

Ing. Vít KOVERDYNSKÝ
VUT, Stavební fakulta, Ústav TZB,
Brno

Tepelná izolace s kapilárně aktivní tkaninou pro rozvody chladu

Thermal Insulation with Capillary Active Wick Fabric for Cold Piping

Recenzent
Ing. Zdeněk Lerl

Tepelná izolace s tkaninou s knotovým efektem pro rozvody chladu je založena na kapilárním sání vláknité tkaniny, která slouží k odvedení zkondenzované vodní páry z povrchu trubky na vnější povrch izolace. Odtud se voda odpaří do okolního vzduchu. Toto zajistí prevenci dlouhodobé akumulace vlhkosti v izolačním materiálu. Tkanina zajišťuje suchost vlastní struktury izolace, proto je izolační systém schopen udržet své tepelné izolační vlastnosti po celou dobu její životnosti. Vlhkost je obsažena pouze v tkanině.

Článek popisuje princip funkce tepelné izolace pro chladové rozvody založené na knotovém efektu, systém je také možné nazvat samovysychajícím. Vysychací schopnosti systému byly podrobeny několika experimentům. Výsledky, které jsou prezentovány ve článku ukazují, že tento typ izolačního systému je funkční u potrubí s teplotou vyšší než 0 °C a pro okolní podmínky, které se běžně v praxi vyskytují.

Klíčová slova: tepelná izolace, knotový efekt, rozvody chladu, akumulace vlhkosti, chlazení, klimatizace

The wick-concept for thermal insulation of cold piping is based on capillary suction of a fiber fabric that diverts condensed water vapor from the pipe surface to the outer surface of the insulation. From the surface of the insulation jacket the water will evaporate to the ambient air. This will prevent long term accumulation of moisture in the insulation material. The wick keeps the hydrophobic insulation dry, allowing it to maintain its thermal performance. The only liquid moisture is kept in the wick fabric.

The article presents the principle of operation of cold pipe insulation using the wick-concept in either of two variations: the self-drying or the self-sealing system. Some experiments have been carried out using different variations of the two systems to investigate the conditions for exploiting the drying capabilities of the systems, and the results are given in the article. The results show that variations of these types of insulation systems work for pipes with wall temperatures above 0 deg C and for ambient conditions within common ranges for industrial applications.

Key words: Thermal Insulation, Wick-concept, Cold Piping, Moisture Accumulation, Refrigeration, Air Conditioning

Autor ve svém popisu experimentů a jejich vyhodnocení seznamuje čtenáře s velmi zajímavou možností jak zlepšit kvalitu tepelné izolace potrubních rozvodů chladu.

Lerl

Rozvody chladu představují rozvody, u kterých je povrchová teplota potrubí nižší než teplota rosného bodu okolního vzduchu. Za těchto podmínek vodní pára z okolního vzduchu směřuje k chladné trubce, na jejímž povrchu zkondenzuje a může způsobit odkapávání. Z toho plyne, že chladovou trubku je nutné izolovat. Tloušťka izolace musí být dostatečná, aby se zvýšila povrchová teplota izolace nad teplotu rosného bodu okolního vzduchu. Neustále zde však bude zachován transport vodní páry směrem k chladnému potrubí, jež povede k akumulaci vlhkosti v izolaci.

Mezinárodní standardy EN 14114 [6] a EN ISO 15758 [7] pojednávají o různých typech izolací pro minimalizaci akumulace vlhkosti v izolaci:

- a) instalace parozábrany;
- b) použití izolačního materiálu s vysokým faktorem difúzního odporu (izolace s nízkou paropropustností);
- c) použití parozábrany a kapilárně aktivní tkaniny pro nepřetržité odvádění zkondenzované vodní páry z povrchu potrubí do okolního prostředí.

Metoda c) je založena na knotovém efektu tkaniny. Článek pojednává o dvou technických řešeních – samovysychajícím systému a samootěšňujícím systému (jedná se vlastně o samovysychající systém s druhým opláštěním).

1. KNOTOVÝ EFEKT TKANINY

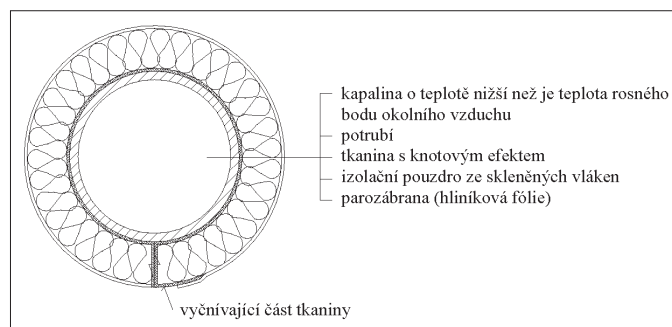
Zásadním předpokladem, který stál za vývojem izolace s knotovým efektem, bylo to, že v praxi není možné realizovat tak perfektně utěsněný izolační systém pro rozvody chladu, který by omezil průnik vodní páry do izo-

lace a následnou kondenzaci na chladném potrubí. Pokud by technicky bylo možné realizovat dokonale utěsněný systém, mezery ve spojích či mechanická poškození se objeví během doby užívání izolačního systému. Zkondenzovanou vodní páru z povrchu potrubí je možné přemístit užitím určité kapilárně aktivní tkaniny (tj. vláknité tkaniny ze skla), která umožní transport vlhkosti v tekuté fázi z jednoho místa s vyšší objemovou vlhkostí do místa s nižší objemovou vlhkostí. Izolační pouzdro s kapilárním odvodem zkondenzované vody je možné použít pouze pro povrchovou teplotu potrubí nad bodem mrazu [1, 5].

1.1 Horizontální potrubí

Samovysychající izolační systém

Izolační pouzdro zobrazené na obrázku 1 má vnitřní vložku z tkaniny s dobrými kapilárně sacími vlastnostmi. Tkanina prochází drážkou a vyčnívá na vnější povrch izolace. Rychlost vypařování z vyčnívající části knotové tkaniny byla testována Prof. Korsgaardem a je popsána ve [4]. Výsledky ukázaly, že nejvyšší rychlost odpařování je pro vyčnívající část tkaniny 10 mm a více (v rozmezí 10 až 75 mm byla rychlost odpařování stejná). Vyčnívající část tkaniny pro použití v praxi by měla být mezi 10 až 20 mm. U horizontálních



Obr. 1 Samovysychající izolační systém

potrubí se podélná drážka doporučuje umístit směrem dolů, aby gravitace pomohla s odstraňováním zkondenzované vodní páry.

Zkondenzovaná vodní pára je absorbována tkaninou s knotovým efektem. Se vzrůstajícím množstvím absorbované vody se zaplní póry tkaniny a kapilární síly způsobí pohyb kondenzátu směrem k suším oblastem tkaniny. Tato kapilární síla, podpořená vlivem gravitace, přemístí kondenzát drážkou na vnější povrch izolace, odkud se může odpařit do okolního vzduchu. Toto se děje tak dlouho, dokud je teplota rosného bodu okolního vzduchu nižší než povrchová teplota opláštění izolace [3].

Pokud je teplota rosného bodu rovna či vyšší než povrchová teplota opláštění, dojde ke kondenzaci na povrchu opláštění a kondenzát může odkapávat (také z vyčnívající části tkaniny). Neznamená to však, že vodní pára kondenzující na chladném povrchu potrubí se bude akumulovat v izolaci. Zkondenzovaná vodní pára bude nadále vysávána tkaninou s knotovým efektem a izolace může zůstat suchá.

Drážku v parozábraně, kterou vyčnívá tkanina, lze považovat za mezeru v opláštění. Vodní pára však nemůže difundovat přes drážku, jakmile je tkanina nasycena vodou. Vysvětlení je následující. V počátečním období, když je tkanina suchá, dojde k přenosu vlhkosti obsažené ve formě vodní páry v okolním vzduchu směrem k chladnému potrubí. Pokud je například v místnosti teplota 22 °C a relativní vlhkost 70 %, parciální tlak vodní páry je 1850 Pa. Pokud je teplota povrchu potrubí 5 °C, tlak vodní páry při nasycení je 870 Pa. Rozdíl tlaků bude 980 Pa směrem k potrubí. Po nějaké době (řádově ve dnech) tkanina zvlhne a parciální tlak vodní páry v drážce se zvýší téměř na stav nasycení při okolní teplotě, jenž by činil 2650 Pa. Nastane tedy možnost vysychání vyčnívající tkaniny do okolního vzduchu, kde je parciální tlak nižší. Proto vodní pára z okolního vzduchu již nemůže difúzí pronikat do mezery v opláštění izolace. Vodní pára může do izolace difundovat pouze skrz parozábranu a přes možné trhliny v opláštění, způsobené např. mechanickým poškozením.

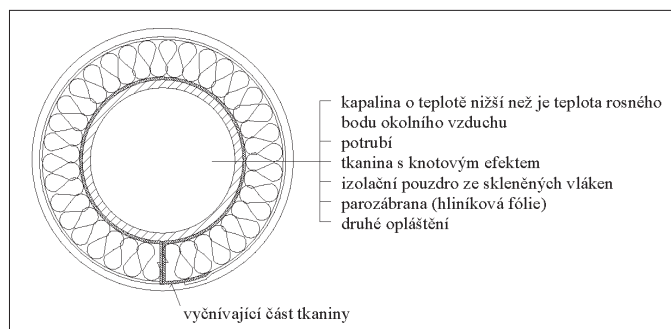
Izolaci s tkaninou s knotovým efektem je možné analyzovat matematickým modelováním. Ve článku [2] je popsán numerický model samovysychající izolace. Model byl použit pro následující okrajové podmínky: teplotu okolního vzduchu kolem potrubí 32 °C, relativní vlhkost 90 % a teplotu potrubí 2 °C. Testovací období bylo 500 dní. Z výsledků je zřejmé, že jediný přírůstek hmotnosti byl během prvních 15 dní. Díky tkanině s knotovým efektem se dosáhlo rovnovážného stavu, kdy množství vlhkosti kondenzující na potrubí se rovnalo množství vlhkosti, které bylo odváděno tkaninou. Podobných výsledků bylo dosaženo experimenty popsány v [3]. Ve zkušební komoře byla udržována teplota 33 °C a relativní vlhkost 80 %. Je třeba připomenout, že jediná vlhkost v izolačním systému se nacházela ve tkanině a ta byla nasycena pouze z 50 %.

Graf z experimentu, který je popsán v kapitole "Vysoká teplota a vysoká relativní vlhkost", zobrazuje podobné výsledky.

Samoutěšňující izolační systém

V aplikacích, kde jsou vysoké hygienické požadavky, a kde je nutné zajistit efektivní čištění povrchu izolace (např. v potravinářském průmyslu), není použití samovysychající izolace s vyčnívající tkaninou na vnějším povrchu izolace možné. Problém lze vyřešit použitím druhého opláštění okolo potrubní izolace tak, aby se mezi dvěma povrchy vytvořila úzká vzduchová mezera (obr. 2). Vodní pára kondenzující na chladném povrchu potrubí bude tkaninou nasáta a odvedena do vzduchové mezery, kde se bude odpařovat. Postupně dojde k nasycení vzduchu v mezeře vodní párou při teplotě vzduchové mezery [5].

Podle tepelného odporu druhého opláštění izolačního pouzdra a součinitele přestupu tepla, bude teplota vzduchové mezery blízká teplotě okolního vzduchu. To znamená, že parciální tlak vodní páry ve vzduchové mezeře



Obr. 2 Samoutěšňující izolační systém

bude obvykle vyšší než parciální tlak vodní páry okolního vzduchu. Izolační systém bude vysychat. Rychlost vysychání je závislá na rozdílu parciálních tlaků vodní páry a propustnosti druhého opláštění pro vodní páru [4].

Pokud je tento systém nainstalován suchý, nějakou dobu bude trvat, než dostatek vlhkosti zkondenzuje na chladném potrubí a tkanina zvlhne tak, aby knotový efekt začal pracovat a parciální tlak vodní páry mezi pouzdrem a druhým opláštěním byl vyšší než parciální tlak okolního vzduchu. Délka tohoto počátečního období závisí na součiniteli difúze vodní páry druhého pláště a kvalitě izolační práce. Může se jednat i o několik měsíců.

1.2 Vertikální rozvody

Izolační systém s kapalně aktivní tkaninou je také možné použít na vertikální rozvody. Podélný spoj by však měl být paronepropustně zalepen. Předjde se tak možnému vnikání okolního vlhkého vzduchu do systému vlivem komínového efektu. Kromě toho musí být tkanina umístěna tak, aby absorbovala a odváděla ten kondenzát, který by jinak vlivem gravitace stékal dolů po potrubí. Je tedy nutné zajistit návaznost tkaniny z jednotlivých izolačních pouzder. Před vlastním zaizolováním potrubí se musí všechna kolena a armatury navíc omotat volnou tkaninou s knotovým efektem.

2. EXPERIMENTY

Experimenty se uskutečnily v laboratoři na Dánské technické univerzitě v Kodani. Tyto experimenty finančně podpořily firmy Saint-Gobain Orsil a Isover Scandinavia. Laboratoř se skládá ze čtyř horizontálních zkušebních kanálů, jednoho vertikálního kanálu a dvou chladicích jednotek. Chladicí jednotky pracovaly s teplotou +5 °C na výparníku (okolo +6 °C na potrubí). V každém horizontálním zkušebním kanále byly dvě trubky o délce 2,1 m. Pro zajištění průtoku uvnitř potrubí, z jedné strany zaslepeného, je použito typu potrubí „trubka v trubce“. Každé zkušební potrubí se skládá ze dvou koncentrických trubek, kde vnější trubka slouží jako přívod a vnitřní jako zpátečka. Tato konfigurace bude dále nazývána „chladný prst“. Dovoluje pravidelné snímání a vážení vzorků pro určení změny hmotnosti. Ve vertikálním zkušebním kanále se nachází jeden chladný prst o délce 1,2 m a dvě stoupačky pro přímé zaizolování (určené pro dlouhodobý test izolace na vertikálním potrubí).

Vzorky podrobené testům byly umístěny ve zkušebních kanálech, ve kterých bylo možné částečně kontrolovat teplotu a relativní vlhkost. Pro udržení konstantní vlhkosti uvnitř zkušebního kanálu byly použity dva solné roztoky. Nasycený roztok NaCl, jenž je v rovnovážném stavu nasycení při relativní vlhkosti 75 % a nasycený roztok KNO₃, který je ve stavu nasycení při 93 %. Na obrázku 3 můžete vidět dva zkušební horizontální kanály.

2.1 Horizontální potrubí

Samovysychající izolační systém

V prvním experimentu byly na chladný prst instalovány dva vzorky. Byly použity dvě černé trubky 1" o délce 0,65 m, které byly opláštěny izolačními pouzdry délky 0,6 m s vnějším průměrem 92 mm. Tloušťka použité izolace byla



Obr. 3 Vzorok izolace ve zkušebním kanále

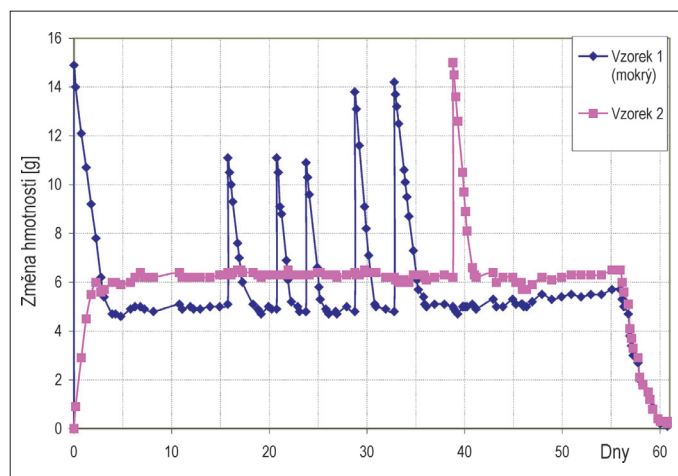
30 mm. Konce izolačních pouzder byly zakryty PVC mezikružím. Obvodový styk pouzdra a mezikruží byl utěsněn silikonovým tmelem tak, aby z boku vzorku nedocházelo k difúzi vodní páry. Šířka tkaniny s knotovým efektem byla 190 mm a tloušťka 0,15 mm. Vyčnívající část tkaniny byla 13 mm.

Tyto dva vzorky byly nejdříve zváženy a poté umístěny na zařízení. Testovací období bylo dva měsíce.

Jeden ze vzorků byl instalován s předem navlhčenou tkaninou (proto, aby knotový efekt začal pracovat hned na začátku experimentu) – 15 ml vody (plně nasycená tkanina). Druhý vzorek byl instalován suchý.

Nejdříve se podíváme na vzorek 2 (vzorek se suchou tkaninou). Jak je vidět na grafu 1, během prvních dvou dnů došlo k prudkému nárůstu hmotnosti. Následně se hmotnost vzorku ustálila na konstantní hodnotě. Toto odpovídá předpokladu, že v počátečním období musí dojít k akumulaci vlhkosti, než se tkanina nasytí.

Vzorek 1, který měl předem navlhčenou tkaninu, začal okamžitě odvádět zkondenzovanou vodní páru drážkou do vyčnívající části tkaniny. Po třech



Graf 1 Změna hmotnosti v čase
Samovysychající izolace

dnech se difúze vodní páry do systému rovnala odvodu kondenzátu ze systému a byl dosažen stav rovnováhy.

Data z experimentu ukazují, že nárůst hmotnosti během počátečního období byl zhruba 5 až 6 g na vzorek. Pokud by tkanina byla plně nasycená, nárůst hmotnosti by měl být 15 g na vzorek. Z toho je možné usoudit, že 1) měřený nárůst vlhkosti je obsažen pouze v tkanině (což znamená, že vlastní izolace je suchá) a 2) tkanina je nasycená méně než z 50 %.

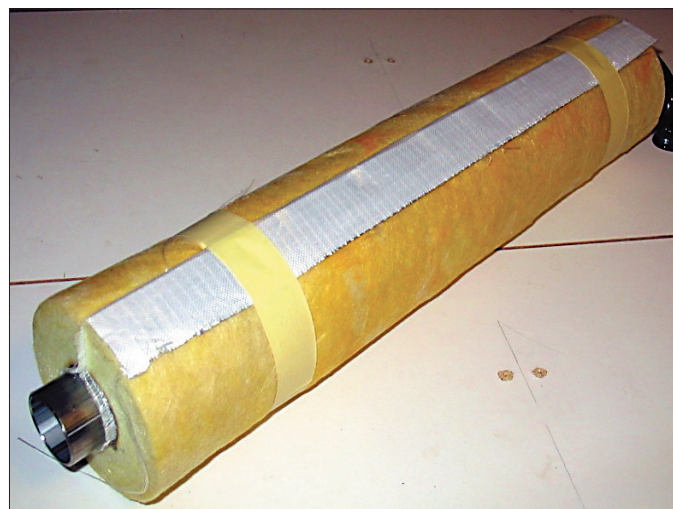
V 16. dni byla tkanina navlhčena vstříknutím 6 ml vody. Během tří dnů se obsah vlhkosti v tkanině dostal na stejnou úroveň, jaká byla před navlhčením. Ve dnech 21 a 24 byla tkanina vzorku 1 opět navlhčena 6 ml vody, avšak nyní byl vzorek otočen do pozice s vyčnívající tkaninou nahoře. Jak je možno vidět, tkanina odváděla vlhkost i bez pomoci gravitace, tzn. pouze kapilárním sáním. Během 29. dnu bylo do vzorku 1 vstříknuto 9 ml vody a vzorek byl natočen tak, že tkanina byla na pozici třech hodin. 33. den bylo do vzorku vstříknuto dalších 9 ml vody a vzorek byl otočen zpět do doporučené pozice s tkaninou dole. 56. den byla chladicí jednotka vypnuta. Následně se během čtyř dnů ze vzorků odpařila do okolního vzduchu všechna vlhkost, vzorky měly stejný obsah vlhkosti jako před experimentem. Z výsledků je patrné, že u izolačního pouzdra nezáleží na jeho konfiguraci. Kapilární sání skleněné tkaniny je dostatečně silné na to, aby vysálo vlhkost, která difunduje k chladnému potrubí.

Tab. 1 Průměrné okrajové podmínky během experimentu

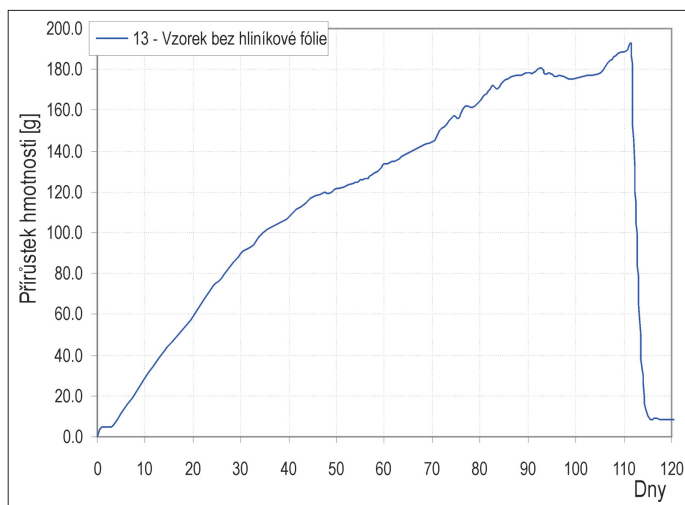
Typ okrajové podmínky	Hodnota
Teplota ve zkušebním kanále [°C]	20,2
Relativní vlhkost ve zkušebním kanále [%]	70,5
Teplota potrubí [°C]	6

Tab. 2 Navlhčení tkaniny

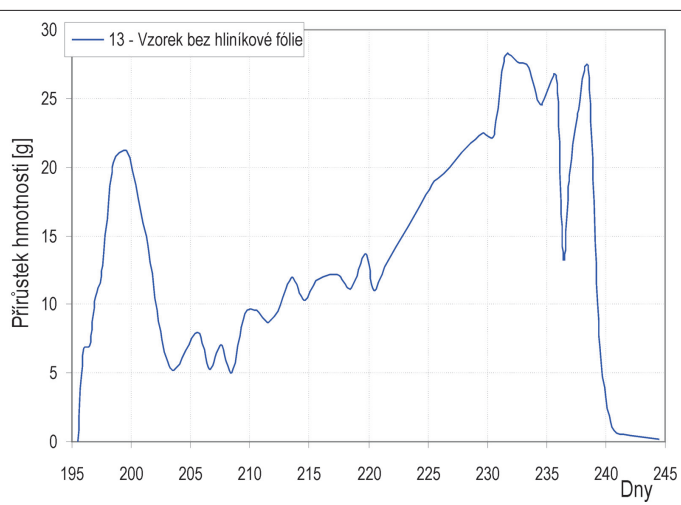
Den	Vstříknutí x ml vody do tkaniny (číslo vzorku)
0	15 (1) – pozice s drážkou dolů
16	6 (1) – pozice s drážkou dolů
21	6 (1) – pozice s drážkou nahoru
24	6 (1) – pozice s drážkou nahoru
29	9 (1) – pozice s drážkou ve třech hodinách
33	9 (1) – pozice s drážkou dolů
38	9 (2) – pozice s drážkou dolů
56	vypnutí chladicí jednotky



Obr. 4 Vzorek bez parozábrany předtím, než byly konce vzorku zakryty mezikružím z PVC a utěsněny silikonovým tmelem



Graf 2A, 2B Vzorok bez hliníkové fólie (difúzně otevřený)



Izolační pouzdro bez parozábrany

Jeden z testovaných vzorků byl bez parozábrany na vnějším povrchu izolace (viz. obr. 4), tj. vlhkost z okolního vzduchu mohla volně difundovat k chladnému potrubí. Z grafu 2A vyplývá, že pro testované okolní podmínky (tabulka 3 – relativní vlhkost vyšší než 70 % při teplotě vzduchu okolo 20 °C) je nutné použít parozábranu. V opačném případě bude docházet k akumulaci vlhkosti v izolaci. Naakumulované množství vody v izolaci bylo 190 g během 112 dní. Následně byla chladicí jednotka vypnuta a v grafu 2A je patrné rychlé vysychání izolace.

Od 196. dnu byl vzorek umístěn v otevřeném zkušebním kanále, což znamená, že okolní prostředí bylo stejné jako prostředí v laboratoři. Došlo tedy ke zvýšení teploty a snížení relativní vlhkosti (viz. tab. 3). Relativní vlhkost okolního vzduchu byla mnohem nižší (více se blížila běžné relativní vlhkosti v místnosti – do 55 %) a samovysychající izolace pracovala adekvátně dokonce i bez parozábrany (viz. graf 2B, kde ovšem je měřítko na ose y výrazně zvětšeno ve srovnání s grafem 2A). Během testu došlo k nepatrné akumulaci zkondenzované vodní páry v izolaci přiléhající ke tkanině. 238. den byla chladicí jednotka vypnuta.

Tento experiment měl za cíl dokázat, že samovysychající izolace dokáže kompenzovat nekvalitní izolačerskou práci či netěsnosti vzniklé během životního cyklu izolace.

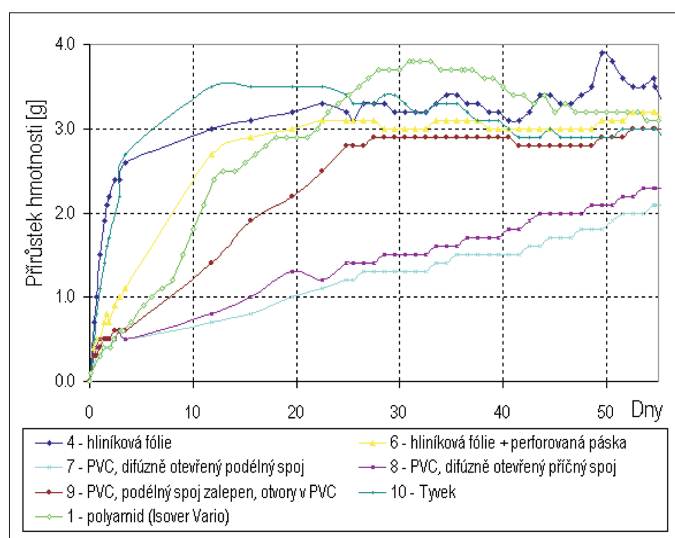
Tab. 3 Průměrné okrajové podmínky během experimentu s izolačním pouzdrům bez parozábrany

Období ve dnech	Typ okrajové podmínky	Hodnota
0 až 112	Teplota ve zkušebním kanále [°C]	19,3
	Relativní vlhkost ve zkušebním kanále [%]	71,0
	Povrchová teplota potrubí [°C]	6,6
196 až 240	Teplota ve zkušebním kanále [°C]	23,3
	Relativní vlhkost ve zkušebním kanále [%]	55,9
	Povrchová teplota potrubí [°C]	6,3

Samoutěšňující izolační systém

Pro tento test byly použity nerezové trubky délky 0,5 m, které byly izolovány pouzdry délky 0,45 m. Další nastavení bylo stejné jako v prvním experimentu.

Proces odvádění vlhkosti, ve srovnání se samovysychajícím systémem bez druhého opláštění, začal s určitým zpožděním. Parozábrana Tyvek

Graf 3 Akumulace vlhkosti v tkanině během testů vzorků s druhým opláštěním
Samovysychající systém s druhým opláštěním

(netkané syntetické vlákno – vzorek č. 10) je tak difúzně otevřená, že u tohoto vzorku došlo ke stejné rychlé akumulaci vlhkosti v tkanině jako u vzorku bez druhého opláštění (4). Podmínky rovnováhy nastaly po 13 dnech. Polyamid je méně difúzně otevřený a počáteční období trvalo jeden měsíc. Nejméně difúzně otevřený plášť je z PVC, protože vodní pára může do systému pronikat pouze přes spoje. Např. vzorek s PVC s nezálepeným podélným spojem (7) měl počáteční období tři měsíce.

Tab. 4 Nárůst hmotnosti vzorků s různým typem opláštění na konci testovacího období

Číslo vzorku a typ druhého opláštění	Testovací období [dny]	Nárůst hmotnosti na konci testovacího období [g]
(4) vzorek pouze s hliníkovou fólií bez druhého opláštění	82	4
(8) PVC tl. 0,4 mm, difúzně otevřený příčný spoj	244	6
(10) netkaná textilie Tyvek tl. 0,2 mm	82	4
(7) PVC tl. 0,4 mm, difúzně otevřený podélný spoj	244	5
(9) PVC tl. 0,4 mm, podélný spoj zalepený, otvory v PVC	82	3
(1) polyamid tl. 0,2 mm (Isover Vario)	126	4



Obr. 5 Uspořádání žárovky, dvou ventilátorků a dvou vaniček v horizontálním zkušebním kanále

Vysoká teplota a vysoká relativní vlhkost

Tento experiment měl za cíl zjistit limitní podmínky pro užití potrubní izolace s tkaninou s knotovým efektem. Z grafu 4 je patrné, že k dočasnému zvýšení množství kondenzátu nad hranici, při které by ještě všechna vlhkost byla obsažena pouze v tkanině (13 ml), došlo pouze u vzorků s druhým opláštěním Tyvekem a polyamidem. Testovací období bylo bohužel příliš krátké pro nevratitelné výsledky. Bude nutné znovu provést tento experiment ve výrazně delším časovém období.

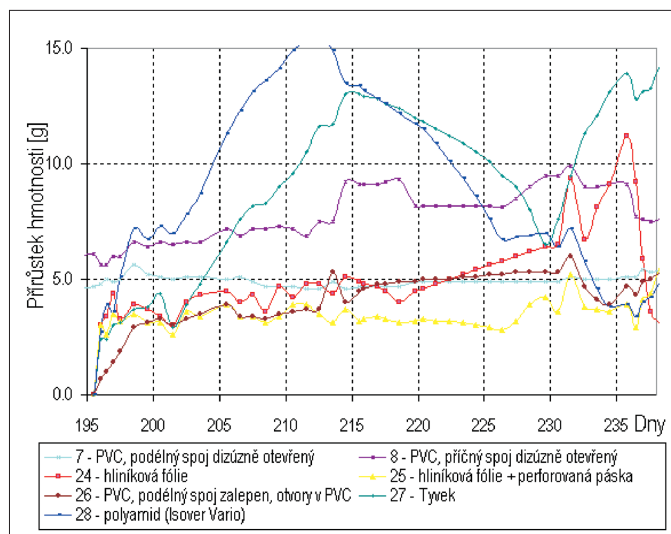
Pro takto nepříznivé okolní podmínky se doporučuje použít druhé opláštění s malou difúzní propustností. Nejlepší variantou je v tomto případě PVC opláštění nebo jednoduše použít samovysychající izolační systém a odpařovací plochu přelepit perforovanou hliníkovou páskou, což podstatně sníží difuzivitu vodní páry k potrubí.

Tab. 5 Průměrné okrajové podmínky během experimentu

Typ okrajové podmínky		Hodnota
Teplota ve zkušebním kanále	[°C]	30,3
Relativní vlhkost ve zkušebním kanále	[%]	82,5
Povrchová teplota potrubí	[°C]	5,6

2.2 Vertikální potrubí

Uspořádání vzorků ve vertikálním zkušebním kanále bylo podobné jako u horizontálního zkušebního kanálu. Vzorky byly zhotoveny z nerezových trubek délky 0,5 m, které byly izolovány izolačními pouzdry délky 0,45 m. První test se uskutečnil se zalepeným podélným spojem, pouze nejnižších 5 cm bylo ponecháno pro odpar kondenzátu. Šířka vyčnívající tkaniny byla 13 mm. Vzorek 11 s hliníkovou parozábranou, tak jak je dodán od výrobce, měl počáteční období (než začala tkanina odvádět vlhkost) jeden měsíc. Toto období bylo u vzorku 12, s druhým PVC opláštěním, delší než tři měsíce. Po období vyschnutí vzorků (graf 5–90. až 102. den), byla utěšující páska odlepena, což znamenalo, že délka vypařovací plochy byla 0,45 m. Od 102. dne (pro druhý text) můžeme pozorovat mnohem strmější nárůst průběhu křivky počátečního navlhávání tkaniny. Zejména u vzorku s hliníkovou fólií bylo toto období pouze ve dnech. Mezi dny 90 a 102 byly vzorky sejmuty z chladného prstu, aby byla vidět rychlost vysychání v běžných podmínkách (teplota okolo 23 °C a relativní vlhkost 50 %). Z grafu 5 by se



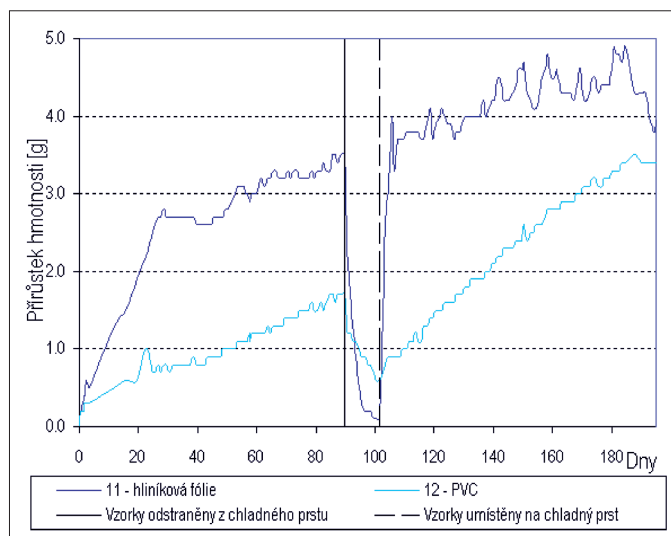
Graf 4 Samoutěšující izolační systém při vysoké relativní vlhkosti a vysoké teplotě

mohlo zdát, že vzorky nevysychají, ale pouze nabírají vlhkost. Je to však proto, že během 190 dnů testování stále ještě nedošlo k rovnováze mezi kapilárním vysycháním a přírůstkem vlhkosti vlivem difúze. Nebylo tedy dostatečné množství kondenzátu ve tkanině.

ZÁVĚR

Teplná izolace ze skleněných vláken, uvnitř které je tkanina s knotovým efektem, dokáže úspěšně předejít akumulaci vlhkosti v izolaci potrubních rozvodů s povrchovou teplotou nižší než je teplota rosného bodu okolního vzduchu. Tkanina s knotovým efektem slouží k absorpci zkondenzované vodní páry a k jejímu transportu, vlivem kapilárního sání a gravitace, na odpařovací plochu na vnějším povrchu izolace. Izolace zůstává suchá a tak je splněn předpoklad udržení počáteční tepelné vodivosti izolace po celou dobu její životnosti.

Experimenty dokázaly, že k nárůstu vlhkosti dochází pouze v tkanině, což znamená, že izolace zůstává suchá. Obsah vlhkosti v tkanině je menší než 50 % nasycení, dokud se jedná o běžné podmínky provozu (relativní vlhkost nižší než 75 % a teplota do 25 °C). Pokud je relativní vlhkost mnohem vyšší (do 90 %) a teplota je také vyšší (nad 30 °C), což bychom mohli označit za nejhorší možný případ, který může u chladových rozvodů v budovách nastat, v tkanině se zvětší obsah vody. Ta však bude obsažena pouze v tkanině a ne v izolaci. V extrémních podmínkách je nutné přelepit



Graf 5 Izolace s tkaninou s knotovým efektem na vertikálním chladném prstu

odpařovací plochu perforovanou hliníkovou páskou, aby se zpomalila difúze vodní páry směrem k chladnému potrubí, nebo lze použít samootěšňující systém. V tomto případě přichází v úvahu PVC opláštění.

Test vzorku bez parozábrany (hliníkové fólie) ukázal, že tato konfigurace je funkční, i když je teplota rosného bodu okolního vzduchu lehce nad povrchovou teplotou potrubí. Z toho plyne, že izolace s tkaninou s knotovým efektem dokáže kompenzovat nekvalitní práci a netěsnosti vzniklé při instalaci či mechanickým poškozením.

Více nežádoucí vlhkosti se může do systému dostat, pokud je podélný spoj příliš difúzně otevřený. Vodní pára by mohla obejít tkaninu a difundovat přes paropropustnou izolaci k potrubí. Zamezení tohoto jevu je možné:

- příčným přelepením izolace hliníkovou páskou po určitých vzdálenostech (zhruba po 25 cm),
- ovinutím izolace po délce drátem,
- přelepením odpařovací plochy perforovanou hliníkovou páskou (vždy použít za velmi nepříznivých okrajových podmínek, ve smyslu vysoké relativní vlhkosti a vysoké teploty).

Izolační pouzdro by mělo být v pozici s drážkou dolů. Testy ukázaly, že systém pracuje také v pozici s drážkou nahoru. Důvodem je, že kapilární sání tkaniny ze skla je dostatečně silné pro odsávání vlhkosti od potrubí i bez vlivu gravitace.

Spojení na autora: vit.kov@email.cz

Použité zdroje:

- [1] ASHRAE Handbook 2005 – Fundamentals, USA, Atlanta: ASHRAE, Inc., 2005. ISBN 1-931862-71-0
- [2] Choudhary, M. K., Karki K. C., Patankar, S. V., *Mathematical modelling of heat transfer, condensation, and capillary flow in porous insulation on a cold pipe*. International Journal of Heat and Mass Transfer 47, 2004, pages 5629–5638
- [3] Crall, C., *Chill out! Insulation Outlook*, August 2004, pages 14–22
- [4] Korsgaard, V., *Innovative Self-drying Concept for Thermal Insulation of Cold Piping*. Insulation Materials: Testing and Applications: Third Volume, ASTM STP 1320, R.S. Graves and R.R. Zarr, Eds., American Society for Testing and Materials, 1997, pages 416–425
- [5] Korsgaard v., *HygroWick, The Self-Drying Concept for Thermal Insulation of Cold Piping*. Invited lecture given to the FESI – Congress, Lucerne, 2nd October 1998
- [6] EN 14114, *Hygrothermal Performance of Building Equipment and Industrial Installations – Calculations of Water Vapour Diffusion – Cold Pipe Insulation systems*, European Committee for Standardization, March 2002
- [7] EN ISO 15758, *Hygrothermal performance of building equipment and industrial installations – Calculations of Water Vapour Diffusion – Cold Pipe Insulation systems*, International Organization for Standardization, 2004. ■

Z činnosti Expertní kanceláře v roce 2005

From Expert Bureau Activity in 2005

Za dobu 9leté existence Expertní kanceláře při Společnosti pro techniku prostředí se velmi často opakují poptávky potenciálních investorů, nebo současných provozovatelů v těchto zadáních:

- Organizace, které uvažují s rekonstrukcí starších objektů v centru Prahy, nás oslovují s požadavky na posouzení možností instalace klimatizace (chlazení) zejména pro kanceláře. To proto, že v současné době kanceláře bez klimatizace nejsou pro nájemce „in“ a majitelé objektů je těžko, zvláště zahraničním firmám, pronajímají. Základním zadáním posudků jsou kromě variantních technických řešení i investiční náklady.
- Zahraniční investoři nových administrativních objektů, resp. jejich zprostředkovatelé, požadují „objektivní“ posouzení již zpracované projektové dokumentace TZB (většinou tendrové) po stránce technické a ekonomické. Jde zejména o soulad projektů s českou legislativou a praktické poznatky s provozem podobných budov.
- Další skupinou byly zakázky na posudky již dokončených provozních celků od nespokojených objednatelů, nebo provozovatelů profesí TZB, kteří se při reklamačních řízeních se zhotoviteli nemohou shodnout v hodnocení závad a nedostatků. V těchto případech jsou naše posudky závaznými podklady pro rozhodnutí o definitivním řešení sporů.

V dřívějších letech jsem každý rok zveřejnil seznam všech větších namířovaných akcí s velmi stručným uvedením objednatelů a účelu zakázky. Letos jsem se rozhodl pro změnu a vybral jsem charakteristické akce, které komentuji obšírněji, i když neuvádím konkrétní osoby a firmy.

Administrativní objekty

V roce 2005 jsme zpracovali podrobná expertní posouzení možností instalace klimatizace pro objekt Centrum Karlův most v Praze 1 a rektorát Karlovy univerzity. V prvním případě šlo o rozšíření klimatizace do rekonstruo-

vaných kanceláří pro zahraničního nájemce, v druhém případě o zlepšení pracovního prostředí zaměstnanců UK v letním období.

Pro obě budovy v historickém centru Prahy je společné, že jsou památkově chráněny, jsou trvale obydleny a realizace by musela být řešena za provozu. Pro úpravu venkovního vzduchu nejsou k dispozici žádné volné prostory, nebo jen prostory vyložené nouzové, které plnou klimatizaci vylučují. Po složitých průzkumech jsme dospěli k názoru, že je reálná pouze teplotní úprava vnitřního vzduchu v letním a přechodném období přímým chlazením splity, systémy Super Multi Modular VRV (VRF) v základní modifikaci 1 + 16.

Největší problémy byly s umístěním kondenzačních jednotek, odvodem kondenzátu i vedením vlastního potrubí chladiva. V historických chodbách nelze umístit žádné podhledy, rozvody chladiva a kondenzátu nelze uložit do lišt.

Náš závěr posudků byl velmi opatrný s tím, že řešení za plného provozu bude velmi náročné i časově, a před případnou realizací je nutno projednat řadu detailů s památkáři.

I z těchto dvou posudků mám dobrý pocit, že jsme investory včas a konkrétně upozornili na složitosti s instalací klimatizace ve starších historických objektech a na potřebné investiční náklady. Odborný odhad ceny dodávky a montáže přímých VRV systémů 40 kanceláří o výkonu cca 100 kW vč. stavebních nákladů byl 4,15 mil. Kč.

Varující jsou naše zkušenosti s podobnými objekty v centru Prahy, kde majitelé objektů bez jakýchkoliv zkušeností a znalostí si nechali zpracovat orientační nabídku od nezodpovědných firem, které starší Split systémy nakonec realizovaly a dnes vyložené nevyhovují. Velký počet menších kondenzačních jednotek je umístěn ve zcela stísněných prostorech na půdách, nebo balkonech a systémy při větších venkovních teplotách kolabují. V některých případech nebyly z úsporných důvodů u náročných rozvodů chladiva použity kalibrované montážní prvky dodavatele k vnitřním jednotkám (př. speciální rozbočky), často nebyly v projektu dodrženy ani limitované vzdálenosti mezi vnitřními a kondenzačními jednotkami dle technických podkladů výrobců!

Ukazuje se, že ani velké investice do dobré technologie TZB nejsou zárukou kvality pracovního prostředí, když většinou ve starších objektech nejsou vhodné podmínky pro efektivně řízený provoz, údržbu a servis. Zde jednoznačně platí, že méně techniky by bylo více.

Technologické objekty

Klasickým případem expertních posudků jsou technologická pracoviště: velíny, počítačové sály a serverovny. Stížnosti uživatelů a žádosti o prověření funkce klimatizace vyplývají zejména z nedodržení prostorových teplot a tím přehřívání technologie a z toho plynoucích výpadků. Naše zkušenosti všech posuzovaných technologických celků prokazují, že tyto prostory s velkou vnitřní tepelnou zátěží vyžadují nejen výkonnou a spolehlivou klimatizaci (nejlépe s rezervou na případný další vývoj), ale současně dokonalou koordinaci s instalovanou technologií.

V případě velínů s trvalým pobytem osob, jsme řešili stížnosti pracovníků obsluhy na výkyvy vnitřních teplot a nedostatečnou vlhkost vzduchu (př. dispečerský sál ČEZ Praha 10).

Náš další odborný posudek chlazení počítačových sálů ČEZ v Praze 4 dal za pravdu dodavateli chladicích jednotek, že hlavní příčinou potíží není jejich nedostatečný výkon, ale nedodržení základních podmínek výroby pro jejich instalaci.

Pro odvod vnitřní tepelné zátěže v prověřovaných počítačových sálech ČEZ byly osazeny 4 ks skříňových jednotek UNIFLAIIR vel. 0600, o celkovém chladicím výkonu 83 kW.

Ochlazený vzduch v těchto jednotkách umístěných v sále je přiváděn do zdvojené podlahy o výšce cca 200 mm a vyfukován do prostoru sálu podlahovými mřížkami 600 x 600 mm s regulací, nepravidelně rozmístěnými v prostoru.

Příčinou reklamací a nespokojenosti technologů byly značné rozdíly v prostorových teplotách v určitých zónách sálu, docházelo k přehřívání částí serverových jednotek a k jejich výpadkům. Uživatelé základní chladicí systém doplňovali stojanovými axiálními ventilátory a často se i otevírala okna.

Měření prostorových teplot na sále ve výšce 0,5 m od podlahy a zpracování teplotních map skutečně potvrdilo kolísání teplot v prostoru od 23,1 do 28,5 °C. Rovněž průměrné výstupní rychlosti z podlahových mřížek byly značně nerovnoměrné a tím i průtoky přiváděného vzduchu. Výstupní rychlosti kolísaly v rozsahu 0,3 až 1,6 m/s, výstupní teploty byly 16,2 až 20,6 °C.

Zjištění hlavních příčin nedostatků bylo téměř klasické, často se opakující:

- ❑ Prostor pod zdvojenou podlahou měl nejen nedostatečnou výšku, někde 150 mm místo v technických podmínkách uvažovaných min. 200 mm, ale v některých místech byl částečně, nebo zcela zaplněn zejména silovou a datovou kabeláží!
- ❑ Prostorová dispozice podlahových mřížek v prostoru sálu po častých změnách technologie neodpovídala současnému rozdělení technologické zátěže. Do sálu byly postupně přidávány další stojany, dle potřeby objektu ČEZ, bez jakékoliv změny distribučních prvků a zvýšení výkonu chladicích zařízení.
- ❑ Rozmístění chladicích jednotek po obvodu sálu rovněž neodpovídalo skutečným potřebám instalované technologie.

Výsledek? Sebelepší vzduchotechnika nemá šanci v případě, že technologické stojany jsou často do výpočetních sálů doplňovány bez koordinace se stávající VZT, která již nemá žádnou rezervu v chladicím výkonu a distri-

buce přiváděného chlazeného vzduchu je omezována zaplněním potřebných volných průřezů kabeláží, či jinak.

Mezi návrhy na opatření byl přesun chladicích jednotek do oblastí s vysokou teplotou, doplnění potřebného chladicího výkonu dalším zařízením (př. splity) a úpravou (zvýšením) zdvojené podlahy.

Další variantou bylo přemístění části chladicích jednotek nad zdvojenou podlahu tak, aby výfuk ochlazeného vzduchu nebyl veden do zaplněné zdvojené podlahy, ale částečně při podlaze s respektováním konstrukce technologických stojanů a jejich zdrojů tepla. V současné době jsou naše návrhy prověřovány zástupci investora a dodavatele.

Domníváme se, že i v roce 2005 Expertní kancelář splnila zodpovědně své poslání v souladu se stanovami zakladatele – Společnosti pro techniku prostředí.

Vladimír Poledna
ředitel EK

* Kvalita ovzduší v roce 2010

Státy EU (včetně ČR, tehdy ještě země kandidátské) podepsaly v prosinci 1999 tzv. Göteborgský protokol o omezení acidifikace, eutrofizace a přímého ozónu k Úmluvě EHK OSN o dálkovém znečišťování ovzduší překračujícím hranice států. Ten udává imisní limity škodlivých látek v ovzduší. Jejich koncentrace se postupně snižují až k 1.1.2010, kdy končí platnost přípustné meze tolerance a určený limit již nesmí být v žádném případě překročen.

V článku Air Quality in 2010 (www.milieu magazine.nl) se nizozemští autoři zamýšlejí nad reálností dosažení předepsané imisní limitní hodnoty pro oxidy dusíku, vyjádřené jako oxid dusičitý (NO₂). Tato hodnota je pro členské země EU závazná, hodinový aritmetický průměr je 200 µg · m⁻³, aritmetický průměr za kalendářní rok je 40 µg · m⁻³. Vzhledem k tomu, že přítomnost oxidů dusíku je indikátorem automobilové dopravy a ta v žádné evropské zemi neklesá, zdá se být dosažení limitní hodnoty nereálné.

Nizozemští autoři upozorňují, že zvláště v okolí velkých měst (Haag, Rotterdam, Amsterdam a Utrecht) jsou lidé vystaveni dlouhodobě, a zvláště v posledních letech, nadlimitním koncentracím oxidů dusíku. Přitom není známo, jak taková chronická expozice ovlivní zdraví lidí v dlouhodobém horizontu. Autoři se zamýšlejí nad tím, jak bude dosažení limitních hodnot kontrolováno, zda měřením, či výpočtem. Oba způsoby mají své nedostatky a autoři je specifikují.

Pro nás v ČR je podstatné, že způsob hodnocení kvality ovzduší je legislativně dán vládním nařízením č. 60/2004 Sb., kterým se mění vládní nařízení č. 350/2002 Sb., kterým se stanoví imisní limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší. Tento dokument nařizuje kontinuální měření a přesně stanoví charakter a rozložení měřicích míst.

Zdroj: Pollutec 2005

(Laj)

* Veletrh k protipožární ochraně

35. veletrh *Mostra ConvegnoExpocomfort* od 28. února do 4. března 2006 se představí na novém veletržním areálu Rho-Pero v blízkosti Milána. K novinkám patří též obor průmyslové protipožární ochrany. Má být představen úplný přehled výrobků a novinek uvedených na trh, jako konstrukcí, zařízení, výbavy a komponentů. Veletrh doplní semináře a konference k získání místně potřebných znalostí, použití vhodných metod a opatření.

CCI 7/2005

(Ku)