13787, 2003. Tepelně izolační výrobky pro zařízení budov a průmyslové instalace – Stanovení deklarované hodnoty součinitele tepelné vodivosti
- [5] ČSN EN ISO 23993, 2011. Tepelně izolační výrobky pro zařízení budov a průmyslové instalace – Stanovení návrhové hodnoty součinitele tepelné vodivosti
- [6] ČSN 73 0540-1, 2005. Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie
- [7] AGI Q 132, 2006. Mineral Wool – Insulation Material for Industrial Installation
- [8] Langlais, C., Hyrien, M. & Klarsfeld, S., Influence of Moisture on Heat Transfer Through Fibrous-Insulating Materials, *Thermal Insulation, Materials and System for Energy Conservation in the 80's*, ASTM STP 789, American Society for Testing and Materials, pp. 563–581, 1983. ■

* Přístrojové skříně a rozvaděče Rittal v Ex provedení

Spolehlivost skříní a rozvaděčů firmy Rittal GmbH, Herborn, v protipožárním provedení do výbušných prostředí, splňující revidované požadavky evropské normy EN 60079-0:2009 a certifikace podle IEC výrazně příznivě ovlivňuje použití těsnicího materiálu vysekávaného ze silikonové pěny. Mohou být použity do nebezpečných zón 1 (plyny, páry a vodní pára) a 21 (prach) pro třídu T6 při teplotách –30 až 80 °C, na rozdíl od stávajících –30 až 40 °C. Nová norma EN totiž požaduje zkoušení skříní včetně těsnění na odolnost vůči průniku médií při zvýšených teplotách.

Další předností těsnicího materiálu ze silikonové pěny je zlepšená dlouhodobá odolnost vůči pronikání vody a vlhkosti, jakož i jiných zdrojů poškozování. Skříně se užívají zvláště u procesních ovládaní, automatizace a u rozvodů IT.

Pramen: www.cpp-net.com

(AB)

* Řízené větrání obytných prostorů od firmy Zewotherm

Firma Zewotherm GmbH z Remagenu nabízí plošné podlahové vytápění trubkovým systémem, solární zařízení a zásobníky tepla. Nyní doplňuje sortiment o řízené bytové vytápění. Nový produktový program se nazývá „ZewoAir“, má centrální jednotku pro jeden nebo dva byty v domě. Zařízení je vybaveno protiproudým výměníkem tepla, stupeň rekuperace dosahuje i při venkovní teplotě – 10 °C až 92 %. V zařízení jsou užití radiální ventilátory a na přívodu vzduchu filtry třídy F7. Odváděný vzduch je čistěn filtry třídy G4. Firma nabízí vzduchové potrubí kulatého nebo hranatého průřezu, veškeré montážní příslušenství k střešním vstupům, i tlumiče hluku. Více na www.zewotherm.de.

Zdroj: CCI 10, 2011

(Laj)



NEW

BETA 9/7

průmyslové větrání s rekuperací tepla
s účinností větší **> 70%** SFP 4



- větrací a vytápěcí jednotka s nastavitelným vzduchovým výkonem do 7000 m³h⁻¹
- volná oběžná kola s EC motory umožňujícími dvoustupňovou regulaci vzduchového výkonu
- automatické řízení a regulace jednotek s možností připojení k síti ETHERNET a k PC
- protiproudý deskový rekuperační výměník s účinností minimálně 70 %
- distribuce čerstvého vzduchu dálkově ovládanou tryskovou vyústkou