RUBRIKA
ZNALCI

NA STRÁNKÁCH DEKTIME ZAHAJUJEME RUBRIKU O AKCÍCH ŘEŠENÝCH V EXPERTNÍ A ZNALECKÉ KANCELÁŘI KUTNAR A ZNALECKÉM ÚSTAVU ATELIER DEK. RUBRIKA PŘINESE V TOMTO A DALŠÍCH ČÍSLECH DEKTIME ČLÁNKY Z DENNÍ PRAXE ZNALCŮ.

VLHKOSTNÍ PORUCHY VE SKLADU POTRAVIN

V rozmezí několika let jsme opakovaně řešili projevy vlhkosti ve velkoskladu potravin. Po prvním kole nápravných opatření jsme se potýkali s novými vlhkostními poruchami v podhledu střešního pláště. V článku celou historii událostí podrobně popisujeme.

POPIS OBJEKTU A STŘEŠNÍ KONSTRUKCE

Vnitřní prostor haly byl členěn na několik typů skladů, které měly specifické požadavky na teplotu a vlhkost vnitřního prostředí. V hale byla umístěna chladírna, mrazírna, standardní sklady i provozní prostory. Stěny mezi jednotlivými vnitřními prostory byly tvořeny betonovými panely v kombinaci s PUR panely nebo samostatnými PUR panely /obr. 01/.

Nosnou konstrukci haly tvořil železobetonový skelet. Obvodové stěny byly provedeny ze sendvičových PUR panelů, střecha nesena ocelovými příhradovými nosníky a nosným trapézovým plechem. Skladba jednoplášťové střechy byla následující (od exteriéru):

- fólie z měkčeného PVC, kotvená;
- separační textilie;
- polystyren EPS tl. 40 mm ve dvou vrstvách (celkem 80 mm);
- minerální desky tl. 40 mm;
- PE fólie se slepovanými spoji;
- trapézový plech TR 150.

ŘEŠENÍ VLHKOSTNÍCH PORUCH V ROCE 2003

V dubnu 2003 jsme byli provozovatelem haly přizváni k řešení vlhkostních poruch střešní konstrukce. Poruchy se projevovaly zatékáním vody do interiéru podél dělicích stěn mezi chladírnou a skladem s běžnou teplotou. Nutno dodat, že porucha byla vázána na ty stěny, které byly kolmé k vlnám nosného střešního trapézového plechu.

Během průzkumu haly jsme si všimli, že v dolních vlnách trapézových plechů byly v pravidelných řadách předvrtány otvory. Objednatel uvedl, že byly při stavbě haly investorem předepsány jako pojistné a signální odvodnění, pro případ zatékání střechou. Otvory byly navrtány v celé ploše střechy skladu a právě z těchto otvorů vytékala voda při zmíněných stěnách oddělujících chladírnu a prostor s běžným prostředím /obr. 02/. Voda vytékala také na druhé straně stěny, zde již přímo po stěně /obr 03/.

Objednatel předpokládal, že došlo k poruše hydroizolace střechy a že se úspěšně uplatnila signalizační funkce otvorů v trapézovém plechu. Zaměřil se tedy na kontrolu hydroizolační konstrukce střechy. Spolu se zhotovitelem střešní skladby provedl kontrolu hydroizolace v ploše i detailech a dokonce sondu do střešní skladby. Nenalezl žádné nespojitosti hydroizolace, v sondě nenalezl žádnou zvýšenou vlhkost v použitých tepelněizolačních materiálech.

Po bezvýsledném hledání příčiny poruch na povrchu střechy byla objednána účast znalce z našich řad. Ukázalo se, že vlhkostní poruchy nejsou vždy vázány


01


02


03


04

na dešťové srážky nebo období po deštích nebo tání sněhu a ledu. Museli jsme se tedy zaměřit jiným směrem a to na teplotněvlhkostní hodnocení střešního pláště a návazných detailů.

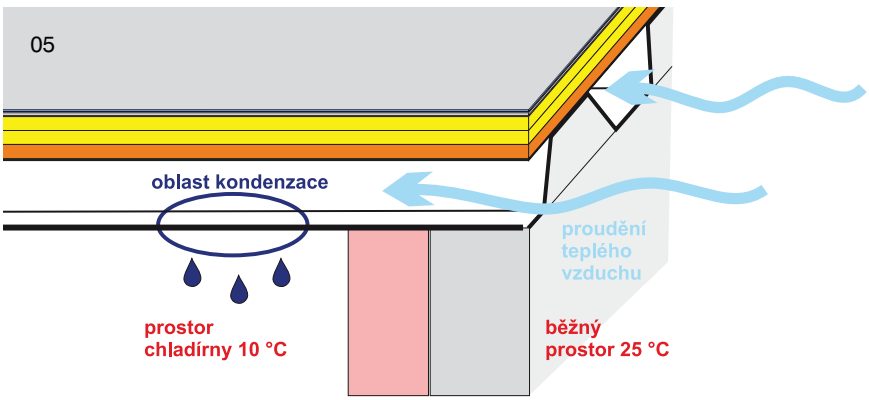
PARAMETRY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

V chladírně, oddělené stěnou /obr. 02 a 03/, byla u podlahy naměřena teplota 5 °C. Pod střechou jsme předpokládali teplotu asi o 5 °C vyšší. V navazujících prostorách mimo chladírnu byla v době prohlídky teplota cca 25 °C.

Zohlednili jsme fakt, že v zimních stadionech, chladírnách, mrazírnách a prostorech s podobným režimem vnitřního vzduchu je nutné uvažovat obrácený nebo proměnný difúzní a tepelný tok. Významnější ale byl podtlak vytvořený vzduchotechnickým zařízením chladírny. Při pootevření žaluzie jednoho z větracích otvorů, které byly umístěny ve vnitřních stěnách chladírny nad podlahou, proudil vzduch z okolního prostoru do chladírny. Přesvědčil nás o tom plamen zapalovače ohnutý směrem do chladírny /obr. 04/.

ROZBOR PROBLÉMU

Středem pozornosti se velmi rychle stala dutina mezi vlnami trapézového plechu a parozábranou ve střešní skladbě. Dělicí stěna mezi chladírnou a běžným skladem je ukončena pod trapézovým plechem. Dutiny ve vlnách plechu jsou tedy průběžné. Na vnitřní prostředí chladírny nebo běžného skladu byly napojeny výše popsanými otvory. Podtlak v chladírně ověřený plamenem zapalovače způsobil nasávání vzduchu z běžného skladu do dutin nad trapézovým plechem. Trapézový plech byl v prostoru chladírny prochladlý. Jeho teplota mohla být obdobná jako teplota vzduchu u stropu chladírny, tedy kolem 10 °C. Na chladném plechu docházelo ke kondenzaci vlhkosti přinesené teplejším vzduchem. Zkondenzovaná voda vytékala nejbližšími otvory nebo spárami, proto se zatékání projevovalo právě u dělicí stěny. Princip proudění vzduchu a jeho kondenzace na chladném povrchu trapézového plechu je vyobrazen na /obr. 05/.



NÁVRH ODSTRANĚNÍ PŘÍČIN PORUCHY

Bylo nutné navrhnout přerušení vzduchové vrstvy nad dělicí stěnou ve vlnách profilovaného plechu. Jestliže by se podařilo zajistit přístup k podhledu střechy, bylo by možné navrtat spodní vlny plechu v blízkosti dělicí stěny a každou vlnu vyplnit v celém objemu např. PUR pěnou. Nevýhodou této metody by byla nemožnost kontroly zaplnění profilu vlny. Proto jsme, ač s vědomím větší náročnosti na provedení, jako spolehlivější variantu navrhli utěsnění vln trapézových plechů shora po demontáži pruhu střešní skladby nad dělicí stěnou. Demontovanou část střechy pak bylo nutné uvést do původního stavu.

PROVEDENÍ OPATŘENÍ

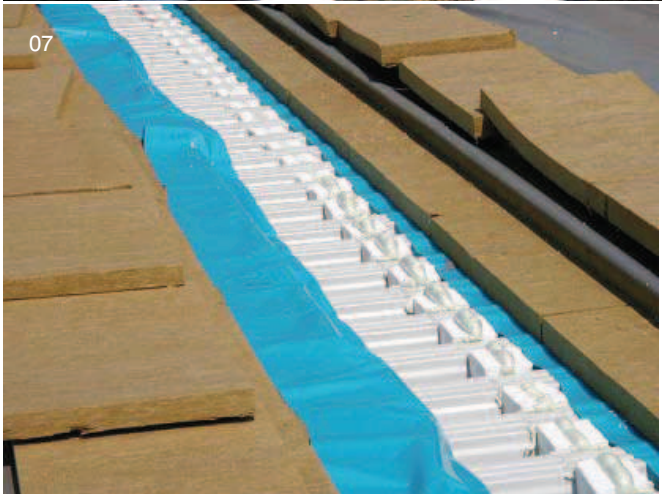
Náročnější varianta byla nakonec investorem vybrána pro realizaci. Protože bylo žádoucí nápravné opatření provést s co nejvyšší spolehlivostí, byl teoretický předpoklad utěsnění PUR pěnou vyzkoušen ve spolupráci s dodavatelem těsnicích materiálů mimo stavbu. Postupnými kroky se došlo k přerušení vln trapézového plechu PUR pěnou mezi přířezy expandovaného polystyrenu tvořícími jakési „bednění“ /obr. 06/. Po vytvrzení byla pěna spolu s polystyrenem seříznuta v úrovni horní vlny plechu a překryta parozábranou slepenou ve spojích. Parozábrana se s novou přepážkou vln slepila butylkaučukovým tmelem. Následně došlo k uzavření střešního pláště. Záběr na rozpracované utěsnění vln trapézového plechu realizovaného na střeše haly je na /obr. 07/. Provedené opatření bylo funkční. Podařilo se pravděpodobně velmi významně omezit proudění vzduchu do chladírny. Mysleli jsme, že o této stavbě již neuslyšíme. Mýlili jsme se. Stalo se tak ale až za dalších šest let…

ZPĚT NA STEJNÉ STAVBĚ V ROCE 2009

Když jsme byli pozváni na stejnou halu s informací, že provozovatel opět řeší projevy vlhkostních poruch střechy, napadaly nás různé příčiny, snad i pochybnosti o dlouhodobém fungování opatření realizovaných na stavbě v r. 2003. Po příjezdu na stavbu jsme se dozvěděli, že v chladírně byla nařízena změna teplotního režimu. V chladírně bylo nutné vzhledem k hygienickým požadavkům na podmínky uchovávání některých potravin dosáhnout ještě nižší teploty, a to 2°C. I když výkon stávajícího chladícího zařízení byl využit na maximum, nedařilo se požadované teploty dosáhnout. Proto nechal investor bez podrobnějšího posuzování provést zateplení podhledu chladírny se záměrem omezit tepelné ztráty obálky budovy a tak dosáhnout požadované teploty vnitřního prostoru 2°C i v letním období při původním výkonu chladícího zařízení. Skladba dodaného podhledu byla následující (od exteriéru):

- původní střešní plášť;
- vzduchová dutina;
- minerální vata tl. 40 mm v PE fólii (v pytlích);
- podhled ze sádrovláknitých desek tl. 10 mm.


06


07


08

Při průzkumu podhledu jsme nalezli mokré skvrny doprovázené růstem plísní. Provozovatel haly nás informoval, že při vyšších venkovních teplotách vzduchu dochází ke kapání vody ze stropu. Během provedení sondy do stropního podhledu bylo zjištěno téměř úplné nasáknutí tepelné izolace vodou /obr. 08/. Sádrovláknité podhledové desky byly promočené a v některých místech povážlivě prohnuté. Stav podhledu byl kritický jak z hlediska statického (desky zvýšily svou hmotnost, byly deformované a šrouby držely v promočených částech), tak hygienického (růst plísní).

Vzhledem k tomu, že největší projevy vlhkosti na podhledu se objevovaly opět poblíž dělicí stěny mezi skladem a chladírnou, věnovali jsme tomuto místu zvýšenou pozornost. Po zkušenostech z předchozí akce jsme nepředpokládali zatékání střešním pláštěm a zaměřili jsme se na tepelnětechnické hodnocení střešního pláště a návazných detailů a hledání příčin kondenzace vlhkosti.

PARAMETRY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ PO ZMĚNĚ REŽIMU UŽÍVÁNÍ A PŘIDÁNÍ PODHLEDU

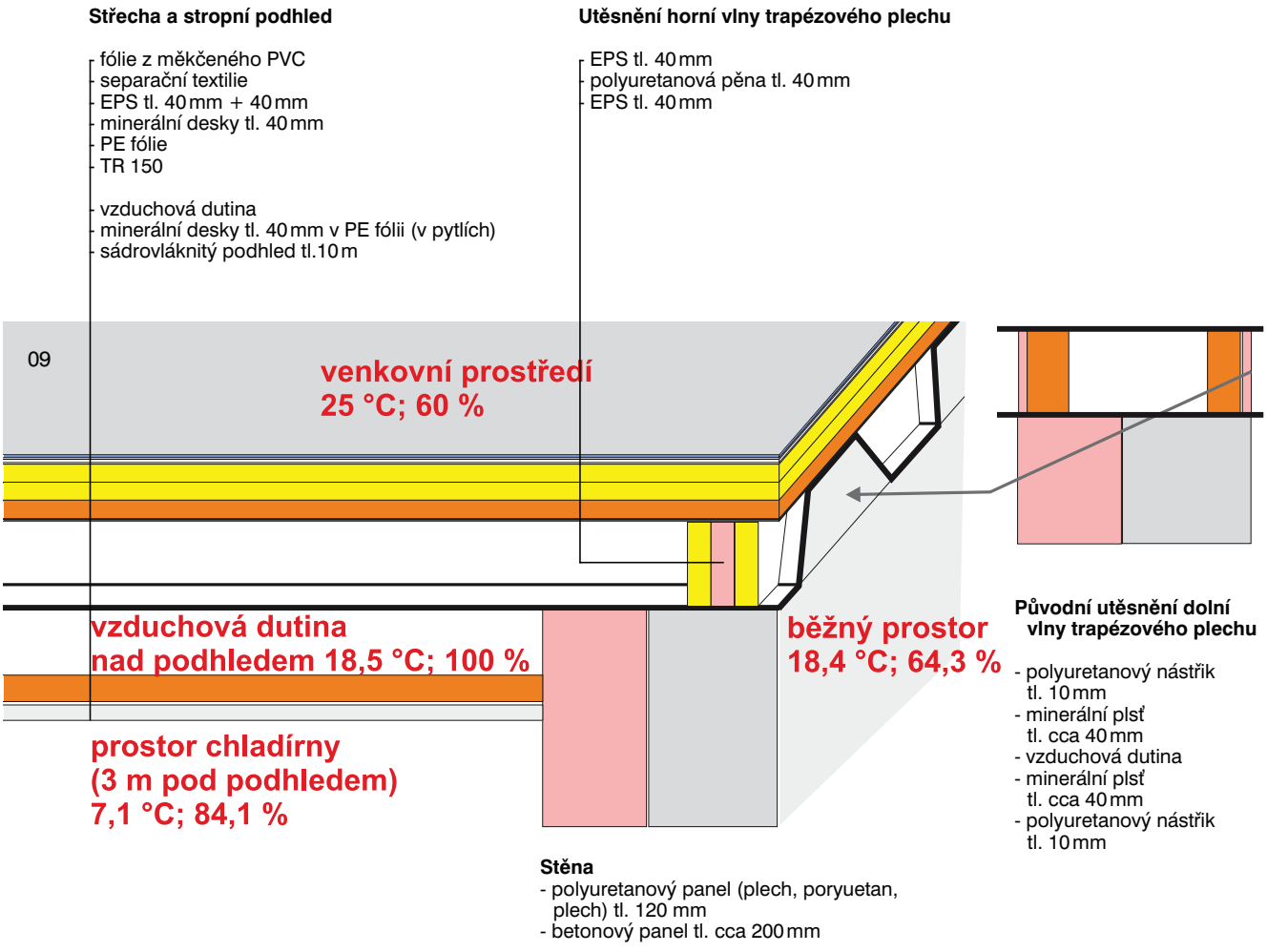
Skutečná teplota a vlhkost byla změřena termohydrografem. Ve výšce cca 2 m nad podlahou byla naměřena teplota 1,7 °C a 72,3 % relativní vzdušná vlhkost, 3 m pod podhledem 7,1 °C a 84,1 % relativní vzdušná vlhkost. K měření okrajových podmínek došlo nutně i v dutině nad podhledem. Zde jsme naměřili zarážejících 18,5 °C a 100 % relativní vzdušné vlhkosti. V chladicí hale jsme opět zaznamenali podtlak. Parametry vnitřního prostředí u detailu napojení střechy a dělicí stěny a skladby jednotlivých konstrukcí jsou uvedeny na obr. /09/.

TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STŘEŠNÍ SKLADBY A DETAILU

Střešní skladbu včetně podhledu jsme vyhodnotili programem TEPLO na 1D posouzení. Výpočtově byla potvrzena kondenzace ve střešní skladbě, ale celoroční bilance zkondenzované vlhkosti byla kladná, tedy vlhkost se měla během roku vypařit.

Detail napojení stropu na dělicí stěnu /obr. 09/ jsme vyhodnotili v programu AREA na 2D posouzení. Výpočtově v detailu dochází ke kondenzaci na spodním okraji podhledu. V případě odstranění podhledu by se kondenzace projevila na ploše trapézového plechu. Kondenzační zóny však nezpůsobovaly masivní kondenzaci a jejich celoroční bilance byla opět kladná.

Kde se bere takové množství vlhkosti zjištěné při průzkumu podhledu chladírny, když výpočtové modely ukazují jen nevýznamnou kondenzaci? Odpověď jsme hledali pomocí jedné z diagnostických metod.



Střecha a stropní podhled

- fólie z měkčeného PVC
- separační textilie
- EPS tl. 40 mm + 40 mm
- minerální desky tl. 40 mm
- PE fólie
- TR 150
- vzduchová dutina
- minerální desky tl. 40 mm v PE fólii (v pytlích)
- sádrovláknitý podhled tl.10 m

Utěsnění horní vlny trapézového plechu

- EPS tl. 40 mm
- polyuretanová pěna tl. 40 mm
- EPS tl. 40 mm

Původní utěsnění dolní vlny trapézového plechu

- polyuretanový nástřik tl. 10 mm
- minerální plsť tl. cca 40 mm
- vzduchová dutina
- minerální plsť tl. cca 40 mm
- polyuretanový nástřik tl. 10 mm

Stěna

- polyuretanový panel (plech, poryuetan, plech) tl. 120 mm
- betonový panel tl. cca 200 mm

MĚŘENÍ TERMOVIZNÍ KAMEROU

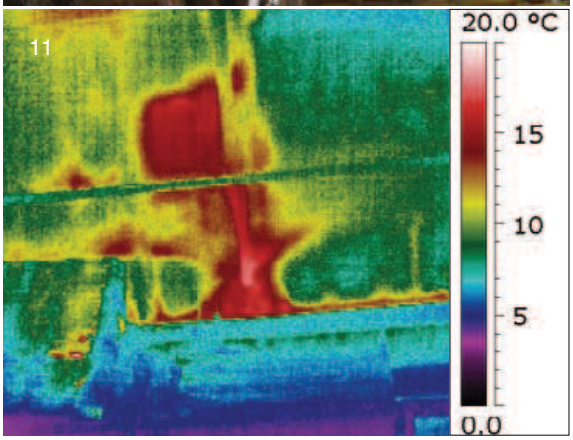
Pro průzkum haly jsme využili i termografii v kombinaci se zvýšením podtlaku. A hned první termovizní snímky interiéru chladírny prokázaly, že v provedeném podhledu jsou výrazné netěsnosti. Důkazem těchto netěsností jsou výrazně teplejší místa na termovizních snímcích podhledu viz obr. /10/ a /11/. Museli jsme konstatovat, že do prostoru chladírny se dostává teplý vzduch, který jsme detekovali měřením v dutině podhledu.

Další termovizní snímky zaměřené na detail dělicí stěny chladírny provedené z vnitřku chladírny ukázaly nasávání teplého vzduchu netěsností také v napojení stropu na dělicí stěnu. Pro lepší názornost byl rozebrán cca 1 m široký pruh podhledu při dělicí stěně /obr. 12, 13/. Při využití zařízení pro vytvoření podtlaku (Blower door test) byl projev netěsnosti v detailu napojení stropu na dělicí stěnu nepochybný /obr. 14/.

ROZBOR ZJIŠTĚNÍ

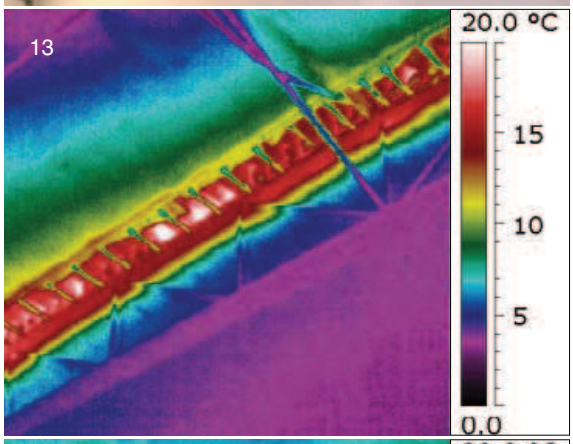
Výpočtové programy posuzující teplotněvlhkostní stav konstrukce nepřinesly žádná dramatická zjištění. Naopak termovizní snímkování prokázalo významné netěsnosti a infiltraci teplého vzduchu do chladírny. Příčinou masivní vlhkosti a plísně na podhledu chladicí haly tedy nebyla vlhkost pronikající difúzí přes skladbu střechy, byla jí infiltrace teplého vzduchu ze sousední haly neutěsněnou spárou mezi trapézovým plechem a dělicí stěnou. Před realizací podhledu tento vzduch pronikal do prostoru chladírny a je možné, že byl jednou z příčin, proč již nebylo chladicí zařízení schopno dosáhnout nové požadované teploty v prostoru.


10

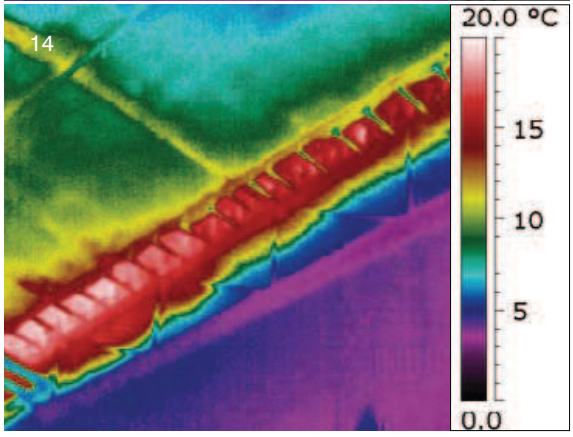


11

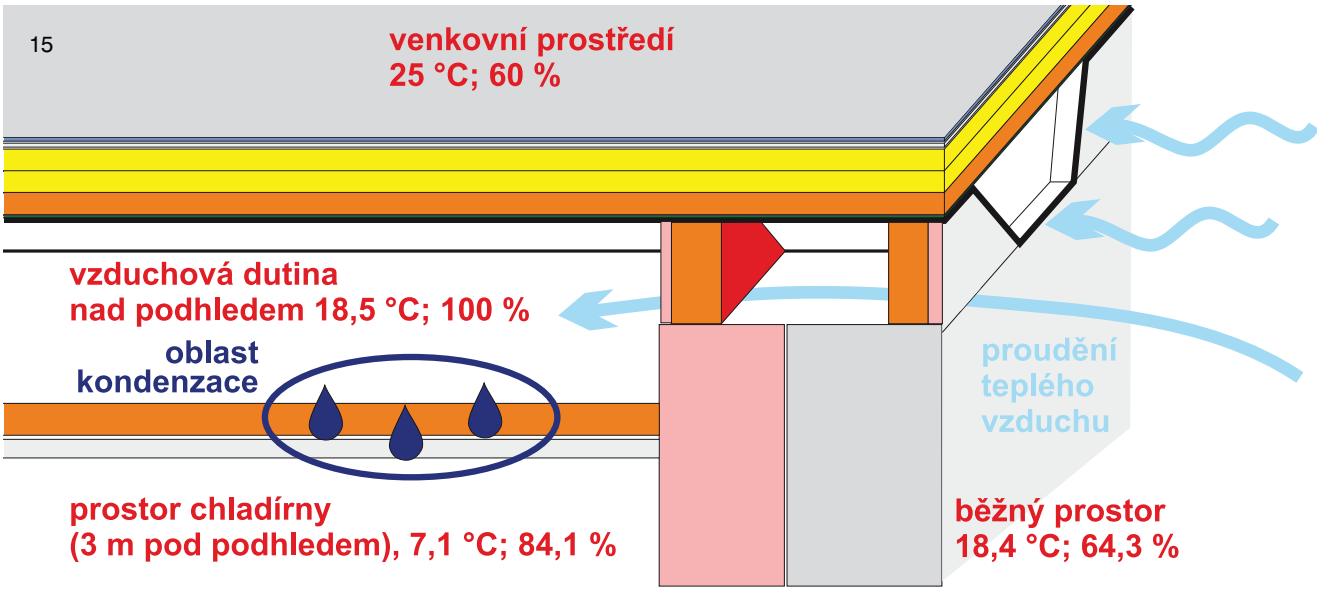

12



13



14



Po realizaci podhledu tento teplý vzduch s vlhkostí pronikal do dutiny mezi trapézovým plechem a novým podhledem. Vlhkost v něm obsažená kondenzovala na podhledu ochlazovaném interiérovým vzduchem. Nastal stejný jev jako v roce 2003, jen „o podhled“ níže. Míru infiltrace zvyšoval již známý podtlak chladicí haly oproti okolí. Doplnění podhledu se vzduchovou vrstvou, do které pronikal infiltrovaný teplý vzduch, byl koncepčně chybný krok. Princip infiltrace vzduchu je vyobrazen na /obr. 15/.

NÁVRH ODSTRANĚNÍ PŘÍČIN PORUCHY

Stáli jsme tedy před obdobným problémem jako v roce 2003. Měli jsme navrhnout technologicky akceptovatelný postup zabránění infiltrace teplého vzduchu detailem v napojení stropu na dělicí stěnu, především při spodní vlně trapézového plechu. Situace byla navíc komplikovaná vodou nasáklým podhledem, který bylo také nutno sanovat.

Po zkušenostech z předešlé opravy, která v dané situaci zafungovala, jsme navrhli dotěsnění spáry pod trapézovým plechem PUR pěnou a kontrolu analogického detailu na dalších sousedních stěnách. Po provedení dotěsnění jsme navrhli provedení opětovného termovizního měření při podtlaku (Blower door test), které by prokázalo účinnost utěsnění.

Součástí rekonstrukce musela být sanace vlhkého podhledu. Doporučili jsme, pokud by to provoz v chladicí hale umožnil, postupné sejmutí podhledu. V případě, že by varianta sejmutí nebyla možná, bylo by nutné zajistit vysoušení podhledu vhodným klimatizačním opatřením.

PROVEDENÁ OPATŘENÍ A SOUČASNÝ STAV

Investor na základě našeho doporučení provedl sundání celého podhledu. V provozu chladírny, kde provoz neměl být přerušen, nebylo možné podhled vysušit. Došlo k dotěsnění detailu napojení stropu na dělicí stěnu. Další měření těsnosti metodou Blower door test investor již neobjednal. Důvodem byl uspokojivý stav vnitřního prostoru chladírny a jejich konstrukcí bez negativních projevů vlhkosti. Navržená opatření byla úspěšná.

ZHODNOCENÍ

Uvedený příklad ukazuje, jak zásadní vliv na vznik problémů s kondenzací mají systémové netěsnosti oddělující prostory s rozdílnými parametry. V případě skladů potravin je třeba si uvědomit, že problémové netěsnosti nejsou jen mezi interiérem a exteriérem, ale i mezi vnitřními prostory, ve kterých jsou udržovány rozdílné parametry vnitřního prostředí.

Objekty s vnitřními prostory s rozdílnými parametry je třeba hodnotit již ve fázi návrhu a řešit i systémově princip okrajových detailů.

Opomenuty by v podobných objektech neměly zůstat ani dveře, vrata, průlezy nebo kabelové kanály mezi jednotlivými prostory. Pro ty by se mělo správně navrhnout dotěsnění i případná úprava okolí.

Pro prokázání vzduchotěsnosti konstrukcí je vhodné již při realizaci stavby využít vhodných diagnostických metod např. termovizní diagnostiku kombinovanou s metodou Blower door test.

<Radim Mařík>
<Luboš Káně>