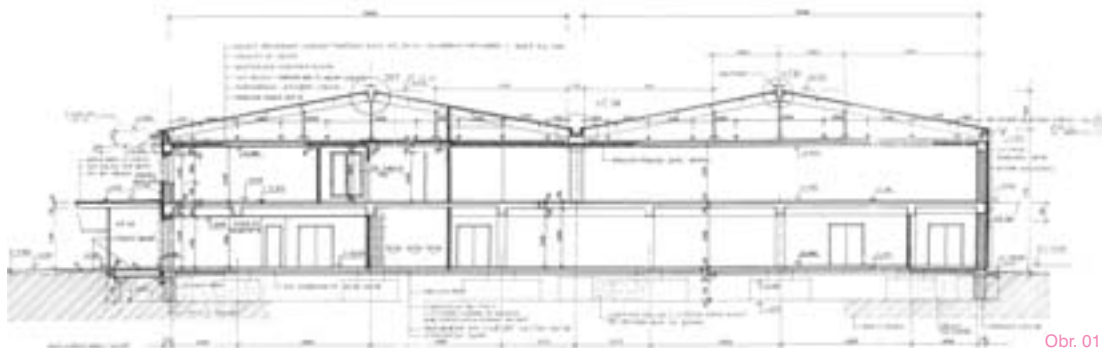


DOKUMENTACE ČASTÝCH VAD VÍCEPLÁŠŤOVÝCH STŘECH

**S LEHKÝM DOLNÍM PLÁŠTĚM PROVÁDĚNÝM ZDOLA
A HORNÍM PLÁŠTĚM S MINIMÁLNÍM TEPELNÝM ODPOREM,
SHRNUTÍ ZÁSAD PRO NAVHOVÁNÍ VÍCEPLÁŠŤOVÝCH STŘECH**

PŘI PRŮZKUMECH, TECHNICKÝCH KONZULTACÍCH NAD PROJEKTY NEBO
TECHNICKÝCH KONZULTACÍCH PŘI REALIZACI SE ČASTO SETKÁVÁME
S VÍCEPLÁŠŤOVÝMI STŘECHAMI S LEHKÝM DOLNÍM PLÁŠTĚM PROVÁDĚNÝM
ZDOLA A HORNÍM PLÁŠTĚM S MINIMÁLNÍM TEPELNÝM ODPOREM.
V MNOHA PŘÍPADECH TOTO POMĚRNĚ FINANČNĚ VÝHODNÉ KONSTRUKČNÍ
ŘEŠENÍ NEVEDLO K USPOKOJIVÉMU STAVU. BYLO TŘEBA HLEDAT ZPŮSOB
SANACE, KTERÝ INVESTOROVÍ PŘINÁŠÍ DALŠÍ NEČEKANÉ NÁKLADY.



Obr. 01

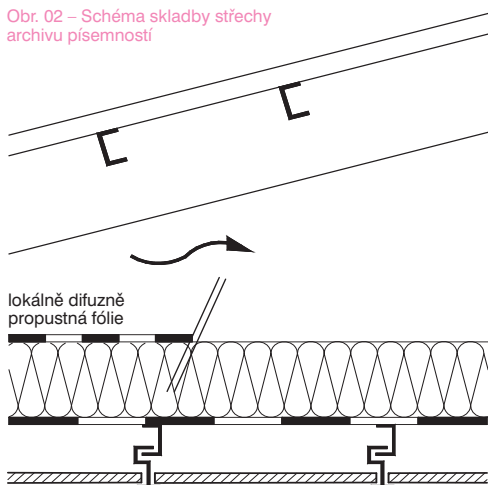


01



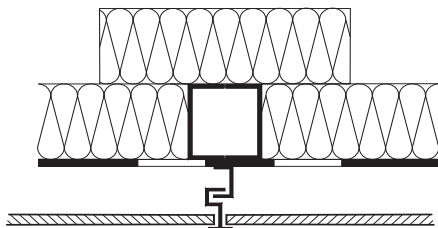
02

Obr. 02 – Schéma skladby střechy archivu písemností



Skladba střechy:

- trapézový plech
- ocelový vazník
- větraná vzduchová vrstva
- tepelná izolace ze skleněných vláken mezi dolními pásy vazníku – tl. 160 mm
- parozábrana z fólie lehkého typu
- nevětraná vzduchová vrstva
- minerální podhled



POPIS KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ

Uvedené konstrukční řešení nachází ve velké míře uplatnění jak u velkoplošných hal a administrativních objektů, tak u bytových a rodinných domů, kde je snaha o vytvoření finančně úsporné skladby střechy.

Finanční úsporu vytváří především volba užitých materiálů. Nosná konstrukce je obvykle vytvořena ocelovými nebo dřevěnými příhradovými vazníky. Vazníky umožňují nahradit těžkou stropní konstrukci posledního podlaží lehkým zatepleným podhledem v úrovni dolní pánvice z relativně levných materiálů. Vazníky zároveň vytváří nosnou konstrukci horního pláště střechy tvořeného skládanou hydroizolační vrstvou – krytinou. Měkká tepelná izolace z minerálních či skleněných vláken bývá umístěna mezi jednotlivými vazníky, popř. i mezi nosným roštem podhledu. Prostor mezi vazníky bývá navržen větraný. K dolní pánvici je obvykle nejprve připevněna parotěsná vrstva z fólie lehkého typu a následně dřevěný, popř. ocelový nosný rošt podhledu. Podhled bývá vytvořen nejčastěji ze sádkartonových desek, případně se jedná o minerální podhled.

Horní pánvice vazníku je obvykle nízkého sklonu a společně s laťováním, popř. bedněním, vytváří nosnou konstrukci skládané

hydroizolační vrstvy, krytiny, tvořící horní plášť střechy. Jako hydroizolace bývá často využita krytina z velkoformátových plechových profilů, případně krytina plechová hladká. Pojistné hydroizolační opatření je i přes nízký sklon použité střešní krytiny a zvýšené požadavky na hydroizolační bezpečnost u těchto střech prováděno zřídka. Toto řešení však s sebou přináší řadu konstrukčních problémů a rizik, mezi které se řadí především:

- zajištění vzduchotěsnosti dolního pláště fóliemi lehkého typu,
- eliminace tepelných mostů v dolním plášti střechy, tvořených nosnými konstrukcemi,
- vznik kondenzace na dolním líci horního pláště z důvodu jeho nízkého tepelného odporu,
- nižší hydroizolační bezpečnost střechy z důvodu užití skládané krytiny bez pojistné hydroizolační vrstvy na nízkém sklonu.

DOKUMENTACE NEJČASTĚJŠÍCH VAD

Jako příklad využití tohoto konstrukčního řešení, na kterém můžeme zdokumentovat jeho nejčastější vady, uvádíme zastřešení budovy archivu písemností /obr. 01 a 02, foto 01/ a budovy truhlárny /foto 02 a obr. 03/. U obou akcí bylo úkolem ATELIERU DEK provést návrh sanačních opatření vedoucích k zajištění nápravy nevyhovujícího stavu střech. Oba objekty jsou půdorysně

poměrně rozsáhlé. Jsou zastřešeny šikmou větranou dvouplášťovou střechou s mírným sklonem. Střešní krytina je provedena z ocelových trapézových plechů. Nosná konstrukce střechy je v obou případech tvořena vazníky. U budovy archivu se jedná o ocelové vazníky, v druhém případě jsou použity vazníky dřevěné příhradové. Parotěsná vrstva je vytvořena z fólie lehkého typu a je umístěna pod dolní pánvici vazníků. Tepelná izolace je uložena mezi dolními pánvicemi a částečně i mezi nosnou konstrukcí sádkartonového podhledu pod parotěsnou vrstvou.

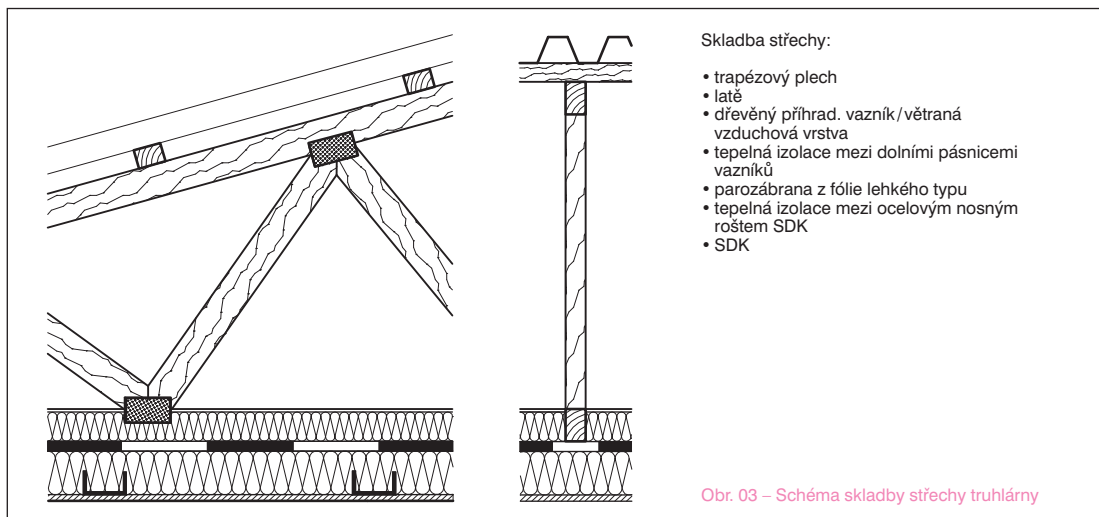
Pozn.: Fólie lehkého typu je fólie na bázi PP, PES, PO a PE a je určena pro parozábrany nebo pojistné hydroizolační vrstvy. Hmotnost fólie je obvykle menší než 200 g/m². Pruhy fólie se obvykle spojují lepicími páskami.

ZATÉKÁNÍ DO INTERIÉRU

Nejzávažnější vadou obou střech bylo zatékání vody do skladby a následně i do interiéru. Průzkumem bylo zjištěno, že se jedná jak o vodu srážkovou /foto 03 a 05/, tak o vodu kondenzující na horním plášti střechy, tvořeném krytinou z trapézových plechů /foto 04/.

Voda srážková

Srážková voda (déšť, prachový sníh) do střechy pronikala



Obr. 03 – Schéma skladby střechy truhlárny

- Obr. 01 | Svislý řez objektem archivu písemností
 01 | Pohled na střechu archivu
 02 | Pohled na střechu truhlárny
 03 | Zafoukávání prachového sněhu větracími otvory v hřebeni střechy
 04 | Kondenzace vlhkosti na vnitřním líci krytiny z trapézových plechů
 05 | Zatékání srážkové vody do střechy netěsnostmi skládané krytiny, namáhání nosné konstrukce odkapávající vodou
 06 | Zatékání do interiéru
 07 | Nahromaděná srážková voda na parozábraně
 08 | Destrukce podhledu vlivem velkého množství nahromaděné vody
 09 | Lokální projev vlhkosti v místech proniku vody kotevními prvky podhledu
 10 | Nevzduchotěsně provedený výlez do mezistřešního prostoru
 11 | Vzájemné napojení parozábrany přeložením



03



04



05



06



07



08

při nepříznivých klimatických podmínkách netěsnostmi skládané krytiny a detaily, konkrétně větracími otvory umístěnými v hřebeni střechy, přesahy trapézových plechů a lokálně i kolem kotevních prvků krytiny (i přesto, že minimální sklon odpovídal bezpečnému sklonu dle ČSN 73 1901). Pojistná hydroizolace nebyla i přes poměrně nízký sklon střechy a zvýšené požadavky na hydroizolační ochranu interiéru provedena.

Docházelo tak k namáhání dolního pláště střechy zatékající vodou a tajícím sněhem, což vedlo k projevům vlhkosti v interiéru a při rychlém tání nahromaděného sněhu až k lokální destrukci podhledu /foto 06-08/.

Voda zkondenzovaná

Dolní plášť obou střech nebyl proveden vzduchotěsně a docházelo k proudění vzduchu z interiéru do vzduchové vrstvy. Parotěsná vrstva byla provedena z fólie lehkého typu. Fólie byla přisponkována ke spodnímu líci vazníku a přesahy byly řešeny volným přeložením /foto 11/. Nebylo provedeno její těsné ukončení u prostupujících a navazujících konstrukcí (obvodová zeď, ocelový rám, nosná táhla) /foto 12, 13/. Dalším netěsně provedeným místem dolního pláště byl v případě střechy truhlárny výlez do mezistřešního prostoru /foto 10/. Těsnění mezi rámem a výplní výlezu nebylo provedeno.

Ke kondenzaci vlhkosti na dolním povrchu trapézových plechů docházelo především v období od podzimu do jara, a to z důvodu jeho velmi nízkého tepelného odporu a dotace vlhkosti netěsným spodním pláštěm. Vzhledem k absenci pojistné hydroizolace docházelo k namáhání nosné konstrukce střechy (vazníků, latí) a vrstev dolního pláště odkapávajícím kondenzátem.

V dolním plášti se voda hromadila na parotěsné vrstvě. Do interiéru vytékala v místech, kde byla fólie perforována kotevními prvky podhledu, popř. v místech přesahů jednotlivých fólií /foto 09/.

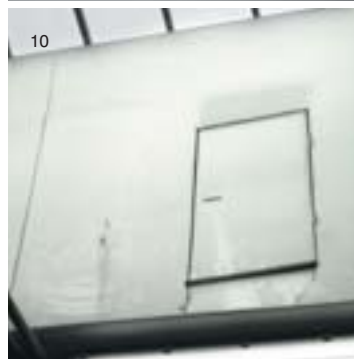
NÍZKÉ POVRCHOVÉ TEPLOTY

Nosná konstrukce střechy truhlárny je vytvořena z dřevěných příhradových vazníků, které jsou podporovány ocelovými nosníky. Dolní pásnice vazníků i podpůrné ocelové nosníky procházejí vrstvou tepelné izolace dolního pláště střechy a tvoří výrazný tepelný most /foto 13/. K nim je v kolmém směru ukotvena nosná konstrukce podhledu tvořená ocelovými profily. V místech styku sádkartonového podhledu s nosným roštem docházelo ke kondenzaci vlhkosti a růstu plísní z důvodu nízké povrchové teploty /foto 14/.

Na horním povrchu tepelné izolace dolního pláště nebyla provedena ochranná fólie /foto 15/. Docházelo



09



10



11



12



13



14



15

k zanášení tepelné izolace prachem. Prostor mezi vazníky byl větrán. Horní povrch tepelné izolace byl především v zimním období prochlazován proudícím studeným vzduchem. Oba tyto jevy přispívaly ke snižování povrchových teplot dolního pláště snižováním účinnosti tepelné izolace.

NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ

Hlavními úkoly nápravných opatření u popisovaných střech bylo zajistit dostatečnou hydroizolační ochranu interiéru proti srážkové vodě, zamezit kondenzaci na dolním povrchu trapézových plechů, vytvořit ve skladbě střechy spolehlivou vzduchotěsnou vrstvu, potlačit nepříznivý vliv tepelných mostů na vnitřní povrchové teploty.

Realizaci sanace by bylo možné provést třemi způsoby: změnit dvouplášťovou větranou střechu na střechu jednoplášťovou v úrovni horního pláště, zachovat původní koncept větrané dvouplášťové střechy za

předpokladu vytvoření spolehlivé vzduchotěsné vrstvy v úrovni dolního pláště a provedení zateplení horního pláště společně s realizací nové povlakové hydroizolace, změnit dvouplášťovou větranou střechu na střechu dvouplášťovou nevětranou ponecháním dolního pláště bez zásahů, uzavřením větracích otvorů a vytvořením zateplení horního pláště společně s realizací nové povlakové hydroizolace.

VYTVORENÍ JEDNOPLÁŠŤOVÉ STŘECHY

V této variantě se uvažuje o demontáži dolního pláště a vytvoření nové jednoplášťové střechy na původním horním plášti / obr. 04/.

Realizace nápravných opatření by spočívala ve vzduchotěsném napojení obvodových konstrukcí na nový střešní plášť (původně horní plášť), zrušení větracích otvorů a kompletní demontáži dolního pláště střechy. Původní dolní plášť

může být z estetických důvodů nahrazen vhodným podhledem. Na horním plášti, tvořeném trapézovými plechy, by byla nově provedena parotěsná a vzduchotěsná vrstva z asfaltových pásů, tuhá tepelná izolace a povlaková hydroizolace. Hydroizolační ochrana by byla spolehlivě zajištěna povlakovou hydroizolací. Dosažení příznivé vnitřní povrchové teploty a eliminace tepelných mostů by bylo zajištěno polohou tepelné izolace nad nosnou konstrukcí. Účinná vzduchotěsná vrstva by byla vytvořena asfaltovými pásy.

Pro sanaci střech nebyla tato varianta zvolena, a to především z důvodu požadavku investora na zachování provozu v interiéru během provádění. Další nevýhodou této varianty je nutnost dodatečného dozvěnění stěn a příček až do úrovně původního horního pláště.

ZACHOVÁNÍ VĚTRANÉ DVOUPLÁŠŤOVÉ STŘECHY

Tato varianta předpokládá ponechání původních vrstev střechy

včetně větrané vzduchové vrstvy. Realizaci nápravných opatření je nutné provést na dolním i horním pláště /obr. 05/.

Zajištění spolehlivé hydroizolační ochrany a zvýšení tepelného odporu horního pláště zajišťuje v tomto případě zateplení horního pláště tuhou tepelnou izolací v kombinaci s vytvořením nové povlakové hydroizolace.

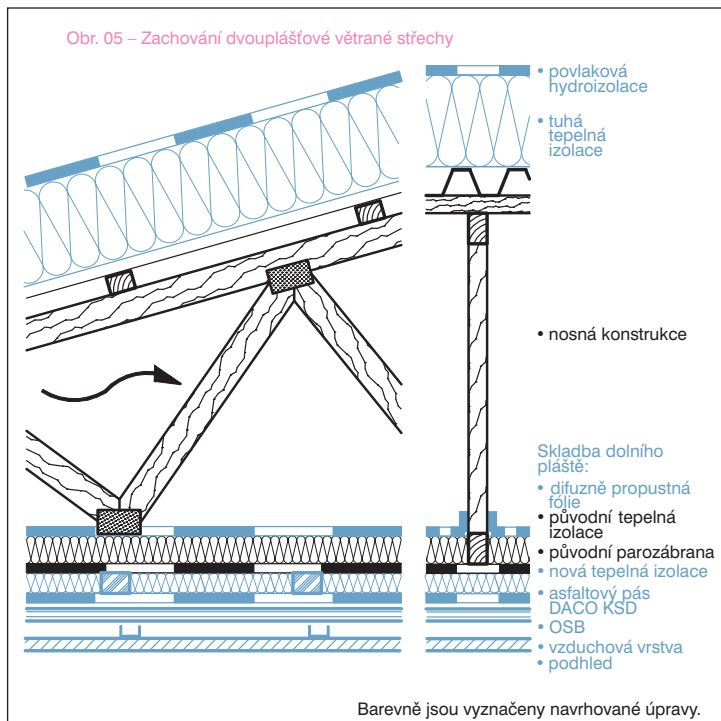
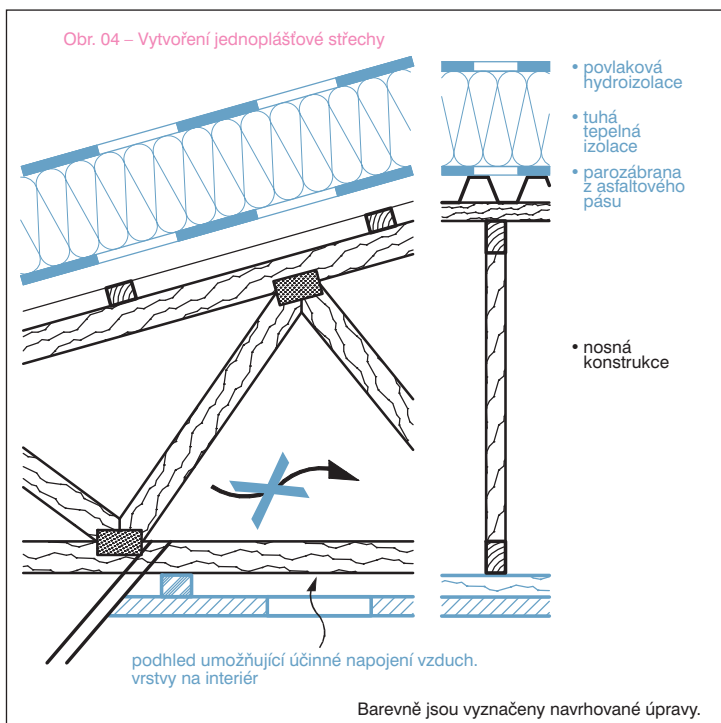
Míra zateplení je závislá na intenzitě větrání vzduchové vrstvy, vlhkostní třídě interiéru a skladbě střechy, přičemž musí být splněny tyto požadavky: relativní vlhkost vzduchu proudícího v otevřené vzduchové vrstvě musí být po celé délce této vrstvy menší než 90% a zároveň musí být v každém místě vnitřního povrchu horního pláště zajištěna vyšší než kritická vnitřní povrchová teplota. Dodatečné zajištění vzduchtěsnosti dolního pláště je možné řešit nalepením samolepicího asfaltového pásu na OSB desku. Deska se po demontáži původního pohledu přikotví k nosné konstrukci.

Pohled včetně nosného roštu je nutné vytvořit znovu. Eliminaci tepelných mostů v dolním pláště a ochranu horního povrchu tepelné izolace je nutné realizovat doplněním tepelnéizolační vrstvy společně a jejím zakrytím difuzně otevřenou fólií. Pokud je nosná konstrukce zastřešení tvořena příhradovými vazníky, které procházejí tepelnou izolací, je úplná eliminace tepelných mostů takřka nemožná.

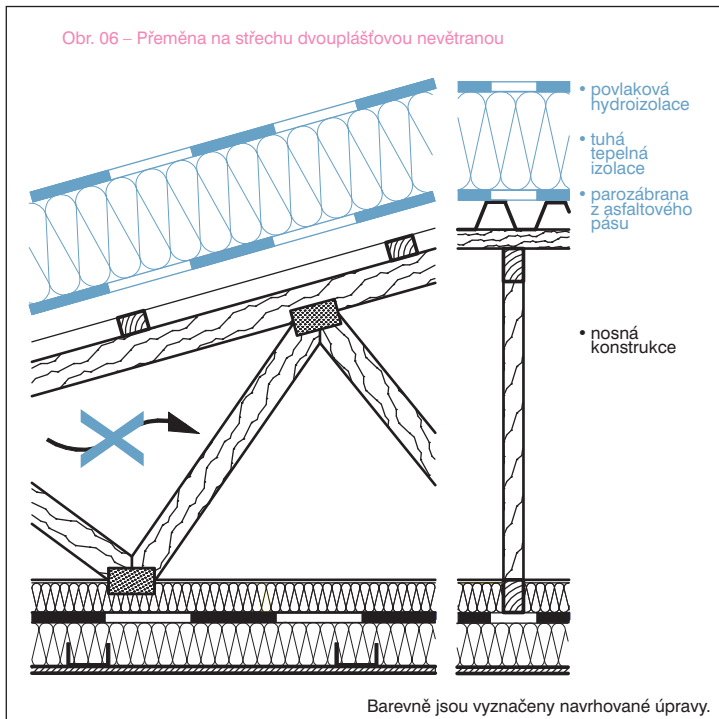
Hydroizolační ochrana by byla spolehlivě zajištěna vytvořením nové povlakové hydroizolace. Potlačení kondenzace vlhkosti na horním pláště by bylo zajištěno dodatečně provedenou tepelnou izolací. Vzduchtěsnicí vrstva dolního střešního pláště by byla nově vytvořena z asfaltových pásů. Tepelné mosty v dolním pláště by bylo možné zcela eliminovat pouze v případě, kdy nosná konstrukce neprochází celou tloušťkou skladby.

Nevýhodou tohoto řešení je opět nutnost provádět sanaci i z interiéru. Především z tohoto důvodu nebyla uvedená varianta zvolena u žádného z objektů.

- 12] Tepelný most ve skladbě dolního pláště, nevzduchtotěsné provedení prostupu parozábranou
- 13] Výrazný tepelný most ve skladbě dolního pláště, neprovedená návaznost parotěsné vrstvy na přilehlou konstrukci
- 14] Tvorba plísni a vlhkých map z důvodu nízkých povrchových teplot v místech tepelných mostů
- 15] Absence ochranné fólie na horním líci tepelné izolace



Obr. 06 – Přeměna na střechu dvouplášťovou nevětranou



PŘEMĚNA VĚTRANÉ DVOUPLÁŠŤOVÉ STŘECHY NA STŘECHU DVOUPLÁŠŤOVOU NEVĚTRANOU

Tato varianta předpokládá ponechání dolního pláště střechy bez zásahů. Navrhuje zrušení větracích otvorů, vzduchotěsné napojení obvodových konstrukcí na horní plášť, dodatečné zateplení horního pláště a provedení nové hydroizolace /obr. 06/.

Větrání vzduchové vrstvy bude zrušeno, původní dolní plášť bude zachován. Novou vzduchotěsnicí vrstvou je možné realizovat z asfaltových pásů umístěných na trapézovém plechu. Příznivých povrchových teplot vnitřního povrchu horního pláště je možné dosáhnout jeho dodatečným zateplením v takové míře, aby byly potlačeny tepelněizolační účinky dolního pláště střechy. Hydroizolační ochranu je možné zajistit povlakovou hydroizolací. V případě, že obvodové zdi ohraničující mezistřešní prostor nemají dostatečné tepelněizolační vlastnosti a mohlo by docházet k povrchové kondenzaci, je nutné provést jejich vnější zateplení.

Velkou výhodou uvedeného řešení je možnost provádění sanace bez přerušování provozu v interiéru. Především z tohoto důvodu byla pro sanaci obou střech navržena tato varianta.

NAVRHOVÁNÍ VÍCEPLÁŠŤOVÝCH STŘECH

Předpokladem vytvoření spolehlivého řešení je dodržení zásad pro navrhování, které jsou obsaženy především v ČSN 73 1901 [1] a ČSN 73 0540 [2].

DOLNÍ PLÁŠŤ

Podstatnou podmínkou správné funkce střechy je vzduchotěsnost a parotěsnost dolního pláště. Ta zásadně ovlivňuje množství proniknuté vlhkosti do skladby střechy. Za spolehlivou vzduchotěsnou vrstvou je možné považovat např. betonovou konstrukci, omítku bez trhlin nebo asfaltové pásy.

Dosažení vzduchotěsnosti dolního pláště realizací parotěsné vrstvy z fólií lehkého typu je, jak vyplývá z výše uvedených příkladů, dosti obtížné. Velmi závisí především

na její kvalitní realizaci včetně opracování detailů. V případě využití tohoto řešení např. v suchých provozech doporučujeme vytvořit nosný podklad z celoplošně provedené bednění. Podhledovou vrstvou je nutné z důvodu vytvoření prostoru pro vedení instalací a konstrukční ochrany parozábrany před perforací kotevními prvky podhledu realizovat na nosný rošt provedený pod parotěsnou vrstvou.

Kvalitu provedení vzduchotěsné a tepelněizolační vrstvy doporučujeme ověřit např. blower-door testem v kombinaci s využitím termovizní kamery (tyto služby je možné objednat u společnosti DEKPROJEKT s.r.o.). V případě vytvoření této vrstvy z fólie lehkého typu doporučujeme ověřit kvalitu provedení vždy.

Střecha musí být provedena tak, aby bylo dosaženo požadovaných vnitřních povrchových teplot. U staveb s vnitřní relativní vlhkostí do 60% musí mít vnitřní povrch dolního pláště v každém místě takovou teplotu, aby nebylo dosaženo kritické vnitřní povrchové vlhkosti 80% (vyloučení vzniku plísní). Stavby s vnitřní relativní vlhkostí nad 60% musí mít v případě nesplnění uvedeného požadavku konstrukci upravenou tak, aby byla zajištěna bezchybná funkce konstrukce při povrchové kondenzaci. Zároveň musí být zajištěno vyloučení nepříznivého působení kondenzátu na navazující konstrukce a případně i zajištěn odvod kondenzátu.

Tepelnou izolaci na dolním plášti se doporučuje chránit před zanášením prachem a snižováním její účinnosti difúzně propustnou fólií (např. DEKTEN).

VĚTRANÁ VZDUCHOVÁ VRSTVA

Návrh dimenze větrané vzduchové vrstvy, přiváděcích a odváděcích otvorů je možné provést pouze za předpokladu vzduchotěsného dolního pláště.

Již při vytváření návrhu víceplášťové větrané střechy je nutné uvážit skutečnost, že větraná vzduchová vrstva musí být funkční v celé ploše. Proudění vzduchu by neměly

bránit žádné překážky a vzdálenost příváděcích a odváděcích otvorů by neměla překročit 18 m.

Relativní vlhkost vzduchu proudícího v otevřené vzduchové vrstvě musí být po celé délce této vrstvy menší než 90 %.

Doporučené dimenze větracích otvorů a vzduchové vrstvy uvádí [1] – příloha D. V případě, že nebudou dodrženy doporučené dimenze, je vhodné ověřit navržený způsob větrání výpočtem.

HORNÍ PLÁŠŤ

Problému kondenzace vodní páry na spodním povrchu horního pláště vlivem prochlazování, způsobeného negativní radiací noční oblohy, není možné zcela zabránit zvýšením intenzity větrání vzduchové mezery. Eliminaci tohoto jevu lze zajistit zvýšením tepelného odporu horního pláště. Pro konkrétní okrajové podmínky stavby se doporučuje minimální tepelný odpor horního pláště pro zamezení vzniku povrchové kondenzace, popř. pro zamezení růstu plísní ověřit výpočtem kritického teplotního faktoru $f_{rsi,cr}$ (viz [2]). Problém lze vyřešit realizací tuhé tepelněizolační vrstvy a vodotěsné povlakové hydroizolace střechy. Toto řešení doporučujeme především při požadavku na nízký sklon střechy, u členitých a rozsáhlých střechech.

Z důvodu zvýšení hydroizolační bezpečnosti střechy doporučujeme v odůvodněných případech navrhovat pojistněhydroizolační vrstvu. Pojistná hydroizolační vrstva musí být odvodněná. Na tuto skutečnost je nutné myslet již při návrhu dispozičního řešení.

DOPORUČENÍ

V případě požadavku na realizaci víceplášťové střechy doporučujeme navrhovat skladbu s těžkým dolním pláštěm a částečně zatepleným horním pláštěm. Těžká stropní konstrukce je schopna společně s parotěsnou vrstvou z asfaltových pásů zajistit spolehlivou vzduchotěsnost dolního pláště. Dalšími výhodami jsou provádění pokládky tepelné izolace dolního pláště shora,

snazší eliminace tepelných mostů a možnost spolehlivého vytvoření ochranné vrstvy tepelné izolace difúzně propustnou fólií. Skladbu horního pláště doporučujeme řešit tuhou tepelnou izolací v kombinaci s povlakovou hydroizolační vrstvou, a to zvláště u členitých střechech, střechech o velké ploše a u střechech s malým spádem. Výhodou je zajištění příznivých povrchových teplot vnitřního povrchu horního pláště, snížení relativní vlhkosti proudícího vzduchu ve vzduchové vrstvě a dosažení vyšší hydroizolační bezpečnosti střechech.

Dalším možným řešením je pokládka většiny vrstev na horním plášti nevětrané střechy. Výhodou je provádění pokládky shora, možnost vytvoření spolehlivé vzduchotěsnicí a pojistněhydroizolační vrstvy z asfaltového pásu. Dále zajištění spojitosti tepelněizolační vrstvy a její poloha vůči ostatním konstrukcím umožňující eliminaci tepelných mostů a dosažení příznivých povrchových teplot. U střechech o velké ploše, střechech členitých a s malým spádem doporučujeme navrhovat ochranu proti vodě povlakovou hydroizolací. Dolní plášť může plnit pouze funkci pohledovou nebo je možné jej provést za účelem zajištění požadované požární odolnosti střechech.

Realizace obou variant vyžaduje větší počáteční náklady. Ty jsou však vyváženy podstatně vyšší spolehlivostí, a to z hlediska požadavků hydroizolační i tepelné techniky.

<Martin Voltner>

Foto:
Roman Laník
a archiv autora

Kresba obrázků:
Jan Penc

Podklady:

- [1] ČSN 73 1901:1999 Navrhování střechech – Základní ustanovení
- [2] ČSN 73 0540-2:2007 Tepelná ochrana budov, Část 2: Požadavky
- [3] KUTNAR – Šikmé střechech – Skladby a detaily, vydala DEKTRADE a.s. (2007)